

Forschungsprojekt AustroPOPs – Endbericht

Monitoring von organischen Schadstoffen in Böden Österreichs



Impressum

Medieninhaber und Herausgeber:

Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus

Stubenring 1, 1010 Wien

Projektnehmer: Umweltbundesamt, Department für Boden und Flächenmanagement

Adresse: Spittelauer Lände 5, A-1090 Wien

Projektleiterin: Monika Tulipan, Tel.: +43 1 3104 3661

E-Mail: monika.tulipan@umweltbundesamt.at

Fotonachweis: © Umweltbundesamt/Maria Deweis (Titelseite: Tullnerfeld)

Berichtszitat: Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus

(BMLRT)(2021): Tulipan, Monika/Friesl-Hanl, Wolfgang/Offenthaler, Ivo/Scharf, Sigrid et al.: Forschungsprojekt AustroPOPs – Monitoring von Organischen Schadstoffen in Böden Österreichs, Endbericht.

Wien, 2021.

Copyright und Haftung:

Auszugsweiser Abdruck ist nur mit Quellenangabe gestattet, alle sonstigen Rechte sind ohne schriftliche Zustimmung des Medieninhabers unzulässig.

Es wird darauf verwiesen, dass alle Angaben in dieser Publikation trotz sorgfältiger Bearbeitung ohne Gewähr erfolgen und eine Haftung des Bundesministeriums für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus und der Autorin/des Autors ausgeschlossen ist. Rechtausführungen stellen die unverbindliche Meinung der Autorin/des Autors dar und können der Rechtsprechung der unabhängigen Gerichte keinesfalls vorgreifen.

Projektbeteiligungen

Kooperationspartner:innen

AGES – Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit, Abteilung Bodengesundheit und Pflanzenernährung

BFW – Bundesamt und Forschungszentrum für Wald, Institut für Waldökologie und Boden

Universität für Bodenkultur (BOKU) – Institut für Bodenforschung (IBF)

Finanzierungsstellen

Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus (BMLRT) – Abteilung Präs. 8: Forschung, Entwicklung und Unternehmensservice

Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technik (BMK) – Abteilung V/5 – Chemiepolitik und Biozide

Amt der Kärntner Landesregierung – Abteilung 8 Umwelt, Energie und Naturschutz

Amt der Niederösterreichischen Landesregierung – NÖ Agrarbezirksbehörde, Fachabteilung Landentwicklung

Amt der Oberösterreichischen Landesregierung – Direktion für Landesplanung, wirtschaftliche und ländliche Entwicklung, Abteilung Land- und Forstwirtschaft

Amt der Salzburger Landesregierung – Abteilung 5: Natur- und Umweltschutz, Gewerbe; Referat 5/01 Abfallwirtschaft und Umweltrecht; Abteilung 4 Lebensgrundlagen und Energie, Referat 4/07 Agrarwirtschaft, Bodenschutz und Almen

Amt der Steiermärkischen Landesregierung – A10 Land- und Forstwirtschaft, Boden- und Pflanzenanalytik

Amt der Tiroler Landesregierung – Abteilung Landwirtschaftliches Schulwesen und Landwirtschaftsrecht

Amt der Vorarlberger Landesregierung – Umweltinstitut

Logos der Kooperationspartner:innen:



Universität für Bodenkultur Wien

Logos der Finanzierungsstellen:



Bundesministerium
Landwirtschaft, Regionen
und Tourismus



Bundesministerium
Klimaschutz, Umwelt,
Energie, Mobilität,
Innovation und Technologie

LAND  KÄRNTEN



LAND
SALZBURG



Das Land
Steiermark



Projektmitarbeiter:innen:

Ein Verzeichnis aller Projektmitarbeiter:innen befindet sich in Kapitel 9.

Projektlaufzeit: 2017–2021

Danksagung

Das Zustandekommen und die Umsetzung des Projektes *AustroPOPs – Monitoring von organischen Schadstoffen in Böden Österreichs* ist der Zusammenarbeit der Bodenexpertinnen und -experten vieler Fachstellen in Österreich zu verdanken. Allen Projektmitarbeiterinnen und -mitarbeitern, insbesondere den zuständigen Kolleginnen und Kollegen aus den Bundesländern sei an dieser Stelle ein herzliches Dankeschön für Ihre Unterstützung und Kooperationsbereitschaft ausgesprochen. Besonderer Dank gilt dem Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus (BMLRT), Abteilung Präs. 8: Forschung, Entwicklung und Unternehmensservice als Auftraggeberin für die Unterstützung des Projektvorhabens und dem Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK), Abteilung V/5 – Chemiepolitik und Biozide.

Inhalt

Projektbeteiligungen.....	4
Danksagung	6
1 Zusammenfassung.....	9
2 Summary.....	12
3 Einleitung.....	15
3.1 Intention, Status Quo und Anforderungen in Österreich.....	15
3.2 Grundlagen zu POPs und organischen Schadstoffen.....	18
3.2.1 Begriffserklärung und Problematik.....	18
3.2.2 Mögliche Quellen von POPs.....	19
3.2.3 Aufnahmepfade und gesundheitliche Auswirkungen	21
3.2.4 In AustroPOPs analysierte Stoffe und ihre Bedeutung für den Boden.....	21
3.2.5 Nationale und unionsrechtliche Regelungen, Stockholmer Übereinkommen und Protokoll über persistente organische Schadstoffe	23
4 Das Projekt "AustroPOPs"	26
4.1 Projektziele	26
4.2 Bedeutung des Projekts für Österreich	27
5 Arbeitspaket 1: Analyse IST-Zustand und Anforderungen an ein Monitoringsystem für organische Schadstoffe in Österreich im EU Kontext & EU Standards	33
5.1 Einleitung	33
5.2 Material und Methoden	34
5.3 Auswertung der Ergebnisse	36
5.3.1 Block 1: Studien und Daten.....	36
5.3.2 Block 2: Datenverfügbarkeit der erhobenen POPs und der weiteren organischen Schadstoffe	55
5.3.3 Block 3: Laborkompetenzen	59
5.3.4 Block 4: Informationslücken und Bedarf	63
6 Arbeitspakete 2 und 3: Erstellung des Umsetzungskonzeptes, Ausführung	64
6.1 Einleitung	64
6.2 Material & Methoden.....	64
6.2.1 Ergebnisse Teil 1: Konzept und Umsetzung: Datenerhebung	68
6.2.2 Ergebnisse Teil 2: Konzept und Umsetzung: Datenaufbereitung, Datenharmonisierung und Datenbereitstellung via BORIS	89
7 Datenauswertung – Ergebnisse	99

7.1 Einleitung	99
7.2 Material und Methoden	99
7.2.1 Auswertungskonzept	99
7.2.2 Datengrundlage und Statistik	100
7.3 Ergebnisse	102
7.3.1 Vorarlberg	102
7.3.2 Tirol	121
7.3.3 Kärnten.....	140
7.3.4 Oberösterreich.....	156
7.3.5 Steiermark.....	174
7.3.6 Niederösterreich	191
7.3.7 Salzburg.....	208
7.4 Methodenvergleich – Ergebnisse der Arbeitsgruppe „Organische Schadstoffe im Boden“	223
8 Möglichkeiten für ein Monitoring von organischen Schadstoffen in Österreich.....	224
9 Zuständige, Autorinnen und Autoren	235
Tabellenverzeichnis.....	237
Abbildungsverzeichnis.....	239
Literaturverzeichnis	249

1 Zusammenfassung

Im Rahmen des Projektes AustroPOPs wurden wesentliche Grundlagen für die einheitliche Erhebung von organischen Schadstoffen (im Speziellen persistente organische Schadstoffe (POPs)) in Böden für Österreich geschaffen und Möglichkeiten für ein nationales Monitoring ausgelotet. Dadurch konnte eine Beurteilung der Ausgangslage erfolgen, Datenlücken geschlossen sowie Methoden zur Probenahme und Analytik von organischen Schadstoffen national harmonisiert werden, um aus fachlicher Sicht künftigen Anforderungen sowohl nationaler als auch europäischer Entwicklungen zum Bodenschutz durch konsolidierte Daten zu begegnen.

Die Ausgangslage in Österreich zeigt, dass in den Bundesländern Vorarlberg, Tirol, Steiermark, Salzburg, Kärnten, Niederösterreich und Oberösterreich durch die Projektpartner:innen in den letzten knapp 30 Jahren im Rahmen von 24 Studien POPs und weitere organische Schadstoffe erhoben wurden. Die Studien umfassen sowohl flächendeckende Bodenzustandsinventuren, Monitoring und Bodendauerbeobachtung an eigens dafür eingerichteten Standorten sowie Einzelfallstudien zu spezifischen Fragestellungen. Für rund 2800 Standorte aus diesen Studien gibt es Daten zu organischen Schadstoffen wie z. B. PAH, Phthalate, Pflanzenschutzmittel, Organochlorverbindungen, polychlorierte Dibenzo-*p*-dioxine und Dibenzofurane (PCDD/F), polychlorierte Biphenyle (PCB) sowie Arzneimittel- und Antibiotikawirkstoffe. Die Datenlage zur Belastung von Österreichs Böden, vor allem zu chemischen Verbindungen, die in den letzten Jahren an Bedeutung zugenommen haben, ist sehr heterogen. Zu beispielsweise perfluorierten Tensiden (PFAS) oder polybromierten Diphenylethern (PBDE) gab es bisher nur sehr vereinzelt Informationen. Im Sinne der Digitalisierung spielen Datenverfügbarkeit und zentrale Datenbereitstellung für Fragestellungen zum Bodenschutz in Wissenschaft und Praxis eine wesentliche Rolle. Hier konnte in AustroPOPs durch die Aufnahme der bisherigen Studien zu organischen Schadstoffen in das Bodeninformationssystem BORIS des Bundes und der Bundesländer ein wesentlicher Schritt gesetzt werden. Mit den im Rahmen von AustroPOPs erhobenen über 100 Stoffen an 109 Standorten konnten ein weiterer für Österreich wertvoller Datensatz geschaffen und ausgewertet sowie Datenlücken geschlossen werden. Das erarbeitete Konzept zur Standortwahl und Probenahme fußt auf bisherigen etablierten Systemen und Entwicklungen nach Stand der Technik in Österreich. Ergänzend stehen Probenahmeanleitungen für Wald-, Acker- und Grünlandstandorte, ein Video zur Anleitung der Probenahme sowie Vorlagen zur

Datenerfassung für künftige Erhebungen zur Verfügung und bieten eine Grundlage für eine möglichst standardisierte Datenerhebung und Datenvergleichbarkeit.

Durch die Einbindung der Ergebnisse aus der Arbeitsgruppe „Organische Schadstoffe im Boden“ des Fachbeirates für Bodenfruchtbarkeit und Bodenschutz sowie der Analytikplattform konnten die verwendeten Methoden zu PAH und PCB für eine optimale Verknüpfung zwischen der wissenschaftlich-analytischen Ebene und der praktischen Anwendung harmonisiert werden.

Bei der Auswertung der erhobenen Daten wurden aufgrund der sehr hohen Zahl einzelner Schadstoffe die Summenparameter jener Stoffe bzw. Stoffgruppen dargestellt, die in den Proben nachgewiesen werden konnten. Diese umfassen sowohl bekannte Substanzen wie PAH oder HCB als auch bisher kaum erforschte Stoffe wie Perfluoroktansäure (PFOA) oder polybromierte Diphenylether (PBDE). Hier ist zu berücksichtigen, dass sowohl Standorte mit erwarteter Belastung als auch Hintergrundstandorte mit geringer bzw. keiner erwarteten Belastung in unterschiedlicher Verteilung beprobt wurden und die Ergebnisse auch pro Bundesland unter dieser Prämisse zu betrachten sind. Mögliche Belastungen von Standorten wurden anhand von bisher erhobenen Daten sowie vorliegenden Bewertungsgrundlagen wie der deutschen Bundesbodenschutzverordnung (BBodSchV 1999) bzw. Literatur nach Stand der Technik bewertet. Derzeit liegen keine österreichweit verpflichtenden Grenzwerte für organische Schadstoffe bzw. POPs im Boden vor. Lediglich für Vorarlberg sind Vorsorgewerte für den Boden für PAH, Kohlenwasserstoffindex, PCB7, I-TEQ, PCDD/F und HCB in der Vorarlberger Bodenqualitätsverordnung festgelegt. Aufgrund der Bewertung der erhobenen Daten anhand der herangezogenen Bewertungsgrundlagen wird im Einzelfall empfohlen, an Standorten mit im Gesamtvergleich hervorstechenden Konzentrationen der Herkunft der jeweiligen Schadstoffe nachzugehen.

Bodenschutz liegt in der Kompetenz der Bundesländer. Für ein allfälliges künftiges Monitoring von organischen Schadstoffen in Österreich wäre die fachliche Zusammenarbeit der Bodenexperten und -expertinnen aus Bund und Ländern bzw. eine Abstimmung der Bundesländer betreffend eine gemeinsame Vorgehensweise vorteilhaft. Die im Rahmen von AustroPOPs erarbeiteten Grundlagen und Erkenntnisse sowie die etablierten Erhebungssysteme bieten hinsichtlich Probenahme, Analytik und Datenaufbereitung bzw. -bereitstellung eine mögliche Basis.

Handlungsbedarf besteht bei der (Weiter-)Entwicklung von nationalen Bewertungsgrundlagen. Hierfür liegt Potenzial in der Ergänzung von Daten durch weitere Erhebungen und in der Auswertung bisheriger Studien gemeinsam mit den in AustroPOPs erhobenen Daten.

Es wird als wichtig erachtet, eine für Österreich fachlich konsolidierte und zentral verwaltete Datenbasis zur Verfügung zu haben, um darauf sowohl im Zuge von nationalen und internationalen Fragestellungen als auch rechtsverbindlichen Berichtspflichten und Strategien wie der POP-Verordnung (EU 2019/1021 über persistente organische Schadstoffe) oder dem im Mai 2021 verabschiedeten EU Action Plan “Towards Zero Pollution for Air, Water and Soil“, zurückgreifen zu können.

Sämtliche Projektziele wurden unter Beteiligung des Bundes und der Länder erreicht.

2 Summary

Within the framework of the AustroPOPs project, essential basics for the standardised survey of soil organic pollutants and persistent organic pollutants (POPs) in particular were developed for Austria and possibilities for a national monitoring were explored. This work enabled the assessment of the current situation, the closing of data gaps and the evaluation of methods for sampling and analysis of organic pollutants at national level, in order to meet future requirements of both national and European developments in soil protection with consolidated data.

The initial situation in Austria shows that in the provinces of Vorarlberg, Tyrol, Styria, Salzburg, Carinthia, Lower Austria and Upper Austria, project partners have collected data on POPs and other organic pollutants in around 24 studies over the last 30 years. These studies include area-wide soil condition inventories, monitoring and long-term soil observation at specially established sites, as well as individual case studies on specific aspects. For about 2800 sites from these studies, data is available on organic pollutants such as PAHs, phthalates, pesticides, organochlorine compounds, polychlorinated dibenzo-*p*-dioxins and dibenzofurans (PCDD/F), polychlorinated biphenyls (PCBs), pharmaceuticals or antibiotic agents. The data on contamination of Austria's soils is very heterogeneous, especially on chemical compounds, which have become more important in recent years. Information on per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) and polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) has only been available in isolated cases. In terms of digitisation, data availability and central data provision play an essential role for questions on soil protection in science and practice. In this respect, AustroPOPs was able to take an important step by including the previous studies on organic pollutants in the BORIS soil information system of the federal government and the federal provinces. With over 100 substances at 109 sites collected within the framework of AustroPOPs, it was possible to create and evaluate another valuable data set for Austria and to close data gaps. The developed concept for selecting sites and taking samples is based on previous well-established systems and practice according to the state-of-the-art in Austria. In addition, instructions on data sampling for forest, arable and grassland sites, a video to guide the sampling as well as templates for data collection are available and provide a basis for future surveys being as standardised as possible.

By integrating the results from the working group "Organic Pollutants in Soil" of the Expert Advisory Council for Soil Fertility and Soil Protection and the Analytical Platform in

AustroPOPs, the methods used on PAHs and PCBs could be harmonised for an optimal interlinkage between the scientific-analytical and the practical level.

In the evaluation of the collected data, the cumulative parameters of those substances or substance groups that could be detected in the samples were presented due to the very high number of singular pollutants. These include both known substances such as PAH or HCB as well as substances that have barely been researched so far, such as perfluoro-octanoic acid (PFOA) or polybrominated diphenyl ethers (PBDEs). It must be taken into account here that sites with expected contamination as well as background sites with low or no expected contamination were sampled in different allocations and the results must also be considered per federal state under this premise. Possible contaminations of sampling sites were evaluated using data of previous studies in Austria and instruments for assessment like the German Federal Soil Protection regulation (BBodSchV). Currently defined limit values are not yet available for Austria. Only within the legal framework on soil protection of Vorarlberg ("Vorarlberger Bodenqualitätsverordnung") precautionary levels for PAH, hydrocarbon index, PCB7, I-TEQ, PCDD/F and HCB in soil are defined. As a result of soil data assessment within AustroPOPs it is recommended in individual cases to investigate the origin of the respective pollutants at sites with prominent concentrations.

There is a need for action in (further) developing national assessment principles. As well as there is an opportunity to complete data through further surveys or the evaluation of previous studies together with the data collected in AustroPOPs. It is considered to be important to have a professionally consolidated and centrally managed database available for Austria in order to be able to use it for national and international requirements as well as reporting obligations and strategies such as the POP Regulation (Regulation (EU) 2019/1021 on persistent organic pollutants) or the EU Action Plan "Towards Zero Pollution for Air, Water and Soil" adopted in May 2021.

Soil protection is the responsibility of the federal provinces. For a possible future monitoring of organic pollutants in Austria, the technical cooperation of soil experts from the federal government and the provinces as well as the coordination of the provinces regarding a joint approach would be favourable. The basic principles and findings developed within the framework of AustroPOPs as well as the established survey systems offer a possible basis for this with regard to sampling, analysis and data processing and provision.

All project goals were achieved with the participation of the Austrian Federal Ministry of Agriculture, Regions and Tourism, the Federal Ministry for Climate Action, Environment,

Energy, Mobility, Innovation and Technology, the Austrian Agency for Health and Food Safety, Federal Research and Training Centre for Forests, Natural Hazards and Landscape, the Environment Agency Austria and the federal states of Vorarlberg, Salzburg, Tyrol, Styria, Carinthia, Lower Austria and Upper Austria.

3 Einleitung

3.1 Intention, Status Quo und Anforderungen in Österreich

Die Bodenexperten und -expertinnen aus den Bundesländern sowie jene der Bundesinstitutionen (AGES, Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit; BFW, Bundesamt und Forschungszentrum für Wald; Umweltbundesamt), der Universität für Bodenkultur (BOKU) sowie auch die jeweiligen Fachexperten und -expertinnen aus dem Bereich Bodenanalytik (Labore) sind im Jahr 2015 zu dem gemeinsamen Entschluss gekommen, ein Projekt zur Verbesserung der Datenlage zu organischen Schadstoffen – im speziellen zu POPs – in Österreich ins Leben zu rufen. Der Bedarf an aktuellen, flächendeckenden Daten für verschiedenste Fragestellungen national und international ist ebenso evident wie der Bedarf nach einer vereinheitlichten, kontinuierlichen Datenerhebung („Monitoring“) und der Abstimmung von analytischen Methoden sowie Grundlagen zur Bewertung von organischen Schadstoffen.

Zu organischen Schadstoffen in Böden, die hinsichtlich künftiger Anwendungslimitierungen in Diskussion stehen, ist die Datenlage zum Zeitpunkt des Projektstarts in Österreich sehr heterogen. Zur großräumigen Belastungssituation der Böden liegen Daten aus einzelnen Bundesländern wie der Steiermark¹, Kärnten², Oberösterreich³ und Niederösterreich⁴ vor. Diese Daten wurden im Rahmen der Bodenzustandsinventuren in den 90er Jahren erhoben und betreffen ausgewählte organische Schadstoffe. Zum Großteil sind die Daten älter als 20 Jahre und umfassen klassische Schadstoffe wie PAH und Pestizide, die z. T. mittlerweile verboten sind, wie z. B. Atrazin. Im Falle von Wiederholungen von Bodenzustandsinventuren, wie aktuell 2012–2023 in Oberösterreich, erfolgt eine erneute Datenerhebung. Da diese Untersuchungen jedoch sehr aufwändig und kostenintensiv sind, erfolgt die Wiederholung, wenn überhaupt, nur in langen zeitlichen

¹ Amt der Steiermärkischen Landesregierung (1988-2014): Steiermärkische Bodenschutzberichte. Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Bd. 1-9, Eigenverlag, Graz.

² Amt der Kärntner Landesregierung, Abteilung 15, Umweltschutz und Technik (1999): Bodenzustandsinventur Kärnten 1999. Eigenverlag, Klagenfurt.

³ Bundesamt für Agrarbiologie (1993): Oberösterreichischer Bodenkataster – Bodenzustandsinventur 1993. Amt der Oberösterreichischen Landesregierung, Agrar- und Forstrechts-Abteilung, Linz.

⁴ Amt der Niederösterreichischen Landesregierung, Abteilung VI/4 & Bundesanstalt für Bodenwirtschaft (1994): Niederösterreichische Bodenzustandsinventur. Amt der Niederösterreichischen Landesregierung, Wien.

Abständen. Das Land Steiermark hat die Untersuchung von organischen Schadstoffen in sein landesweites Bodenuntersuchungsprogramm aufgenommen und erhebt im Zuge dessen alle zehn Jahre neue Daten. Im Land Salzburg wurden 2017 im Rahmen des Projekts ORAPOP (Kreuzeder et al. 2018) an 50 Wald- und Grünlandstandorten POPs erhoben. In einigen Bundesländern (z. B. Tirol) werden an wenigen fix eingerichteten Bodendauerbeobachtungsflächen im Abstand von einigen Jahren neben den klassischen Bodenparametern auch Schadstoffgruppen (POPs, Schwermetalle etc.) im Kontext anthropogener Verunreinigungen erhoben.

Des Weiteren sind in den letzten Jahren eine Reihe von neuen POPs wie z. B. polybromierte Diphenylether und PFOS sowie "emerging pollutants" wie Flammschutzmittel ins Licht der Öffentlichkeit gerückt, zu denen es praktisch keine repräsentativen Daten für Österreich gibt. Einige wenige veröffentlichte Studien (Umweltbundesamt 2010, Umweltbundesamt 2008, BMLFUW 2009), die sich jedoch auf wenige Standorte in Österreich beschränken, sind die einzigen Grundlagen aus bodenwissenschaftlicher Sicht, die in diesem Bereich die Basis für Fragestellungen zum Boden- und Umweltschutz bilden. Das Land Vorarlberg hat 2021 einen Bericht zu perfluorierten Verbindungen (PFAS) in Vorarlbergs Umwelt, darunter auch Boden, publiziert⁵.

Somit liegt bis auf das im Land Steiermark durchgeführte Bodenschutzprogramm und die Untersuchung der wenigen Bodendauerbeobachtungsflächen in Österreich kein regelmäßiges Monitoring eines standardisierten Parameterkontingents mit harmonisierten Erhebungsmethoden vor.

Die bisherigen Studien wurden von unterschiedlichen Auftraggebern (Bund, Bundesländer), Probenehmern und -nehmerinnen und chemischen Laboren durchgeführt. Weiters lagen auch unterschiedliche Zielsetzungen bzw. Fragestellungen vor, wie z. B. ein bestimmter Verdacht auf Kontamination aufgrund bekannter potenzieller Quellen.

Weiters waren vorliegende Daten nur teilweise in für Auswertungen geeigneter Form digital und vergleichbar verfügbar: So sind die einzelnen organischen Schadstoffdaten der Bodenzustandsinventuren in vergleichbarer und auswertbarer Form im Bodeninformationssystem BORIS des Bundes und der Bundesländer⁶ zentral verfügbar und werden

⁵ Humer und Scheffknecht 2021: Per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen (PFAS) in Vorarlberg. Umweltinstitut – Bericht UI-05/2021, <https://vorarlberg.at/-/drumherum-abwasser-abfall-schadstoffe>.

⁶ Umweltbundesamt, BORIS Bodeninformationssystem BORIS des Bundes und der Bundesländer <http://www.borisdaten.at/>

auch über dieses anwenderfreundlich und rasch bereitgestellt. Wichtige bisherige Studien, waren jedoch nicht integriert. Somit war die auswertbare und digital verfügbare Datenbasis bezüglich der POPs und anderer organischer Schadstoffe lückenhaft, die Daten z. T. veraltet und es mangelte an Daten zu neuen Stoffgruppen.

Eine Überprüfung, ob nicht auch andere Bodendaten der Bundesländer, des Bundes sowie des Umweltbundesamtes in BORIS aufgenommen werden können bzw. dies sinnvoll ist, sollte daher durchgeführt und bei positiver Entscheidung auch umgesetzt werden.

Zusammenfassend ergibt sich eine große Heterogenität in den vorliegenden Daten hinsichtlich

- der Erhebungszeiträume,
- der zu untersuchenden Parameter/Schadstoffe,
- der Standortdichte bzw. der Standortwahl (Hintergrund, Industrienähe etc.), Landnutzung (Grünland, Wald, Acker),
- der Probenahmemethoden und Beprobungstiefe,
- sowie der Vorbereitung und Durchführung der Analytik
 - Probenaufbereitung (Lyophilisation, Trocknung, Siebung etc.),
 - Probenvorbereitung (Wahl der Extraktionsart und Extraktionsmittel, Reinigungsschritte etc.),
 - Anwendung analytischer Methoden, Messung (Gaschromatographie oder Flüssigchromatographie; Zugabe von isotope markierten Standards, Wiederfindungskorrektur etc.).

Dies macht den Vergleich und die einheitliche Zusammenschau der Daten schwierig, ebenso wie die nachfolgende Interpretation und weiterführende Aussagen zur Belastung von Böden mit organischen Schadstoffen über Bundesländergrenzen hinweg (z. B. im Zuge von EU-Berichtspflichten oder nationalen Umsetzungsprogrammen). Ebenso ist die Heranziehung für z. B. Vergleichswerte bei Problemfällen oder für repräsentative Aussagen über die Belastungssituation in unterschiedlichen Regionen Österreichs schwer.

Somit ergaben sich folgende nationale Anforderungen:

Es bedarf

- einer Feststellung der Kompetenzen zur effizienten und fachlich abgestimmten Datensammlung zur Bodenbelastung durch organische Schadstoffe,
- dringend einer Abstimmung und damit der Erarbeitung einer gemeinsamen Vorgangsweise bei der Analytik von organischen Schadstoffen, sowie zukünftig potenziell weiterer organischer, umweltpolitisch aktueller Parameter in Abstimmung mit aktuellen Entwicklungen in der Europäischen Kommission. Zusätzlich sind auch Stoffe, die aus Sicht der EU künftig zu betrachten sind (Stoffliste UNEP), zu berücksichtigen und mit nationalen Untersuchungen abzustimmen,
- der Schließung von Datenlücken in Österreich, insbesondere zu neuen POPs zur Erstellung von Referenzwerten (Datengrundlagen) für die Bewertung von POPs,
- der Sichtung der verfügbaren Daten sowie der Integration der bestehenden Daten in BORIS zur Datensicherung, Visualisierung und gemeinsamen Auswertung,
- der Erstellung einer Liste potenzieller Schadstoffe mit geeigneten Nachweisgrenzen zu den einzelnen Substanzen als Basis für die flächendeckende Bewertung der Belastungssituation,
- der Zusammenstellung /(Weiter-) Entwicklung von nationalen Richt- und Grenzwerten für die Bewertung von POPs vor dem Hintergrund der EU-Vorgaben,
- fachlicher Überlegungen, die als Grundlage für eine allfällige Einrichtung eines regelmäßigen und langfristigen Monitorings dienen könnten, da der Boden Schadstoffe über einen langen Zeitraum speichert und somit Belastungen sehr gut dokumentiert werden können.

3.2 Grundlagen zu POPs und organischen Schadstoffen

3.2.1 Begriffserklärung und Problematik

POP ist die Abkürzung für den englischen Begriff persistent organic pollutant (persistente/ langlebige organische Schadstoffe). Es handelt sich dabei um Chemikalien, die sich einerseits in Lebewesen (und hier besonders im Fettgewebe) anreichern und andererseits aufgrund ihrer spezifischen Eigenschaften über weite Strecken transportiert werden können. Einmal in die Umwelt freigesetzt, verweilen sie dort viele Jahrzehnte.

Darüber hinaus besitzen POPs eine Kombination aus Eigenschaften, die sowohl für unsere Gesundheit als auch für die Umwelt äußerst problematisch sind:

- **Toxizität (Schädlichkeit)**
Sie sind sehr giftig für Menschen und viele Tiere.
- **Persistenz (Langlebigkeit)**
Die Substanzen sind besonders langlebig und können für viele Jahre in der Umwelt verbleiben. Manche haben z. B. eine Halbwertszeit im Boden von bis zu 20 Jahren, d. h. nach 20 Jahren ist erst die Hälfte der Ausgangssubstanz abgebaut.
- **Bioakkumulation**
Die Stoffe werden von Lebewesen aufgenommen und vor allem im Fettgewebe gespeichert. Dadurch werden sie in der Nahrungskette angereichert. Besonders hoch ist die Belastung mit diesen Schadstoffen daher an der Spitze der Nahrungskette, z. B. bei großen Fischen und Raubtieren, aber natürlich auch beim Menschen.
- **Weltweite Verbreitung**
POPs können über große Entfernungen durch Luft und Wasser transportiert werden (Ferntransport). Gelangen POPs in die Umwelt, verdunsten sie entsprechend ihrem Dampfdruck und den gerade vorherrschenden Temperaturen und werden mit der Luftströmung von wärmeren zu kälteren Zonen transportiert. Bei niedrigen Temperaturen kondensieren sie und gelangen mit Niederschlägen, wie Schnee und Regen, wieder auf die Erdoberfläche. Durch stetigen Wechsel zwischen Verdunstung und Kondensation können POPs auch in abgelegenen Gebieten fern jeder Industrie und Anwendung (globale Destillation) – wie in der Antarktis, Arktis oder in den unbesiedelten Gebieten der Alpen – nachgewiesen werden. Aber auch andere Transportmechanismen sind mittlerweile belegt. So können Substanzen auch über Anhaftung an Partikeln, die über Wasser und Luft migrieren, mitreisen. So konnte beispielsweise der insektizide Wirkstoff Mirex, der in Österreich nie zugelassen war, nachgewiesen werden.

3.2.2 Mögliche Quellen von POPs

Damit Ursachen der Belastung von Umwelt und Lebensmitteln abgeklärt werden können, ist die Kenntnis über Quellen und Eintragspfade von POPs in Umweltmedien wichtig.

POPs wurden in vielen Bereichen weit verbreitet eingesetzt oder unabsichtlich produziert und bei vielen anthropogenen Aktivitäten freigesetzt. Auch Konsumentenprodukte können POP-Verunreinigungen enthalten. Viele der in den Anhängen des Stockholm-

Übereinkommens⁷ gelisteten POPs sind zur Gänze verboten. Einige Substanzen sind jedoch für bestimmte Anwendungen erlaubt und daher auch in Produkten/Erzeugnissen enthalten. Alle in der EU erlaubten Ausnahmen sind in der EU POP Verordnung (Verordnung (EU) 2019/1021 (POP-VO) gelistet.

Laufend werden neue Stoffe als POPs identifiziert, während man ursprünglich vom sogenannten „Dreckigen Dutzend (dirty dozen)“ sprach, gibt es mittlerweile mehr als 30 Stoffe bzw. Stoffgruppen, die als POPs gelten.

Mögliche Quellen von POPs sind:

- Abfalldeponien,
- historisch kontaminierte Standorte (Altlasten und Verdachtsflächen),
- (früherer) Einsatz von Pflanzenschutzmitteln/Pestiziden z. B. in der Landwirtschaft,
- chemische Industrie und Erzeugung organischer Grundstoffe und Chemikalien,
- Papier-, Leder-, Photo-Industrie,
- Halbleiterindustrie und Galvanik,
- Autoindustrie: diverse Autoteile und Fertigungskomponenten, darunter Konstruktionsschäume, Armaturen Bretter, Karosserien, Sonnenblenden, Auto- und Kindersitze,
- Bauindustrie: Isolierschäume, Dichtungsmassen und -Materialien, Rohre, Transportbänder und andere Spezialprodukte,
- thermische Prozesse in der Metallurgie (Sinteranlagen, Sekundärkupfer-, Sekundäraluminiumindustrie, Sekundärzinkindustrie etc.),
- Abfall- und Mitverbrennungsanlagen,
- Kleinf Feuerungsanlagen (häusliche Verbrennungsquellen),
- Feuerungsanlagen für Holz und sonstige Biomassebrennstoffe,
- mit gefährlichen Abfällen befeuerte Zementöfen,
- mit fossilen Brennstoffen befeuerte Kesselanlagen,
- Kraftfahrzeuge,
- Krematorien,
- Abfallbehandlungsverfahren,
- elektronische Geräte wie PC-Monitore, Haushaltsgeräte wie Kühlschränke, Handys, elektronische Spielzeuge,

⁷ The Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants (2004):
<http://chm.pops.int/TheConvention/Overview/tabid/3351/Default.aspx>

- Textilien und Schaumstoffe, Möbel: Polsterungsmaterialien, Matratzen, Schutzkleidung, Teppiche, Vorhänge, Polstermöbelstoffe, Zelte, technische Textilien, Verpackungen.

3.2.3 Aufnahmepfade und gesundheitliche Auswirkungen

Die wichtigsten Aufnahmepfade für den Menschen sind über Nahrung, Trinkwasser und Hausstaub. In die Umwelt gelangen POPs vorwiegend bei der (unbeabsichtigten) Erzeugung, durch Abwasser oder bei unsachgemäßer Entsorgung.

Spezielle gesundheitliche Auswirkungen von POPs sind die Beeinflussung des Immunsystems, des Nervensystems oder des Hormonsystems bis zur Störung der Fruchtbarkeit und Fortpflanzungsfähigkeit. Auch Krebs kann durch diese Stoffe ausgelöst werden, oft erst mit langer Latenzzeit, z. B. erst nach 15 bis 30 Jahren. Viele POPs können über die Plazenta oder Muttermilch von den Nachkommen aufgenommen werden und so sensible Entwicklungsphasen beeinflussen.

Da diese Stoffe oft schwer ausgeschieden und daher im Körper angereichert werden, ist eine Abschätzung der gesundheitlichen Gefahren oft mit einer hohen Unsicherheit verbunden. Ein wirksames Instrument zur Erhebung von Belastungen stellt das Human-Biomonitoring⁸ dar. Das BMK bietet über eine eigene Website Informationen zu POPs⁹.

3.2.4 In AustroPOPs analysierte Stoffe und ihre Bedeutung für den Boden

Die im Projekt AustroPOPs analysierten Substanzen umfassen im Wesentlichen sechs Stoffgruppen. Diese gliedern sich in die schon seit vielen Jahrzehnten bekannten und untersuchten polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAH), die polychlorierten Dibenzo-*p*-Dioxine und Dibenzofurane (PCDD/F), die polychlorierten Biphenyle (PCB) sowie die Pestizide inkl. Organochlorpestizide (OCP). Vertreter der erst in den letzten Jahren in den Fokus gerückten polybromierten Flammschutzmittel (PBDE, HBCDD, DP) sowie die per- und polyfluorierten Alkylsubstanzen (PFAS) wurden ebenso erfasst.

⁸ Plattform Human-Biomonitoring: <https://www.umweltbundesamt.at/ueber-uns/partnernetzwerke/hbm-plattform>

⁹ Schutz vor Umweltschadstoffen;
https://www.bmk.gv.at/themen/klima_umwelt/chemiepolitik/umweltschadstoffe/pops.html

Da die persistenten Schadstoffe aus unterschiedlichen Quellen schlussendlich im Boden, der als Senke fungiert, akkumulieren, geben Bodenuntersuchungen einen guten Einblick in die Vergangenheit bzw. in die Langzeitbelastung des Bodens. Die meisten der organischen Schadstoffe sorbieren im Boden an der organischen Substanz und sind für die Aufnahme in darauf wachsenden Pflanzen gering bis gar nicht verfügbar. Ein Eintrag in die Nahrungskette kann über Resuspension (Anhaften von Bodenpartikeln an Pflanzenmaterial) erfolgen. PAH können im Boden aerob abgebaut werden, jedoch nimmt die Abbaubarkeit mit zunehmender Anzahl der Benzolringe stark ab. PCDD/F sind im Boden sehr persistent und stark sorbiert, daher ist die Verlagerung ins Grundwasser sehr unwahrscheinlich. PCB werden im Boden neben der organischen Substanz auch von Fe- und Al-Oxiden sorbiert. Der sehr langsame Abbau verläuft vorwiegend abiotisch. OCP sind persistent, lipophil und toxisch und weisen ein hohes Akkumulationspotenzial auf. Eine Verlagerung ins Grundwasser kommt nur in seltenen Fällen vor, jedoch kann es zu Verschleppungen über den Luftpfad und zu Ferntransport kommen. Die Flammschutzmittel weisen hohe Variabilität auf. So werden z. B. PBDE stark im Boden sorbiert, hingegen werden TCPP aufgrund ihrer Wasserlöslichkeit geringer gebunden. PFAS sind sehr persistent und sorbieren im Boden an organischer Substanz und speziell an Proteinen (Litz 2004), dies gilt vor allem für länger-kettige PFAS. Kurzkettige PFAS können aufgrund ihrer geringeren Sorption an Bodenoberflächen leichter in den Untergrund sowie ins Grundwasser verlagert werden¹⁰.

Weitere Studien, in denen die oben genannten Stoffe bzw. Stoffgruppen und weitere Stoffe schwerpunktmäßig charakterisiert werden, sind

- Studie: "Per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen (PFAS) in Vorarlberg" (2021: Schwerpunkt: PFAS)¹¹,
- Studien: "Organische Schadstoffe in Grünlandböden" (2008¹², 2010¹³: Schwerpunkt: OCP, PCB, PCDD/F, PAH, PBDE, Nonylphenol, Bisphenol A, Chlorphenole, Nitrophenole, Phthalate, Organozinnverbindungen, Kohlenwasserstoffe),

¹⁰ BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Nukleare Sicherheit (2017): Bericht zu perfluorierten Verbindungen; Reduzierung/Vermeidung, Regulierung und Grenzwerte, einheitliche Analyse- und Messverfahren für fluororganische Verbindungen. Bonn.

https://www.umweltministerkonferenz.de/umlbeschluesse/umlaufBericht2017_19.pdf

¹¹Humer und Scheffknecht 2021: Per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen (PFAS) in Vorarlberg. Umweltinstitut –Bericht UI-05/2021. <https://vorarlberg.at/-/drumherum-abwasser-abfall-schadstoffe>

¹² Umweltbundesamt (2008): Freudenschuß A./Obersteiner E./Uhl M.: Organische Schadstoffe in Grünlandböden. Report REP-0158.

¹³ Umweltbundesamt (2010): Freudenschuß A., Offenthaler I. Organische Schadstoffe in Grünlandböden. Teil 3, Endbericht Report REP-0268.

- Projekt ORAPOP (2018, Schwerpunkt: PAHs, Organochlorverbindungen, PCB, PBDE)¹⁴,
- Projekt MONARPOP (2009, Schwerpunkt: OCP, Chlorphenole, PAH, PBDE, PCDD/F, PCB, Nitrophenole, kurzkettige chlorierte Kohlenwasserstoffe, chlorierte Paraffine, PFAS, Nonylphenol).¹⁵

3.2.5 Nationale und unionsrechtliche Regelungen, Stockholmer Übereinkommen und Protokoll über persistente organische Schadstoffe

Um dieser Umwelt- und Gesundheits-Problematik zu begegnen, trat im Jahr 2004 das Stockholm-Übereinkommen (The Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants, 2004) in Kraft, ein internationales Übereinkommen mit dem Ziel der weltweiten Eliminierung von POPs zum Schutz der menschlichen Gesundheit und der Umwelt. Bisher sind über 180 Staaten diesem Abkommen beigetreten.

Mit anfangs zwölf eingestuften Substanzen (zwölf initial POPs, „Dreckiges Dutzend“ bzw. „dirty dozen“) ist dieses Übereinkommen ein wirksames Instrument zum Verbot besonders gefährlicher Schadstoffe bzw. zur Beschränkung von deren Herstellung und Einsatzminimierung. Daher legt das Stockholm-Übereinkommen Kriterien und Verfahren fest, nach welchen weitere Stoffe bzw. Stoffgruppen in die Anhänge der Konvention aufgenommen werden können. Gegenwärtig sind 30 POPs gelistet. Dieldrin Plus, Methoxychlor und ein UV-Stabilisator aus der Gruppe der Benzotriazole, UV-328 befinden sich derzeit im Bewertungsverfahren für eine mögliche Aufnahme.

In europäisches Recht wurde das Stockholm-Übereinkommen mittels der Verordnung (EU) 2019/1021 (POP-VO)¹⁶ über persistente organische Schadstoffe umgesetzt (Europäische Union [EU] 2019). Die POP-VO ist bei manchen Beschränkungen und Verboten strenger als das Stockholm-Übereinkommen und enthält auch Bestimmungen zu Abfällen, die POPs enthalten. POPs sind in einem der drei Anhänge (vgl. Tabelle 1) gelistet: Anhang I enthält die Stoffe bzw. Stoffgruppen, die vorbehaltlich zeitlich beschränkter Ausnahmen verboten sind, in Anhang II befinden sich POPs, die einer zeitlich unbefristeten Beschränkung

¹⁴ Kreuzeder, A/ Moche W./Scharf, S. (2018): Organische Schadstoffe in Grünland- und Waldböden. Land Salzburg, Salzburg: <https://www.salzburg.gv.at/themen/umwelt/abfall/fachinformationen/persistente-organische-schad>

¹⁵ Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW) (2009): Offenthaler I./ Weiss P./ Uhl M./ et al. (2009): MONARPOP-Technical Report.

¹⁶ EU (2019/1021) - POP-VO: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/de/LSU/?uri=CELEX%3A32019R1021>

unterliegen (derzeit sind keine POPs in diesem Anhang gelistet). Anhang III enthält die Liste der Stoffe, die den Bestimmungen zur Verringerung der Freisetzung unterliegen.

Tabelle 1: Liste der in den Anhängen der POP-VO aufgenommen POPs (Stand: März 2021)

Stoffe	Anhang der POP-VO
Aldrin ²	Anhang I
Chlordan ²	Anhang I
Chlordecon ²	Anhang I
Dieldrin ²	Anhang I
Dicofol ²	Anhang I
Endrin ²	Anhang I
Endosulfan ²	Anhang I
Heptachlor ²	Anhang I
Hexabrombiphenyl ³	Anhang I
Hexabromcyclododecan ³ (HBCDD)	Anhang I
Hexachlorcyclohexane, einschließlich Lindan ²	Anhang I
Kurzkettige chlorierte Paraffine (Short Chain Chlorinated Paraffines (SCCP))	Anhang I
Mirex ²	Anhang I
Pentachlorphenol ² , Salze und Ester	Anhang I
Perfluoroktansulfonsäure (PFOS), und ihre Derivate (PFOSF)	Anhang I
Perfluorhexansäure (PFHxS), Salze und PFHxS-verwandte Verbindungen	Anhang I
Perfluorooctansäure (PFOA), Salze und PFOA-verwandte Verbindungen	Anhang I
Hexabromdiphenylether ³	Anhang I
Heptabromdiphenylether ³	Anhang I
Decabromdiphenylether ³ (DecaBDE)	Anhang I
DDT ²	Anhang I
Toxaphen ² (Camphechlor)	Anhang I
Hexachlorbenzol ² (HCB)	Anhang I, Anhang III

Stoffe	Anhang der POP-VO
Hexachlorbutadien (HCBD)	Anhang I, Anhang III
Pentachlorbenzol ² (PeCB)	Anhang I, Anhang III
Polychlorierte Biphenyle (PCB)	Anhang I, Anhang III
Polychlorierte Naphtaline (PCN)	Anhang I, Anhang III
Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAH)	Anhang III
Polychlorierte Dibenzo- <i>p</i> -dioxine und Dibenzofurane (PCDD/F)	Anhang III

² früher als Pflanzenschutzmittel oder Zwischenprodukte zu deren Herstellung verwendet

³ bromierte Flammschutzmittel

4 Das Projekt "AustroPOPs"

Das Projekt AustroPOPs beabsichtigte die Schaffung von Grundlagen zur Einrichtung eines national abgestimmten Boden-Monitoringsystems für organische Schadstoffe in Österreich gemäß nationalen und europäischen Standards.

4.1 Projektziele

Projektziel war die Erarbeitung eines zwischen den Experten und Expertinnen von Bund und Ländern abgestimmten gemeinsamen Konzeptes zur Erhebung von organischen Schadstoffen in Österreich hinsichtlich zu erhebenden Parametern, anzuwendenden analytischen Methoden, zu beprobenden Standorten, Beprobungsdichte und Zeitrahmen für das Monitoring.

Schwerpunkte lagen dabei auf

- der Abstimmung von analytischen Methoden und Prüfung zum Vorliegen von Grenz-/Richtwerten für POPs in Böden im Zuge der Auswertung,
- einer möglichst österreichweiten Ersterhebung nach diesem Konzept zum Schließen von Datenlücken (auf eine Repräsentativität der Ergebnisse war aufgrund der geringen Standortanzahl nicht abgezielt),
- der statistischen Auswertung der neu erhobenen Daten,
- der Harmonisierung mit österreichischen Datenbeständen in BORIS sowie der Aufnahme bisheriger Daten von organischen Schadstoffen zur Schaffung einer nach Möglichkeit gemeinsam auswertbaren Datenbasis für die Ableitung von Referenzwerten,
- der Schaffung von Grundlagen für die mögliche Einrichtung eines bundesweit harmonisierten Boden-Monitoringsystems für POPs nach Ende dieses Projekts.

Sämtliche Ziele sollten unter Beteiligung des Bundes und der Länder erreicht werden und die Erfüllung der internationalen Forschungs- und Berichtspflichten maßgeblich unterstützen.

4.2 Bedeutung des Projekts für Österreich

Auf nationaler Ebene liegt der Vorteil vor allem in einer Abstimmung zwischen den österreichischen Experten und Expertinnen betreffend die Erhebung und Analytik von POPs/organischen Schadstoffen und der Schaffung von Grundlagen für eine gemeinsame Vorgangsweise.

Ein wesentliches Ziel war die Schaffung von Bewusstsein für den Bodenschutz im Bereich organischer Schadstoffe und POPs, insbesondere da bisherige Daten und Studien wenig bekannt waren, Daten nicht gemeinsam auswertbar und zum Teil nicht digital und vergleichbar mit anderen Bodendaten in Österreich zugänglich waren. Ein wichtiger Schritt in Richtung der Schließung von Datenlücken für Österreich wurde mit diesem Projekt gesetzt. In Folge wurde ein für Österreich (ausgenommen Burgenland und Wien) auswertbarer und vergleichbarer Datensatz erstellt und im Rahmen des Bodeninformationssystems BORIS bereitgestellt und visualisiert. Nur die national abgestimmte Sammlung, Harmonisierung sowie gemeinsame Haltung von Datensätzen ermöglicht eine qualitätsgeprüfte, einheitliche Datenhaltung sowie eine rasche und konsistente Datenbereitstellung. So können mittel- und langfristig Informationen zu Historie sowie aktueller Situation bzw. Veränderungen der Gehalte an POPs in Böden für Österreich gesichert werden. Diese Daten stehen bei aktuellen Fragestellungen für konkrete Standorte oder als Vergleichsdaten für qualifizierte Aussagen unter den mit den Dateneigentümern und -eigentümerinnen vereinbarten Bedingungen und akkordiert mit datenschutzrechtlichen Aspekten zur Verfügung.

Vor dem Hintergrund von nicht mit österreichischen Experten und Expertinnen abgestimmten und unabhängig von nationalen Datenerhebungsstandards erfolgten Datenerhebungen in Österreich durch die EU (z. B. LUCAS-Bodenerhebungen¹⁷) erscheint es dringlich, eigene fundierte Erhebungen zur Verfügung zu haben.

Ein national zentral verfügbarer und qualitätsgesicherter Datensatz zu organischen Schadstoffen bzw. POPs ist die Grundlage für Fragestellungen der österreichischen Bodenschutzpolitik in Land- und Forstwirtschaft und Umwelt sowie für fachübergreifende

¹⁷ LUCAS - Land Use and Coverage Area frame Survey: <https://esdac.jrc.ec.europa.eu/projects/lucas>

Fragestellungen (z. B. Luftschadstoffe/Immissionen) und eine wesentliche Basis zur Erfüllung von nationalen Strategien und Berichtspflichten.

Dies betrifft das Protokoll zu dem Übereinkommen von 1979 über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung betreffend persistente organische Schadstoffe (Protocol on Persistent Organic Pollutants, UNECE 1998)¹⁸ sowie die im Stockholm-Übereinkommen (UNEP; UN 2001), umgesetzt mit der Verordnung (EU) 2019/1021¹⁹ über persistente organische Schadstoffe, geforderte Reduktion von POPs durch Auseinandersetzung mit potenziellen Quellen für Einträge in Böden. In beiden Dokumenten wird eine Verringerung der Belastung mit persistenten organischen Schadstoffen (POPs) durch Herstellungs- und Anwendungsverbote und verbindliche Richtlinien angestrebt (vgl. Kap. 3.2.5). Die Durchführung der POP-VO findet sich im nationalen Chemikaliengesetz (BGBL I Nr. 53/1997 bzw. BGBL I Nr. 140/2020)²⁰. Zuständige Behörde im Sinne des Artikel 19 ist die Bundesministerin bzw. der Bundesminister für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie.

Weiters betrifft dies die Umsetzung des Nationalen Aktionsplans (NAP²¹), der die in Österreich zur Erfüllung dieser internationalen und europäischen Verpflichtungen ergriffenen Maßnahmen beschreibt. Im Jahr 2007 wurde in der EU-Gesundheitsstrategie die Verankerung des Gesundheitsschutzes in allen Politikbereichen festgelegt (KOM(2007) 630). Nach diesen Vorgaben beschloss die österreichische Bundesgesundheitskommission Rahmengesundheitsziele (BMG 2012). In Ziel 4 ist die nachhaltige Gestaltung und Sicherung natürlicher Lebensgrundlagen wie Luft, Wasser und Boden sowie aller Lebensräume auch für künftige Generationen festgelegt.

Auf europäischer Ebene wurden bereits 2003 eine gemeinsame Strategie zu Umwelt und Gesundheit (KOM(2003) 338) sowie ein Aktionsplan zu ihrer Umsetzung für den Zeitraum

¹⁸ The 1998 Aarhus Protocol on Persistent Organic Pollutants (POPs): <https://unece.org/environment-policyair/protocol-persistent-organic-pollutants-pops>

¹⁹ Verordnung über persistente organische Schadstoffe <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/de/LSU/?uri=CELEX%3A32019R1021>

²⁰ Chemikaliengesetz 1996 – ChemG 1996
https://www.ris.bka.gv.at/Dokumente/BgblPdf/1997_53_1/1997_53_1.pdf,
<https://www.ris.bka.gv.at/eli/bgbl/I/2020/140>

²¹ Nationaler Aktionsplan „Persistente Organische Schadstoffe“ (NAP):
<https://www.umweltbundesamt.at/umwelthemen/industrie/nationaleraktionsplan-pops>

2004–2010 verabschiedet (The EU Environment and Health Action Plan (EHAP); KOM(2004) 416).

Eines der grundlegenden Ziele des 7. Umweltaktionsprogramms der Europäischen Union (Beschluss Nr. 1386/2013/EU / KOM(2012) 710 bzw. Beschluss Nr. 1386/2013/EU) ist unter dem Thema „Umwelt und Gesundheit“ die Erreichung einer Umweltqualität, die die Gesundheit der Menschen nicht gefährdet oder negativ beeinflusst, genannt. Hier wird die Verankerung des Umwelt- und Gesundheitsschutzes in allen Politikbereichen gefordert. Umwelt- und chemikalienbedingte Risiken für die menschliche Gesundheit, insbesondere für Kinder und ältere Menschen, sollen identifiziert und minimiert werden. Eine Verbesserung der Luft- und Wasserqualität, besondere Sorgfalt bei der Bewertung der Sicherheit von Chemikalien und Pestiziden sowie bei deren Anwendung und Schutz vor Lärm sind prioritär.

Das Bodenschutzprotokoll der Alpenkonvention (BGBl. III Nr. 235/2002) beinhaltet das Ziel, den Boden in seinen Funktionen und zur Sicherung seiner Nutzungen nachhaltig leistungsfähig zu erhalten. Die Vertragsparteien zur Alpenkonvention haben sich auch dazu verpflichtet, alle Anstrengungen zu unternehmen, um den Schadstoffeintrag in die Böden über Luft, Wasser, Abfälle und umweltbelastende Stoffe so weit wie möglich zu verringern. Bevorzugt werden Maßnahmen, die Emissionen an ihrer Quelle begrenzen.

Die Nachhaltigkeitsstrategie (BMLFUW 2002)²² nennt den Schutz der Böden als zentrales Anliegen Österreichs, um die Funktionsfähigkeit und Verfügbarkeit der terrestrischen Ökosysteme in qualitativer und quantitativer Hinsicht zu sichern und diese Lebensgrundlage auch für künftige Generationen dauerhaft nutzbar zu machen.

Die 17 Ziele für nachhaltige Entwicklung (UN Sustainable Development Goals (SDGs; UN 2015)) im Rahmen des UN-Aktionsplan „Transformation unserer Welt: die Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung“²³ sind politische Zielsetzungen der Vereinten Nationen (UN), die der Sicherung einer nachhaltigen Entwicklung auf ökonomischer, sozialer sowie ökologischer Ebene dienen sollen. Mehrere Ziele behandeln die Ressource Boden: SDG 2 nimmt Bezug auf die Bodenqualität, um die Nahrungsmittelproduktion zu verbessern, SDG 12 zielt darauf ab, die Bodenkontamination durch Chemikalien zu stoppen und

²² https://www.nachhaltigkeit.info/artikel/nachhaltigkeitsstrategie_2002_764.htm

²³ <https://www.bundestkanzleramt.gv.at/themen/nachhaltige-entwicklung-agenda-2030.html>

SDG 15 hat die Wiederherstellung eines guten Bodenzustands bei degradierten Böden im Fokus.

Der Europäische Grüne Deal²⁴ (COM(2019) 640 final) ist eine Strategie der Kommission für die Bewältigung klima- und umweltbedingter Herausforderungen. Er soll dem Schutz, der Bewahrung und der Verbesserung des Naturkapitals der EU dienen und die Gesundheit und das Wohlergehen der Menschen vor umweltbedingten Risiken und Auswirkungen schützen.

Am 12. Mai 2021 hat die EU als Bestandteil des European Green Deal den EU Action Plan "Towards Zero Pollution for Air, Water and Soil"²⁵ verabschiedet. Ziel ist, die Ressourcen Luft, Wasser und Boden durch verbesserte Überwachung und Berichterstattung, Verhinderung von weiterer Verschmutzung und Behebung von Kontaminationen nachhaltig zu schützen. Für den Boden sind unter anderem die Reduzierung der Schadstoffbelastung im Boden, die Verbesserung der Bodenqualität und die Förderung der Wiederherstellung sowie die Reduktion von Nährstoffverlusten und dem Einsatz chemischer Pestizide um 50 % vorgesehen.

Am 20. Mai 2020 legte die Europäische Kommission ihre Mitteilungen zur Farm to Fork Strategie²⁶ sowie zur Biodiversitätsstrategie²⁷ vor, welche ebenfalls Teil des europäischen Grünen Deals sind. Die Leitziele der Farm to Fork Strategie sind unter anderem eine 50 %-Reduktion des Einsatzes und Risikos chemischer Pestizide und eine 50 %-Reduktion gefährlicher Pestizide (Substitutionskandidaten) sowie eine 50 %-Reduktion der Nährstoffverluste und eine 20 %-Reduktion der Düngemittel bis 2030.

Aus wissenschaftlicher Sicht konnten im Rahmen von AustroPOPs wesentliche Grundlagen für die Behandlung (im Sinne von Erfassung, Messung, Auswertung, Strategien zum Bodenschutz) von organischen Schadstoffen und insbesondere POPs in Böden für Österreich geschaffen werden.

Dies betrifft

²⁴ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/HTML/?uri=CELEX:52019DC0640&from=EN>

²⁵ https://ec.europa.eu/environment/strategy/zero-pollution-action-plan_en

²⁶ https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal/actions-being-taken-eu/farm-fork_de

²⁷ https://ec.europa.eu/environment/strategy/biodiversity-strategy-2030_en

- die Standardisierung von Methoden (Probenahme, Analytik) und Normierung. Dazu bestand laut österreichischen Experten und Expertinnen großer Handlungsbedarf aufgrund der heterogenen Ausgangslage,
- die Prüfung der Relevanz von POPs in Böden, insbesondere aber auch von "emerging pollutants", zu denen es wenige Untersuchungen in Österreich gibt, und Förderung dieses wissenschaftlichen Bereichs, Netzwerkaufbau für Experten und Expertinnen und Stakeholder in Forschung und Praxis,
- neue Erkenntnisse, Ausbau der Kompetenzen und Weiterentwicklung von Anforderungen an die Erhebung von POPs in Böden aus bodenkundlicher Sicht,
- die Zusammenarbeit und Unterstützung für die Formate „Analytikplattform“ des Österreichischen Wasser- und Abfallwirtschaftsverbands ÖWAV und der Arbeitsgruppe „Organische Schadstoffe im Boden“ des Fachbeirates für Bodenschutz und Bodenfruchtbarkeit,
- die Anwendung von bisherigen Bewertungssystemen und Regelwerken zur Bewertung für organische Schadstoffe in Böden zur Prüfung der Relevanz in der Praxis,
- die Schaffung von wichtigen Grundlagen zur Herkunft von POPs insbesondere in der Landwirtschaft insofern, als dass in der Auseinandersetzung mit Standortwahl (Hintergrundstandorte versus schadstoffquellennahe Standorte), zu erhebenden Parametern und Analytik auch eine Auseinandersetzung mit bekannten sowie noch wenig bekannten Quellen für POPs in Böden erfolgen kann (z. B. Ausbringung von Pflanzkohle, Klärschlamm, ...). Dies ist eine wesentliche Grundlage zur im Stockholm-Übereinkommen (UNEP, UN; 2001) geforderten Reduktion von POPs,
- die Schaffung von Grundlagen zur Akkordierung aktueller Trends zur Aufnahme von neuen POPs für die UNEP.

Bodenschutz liegt in Österreich in der Kompetenz der Bundesländer. Eine koordinierte Vorgangsweise für Österreich bzw. eine Abstimmung von Vorgangsweisen zwischen den Bundesländern ermöglicht die Bündelung von Fachexpertise, die Stärkung der Zusammenarbeit sowie Ressourcen- und Kosteneffizienz. Überlegungen zu einem möglichen Monitoring wurden gemeinsam erarbeitet. So kann allfällig anfallenden Mehrkosten durch eigene umfassende Recherchen oder nachträglich notwendiges „Vergleichbarmachen“ von Methoden und Daten oder zusätzlich erforderlichen Erhebungen bereits im Vorfeld entgegengewirkt werden. Ein gemeinsam erarbeitetes und abgestimmtes Konzept steht allen Bundesländern zur Verfügung. Es kann bei Bedarf auf die Projekt-Erkenntnisse zurückgegriffen werden und diese können für die eigenen Voraussetzungen adaptiert werden.

Durch das Schließen von Datenlücken stehen im Anlassfall Vergleichsdaten zur Verfügung, die bei konkreten Fragestellungen herangezogen werden können. Dies dient einerseits der Absicherung bei Anfragen, z. B. durch NGOs oder der interessierten Öffentlichkeit, sowie auch als Grundlage bei Verfahren (z. B. UVP), in denen die Beurteilung von Böden hinsichtlich organischer Schadstoffe erforderlich ist. Aber auch bei akut auftretenden Kontaminationen und Belastungen durch organische Schadstoffe kann retrospektiv auf diese Daten zum Vergleich zurückgegriffen werden.

In den Bodenschutzgesetzen der Bundesländer finden sich Ziele, um die Bodenqualität zu erhalten, vor allem hinsichtlich der landwirtschaftlichen Produktion. Diese konnten durch das Projekt unterstützt werden.

Bisher erhobene Daten zu organischen Schadstoffen, die noch nicht in BORIS aufgenommen waren, wurden in das System integriert. Dies bietet die Vorteile der gemeinsamen zentralen Verwaltung und Datenbereitstellung und damit auch der Sicherung und Archivierung der Daten aus den Bundesländern (keine eigene Verwaltung der Daten erforderlich), der Abdeckung von Anforderungen durch INSPIRE, der Konsistenzprüfung der Daten und ihrer Zugänglichkeit gemeinsam mit anderen österreichischen Daten zu organischen Schadstoffen via BORIS-Bodeninformationssystem.

Durch die Zusammenarbeit im Projekt wurde die Kooperation, der Kompetenzaufbau und der fachliche Austausch zwischen den Bundesländern im Sinne eines gemeinsamen Netzwerkes gefördert.

5 Arbeitspaket 1: Analyse IST-Zustand und Anforderungen an ein Monitoringsystem für organische Schadstoffe in Österreich im EU Kontext & EU Standards

5.1 Einleitung

Ziel des Arbeitspaketes 1 war, bestehende Monitoring- und Datenerhebungssysteme in Bezug auf organische Schadstoffe zu erfassen sowie die Datenlage (in Österreich durchgeführte Studien, verfügbare Parameter, Zeitreihen, Datenzugänglichkeit etc.) und Labor-kompetenzen zu organischen Schadstoffen und POPs in den Bundesländern und den Bundesinstitutionen zu erheben. Weiters wurden Anforderungen an die Datenerhebung und Datenbereitstellung von POPs für Österreich als Grundlage für das in Arbeitspaket 2 folgende Umsetzungskonzept erarbeitet. Die Ergebnisse wurden unter Mitarbeit aller Projektpartner:innen erstellt.

Die einzelnen Arbeitsschritte waren wie folgt:

- Erfassung und Analyse des aktuellen Zustands zur Datenerhebung in Österreich in den Bundesländern und beim Bund: Datenerhebungssysteme (z. B. Bodendauerbeobachtung, Bodenzustandsinventuren, Einzeluntersuchungen), angewandte Methoden und Standards, Datenlage, -aktualität sowie -verfügbarkeit, Datenharmonisierung und Erfüllung der INSPIRE Richtlinie,
- Darstellung der Analytikkompetenzen in Österreich,
- Erhebung des Bedarfs an Daten für Österreich.

5.2 Material und Methoden

Die Erhebung der Information erfolgte anhand eines gemeinsam mit den Projektpartnern und -partnerinnen ausgearbeiteten Fragebogens. Dieser diente zur Ermittlung des aktuellen Zustands zur Datenerhebung von organischen Schadstoffen und POPs in den Bundesländern und beim Bund sowie der angewandten Methoden und Standards, der Datenlage, -aktualität und -verfügbarkeit sowie der Analytikkompetenzen zu POPs in Österreich (wer analysiert welche Stoffe) und möglicher Anforderungen für z. B. Berichtspflichten gegenüber der EC.

Mittels des Fragebogens wurden folgende Informationen erhoben²⁸:

Tabelle 2: Fragebogen zu Block 1 Studien & Daten

Block 1 Studien & Daten	Durchgeführte Studien die POPs/organische Schadstoffdaten enthalten (Zitat)
	Erhebungsjahr
	DatenurheberIn
	Art der Studie (Einmalerhebung, Monitoringfläche, ...)
	Anzahl der Standorte
	Regionale Lage der Untersuchung (z. B. Waldviertel, ganz Oberösterreich, ...)
	Verortung vorhanden? (Koordinaten, GPS, Wiederauffindbarkeit...)
	Angabe zur Landnutzung
	Wiederholungen geplant (J/N)
	Erfasste POPs & jeweilige Methode/Standard (an Parameter gebunden – nicht trennen)
	Weitere erhobene Parameter (Bodentyp, Profilangaben, ...)
	Analysierende(s) Labor(s) pro Parameter
	Wer hat Probenahme durchgeführt
	Sonstiges

Angaben pro Studie; nur Studien, zu denen Daten digital vorliegen.

²⁸ Die Aussendung des Fragebogens erfolgte am 25.4.2018.

Tabelle 3: Fragebogen zu Block 2 Datenverfügbarkeit

Block 2 Datenverfügbarkeit	
	Erhebungsjahr
	DatenurheberIn
	Art der Studie (Einmalerhebung, Monitoringfläche, ...)
	Daten sind digital (nicht analog z. B. nur in einem Bericht) verfügbar (J/N) prinzipiell keine analogen „alte“ Daten“
	Daten sind über eigenes Informationssystem verfügbar (J/N)
	Daten sind in BORIS verfügbar (J/N)
	Daten sollen in BORIS verfügbar sein, Aufnahme im Rahmen von AustroPOPs (J/N)
	Sonstiges
Angaben pro Studie; nur Studien, zu denen Daten digital vorliegen.	

Tabelle 4: Fragebogen zu Block 3 Laborkompetenzen

Block 3 Laborkompetenzen	
	ProjektpartnerIn verfügt über eigenes Labor (J/N)
	Analytikleistungen Boden (welche Parameter, Methoden)
	Kompetenz zur Probenahme (J/N)
	Kompetenz zur Probeaufbereitung/Vorbereitung (J/N)
	Kompetenz zur Standorteinrichtung und Standortaufnahme
	Sonstiges
Inkludiert auch Probenahme-, Probevorbereitung, Standorteinrichtung – Kompetenz, nur für Projektpartner:innen, die ein eigenes Labor betreiben, inkludiert alle Bodenanalysen, nicht nur POPs.	

Tabelle 5: Fragebogen zu Block 4 Anforderungen

Block 4 Anforderungen	
	Weitere wichtige Parameter Schadstoffe/Fremdstoffe
	Aktualität
	Wichtigkeit ausreichender Beprobungsdichte für signifikante Aus- /Bewertungen
	Bedeutung harmonisierter, gemeinsam auswertbarer Daten die bei Bedarf bereitstehen
	Anforderungen aus EU- und nationalen Regelungen (NIP, NAP, Berichtspflichten) ...
	Sonstiges

5.3 Auswertung der Ergebnisse

Für die Auswertung wurden die Antworten der einzelnen Fragebögen aller Projektpartner und -partnerinnen zu den einzelnen Fragen zusammengeführt und gemeinsam für spezifische Fragestellungen ausgewertet.

Die Ergebnisse zu den einzelnen Fragen sind in den folgenden Kapiteln dargestellt und beschrieben.

5.3.1 Block 1: Studien und Daten

Wie viele Studien und welche gibt es zu POPs und organischen Schadstoffen in Österreich und welche Art von Erhebungen wurde durchgeführt?

Darstellung der Ergebnisse

In Tabelle 6 sind alle von den Projektpartnern und -partnerinnen angegebenen Studien inklusive für eine Zusammenschau wesentlicher Zusatzangaben wie Datenurheber, Erhebungsjahr und Bundesland angeführt.

Zusätzlich wurden für die Tabelle die Anzahl der betreffenden Standorte pro Studie generiert.

Tabelle 6: Studien zu POPs bzw. organischen Schadstoffen in Böden in Österreich (deren Daten digital verfügbar sind)

Name Studie / Zitat	Bundes--land	Datenurheber	Jahr	Anzahl Stand-orte	Art der Erhebung
Bodenzustandsinventur Kärnten, Amt d. Kärntner Landesregierung (1999)	Ktn	Amt der Kärntner Landesregierung	1999	481	Einmalerhebung
Darstellung der HCB- und Quecksilbersituation in den Böden (2015)	Ktn	Amt der Kärntner Landesregierung	2014/2015	110	Einmalerhebung
Organische Schadstoffe in Grünland- und Waldböden (ORA-POPs)	Sbg	Amt der Salzburger Landesregierung - Abt. 5 und Abt. 4	2016/2017	50	Einmalerhebung
Steiermärkische Bodenschutzberichte	Stmk	Amt der Steiermärkischen Landesregierung	seit 1986	1000	Monitoring
Bodendauerbeobachtung Tirol	T	Amt der Tiroler Landesregierung	laufend	10	Monitoring
Transitstudie Tirol	T	Amt der Tiroler Landesregierung	1990	21	Einmalerhebung
Bodenzustandsinventur 1988 – Ersterhebung	T	Amt der Tiroler Landesregierung	1986/1987	658	Einmalerhebung
Bodenzustandsinventur 1996 – Wiederholung	T	Amt der Tiroler Landesregierung	1993	110	Einmalerhebung
Klärschlamm und Boden – Eintrag von Spurenstoffen auf landwirtschaftlich genutzte Böden	Vbg	Amt der Vorarlberger Landesregierung und BMLFUW	2016	8	Einmalerhebung mit Doppelbeprobung
Gärsubstrate und Boden: Spurenstoffeinträge durch Biogasgülle und Gärrückstände in landwirtschaftlich	Vbg	Amt der Vorarlberger Landesregierung	2017	5	Einmalerhebung

Name Studie / Zitat	Bundes--land	Datenurheber	Jahr	Anzahl Stand-orte	Art der Erhebung
genutzte Böden Vorarlbergs					
Organische Schadstoffe in Böden von Ballungsräumen	NÖ, W	Umweltbundesamt GmbH	2017	10	Mehrmals-erhebung (2013, 2016)
Bromierte Flammschutzmittel in der Umwelt	Stmk, OÖ, NÖ, W	Umweltbundesamt GmbH	2016	10	Einmalerhebung
Moos-Monitoring in Österreich	Ganz Ö	Umweltbundesamt GmbH	2016	75	Mehrmals-erhebung (1995, 2000, 2005, 2010, 2015)
Organische Schadstoffe in Grünlandböden	NÖ, Sbg, T, Vbg	Umweltbundesamt GmbH	2010	10	Einmalerhebung an BDF** (Salzburg, Tirol)
Antibiotika in Biogasanlagen	OÖ, NÖ	Umweltbundesamt GmbH	2010	3	Einmalerhebung
MONARPOP Technical Report	Ganz Ö	Umweltbundesamt GmbH	2009	21	Monitoring
Organische Schadstoffe in Grünlandböden	Bgld, OÖ, Ktn, Stmk	Umweltbundesamt GmbH	2008	14	Einmalerhebung
Oberösterreichische Bodenzustands-inventur – Erstuntersuchung	OÖ	Land Oberösterreich, Abt. Land- und Forstwirtschaft	1990–1993	280 POPs/ Organika (880 BZI***)	Mehrmals-erhebung (Erstunter-suchung)
Oberösterreichische Bodenzustands-inventur – Wiederholung	OÖ	Land Oberösterreich, Abt. Land- und Forstwirtschaft	2012–2023	280 POPs/ Organika (880 BZI)	Mehrmals-erhebung (Wiederholung)
A 1/S 33 Knoten St.Pölten und B 334 Traisentalstraße UVE für den Fachbereich BODEN	NÖ	Arbeitsgemeinschaft: Prof. Dr. Walter Wenzel ,Dipl.-Ing. Gottfried Wieshammer	2005	9	Einmalerhebung
Schwechat Flughafen 2000	NÖ	Arbeitsgemeinschaft: Prof. Dr. Walter Wenzel ,Dipl.-Ing.	2000	14+17	Einmalerhebung

Name Studie / Zitat	Bundes-- land	Datenurheber	Jahr	Anzahl Stand- orte	Art der Erhebung
		Gottfried Wieshammer			
Studie 3 Schwechat Flughafen 2004	NÖ	Arbeitsgemeinschaft: Prof. Dr. Walter Wenzel ,Dipl.-Ing. Gottfried Wieshammer	2004	WH 3+3	Dauerbeobach- tung (Wiederholungs- beprobung an 3 BDF**)
Tullner Feld – MVA Dürnrohr 1998	NÖ	Arbeitsgemeinschaft: Prof. Dr. Walter Wenzel ,Dipl.-Ing. Gottfried Wieshammer	1998	8	Dauer- beobachtung
Tullner Feld – MVA Dürnrohr 2003	NÖ	Arbeitsgemeinschaft: Prof. Dr. Walter Wenzel, Dipl.-Ing. Gottfried Wieshammer	2003	WH 7	Dauerbeobach- tung (Wiederholungs- beprobung an 27 BDF**)

*WH: Wiederholungsbeprobungen

**BZI: Bodenzustandsinventur

***BDF: Bodendauerbeobachtungsfläche

Anmerkungen:

Bei Wiederholungsbeprobungen (WH) werden die gleichen Standorte wieder beprobt, somit kommen keine neuen Standorte dazu und an der Gesamt-Standortanzahl ändert sich nichts.

Bei einigen Studien, z. B. ORAPOPs²⁹, tritt zwar die genannte Institution als Datenurheber auf, so hat jedoch das analysierende Labor (z. B. Umweltbundesamt) aufgrund des Eigeninteresses an der Studie diese – über eine reine Auftragsanalytik hinaus – auch finanziell unterstützt und tritt daher nicht mehr als reines Lohnlabor auf. So wurde bereits in Förderansuchen oder in Preisinformationen festgehalten, dass nach Rücksprache mit dem Auftraggeber die Daten für BORIS oder für Publikationen zur Verfügung gestellt

²⁹ Kreuzeder, A/ Moche W./Scharf, S. (2018): Organische Schadstoffe in Grünland- und Waldböden. Land Salzburg, Salzburg: <https://www.salzburg.gv.at/themen/umwelt/abfall/fachinformationen/persistente-organische-schad>

werden. In dieser Tabellendarstellung wird dies nicht berücksichtigt, da die Studie dem/der HauptauftraggeberIn zugeordnet ist.

Die vom Umweltbundesamt publizierte Studie „Görtschitztal – Untersuchungen an Mensch und Umwelt“³⁰ scheint nicht in der Tabelle auf, da die für das Kapitel Boden verwendeten Daten zu POPs aus der Studie „Darstellung der HCB- und Quecksilber-situation in den Böden (2015)“ des Landes Kärnten stammen.

Abbildung 1: Art der Erhebung und Anzahl der Studien

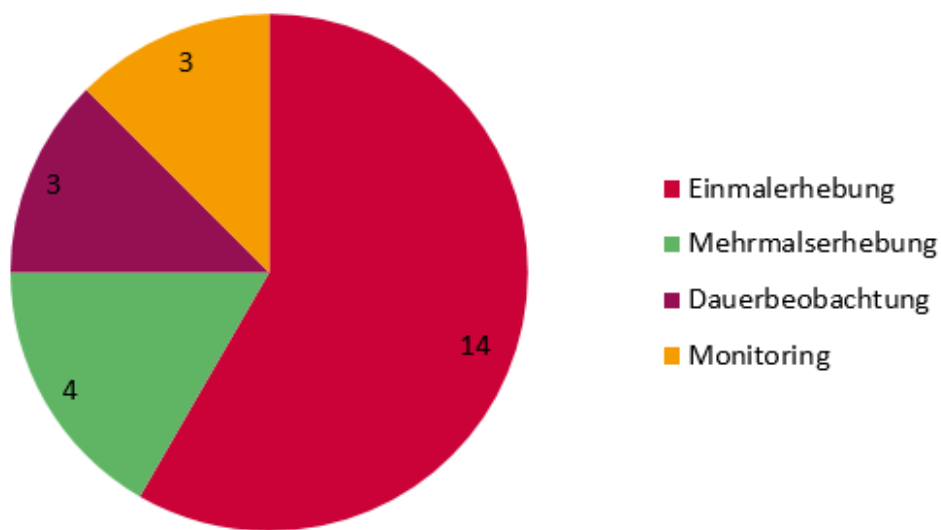


Abbildung 1: Art der Erhebung und Anzahl der Studien zeigt die Auswertung der Art der Erhebung mit der Anzahl der betreffenden Studien nach den folgenden vier Klassen:

- einmalige Erhebung
- mehrmalige Erhebung (z. B. Wiederholungsbeprobung)
- Dauerbeobachtung
- Monitoring

³⁰ Görtschitztal – Untersuchungen an Mensch und Umwelt:
<https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/rep0652.pdf>

Wiederholungsbeprobung (WH) bedeutet, dass die Datenerhebung mindestens zweimal stattgefunden hat. Bodendauerbeobachtung ist zwar eine Form des Monitorings, nachdem in den Fragebögen jedoch beide Begriffe angegeben waren, wurde die Differenzierung abgebildet.

Anmerkungen:

Ältere Studien, deren Daten nicht digital verfügbar sind, sind nicht in die Auswertung eingeflossen. Dies wurde im Rahmen der Fragebogenaktion festgelegt. Begründet ist dies darin, dass eines der primären Projektziele die Aufnahme der Daten in BORIS ist. Voraussetzung dafür ist das Vorliegen der Daten in digitaler Form. Durch das Fehlen älterer nicht digitaler Studien kommt es zu einer Verschiebung der Gewichtung von einzelnen Stoffen, weil diese Stoffe z. B. später nicht mehr erhoben wurden oder zum damaligen Zeitpunkt (noch) nicht analysiert wurden. Dies ist bei der Darstellung zu berücksichtigen.

Beschreibung der Ergebnisse:

In Österreich wurden in den Bundesländern Vorarlberg, Tirol, Steiermark, Salzburg, Kärnten, Niederösterreich und Oberösterreich durch die Projektpartner:innen im Rahmen von 24 Studien POPs und weitere organische Schadstoffe erhoben. Die Studien umfassen sowohl flächendeckende Bodenzustandsinventuren (Beprobungsraster), Monitoring- und Bodendauerbeobachtung an eigens dafür eingerichteten Standorten sowie Einzelfallstudien zu spezifischen Fragestellungen.

Der Großteil der Studien sind Einzelerhebungen (14), vier Studien umfassen Mehrmalerhebungen, in sechs Studien wurden POPs/organische Schadstoffe regelmäßig in Form von Dauerbeobachtung bzw. Monitoring erfasst. Die Anzahl der beprobten Standorte pro Studie für Wiederholungen/Monitoring ist landesspezifisch sehr heterogen. Insbesondere in der Steiermark und in Oberösterreich stehen hier große Datenbestände zur Verfügung. In der Steiermark werden 1000 Standorte in regelmäßigem zehnjährigen Monitoring beprobt, in Oberösterreich wurden an 280 der insgesamt 880 Bodenzustandsinventur-Standorte POPs bzw. Organika erhoben, aktuell erfolgt eine Wiederholung, es werden wiederum an 280 Standorten POPs bzw. Organika erhoben.

Die Einrichtung und der Betrieb von Bodenmonitoringflächen sind kostenintensiv und deshalb in den meisten Fällen auf wenige ausgewählte Standorte beschränkt. Die Wiederholung der flächendeckenden Bodenzustandsinventuren ist aufgrund der z. T. hohen

Standort- und Parameterzahl ebenfalls sehr aufwändig und kostenintensiv und wird – wenn überhaupt – eher in großen Zeiträumen durchgeführt. Weiters steht immer wieder in Diskussion, wie oft – durch die z. T. langsamen Veränderungen von v. a. Schadstoffgehalten in Böden – eine wiederholte Datenaufnahme sinnvoll ist.

Für 2817 der gesamt 3417 Standorte im Projektgebiet der angegebenen Studien gibt es Daten zu POPs und weiteren organischen Schadstoffen, wie z. B. PAHs, Phthalate, Arzneimittelwirkstoffe oder Antibiotikawirkstoffe. Diese Standorte liegen in allen Bundesländern. Für Wien und Burgenland sind die Standorte sehr eingeschränkt, da sie aus Studien kommen, die nicht durch die jeweiligen Bundesländer durchgeführt wurden (keine Projektbeteiligung) und somit die eigentlichen „Landesinformationen“ fehlen.

Welche Gebiete Österreichs sind mit Daten zu organischen Schadstoffen/POPs abgedeckt?

Beschreibung der Ergebnisse:

Die Auswertung der Studien und Erhebungen zeigt, dass hier eine starke Heterogenität bei der Anzahl der Standorte pro Bundesland bzw. je nach Art der Erhebung besteht. Weiters ist auch die Anzahl der erhobenen Parameter zu berücksichtigen. So sind z. B. Bodenzustandsinventuren flächendeckend, hier wurden meist bekannte Standard-Parameter (z. B. PAH, DDT, PCB) erhoben. Bei den punktuellen Sonderstudien wurden an wenigen Standorten viele, zum Teil neue „innovative“ Stoffe analysiert (z. B. Dioxine/Furane, Flammschutzmittel). Das bedeutet, dass Analysen für einzelne spezielle Stoffe nur an wenigen Standorten vorliegen und Stoffe wie HCB oder PAHs, die schon länger standardmäßig in Analysenprogrammen für große Bodenuntersuchungen wie z. B. Bodenzustandsinventuren integriert sind, Aussagen für größere Regionen ermöglichen. Eine Auswertung der Abdeckung des Projektraumes mit Daten zu POPs bzw. organischen Schadstoffen nach Projektende ist in Tabelle 24 zusammengestellt.

Inwieweit sind Informationen zu Verortung und Landbedeckung vorhanden?

Beschreibung der Ergebnisse:

Bei allen angegebenen Studien ist eine geographische Verortung der Standorte möglich. Darüber hinaus geben alle Studien Informationen zur Landnutzung vor Ort an. Sie erfüllen somit diese Mindestbedingungen zur Aufnahme in BORIS.

Welche POPs wurden erhoben

Darstellung der Ergebnisse:

In der folgenden Abbildung und Tabelle sind sowohl die Häufigkeit der in den angeführten Studien erhobenen POPs nach Hauptgruppen klassifiziert (Abbildung 2) als auch die erhobenen Einzelstoffe in den Gruppen im Detail dargestellt (Tabelle 7).

Die Auswertung umfasst all jene Stoffe, die auf der aktuellen Liste des Stockholm-Übereinkommens (UNEP, UN; 2001) angeführt sind. Inkludiert sind auch jene Stoffe, die aktuell für die Listung vorgeschlagen sind und mit hoher Wahrscheinlichkeit in Kürze in die Liste aufgenommen werden: Dicofol, Perfluorhexansäure (PFHxS), Salze und PFHxS-verwandte Stoffe, Perfluorooktansäure (PFOA), Salze und PFOA-verwandte Stoffe.

Abbildung 2: Häufigkeit der (im Rahmen der von den Projektpartnern und -partnerinnen bereit gestellten Studien) erhobenen POPs nach Hauptgruppen.

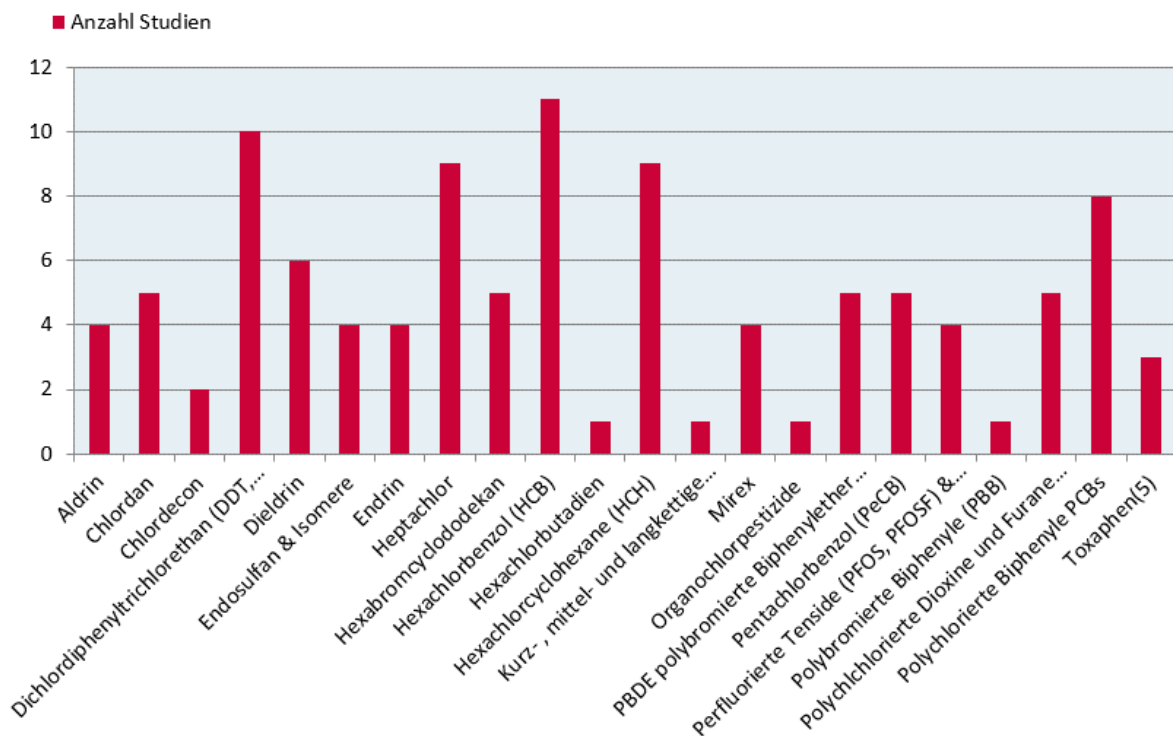


Tabelle 7: Liste aller erhobenen POPs (inkl. Metabolite bzw. eng verwandter Stoffe)

POP	Einzelstoffe
Aldrin und Dieldrin	Aldrin (CAS# 309-00-2), Dieldrin (CAS# 60-57-1)
Chlordan	Chlordan (CAS# 57-74-9), oxy-Chlordan (CAS# 27304-13-8), cis-Chlordan (CAS# 5103-71-9), trans-Chlordan (CAS# 5103-74-2)
Chlordecon	Chlordecon (CAS# 143-50-0)
Decabromdiphenylether und weitere wichtige polybromierte Diphenylether	PBDE (BDE-28 (CAS# 41318-75-6), BDE-47 (CAS# 5436-43-1), BDE-99 (CAS# 60348-60-9), BDE-100 (CAS# 678997-41-6), BDE-153 (CAS# 68631-49-2), BDE-154 (CAS# 207122-15-4); BDE 209 (CAS # 1163-19-5)
Dichlordiphenyltrichlorethan (DDT, DDE, DDD)	DDT, DDD, o,p'-DDD (CAS# 53-19-0), p,p'-DDD (CAS# 72-54-8), o,p'-DDE (CAS# 3424-82-6), p,p'-DDE (CAS# 72-55-9), o,p' DDT (CAS# 789-02-6), p,p' DDT (CAS# 50-29-3)
Endrin	Endrin (CAS# 72-20-8)
Endosulfan & Isomere	Alpha-Endosulfan (CAS# 959-98-8) und beta- Endosulfan (CAS# 33213-65-9)
Heptachlor	Heptachlor (CAS# 76-44-8), Heptachlorepoxyd: trans-Heptachlorepoxyd (CAS# 28044-83-9), cis-Heptachlorepoxyd (CAS# 1024-57-3), beta-Heptachlorepoxyd (CAS# 76543-83-4),
Hexabromcyclododecan	HBCDD (CAS# 3194-55-6) (α - HBCDD (CAS# 134237-50-6), β -HBCDD (CAS# 134237-51-7), γ -HBCDD (CAS# 134237-52-8))
Hexachlorbenzol (HCB)	HCB (CAS# 118-74-1)
Hexachlorbutadien	Hexachlorbutadien (CAS# 87-68-3)
Hexachlorcyclohexan (HCH)	Lindan (CAS# 58-89-9), alpha-HCH (CAS# 319-84-6), beta-HCH (CAS# 319-85-7), delta-HCH (CAS# 319-86-8)
Mirex	Mirex (CAS# 2385-85-5)
Toxaphene	Camphechlor (CAS# 8001-35-2), Toxaphene 26 (CAS# 142534-71-2), Toxaphene 32 (CAS# 51775-36-1), Toxaphene 50 (CAS# 66860-80-8), Toxaphene 62 (CAS# 154159-06-5), Toxaphene 69 (CAS# 151183-19-6)
Polybromierte Biphenyle (PBB)	Hexabrombiphenyl (CAS# 36355-01-8)
Kurz-, mittel- und langkettige chlorierte Paraffine (Short- middle long Chain Chlorinated Paraffines (SCCPs, MCCPs, LCCPs)	SCCPs (C10-C13) (CAS# 85535-84-8), MCCPs (C14-C17) (CAS# 85535-85-9), LCCPs (C18-C28) (CAS# 85535-86-0)
Pentachlorbenzol (PeCB)	Pentachlorbenzol (CAS# 608-93-5)
Perfluorierte Tenside (PFOS, PFOSE) vorgeschlagene PFHxS, PFOA und weitere wichtige PFAS	Perfluoroktansulfonsäure (PFOS) (CAS# 1763-23-1) deren Salze und Perfluoroktansulfonylfluorid (PFOSF) (CAS# 307-35-7), in für Leistung vorgeschlagen: Perfluorhexansulfonsäure (PFHxS) (CAS# 355-46-4),

POP	Einzelstoffe
	Salze und PFHxS-verwandte Stoffe, Perfluorooctansäure (PFOA) (CAS# 335-67-1), Salze und PFOA-verwandte Stoffe, PF6C...Perfluorhexansäure (CAS# 307-24-4), PF7C...Perfluorheptansäure (CAS# 375-85-9), PF8C...Perfluoroktansäure (CAS# 335-67-1), PF8S...Perfluoroktansulfonsäure (als Salz) (CAS# 45298-90-6), PF8S_A...n-Ethyl-Perfluoroktansulfonamid (CAS# 1691-99-2), PFOSA...freie Perfluoroktansulfonsäure (CAS# 1763-23-1), PF9C...Perfluornonansäure (CAS# 375-95-1), PF10C...Perfluordecansäure (CAS# 335-76-2), PF10S...Perfluordekansulfonsäure (CAS# 335-77-3), PF11C...Perfluorundekansäure (CAS# 2058-94-8), PF12C...Perfluordodekansäure (CAS# 307-55-1)
Polychlorierte Dibenzo- <i>p</i> -dioxine und Dibenzofurane (PCDD/F)	PCDDs: TCDD (CAS# 1746-01-6), PeCDD (CAS# 36088-22-9), HxCDD (CAS# 39227-28-6), HpCDD (CAS# 37871-00-4), OCDD (CAS# 3268-87-9), TCDF (CAS# 51207-31-9), PeCDF (CAS# 57117-41-6), HxCDF (CAS# 72918-21-9), HpCDF (CAS# 55673-89-7), OCDF (CAS# 39001-02-0), T4CDD (CAS# 1746-01-6), 2,3,7,8-TCDD (CAS# 1746-01-6), P5CDD (CAS# 40321-76-4), 1,2,3,7,8-PCDD (CAS# 40321-76-4), 1,2,3,4,7,8-HxCDD (CAS# 39227-28-6), 1,2,3,6,7,8-HxCDD (CAS# 57653-85-7), 1,2,3,7,8,9-HxCDD (CAS# 19408-74-3), H7CDD (CAS# 35822-46-9), 1,2,3,4,6,7,8-HpCDD (CAS# 35822-46-9), O8CDD - 1,2,3,4,6,7,8,9-OCDD (CAS# 39001-02-0), PCDF (CAS# 70872-82-1), T4CDF (CAS# 51207-31-9), 2,3,7,8-TCDF (CAS# 51207-31-9), 1,2,3,7,8-PCDF (CAS# 57117-41-6), 1,2,3,4,8-PCDF (CAS# 67517-48-0), 2,3,4,7,8-PCDF (CAS# 57117-31-4), H6CDF (CAS# 72918-21-9), 1,2,3,4,7,8-HxCDF+ (CAS# 70648-26-9), 1,2,3,4,7,9-HxCDF (CAS# 91538-84-0), 1,2,3,6,7,8-HxCDF (CAS# 57117-44-9), 1,2,3,7,8,9-HxCDF (CAS# 72918-21-9), 2,3,4,6,7,8-HxCDF (CAS# 60851-34-5), H7CDF (CAS# 67562-39-4), 1,2,3,4,6,7,8-HpCDF (CAS# 67562-39-4), 1,2,3,4,7,8,9-HpCDF (CAS# 55673-89-7), O8CDF - 1,2,3,4,6,7,8,9-OCDF (CAS# 39001-02-0) Summe PCDD, Summe PCDF, Summe PCDD/F
Polychlorierte Biphenyle PCB	PCB 28 (CAS# 7012-37-5), PCB 52 (CAS# 35693-99-3), PCB101 (CAS# 37680-73-2), PCB138 (CAS# 35065-28-2), PCB153 (CAS# 35065-27-1), PCB180 (CAS# 35065-29-3), PCB (CAS# 1336-36-3), 2,4,4'-Cl3BP (7012-37-5), 2,2',5,5'-Cl4BP (CAS# 35693-99-3), 2,2',4,5,5'-Cl5BP (CAS# 37680-73-2), 2,2',4,4',5,5'-Cl6BP (CAS# 35065-27-1), 2,2',3,4,4',5,-Cl6BP (CAS# 35065-28-2), 2,2',3,4,4',5,5'-Cl7BP (CAS# 35065-29-3), 3,3',4,4'-Cl4BP copl. (CAS# 32598-13-3), 2,3,3',4,4'-Cl5BP (CAS# 32598-14-4), 2,3,4,4',5-Cl5BP (CAS# 74472-37-0), 2,3',4,4',5-Cl5BP (CAS# 31508-00-6), 2',3,4,4',5-Cl5BP (CAS# 65510-44-3), 3,3',4,4',5-Cl5BP (PCB 126) (CAS# 57465-28-8), 2,3,3',4,4',5-Cl6BP (CAS# 38380-08-4), 2,3,3',4,4',5-Cl6BP (PCB 156) (CAS# 38380-08-4), 2,3',4,4',5,5'-Cl6BP (CAS# 52663-72-6), 3,3',4,4',5,5'-Cl6BP (CAS# 1336-36-3), 2,2',3,3',4,4',5-Cl7BP (CAS# 35065-30-6), 2,3,3',4,4',5,5'-Cl7BP (CAS# 39635-31-9),

Anmerkung: Die genaue Auflistung der POPs gemäß Stockholm-Übereinkommen (UNEP, UN; 2001) findet sich in Tabelle 1.

Die Angaben zu den POPs bzw. eng verwandten Stoffen wurden insofern harmonisiert, als dass die Stoffbezeichnungen vervollständigt bzw. abgeglichen wurden und die CAS-Nummern durch das Umweltbundesamt ergänzt wurden. Dies ist insofern ein sehr wesentlicher Beitrag, da im Zuge der Datenaufbereitung für BORIS diese Harmonisierung die unbedingte Voraussetzung für eine korrekte Datenbeschreibung ist.

Beschreibung der Ergebnisse:

Es wurden mit Ausnahme von Dicofol (CAS 115-32-2) alle POPs, die aktuell im Stockholm-Übereinkommen (UNEP, UN; 2001) gelistet sind, analysiert.

In den meisten Studien (8–11 Studien pro Stoff) wurden HCB (Hexachlorbenzol), DDT, Heptachlor, Hexachlorcyclohexan (HCH) und polychlorierte Biphenyle (PCB) erhoben. HCB wurde in den meisten Studien erhoben (11 Studien). Dies kann zum einen darin begründet sein, dass v. a. DDT und PCB sowie HCB seit langem bekannt und als Schadstoffe in Standarderhebungen und Analytik gut verankert sind. Vor allem HCB hat in den letzten Jahren durch industrielle Quellen, insbesondere im Görtschitztal, Schlagzeilen gemacht und es hat sich der Bedarf an Abklärung der Belastungssituation durch Datenerhebungen erhöht.

Im Rahmen einiger Studien (4–6 Studien pro Stoff) wurden Daten zu Aldrin, Endrin, Endosulfan Hexabromcyclododekan, Mirex, polybromiertem Biphenylether (PBDE), Pentachlorbenzol (PeCB), perfluorierten Tensiden (PFOS, PFOSF) und vorgeschlagenen PFHxS, PFOA sowie polychlorierten Dibenzo-*p*-dioxinen und Dibenzofuranen (PCDD/F) erhoben. Hexachlorbutadien, Chlordacon, Hexachlorbutadien, Organochlorpestizide, polybromierte Biphenyle (PBB) und chlorierte Paraffine wurden nur in wenigen Studien erhoben (1–2 Studien pro Stoff).

Hier kann eine Rolle spielen, dass diese Stoffe sehr speziell sind und primär zu den „neuen POPs“ gehören, die erst im Laufe der letzten Jahre in den Fokus gerückt sind bzw. in das Stockholm-Übereinkommen (UNEP, UN; 2001) aufgenommen wurden. Weiters stellen sie hohe methodische Ansprüche an die Analytik, die auch sehr kostenintensiv ist, und Erhebungen werden deshalb nur bei Abklärungsbedarf durchgeführt. Andererseits betrifft dies Stoffe, deren Herstellung, Verkauf und Anwendung seit 2004 weltweit verboten sind, da sie zu dem „dreckigen Dutzend“, den ältesten als POPs eingestuften Substanzen zählen, wie z. B. Aldrin. Nur wenige der damals erstellten Studien sind jedoch digital verfügbar.

Welche weiteren Organika wurden erhoben?

Darstellung der Ergebnisse:

In den folgenden beiden Darstellungen sind sowohl die Häufigkeit der in den angeführten Studien erhobenen weiteren Organika (außer POPs) klassifiziert nach Hauptgruppen (Abbildung 3) als auch die erhobenen Einzelstoffe in den Gruppen im Detail (Tabelle 8) dargestellt.

Abbildung 3: Häufigkeit der (im Rahmen der von den Projektpartnern und -partnerinnen bereit gestellten Studien) erhobenen organischen Schadstoffen (außer POPs).

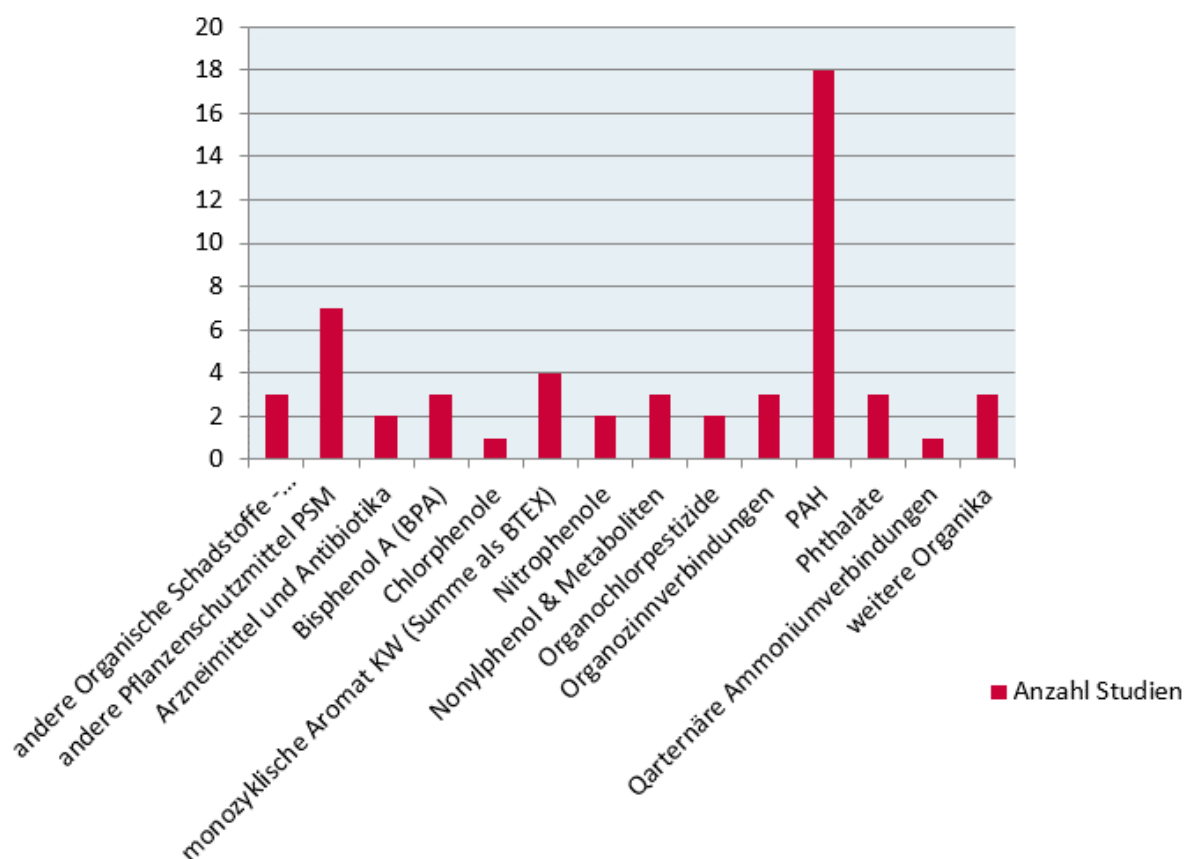


Tabelle 8: Liste aller weiteren erhobenen Organischen Schadstoffe (außer POPs)

Weitere organische Schadstoffe	Stoffe
weitere organische Schadstoffe - Summenparameter	KW-Index, AOX
andere Pflanzenschutzmittel PSM	Pendimethalin (CAS# 40487-42-1), 4,4'-Methoxychlor (CAS# 72-43-5), Dichlorbenil (CAS# 1194-65-6), Fluroxypyr-meptyl (CAS# 81406-37-3), Atrazin (CAS# 1912-24-9), Simazin (CAS# 122-34-9), Cyanazin (CAS# 21725-46-2), Terbutylazin (CAS# 5915-41-3), Propazin (CAS# 139-40-2), Desethylatrazin (CAS# 6190-65-4), Alachlor (CAS# 15972-60-8), Metazachlor (CAS# 67129-08-2), Metolachlor (CAS# 51218-45-2), Prometryn (CAS# 7287-19-6), Quintozen (CAS# 82-68-8)
Arzneimittelwirkstoffe und Antibiotika	Arzneimittelwirkstoffe und Antibiotika (17 Parameter; human- und veterinär), Oxytetracyclin (CAS# 79-57-2), Enrofloxacin (CAS# 93106-60-6), Ciprofloxacin (CAS# 85721-33-1), Tetracyclin (CAS# 60-54-8), Chlortetracyclin (CAS# 57-62-5)
Bisphenol A (BPA)	Bisphenol A (BPA) (CAS# 80-05-7)
Chlorphenole	2-Chlorphenol (CAS# 95-57-8), 3-Chlorphenol (CAS# 108-43-0), 4-Chlorphenol (CAS# 106-48-9), 2,4-Dichlorphenol (CAS# 120-83-2), 2,5-Dichlorphenol (CAS# 583-78-8), 3,4-Dichlorphenol (CAS# 95-77-2), 2,3-Dichlorphenol (CAS# 576-24-9), 3,5-Dichlorphenol (CAS# 591-35-5), 2,6-Dichlorphenol (CAS# 87-65-0), 2,3,6-Trichlorphenol (CAS# 933-75-5), 2,3,5-Trichlorphenol (CAS# 933-78-8), 2,4,5-Trichlorphenol (CAS# 95-95-4), 2,3,4-Trichlorphenol (CAS# 15950-66-0), 3,4,5-Trichlorphenol (CAS# 609-19-8), 2,3,5,6-Tetrachlorphenol (CAS# 935-95-5), 2,3,4,5-Tetrachlorphenol (CAS# 4901-51-3), 2,3,4,6-Tetrachlorphenol (CAS# 58-90-2), Pentachlorphenol (CAS# 87-86-5)
Aromatische Kohlenwasserstoffe (BTEx)	Benzol (CAS# 71-43-2), Toluol (CAS# 108-88-3), Ethylbenzol (CAS# 100-41-4), Xylole: m-Xylol (CAS# 108-38-3) p-Xylol (CAS# 106-42-3), o-Xylol (CAS# 95-47-6)
Nitrophenole	Nitrophenole (mononitro anisoles, dinitroanisoles, methyl-nitroanisoles, methyl-dinitroanisoles, dimethyl-nitroanisoles, Dinoseb), 3-Nitrophenol (CAS# 554-84-7), 2-Nitrophenol (CAS# 88-75-5), 3-Methyl-2-nitrophenol (CAS# 4920-77-8), 4-Nitrophenol (CAS# 100-02-7), 2-Methyl-3-nitrophenol (CAS# 5460-31-1), 4-Methyl-2-nitrophenol (CAS# 119-33-5) 3-Methyl-4-nitrophenol (CAS# 2581-34-2), 5-Methyl-2-nitrophenol (CAS# 700-38-9), 2,6-Dimethyl-4-nitro-phenol (CAS# 2423-71-4), 2,6-Dinitrophenol (CAS# 209-357-9), 4-Methyl-2,6-dinitro-phenol (CAS# 609-93-8), 2,5-Dinitrophenol (CAS# 329-71-5), 6-Methyl-2,4-dinitro-phenol (CAS#

Weitere organische Schadstoffe	Stoffe
	534-52-1), 3,4-Dinitrophenol (CAS# 577-71-9), 2,4-Dinitrophenol (CAS# 51-28-5), Dinoseb (2-sec.-Butyl-4-6-dinitrophenol) (CAS# 88-85-7)
Nonylphenol & Metaboliten	Nonylphenol (CAS# 25154-52-3), NP1EO (Nonylphenol Metaboliten) (CAS# 1119449-37-4), NP2EO (Nonylphenol Metaboliten) (CAS# 1173021-42-5)
Organochlorpestizide	Aclonifen (CAS# 74070-46-5), Isodrin (CAS# 465-73-6)
Organozinnverbindungen	Organozinnverbindungen (Dibutyl- (CAS# 77-58-7), Tributyl- (CAS# 688-73-3), Tetrabutyl- (CAS# 1461-25-2), Diphenyl- (CAS# 1135-99-5), Triphenylzinnverbindungen (CAS# 76-87-9))
PAH	Acenaphthen (CAS# 83-32-9), Acenaphthylen (CAS# 208-96-8), Anthracen (CAS# 120-12-7), Benzo(a)anthracen (CAS# 56-55-3), Benzo(b)fluoranthren (CAS# 205-99-2), Benzo(k)fluoranthren (CAS# 207-08-9), Benzo(g,h,i)perylene (CAS# 191-24-2), Benzo(a)pyren (CAS# 50-32-8), Chrysen (CAS# 218-01-9), Dibenzo(a,h)anthracen (CAS# 53-70-3), Fluoranthren (CAS# 206-44-0), Fluoren (CAS# 86-73-7), Indeno(1,2,3-c,d)pyren (CAS# 193-39-5), Naphthalin (CAS# 91-20-3), Phenanthren (CAS# 85-01-8), Pyren (CAS# 129-00-0), Benzo(e)pyren (CAS# 192-97-2), Triphenylen (CAS# 217-59-4) +Chrysen (CAS# 218-01-9), Benzo(b)Fluoranthren (CAS# 205-99-2), Benzo(k)Fluoranthren (CAS# 207-08-9), Benzo(j)Fluoranthren (CAS# 205-82-3), Perylen (CAS# 198-55-0), Benzo(b)naphto(2,1-d)thiophen (CAS# 239-35-0), Cyclopetnta(c,d)pyren (CAS# 27208-37-3), Triphenylen (CAS# 217-59-4), Benzo(b)naphto(2,1-d)thiophen (CAS# 239-35-0), 1-Nitropyren (CAS# 5522-43-0) Coronen (CAS# 191-07-1)
Phthalate	Phthalate (DEHP) (CAS# 117-81-7)
Qarternäre Ammoniumverbindungen	QAV (ATAC-C16 (CAS# 57-09-0), BAC-C12 (CAS# 139-07-1), BAC-C14 (CAS# 139-08-2), DDAC-C10 (CAS# 7173-51-5)
weitere Organika	Octachlorstyrol (CAS# 29082-74-4)
	Pentachloranisol (CAS# 1825-21-4)
	Andere organische Schadstoffe (z. B. zinnorganische Verbindungen)
	Tetrabrombisphenol A (TBBPA) (CAS# 79-94-7)

Weitere organische Schadstoffe	Stoffe
	1,2-Bis(2,4,6-tribromphenoxy)ethan (BTBPE) (CAS# 37853-59-1)
	Hexabrombenzol (HBB) (CAS# 87-82-1)
	Decabromdiphenylethan (DBDPE) (CAS# 84852-53-9)
	Reten (CAS# 483-65-8)

Beschreibung der Ergebnisse:

Den Hauptanteil der in Studien erhobenen weiteren Organika machen die Polyzyklischen Aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAH) aus. Diese Stoffe sind seit langem als Schadstoffe mit Gesundheitsschädigung bekannt und Teil vieler Standarderhebungen.

Andere Stoffe, wie Organozinnverbindungen, Nitrophenole, Nonylphenol, Phthalate, Quartäre Ammoniumverbindungen oder Arzneimittelwirkstoffe und Antibiotika gehören – ähnlich wie bei den POPs – zum Teil zu Stoffgruppen, die erst im Laufe der letzten Jahre in den Fokus gerückt sind oder hohe methodische Ansprüche an die kostenintensive Analytik stellen bzw. für die Erhebungen nur bei Abklärungsbedarf durchgeführt werden.

Welche Methoden für welche Stoffe wurden von Laboren angewendet?

Beschreibung der Ergebnisse:

Nach Zusammenstellung und Diskussion der angegebenen Informationen zu Methoden und Prüfung der Angaben durch die Arbeitsgruppe „Organische Schadstoffe im Boden“, wurde aus fachlichen Gründen beschlossen, die Informationen nicht im Bericht darzustellen.

Die Gründe liegen darin, dass die Ergebnisse aus der Fragebogenerhebung analytisch-methodisch nicht ausreichend detailliert bzw. nachvollziehbar sind bzw. die verwendeten Methoden heterogen sind.

Derzeit gibt es viele individuelle Anpassungen in einzelnen Arbeitsschritten der Analyseverfahren für jeden einzelnen Stoff (Art der Trocknung, Lösungsmittel, Art der Extraktion, Extraktionsdauer, Zugabe von Surrogaten, Reinigungsschritte etc.). Sogar innerhalb

angewandeter Normen sind mehrere Varianten möglich, die eine sinnvolle gemeinsame Zusammenschau vorerst nicht möglich machen. Um eine fachlich vertretbare und entsprechend aussagekräftige Darstellung der POPs- und Organika-Analytik zu ermöglichen, ist eine sehr umfassende und detaillierte Recherche gemeinsam mit den Analytik-Experten und -Expertinnen erforderlich. Dazu müssen die Analyseverfahren pro Parameter inklusive aller Details zu Methode, Extraktionart/Extraktionsmittel, Aufbereitung, Analysensystem und Methode im Detail sowie die Normierung aufgeschlüsselt werden.

Weiters ist zu berücksichtigen, dass sich Methoden und Nachweisgrenzen von Stoffen in der Analytik in den letzten Jahren stark geändert haben und somit auch die Grenzen in der Darstellung von Stoffgehalten. Dies betrifft insbesondere die Bereiche Normierung (Normen wurden überarbeitet bzw. neu geschaffen) sowie die technischen Gegebenheiten in der Analytik, wie Empfindlichkeiten oder Bestimmungsgrenzen von Messgeräten. Ein Teil der angegebenen Erhebungen ist aus den letzten 30 Jahren, dies erschwert die Auswertung/Darstellung der Informationen.

Somit zeigt dieses Ergebnis auf, wie dringend und wichtig die Methodenharmonisierung in der Analytik organischer Schadstoffe in Österreich ist (Abweichungen von Normen, Validierung von „Hausmethoden“).

Dieser wichtige Schritt des österreichweiten methodischen Abgleiches erfolgte in der Arbeitsgruppe „Organische Schadstoffe im Boden“³¹ für die wichtigsten Stoffe, im Rahmen derer die Vergleichbarkeit von Methoden geprüft wurde (vgl. Kapitel 7.4). Prinzipiell ist dies dem Austrian Standards Institute (ASI) vorbehalten.

Die Ergebnisse der Arbeitsgruppe „Organische Schadstoffe im Boden“ wurden in AustroPOPs insofern integriert, als dass die erarbeiteten Methodenvorschläge in der Umsetzung bereits zum Tragen kamen.

Dies umfasst

- das Konzept zur Datenerhebung (Arbeitspaket 2), in dem die vorgeschlagenen Methoden bereits integriert wurden (und dessen Umsetzung in Arbeitspaket 3),

³¹ BMLRT, 2021 (in Fertigstellung): Leitfaden für die Analytik von organischen Schadstoffen im Boden, Methodensammlung und Empfehlung, Arbeitsgruppe des Fachbeirates für Bodenfruchtbarkeit und Bodenschutz.

- die Dokumentation der Methoden in BORIS bei der Aufnahme bisheriger Studien sowie der in AustroPOPs erhobenen Daten, dies ist ein wichtiger Schritt zur Datenharmonisierung.

Im Rahmen dieser beiden Arbeitsschritte erfolgte die umfassende und detaillierte Recherche zu verwendeten Methoden gemeinsam mit den Analytikexperten und -expertinnen.

Wurden weitere Parameter erhoben (bodenrelevante Informationen), welche?

Darstellung der Ergebnisse:

Die folgenden Grafiken und Tabellen enthalten prozentuelle Angaben zur Anzahl jener Standorte, an denen auch Standort- und Bodenprofilinformationen sowie weitere Bodeneigenschaften erhoben wurden (Abb. 4, 5, 6), die erhobenen Bodeneigenschaften werden spezifiziert (Tab. 6):

- Abbildung 4: %-Anteil und absolute Anzahl der Standorte mit Erhebung von Standortparametern (z. B. Bodentyp, Geologie, Lage der Standorte, Wasserhaushalt, Landnutzung, ...),
- Abbildung 5: %-Anteil und absolute Anzahl der Standorte mit Erhebung von Profilparametern (Bodentiefe, Boden-Horizontbeschreibungen etc.),
- Abbildung 6: %-Anteil und absolute Anzahl der Standorte mit Bodeneigenschaften (Nähr- und Schadstoffanalysen, bodenphysikalische Messungen etc.),
- Tabelle 9: Sonstige im Rahmen der Studien erhobenen (Schad-) Elemente.

Abbildung 4: %-Anteil und absolute Anzahl der Standorte mit Erhebung von Standortparametern (z. B. Bodentyp, Geologie, Lage der Standorte, Wasserhaushalt, Landnutzung etc.).

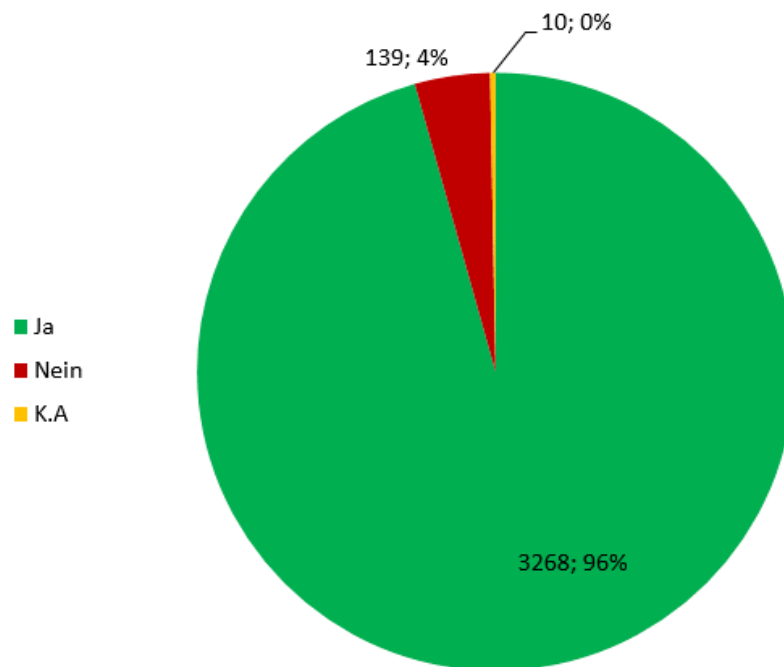


Abbildung 5: %-Anteil und absolute Anzahl der Standorte mit Erhebung von Profilparametern (Bodentiefe, Boden-Horizontbeschreibungen etc.).

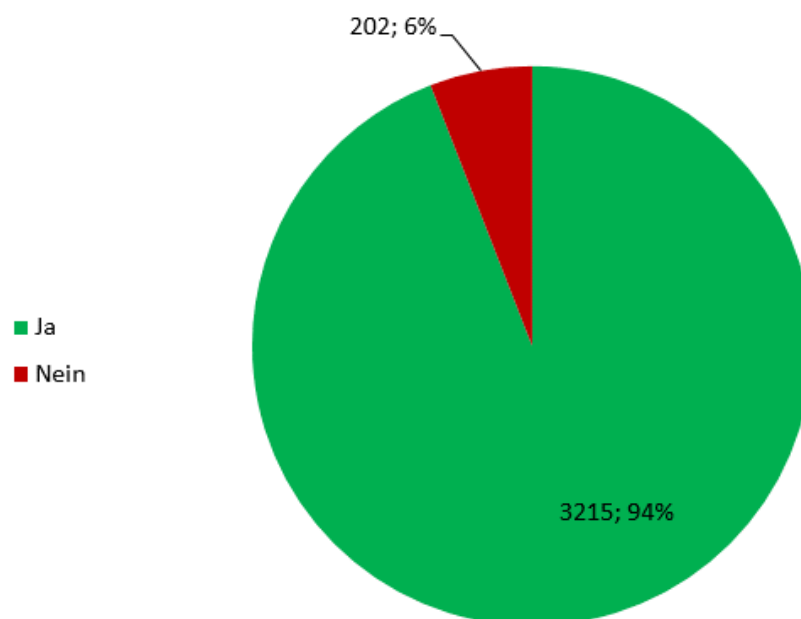


Abbildung 6: %-Anteil und absolute Anzahl der Standorte mit Bodeneigenschaften (Nähr- und Schadstoffanalysen, bodenphysikalische Messungen etc.).

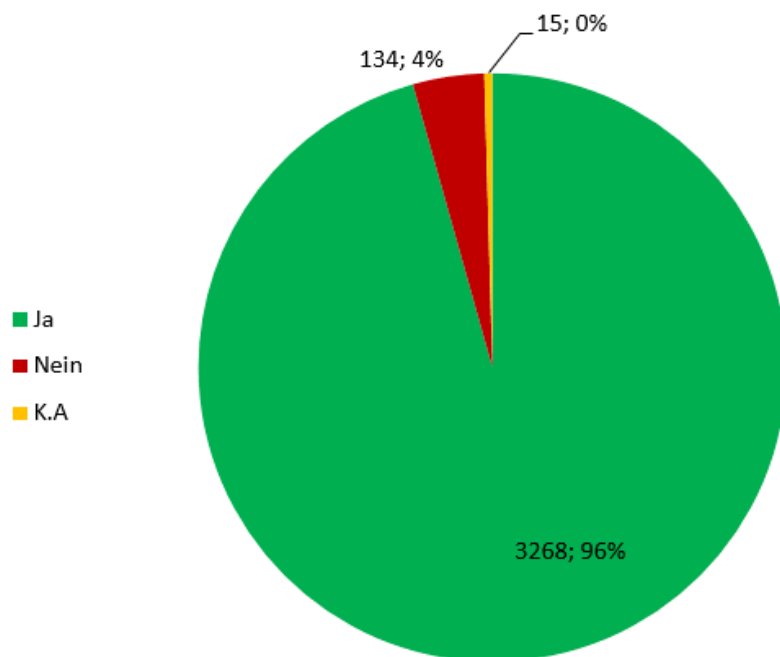


Tabelle 9: Sonstige im Rahmen der Studien erhobenen (Schad-) Elemente

Element	Element
Arsen (As)	Molybdän (Mo)
Blei (Pb)	Antimon (Sb)
Cadmium (Cd)	Vanadium (V)
Crom (Cr)	Aluminium (Al)
Kupfer (Cu)	Selen (S)
Nickel (Ni)	Tellur (Tl)
Quecksilber (Hg)	Fluor (F)
Zink (Zn)	Stickstoff (N)
Kobalt (Co)	Schwefel (S)
Eisen (Fe)	

Beschreibung der Ergebnisse:

Bei 96 % (Abbildung 4) bzw. 94 % (Abbildung 5) der Standorte wurden sowohl Standortinformation als auch Profildaten sowie weitere Bodeneigenschaften erhoben. Hauptsächlich handelt es sich bei den weiteren im Rahmen der angegebenen Studien untersuchten Stoffen um (Schwer)-Metalle sowie Nährstoffe wie Stickstoff oder Schwefel, die standardmäßig v. a. bei den großen Bodenerhebungen analysiert wurden (Tabelle 9) .

5.3.2 Block 2: Datenverfügbarkeit der erhobenen POPs und der weiteren organischen Schadstoffe

Welche Daten sind digital über ein Informationssystem verfügbar und über welches?

Darstellung der Ergebnisse:

In den folgenden Grafiken und Tabellen werden Angaben zur Verfügbarkeit jener Daten/Information dargestellt, die in den durch die Projektpartner:innen angegebenen Studien erhoben wurden:

- Abbildung 7: %-Anteil und Anzahl der Studien, die über digitale Informationssysteme verfügbar sind,
- Tabelle 10: Liste der Studien, deren Daten aus Studien über digitale Informationssysteme verfügbar sind.

Abbildung 7: %-Anteil und Anzahl der von den Projektpartnern und -partnerinnen angegebenen Studien, die über ein digitales Informationssystem verfügbar sind.

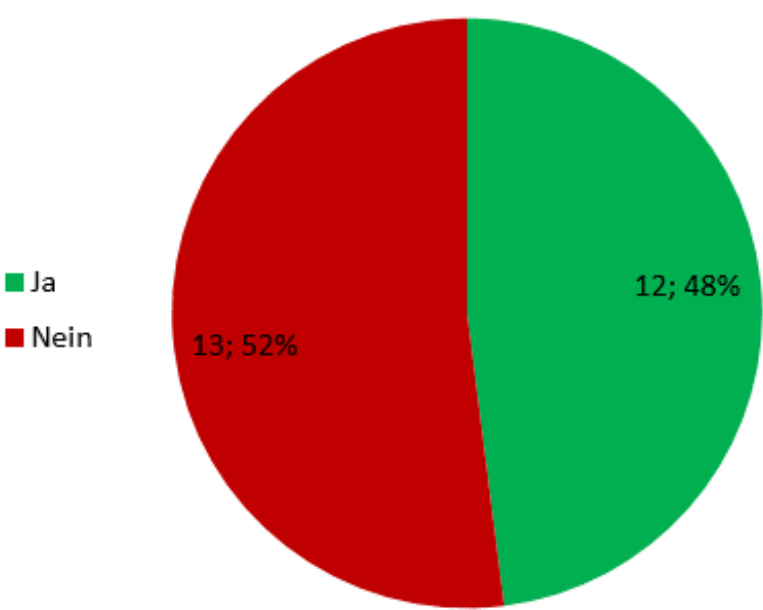


Tabelle 10: Studien, die in einem eigenen digitalen Informationssystemen verfügbar sind.

Studie	Informationssystem
Steiermärkische Bodenschutzberichte	LUIS Landesumweltinformationssystem Steiermark
Organische Schadstoffe in Grünlandböden. Monarpop Technical Report Antibiotika in Biogasanlagen Organische Schadstoffe in Grünlandböden. Moos-Monitoring in Österreich Bromierte Flammschutzmittel in der Umwelt. Organische Schadstoffe in Böden von Ballungsräumen Organische Schadstoffe in Grünland- und Waldböden	Laborinformationsmanagementsystem (LIMS) des Umweltbundesamtes sowie Analysendaten der Studien, die in Kooperation mit den Bundesländern erhoben wurden
Bodenzustandsinventur Kärnten Bodenzustandsinventur Tirol (+ Wiederholungsbeprobung) Steiermärkische Bodenschutzberichte (bis 2014) Bodenzustandsinventur Oberösterreich Organische Schadstoffe in Böden von Ballungsräumen	BORIS Bodeninformationssystem des Bundes und der Bundesländer

Beschreibung der Ergebnisse:

Etwa die Hälfte der Daten zu POPs und weiteren organischen Schadstoffen sind digital über ein Informationssystem verfügbar. Dies umfasst vorwiegend die großen Datensätze aus den Bodenzustandsinventuren der Bundesländer. Spezielle Untersuchungen zu „neuen“ POPs wurden bisher zum Großteil nur an wenigen Standorten durchgeführt – mit Ausnahme des Projektes ORAPOPs³² in Salzburg (50 Standorte) – und diese Studien sind noch nicht in Informationssystemen erfasst. Diese Daten wurden zum Großteil im Zuge von AustroPOPs in BORIS integriert (vgl. Tabelle 24).

Die Auswertung ermöglicht keine Aussage, welche Schadstoffe pro Studie zur Verfügung stehen. Bei den einzelnen Untersuchungen wurden z. T. sehr unterschiedliche POPs und organische Schadstoffe erhoben. Dies ist bedingt durch unterschiedliche Zielsetzungen der Studien einerseits und Veränderungen in der Relevanz von bestimmten Stoffen während des langen Erhebungszeitraums andererseits.

Die Informationssysteme, in denen die Daten erfasst wurden, sind das BORIS Bodeninformationssystem des Bundes und der Bundesländer, das Landesumweltinformationssystem Steiermark (LUIS)³³ für die Steiermärkischen Bodenschutzberichte und das Laborinformationsmanagementsystem (LIMS) des Umweltbundesamtes für vom Umweltbundesamt durchgeführte bzw. vom Umweltbundesamt im Auftrag/in Kooperation durchgeführte Studien. Das LIMS des Umweltbundesamtes ist allerdings ein hausinternes System, wodurch die Daten Externen nicht zur Verfügung stehen, anders als das BORIS und das LUIS, welche die Informationen auch Externen zugänglich machen. Weiters sind im LIMS – im Gegensatz zu BORIS und LUIS – keine bodenkundlichen Daten aufgenommen, sondern ausschließlich Analytikdaten.

Sind diese Daten in BORIS verfügbar? Wenn nicht, sollen sie im Rahmen von AustroPOPs aufgenommen werden?

³² Kreuzeder, A/ Moche W./Scharf, S. (2018): Organische Schadstoffe in Grünland- und Waldböden. Land Salzburg, Salzburg: <https://www.salzburg.gv.at/themen/umwelt/abfall/fachinformationen/persistente-organische-schad>

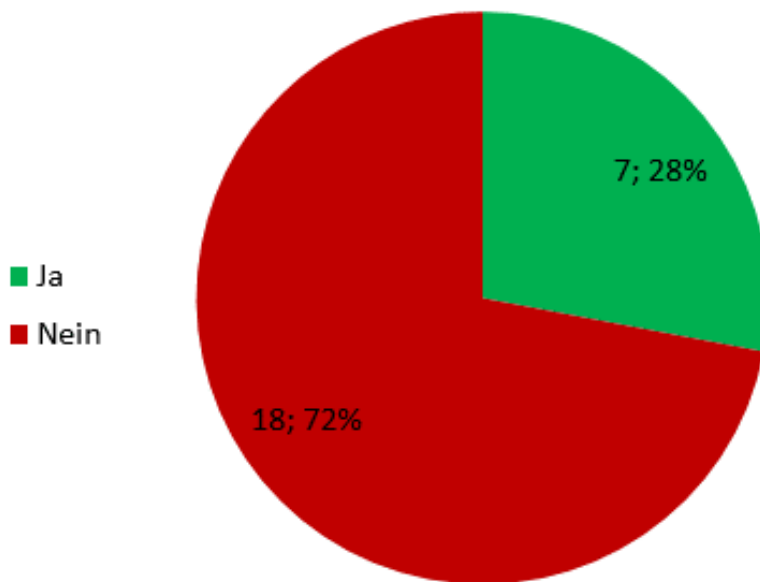
³³ Umweltinformation Steiermark: <https://www.umwelt.steiermark.at/>

Darstellung der Ergebnisse:

In der folgenden Auswertung werden Angaben der Projektpartner:innen zur Verfügbarkeit der Daten/Informationen zu BORIS dargestellt:

- Abbildung 8: %-Anteil und Anzahl der Studien, deren Daten in BORIS verfügbar sind,
- Studien, die im Zuge von AustroPOPs in BORIS aufgenommen werden sollen (Textbeschreibung)

Abbildung 8: %-Anteil der Daten und Anzahl der Studien, die in BORIS integriert sind.



Beschreibung der Ergebnisse:

Zum vorwiegenden Teil sind die von den Projektpartnern und -partnerinnen im Rahmen der Fragebögen angeführten Studien nicht in BORIS verfügbar. Dies ermöglicht jedoch keine Aussage über die Anzahl der Standorte der Studien. So sind bereits für viele Standorte Daten zu POPs/organischen Schadstoffen verfügbar. Diese gehören jedoch zu einzelnen umfassenden Studien wie Bodenzustandsinventuren und umfassen eine sehr heterogene Palette an Stoffen, z. T. eher klassische Organika/POPs.

Für alle Studien besteht der Wunsch/Bedarf, die Daten in BORIS aufzunehmen.

5.3.3 Block 3: Laborkompetenzen

Eine wesentliche Wissenslücke, die es zu füllen galt, war eine Zusammenstellung und Klärung der Laborkompetenzen der Bundesländer (Landeslabore) sowie der beteiligten Institutionen. Dies ist insofern von großer Bedeutung als dass die Vernetzung der Analytikexperten und -expertinnen optimiert werden kann sowie bei Bedarf Kontakte für bestimmte Erhebungen erleichtert werden.

Die Laborkompetenzen sind in Tabelle 11 dargestellt.

Darstellung der Ergebnisse:

Tabelle 11: Kompetenzen der Labore der Bundesländer und Bundesinstitutionen inklusive der Universität für Bodenkultur (BOKU)

Abfrage	Stmk	Sbg	Vbg	Knt	Tir	OÖ	NÖ	U*	BFW	AGES	BOKU
Verfügt ihre Institution über ein eigenes Labor?	✓	✓	✓	✓	✓	✓	x	✓	✓	✓	✓
Bietet Ihr Labor Messungen zu POPs an?	✓	x	✓	✓	x	✓	x	✓	x	x	x
Bietet Ihr Labor Messungen zu anderen organischen Schadstoffen an?	✓	✓	✓	✓	x	✓	x	✓	x	x	x
Bietet Ihr Labor Messungen zu chem. Kennwerten des Boden an? z. B. Element-Gesamtgehalte, klassische Bodenkennwerte wie Nährstoffe, pH-Wert, Stickstoff, Schwefel, Kohlenstoff, ...	✓	x	✓	✓	✓	✓	x	✓	✓	✓	✓
Bietet Ihr Labor Messungen zu Metallen im Boden an?	✓	✓	✓	✓	✓	✓	x	✓	✓	✓	✓

Abfrage	Stmk	Sbg	Vbg	Knt	Tir	OÖ	NÖ	U*	BFW	AGES	BOKU
Bietet Ihr Labor Messungen zu Element- bzw. Ionengehalten in Extraktionen an? (z. B. Barium-Chlorid-Auszüge, EDTA-Auszüge, KAK, ...)	✓	x	x	✓	✓	✓	x	✓	✓	✓	✓
Bietet Ihr Labor Messungen zu bodenphysikalischen Messungen an? Z. B. (Ton, Schluff, Sand, Lagerungsdichte, Korngröße, ...)	✓	x	x	✓	x	x	x	x	✓	✓	✓
Bietet Ihr Labor Messungen zu bodenmikrologischen und bodenzoologischen Kennwerten an? (z. B. mikrobielle Biomasse, Mikrofauna, Makrofauna, ...)	x	x	x	x	X	x	x	x	✓	x	✓
Hat Ihre Institution Kompetenzen in der Standorteinrichtung und Standortaufnahme?	✓	✓	✓	✓	✓	✓	x	✓	✓	✓	✓
Führen Sie Probenahmen selbst durch?	✓	✓	✓	✓	✓	✓	x	✓	✓	✓	✓
Führen Sie Probenvorbereitung (Trocknen, Mahlen, Sieben, ...) selbst durch?	✓	✓	✓	✓	✓	✓	x	✓	✓	✓	✓
Erstellen Sie selbst Rückstellproben?	✓	✓	✓	✓	✓	✓	x	✓	✓	✓	✓
Haben Sie evtl. Lagerkapazitäten für Rückstellproben?	✓	x	✓	x	✓	x	x	✓	x	x	✓

* Umweltbundesamt

Erklärungen zur Tabelle:

Ein Häkchen als Bestätigung der Kompetenz ist nur dann gesetzt, wenn diese Kompetenz tatsächlich im eigenen Labor vertreten ist bzw. die Kompetenz in der eigenen Institution liegt (möglich: andere Abteilung innerhalb der Organisation). Wenn Analysen oder Kompetenzen an andere Partner vergeben werden, dann ist ein X eingetragen.

Bei einzelnen Studien bzw. einzelnen Analyseparametern greifen/griffen die jeweiligen Institutionen auf die Laborkompetenz anderer (nicht eigener) Labore zurück, wie beispielsweise:

- Land Vorarlberg: Technologiezentrum Wasser (TZW) Karlsruhe,
- Land Tirol, Salzburg: Universität Innsbruck, Umweltbundesamt (POPs),
- Land Niederösterreich (verfügt über kein eigenes Labor): BOKU/IBF.

Die Parameter, die in Klammer bei den folgenden Punkten angeführt sind, verstehen sich als Beispiele. Ziel der Frage war, nicht Einzelparameter pro Labor abzufragen, sondern generelle Kompetenzen zu verschiedenen Analysegruppen:

- Messungen zu chemischen Kennwerten des Bodens, z. B. Element-Gesamtgehalte, klassische Bodenkennwerte wie Nährstoffe, pH-Wert, Stickstoff, Schwefel, Kohlenstoff etc.,
- Messungen zu Metallen im Boden,
- Messungen zu Element- bzw. Ionengehalten in Extraktionen (z. B. Barium-Chlorid-Auszüge, EDTA-Auszüge, Kationenaustauschkapazität etc.),
- Messungen zu bodenphysikalischen Parametern (z. B. Ton, Schluff, Sand, Lagerungsdichte, Korngröße etc.),
- Messungen zu bodenmikrobiologischen und bodenzoologischen Kennwerten (z. B. mikrobielle Biomasse, Mikrofauna, Makrofauna etc.).

Beschreibung der Ergebnisse:

Alle befragten Institutionen – mit Ausnahme des Landes Niederösterreich – verfügen über eigene Kompetenz zur Bodenanalytik. Das Land Niederösterreich beauftragt für Bodenanalysen im Rahmen des Bodenmonitoringprogramms das Institut für Bodenforschung der Universität für Bodenkultur (BOKU).

Die vorliegenden Labore verfügen alle, mit Ausnahme von Salzburg, über die Kompetenz zu Analytik von ausgewählten chemischen (klassischen) Kennwerten des Bodens, wie zum Beispiel Nährstoffe, pH-Wert, Stickstoff, Schwefel, Kohlenstoff etc.

Alle Labore führen Analytik zu Metallen im Boden durch.

Messungen von Element- bzw. Ionengehalten in Extraktionen (z. B. Barium-Chlorid-Auszüge, EDTA-Auszüge, Kationenaustauschkapazität etc.) werden von allen Laboren mit Ausnahme von Vorarlberg durchgeführt.

Bodenphysikalische Messungen (z. B. Korngrößen, Wassergehalt, Lagerungsdichte etc.) werden von den Laboren der Länder Steiermark und Kärnten sowie der AGES, dem BFW und der BOKU durchgeführt.

(Anmerkung: Das Institut für Kulturtechnik (IKT), das ebenfalls bodenphysikalische Analysen durchführt, war nicht als Projektpartner in AustroPOPs eingebunden).

Bodenmikrobiologische Analysen werden nur von der BOKU und dem BFW durchgeführt.

Über die Kompetenz zur Analytik von POPs und weiteren organischen Schadstoffen verfügen die Landeslabore Steiermark, Vorarlberg, Kärnten und Oberösterreich sowie das Umweltbundesamt.

Alle Labore führen die Probenvorbereitung (Trocknen, Mahlen, Sieben etc.) selbst durch und erstellen Rückstellproben.

Potenzielle Kapazitäten für die Lagerung von Rückstellproben für die im Rahmen von AustroPOPs erhobenen Daten gibt es in Salzburg, Vorarlberg, Tirol, in der Steiermark, am Umweltbundesamt sowie an der BOKU.

Alle Institutionen verfügen über Kompetenz zur Standorteinrichtung und Standortaufnahme und führen Boden-Probenahmen selbst durch.

5.3.4 Block 4: Informationslücken und Bedarf

Die Beantwortung dieses Punktes erfolgte nach Auswertung der Daten, da dann erst eine Einschätzung der Situation in Österreich und daraus abgeleitet eine weitere Bedarfsanalyse erfolgen konnte. Die Ergebnisse sind den einzelnen Diskussionspunkten in Kapitel 8 zu entnehmen.

6 Arbeitspakete 2 und 3: Erstellung des Umsetzungskonzeptes, Ausführung

6.1 Einleitung

Ziel des Arbeitspakets 2 war die gemeinsame Erarbeitung eines Monitoringkonzeptes für Österreich auf Basis bestehender Konzepte und Erfahrungen (Bodendauerbeobachtung, Bodenzustandsinventuren, Einzelerhebungen, Projekt ORAPOP³⁴).

Das konzeptionelle Arbeitspaket 2 umfasste zwei Teile: zum einen das Konzept für die Datenerhebung, zum andern das Konzept zur Datenaufbereitung, Datenharmonisierung und Datenbereitstellung.

6.2 Material & Methoden

Teil 1: Konzept zur Datenerhebung

In der im Zuge der Projektkonzeption stattgefundenen Experten-Diskussion haben sich die methodische Abstimmung und Harmonisierung in der Datenerhebung und Analytik als wesentliche Elemente des Projektes herauskristallisiert.

Dabei waren – in Anlehnung an bisherige Studien – folgende fachlich-methodischen Aspekte zu erarbeiten:

³⁴ Kreuzeder, A/ Moche W./Scharf, S. (2018): Organische Schadstoffe in Grünland- und Waldböden. Land Salzburg, Salzburg: <https://www.salzburg.gv.at/themen/umwelt/abfall/fachinformationen/persistente-organische-schad>

1. Anleitung zur Standortwahl

- a) langfristige Schwerpunktsetzung (Hintergrundstandorte vs. emittentennahe Standorte, flächige Beprobung vs. Hot-Spot, Produktionsflächen vs. Ökosysteme),
- b) Festlegung von Kriterien zur Standortauswahl (bundesweit, regional, lokal) und Standortinventar, Klärung ob Standort-/Bodenbeschreibungen durchgeführt werden sollen (Erhebung von Bodentyp, Profil, Landnutzung, Ausgangsmaterial) oder auf Standorte bestehender Untersuchungen (z. B. Bodenzustandsinventuren) zurückgegriffen werden soll,
- c) Dokumentation der Auswahl bestimmter Standorte.

2. Anleitung zur Probenahme und Probenaufbereitung

- a) Erstellung des Probenahmedesigns auf Basis bisheriger Erhebungen und rechtlicher Umgang mit Zutritt zu Grundstücken und Erlaubnis zur Probenahme von Eigentümern und Eigentümerinnen,
- b) Erarbeitung der Vorgangsweise zur Probennahme (inklusive Probenahmeprotokolle), Transport und Lagerung, die Festlegung von Lagerungs- und Aufbereitungsvorgaben der Proben.

Bezüglich der Probenahme wurde vorgeschlagen, dass jedes Bundesland selbst nach der im ersten Schritt gemeinsam erarbeiteten Anleitung in Eigenleistung die Probenahme durchführt. Dies verminderte Reisekosten und brachte den Vorteil der lokalen Kenntnis von Standorten und Grundeigentümern und -eigentümerinnen zur Sicherung des Zuganges zu den Probenahmestandorten und der Wahrung rechtlicher Vorgaben zur Probenahme. Die einzelnen Bodenabteilungen der Bundesländer verfügen durch die Durchführung der Bodenzustandsinventuren und Betreuung von Bodendauerbeobachtungsflächen über die nötige Kompetenz und Ausrüstung zur Durchführung von Bodenprobenahmen. Die Proben wurden zur Probeaufbereitung an das probenaufbereitende Labor (zentral durch die AGES) gesendet und dort für die weitere Analytik vorbereitet.

3. Anleitung und Arbeitsplan zur Bodenanalytik

- a) Auswahl der zu analysierenden Parameter in Abstimmung mit aktuellen Stofflisten (Standard-Parameter wie PAH, „neue“ POPs, Hot Spots, UNEP-Trends), soweit nicht ohnehin bereits festgelegt durch die (in-kind-) Leistungen der beteiligten Labore,
- b) Aufteilung der Analysen:

Ein wesentlicher Punkt war die Festlegung, welcher Partner welche Analytik-Aufgaben übernimmt. Eine Reihe von Projektpartnern und -partnerinnen (Bund, Bundesländer) verfügt über gut ausgerüstete, i. d. R. akkreditierte Bodenlabore mit langjähriger Erfahrung, wie z. B. Land Steiermark/A10, Land- und Forstwirtschaft, Land Oberösterreich, AGES, Umweltbundesamt.

Die im Rahmen der Projektvorbereitung als fachlich relevant diskutierten Analyten wurden hinsichtlich der Analytik im Konsens auf die einzelnen Bodenlabore aufgeteilt. Dies ist untenstehend unter: Partnerbeteiligung/besondere Leistungen einzelner Projektpartner:innen im Detail angeführt.

Mit dieser Aufteilung wurden mehrere Ziele des Projektes erreicht:

- Analyse eines Analyten durch EIN Labor, um die Vergleichbarkeit der Daten zu gewährleisten,
- optimale Abdeckung der Analysen durch spezielle Kompetenzen/Erfahrungen der jeweiligen Labore,
- Einbeziehung der vereinten Laborkompetenzen speziell zur Unterstützung der im Projekt vorgesehenen Methodenharmonisierung. Diesbezüglich erfolgte auch die Unterstützung der Arbeitsgruppe „Organische Schadstoffe im Boden“ des Fachbeirates sowie der Analytikplattform. Hier wurde empfohlen, im Rahmen eines Sonderauftrages außerhalb von AustroPOPs aus den wissenschaftlichen Gremien eine Paralleluntersuchung der AustroPOPs-Proben auf PAHs inklusive der volatilen PAHs durchzuführen und die Ergebnisse in den Methodenvergleich von AustroPOPs einzubinden, um hier eine optimale Verknüpfung zwischen der wissenschaftlich-analytischen Ebene und der praktischen Anwendung zu erhalten. Dies wurde erfolgreich im Rahmen eines Ringversuchs durchgeführt (vgl. Kapitel 7.4).

Das erarbeitete Umsetzungskonzept erfolgte unter Beteiligung aller Projektpartner:innen.

Besondere Leistungen einzelner Projektpartner:innen:

Das Land Salzburg hat im Rahmen des in Salzburg 2016/2017 durchgeführten Projektes ORAPOPS³⁵ zur Erhebung von organischen Schadstoffen wesentliche Arbeiten zu Konzipierung und Durchführung eines POPs-Monitoring geleistet. Diese Erkenntnisse und Erfahrungen, die im Rahmen von ORAPOPS erarbeitet wurden, flossen in AustroPOPs ein, um eine Vergleichbarkeit der Erhebungen von ORAPOPS und AustroPOPs möglichst sicherzustellen.

Diese (Vor-)Leistung war Teil der Projektbeteiligung und -leistung des Landes Salzburg und schlug sich als in-kind Leistung im Projekt nieder.

Teil 2: Konzept zur Datenaufbereitung, Datenharmonisierung und Datenbereitstellung

Dieser Schritt diente dazu, ein Konzept zur zentralen, harmonisierten Erfassung und Bereitstellung bisher erhobener Daten zu organischen Schadstoffen in Österreich (Daten aus Erhebungen der Bundesländer sowie aus Studien des damaligen Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft BMLFUW) sowie der im Rahmen von AustroPOPs erhobenen Daten zu erstellen. Dies sollte im Rahmen des vom Umweltbundesamt im Konsens mit Bund und Ländern geführten Bodeninformationssystems BORIS des Bundes und der Bundesländer erfolgen, welches bereits einen großen Teil der bisher erhobenen (punktbezogenen) Bodendaten – und zum Teil auch zu organischen Schadstoffen – beinhaltet (z. B. 1.000 Standorte der Steirischen Bodenschutzberichte, vorliegende POPs-Daten aus weiteren Bodenzustandsinventuren). Von 2012–2014 wurde BORIS als Bund-Bundesländerkooperation gemeinsam mit den Bodenexperten und -expertinnen von Bund und Ländern neugestaltet und technisch (Datenverwaltung und Datenvisualisierung via Internet) auf ein neues Level nach zeitgemäßen Standards gebracht. Mit BORIS ist somit sowohl die Datenharmonisierung gemäß dem Datenschlüssel Bodenkunde³⁶ sowie die Datenverwaltung als auch die Datenbereitstellung für verschiedene Nutzergruppen inklusive Datenselektion u. a. via WebGIS, Datenausgabe und Verschneidung mit verschiedenen thematischen Karten, z. B.

³⁵ Kreuzeder, A/ Moche W./Scharf, S. (2018): Organische Schadstoffe in Grünland- und Waldböden. Land Salzburg, Salzburg: <https://www.salzburg.gv.at/themen/umwelt/abfall/fachinformationen/persistente-organische-schad>

³⁶ <https://www.umweltbundesamt.at/umweltthemen/boden/boris/boris-datenschluessel>

eBOD (digitale Bodenkarte – Bodenkartierung³⁷), Gewässerkarten oder der europäischen Bodenkarte, möglich.

Erforderliche Arbeitsschritte in diesem Arbeitspaket:

- Sammlung und Zusammenstellung bisheriger Daten in digitaler Form, die noch nicht in BORIS enthalten sind und Klärung der Aufnahme in BORIS mit den Datenurheberinnen und -urhebern,
- Sammlung der im Rahmen von AustroPOPs erhobenen Daten in digitaler Form,
- Datenaufbereitung/Codierung der Daten für BORIS anhand des Datenschlüssels Bodenkunde,
- Datenimport in BORIS und Bereitstellung der Daten via BORIS unter www.borisdaten.at.

Das Konzept zur optimalen Bereitstellung von alten und neuen Daten zu organischen Schadstoffen und POPs in BORIS zu den im Rahmen von BORIS gemeinsam mit Bund und Ländern vereinbarten Bedingungen wurde federführend vom Umweltbundesamt als Betreiberin von BORIS gemeinsam und im Konsens mit den Datenurhebern und -urheberinnen erarbeitet.

6.2.1 Ergebnisse Teil 1: Konzept und Umsetzung: Datenerhebung

Das Konzept wurde durch gemeinsame Diskussion der beteiligten Experten und Expertinnen auf Basis bestehender Datenerhebungskonzepte und Erfahrungen erarbeitet.

Dies führte zum Ergebnis eines abgestimmten Konzeptes zur Standortwahl, Probenahme und Analytik, das in Arbeitspaket 3 2019 und 2020 zur Umsetzung gekommen ist.

Ein wesentliches Ziel war die Harmonisierung von Probenahme, Probevorbereitung, Analytik und Methoden in Österreich im Rahmen dieses Konzeptes. Input/Abstimmung erfolgt durch/mit der Arbeitsgruppe „Organische Schadstoffe in Böden“ des *Fachbeirates für Bodenfruchtbarkeit und Bodenschutz*.

In den folgenden Abschnitten werden die einzelnen Aspekte des Konzeptes dargestellt.

³⁷ <https://bfw.ac.at/rz/bfwcms2.web?dok=7066>

6.2.1.1 Standortwahl

Bei der Auswahl der Standorte war eine Reihe von fachlichen Aspekten von Relevanz, die auf Basis bisheriger Studien diskutiert wurden.

Die Auswahl der zu beprobenden Standorte erfolgte durch die Experten und Expertinnen der Bundesländer auf Basis ihrer Kenntnisse der lokalen Gegebenheiten und Anforderungen innerhalb des gemeinsam festgelegten Rahmens bzw. zur Wahrung der Zutrittsrechte durch Berechtigte (Vorarlberg: Tabelle 13, Niederösterreich: Tabelle 14, Kärnten: Tabelle 15, Oberösterreich: Tabelle 16, Steiermark: Tabelle 17, Salzburg: Tabelle 18, Tirol: Tabelle 19).

Es wurde entschieden, sich auf Standorte mit Nutzung als Grünland, Wald oder Acker festzulegen. Weiters wurde festgelegt, dass sowohl Standorte ausgewählt werden konnten, die bereits in einem Bodenerhebungsprogramm sind (Bodendauerbeobachtung, Bodenzustandsinventur) als auch neue Standorte, die von Interesse sind.

Bereits erfasste Standorte bringen den Vorteil, dass sie die Verknüpfung mit anderen wertvollen Daten (eventuell sogar Zeitreihen) ermöglichen, weiters sind Standort-erfassung sowie Zugänglichkeit erfolgt/gesichert. In einigen Bundesländern (z. B. Oberösterreich, Niederösterreich) erfolg(t)en aktuell Wiederholungen der Bodenzustandsinventuren. Somit können hier auch einzelne Standorte für AustroPOPs mitbeprobzt werden. Dies schont Ressourcen und ermöglicht die Auswertung mit den zusätzlich erhobenen Daten.

Es wurde entschieden, sowohl Hintergrundstandorte³⁸ als auch vermutete Hot Spots³⁹ einzubeziehen, sofern das jeweilige Bundesland dies für erforderlich befindet. Diese Flexibilität erschien nötig, da Ergebnisse des Projektes ORAPOPs⁴⁰ aus Salzburg zeigten,

³⁸ Hintergrundstandorte: Standorte, an denen keine Kontamination vermutet wird, da sie fernab von möglichen Eintragsquellen wie Industrie liegen. Bisherige Studien haben jedoch gezeigt, dass gerade bei POPs auch z. B. im Hochalpinen Bereich (Projekt: MONARPOP) oder an Grünlandstandorten durch die Luftverfrachtung POPs im Boden gefunden wurden.

³⁹ Hot Spots: Standorte, an denen mögliche Einträge bzw. erhöhte Werte von Schadstoffen vermutet werden.

⁴⁰ Kreuzeder, A/ Moche W./Scharf, S. (2018): Organische Schadstoffe in Grünland- und Waldböden. Land Salzburg, Salzburg: <https://www.salzburg.gv.at/themen/umwelt/abfall/fachinformationen/persistente-organische-schad>

dass auch Hintergrundstandorte unerwartete Konzentrationen an organischen Schadstoffen aufwiesen. Deshalb erschien eine Differenzierung von vornherein nicht zielführend. Weiters wurde so die Möglichkeit geschaffen, in den Bundesländern Standorte zu untersuchen, bei denen Kontaminationen vermutet werden, und so im Rahmen des Projektes wertvolle neue Informationen zu gewinnen, die bisher nicht erhoben werden konnten.

Die Standortzahl im Rahmen des Projektes ist auf 15 Standorte pro beteiligtem Bundesland festgelegt. Durch die unterschiedliche Größe der einzelnen Bundesländer sind diese 15 Standorte auch unterschiedlich repräsentativ, dies ist als Faktum zu berücksichtigen. Somit – auch bedingt durch die aus finanziellen Gründen insgesamt limitierte Anzahl an zu beprobenden Standorten im Projekt – wird eine flächenmäßig statistisch repräsentative Aussage der erhobenen Daten für Österreich nicht möglich sein. Dies war jedoch auch nicht Ziel des Projektes.

Das in Salzburg in den letzten Jahren durchgeführte Projekt ORAPOPs zur Erhebung von organischen Schadstoffen wurde als eine wichtige Basis zur Diskussion für das Konzept herangezogen, u. a. mit dem Ziel, die Vergleichbarkeit der mit den in AustroPOPs erhobenen Daten zu gewährleisten.

Für Salzburg wurde beschlossen – da aufgrund der erst 2017/2018 erhobenen ORAPOPs-Daten keine eigene Probenahme im Rahmen von AustroPOPs vorgesehen war – aus den Rückstellproben des ORAPOPs Projektes die Analytik ausgewählter Organika (Tabelle 12) im Rahmen von AustroPOPs durchzuführen. Dies diente einerseits dazu Parameter zu ergänzen, die im Rahmen von ORAPOPs nicht erhoben wurden, bzw. zum Vergleich analytischer Methoden einzelner Parameter. Für die PAH erfolgt keine Analyse von ORAPOPs- Standorten: Statt der 15 Standorte aus Salzburg wurden für die eigenen Standorte aus der Steiermark die 16 PAH EPA für den Methodenvergleich gemessen.

Das Land Tirol hat im Zuge des Projektes noch weitere vier Standorte auf eigene Kosten beprobt und dem Projekt zur Verfügung gestellt. Deshalb standen für Tirol 19 statt 15 Standorte zur Verfügung.

Tabelle 12: Analyse von Parametern aus dem Projekt ORAPOPS im Rahmen von AustroPOPs

Analytik-Parameter AustroPOPs	Nachmessungen 15 Standorte aus Rückstellproben Salzburg
Organochlorpestizide	An 15 Standorten alle Organochlorpestizide von AustroPOPs durch Labor OÖ analysieren
Umweltbundesamt-Palette	An 15 Standorten, an denen nicht schon PBDE und PFOS gemessen wurden, alle durch das Umweltbundesamt zu untersuchenden Parameter messen, dadurch gibt es Informationsgewinn ohne redundante Messungen zu ORAPOPS
Bodenkennwerte	nur Textur für 15 Standorte gemessen, sonst sind alle Parameter vorhanden

Tabelle 13: Standortauswahl AustroPOPs für Vorarlberg

Art des Standortes	Begründung/Beschreibung	Name des Standortes	Verortung in BORIS J/N
Acker	standorttyp. Bewirtschaftung	Rheintal Rankweil	N
Grünland	Siedlungsnähe, standorttyp. Bewirtschaftung	Rheintal Lauterach	N
Grünland	Siedlungsnähe, standorttyp. Bewirtschaftung	Rheintal DO/Lustenau	N
Grünland	Depositionsmessstelle, standorttyp. Bew.	Walgau Frastanz	N
Grünland	Siedlungsnähe, standorttyp. Bewirtschaftung	Walgau Nüziders/Lud.	N
Grünland	Siedlungsnähe/Tal, standorttyp. Bewirtschaftung	Montafon Vandans	N
Grünland	Siedlungsnähe/Tal, standorttyp. Bewirtschaftung	Kl. Walsertal Mittelberg	N
Grünland	Staulage, standorttyp. Bewirtschaftung	Hinterer BW Mellau/Au	N
Grünland	standorttyp. Bewirtschaftung	Vorderer BW Langenegg	N
Grünland	Grenznahe, intensive GL Nutzung; erhöhte PFT-Gehalt in der Umgebung gemessen	Rheintal Höchst	N
Grünland	Emittentennahe, standorttyp. Bew.; Abfallentsorger Schredderanlage, Grundsätzlich keine „extremen	Rheintal Götzis	N

Art des Standortes	Begründung/Beschreibung	Name des Standortes	Verortung in BORIS J/N
	Belastungen“ zu erwarten, deshalb Auswahl von Kategorie „BL – Belastungsstandort leicht“		
Grünland/Weide	Skipiste, hoher Niederschlag; standorttyp. Bew. Grundsätzlich keine „extremen Belastungen“ zu erwarten, deshalb Auswahl von Kategorie „BL – Belastungsstandort leicht“	Lech Lech	N
Wald	Siedlungsfern, Hintergrundstandort	Montafon Hint. Silbertal	N
Wald	Staulage; erhöhter Eintrag über Deposition? Grundsätzlich keine „extremen Belastungen“ zu erwarten, deshalb Auswahl von Kategorie „BL – Belastungsstandort leicht“	Rheintal Breiter Berg	N
Wald	Nördl. Staulage; erhöhter Eintrag über Deposition? Grundsätzlich keine „extremen Belastungen“ zu erwarten, deshalb Auswahl von Kategorie „BL – Belastungsstandort leicht“	Hohenweiler Hohenweiler	N

Tabelle 14: Standortauswahl AustroPOPs für Niederösterreich

Art des Standortes	Begründung/Beschreibung	Name des Standortes	Verortung in BORIS J/N
Acker	Nähe Mineralölindustrie und Flughafen, bestehende Dauerbeobachtungsfläche (L01)	südöstlich von Schwechat in Verlängerung der Piste 11/29	N
Acker	Nähe Flughafen, bestehende Dauerbeobachtungsfläche (L14)	östlich von Kleinneusiedl in Verlängerung der Piste 11/29	N
Acker	Referenzstandort mit Abstand zu Flughafen und Mineralölindustrie, bestehende Dauerbeobachtungsfläche (L13)	nordöstlich von Gallbrunn (Raum Schwechat)	N
Acker	Nähe chemische Industrie, erhöhte PAH-Konzentrationen, bestehende Dauerbeobachtungsfläche (PF20)	nordöstlich Pischelsdorf, KG Pischelsdorf, Parzelle 426, 182 m Seehöhe, eben	N
Acker	Referenzstandort mit Abstand und im Luv zu potentiellen Emissionsquellen (Müllverbrennung, Kraftwerk, chemische Industrie), geringe PAH-Konzentrationen, bestehende Dauerbeobachtungsfläche (PF06); Nähe Depositionsmessstelle Trasdorf	nordöstlich Trasdorf, KG Trasdorf Parzelle 1170, 185 m Seehöhe, eben	N

Art des Standortes	Begründung/Beschreibung	Name des Standortes	Verortung in BORIS J/N
Acker	Dauerbeobachtungsfläche (PF16) Nähe Depositionsmessstelle Neusiedl	Michelhausen, KG Rust, Parzelle 543, 182 m Seehöhe, eben	N
Acker	Dauerbeobachtungsfläche PF22, Tullner Feld	Langenrohr, KG Schönbichl, Parzellen 828 + 829, 179 m Seehöhe, eben	N
Acker	Raum St. Pölten entlang B 334 (Probenpunkt B07)	südlich Strattersorf/Stratzern	N
Acker	Raum St. Pölten entlang B 334 (Probenpunkt B09)	südlich Strattersorf/Stratzern	N
Acker	Dauerbeobachtungsfläche PF08, Tullner Feld	Zwentendorf an der Donau, KG Dürnrohr, Parzelle 702, 184 m Seehöhe, eben	N
Grünland	Raum St. Pölten entlang B 334 (Probenpunkt B04)	südlich Strattersorf/Stratzern	N
Grünland	Hintergrundbelastungsstandort gemäß Emissionskataster NÖ	Schwarzau im Gebirge	N
Wald	Auwald der Donau, bestehende Dauerbeobachtungsfläche (PF24)	nordöstlich Langenschönbichl, KG Langenschönbichl, Parzelle 728, 182 m Seehöhe, eben	N
Wald	Raum St. Pölten entlang B 334 (Probenpunkt B02)	südlich Strattersorf/Stratzern	N
Wald	Hintergrundbelastungsstandort gemäß Emissionskataster NÖ	Schwarzau im Gebirge	N

Tabelle 15: Standortauswahl AustroPOPs für Kärnten

Art des Standortes	Begründung/Beschreibung	Name des Standortes	Verortung in BORIS J/N
Acker	Bodenzustandsinventur-Punkt	Unteres Drautal, Mauthbrücke	J
Grünland	Bodenzustandsinventur-Punkt	Nockberge, St.Oswald	J
Grünland	Bodenzustandsinventur-Punkt	Unteres Gailtal, Seltschach	J
Grünland	Bodenzustandsinventur-Punkt	Villacher Becken, Landskron	J

Art des Standortes	Begründung/Beschreibung	Name des Standortes	Verortung in BORIS J/N
Acker	Bodenzustandsinventur-Punkt	Klagenfurter Becken, Ebenthal	J
Acker	Bodenzustandsinventur-Punkt	Zollfeld, St.Veit	J
Grünland	Bodenzustandsinventur-Punkt	Görtschitztal, Brückl	J
Grünland	Bodenzustandsinventur-Punkt	östl. Gurktal, Silbereg	J
Acker	Bodenzustandsinventur-Punkt	Krappfeld, Lind	J
Acker	Bodenzustandsinventur-Punkt	Oberes Lavanttal, Twimberg	J
Acker	Bodenzustandsinventur-Punkt	Unteres Lavanttal, St.Andrä	J
Acker	Bodenzustandsinventur-Punkt	Jaunfeld, Penk	J
Grünland	Bodenzustandsinventur-Punkt	Metnitztal, Metnitz	J
Grünland	Bodenzustandsinventur-Punkt	Lesachtal, Liesing	J
Grünland	Bodenzustandsinventur-Punkt	Oberes Mölltal, Putschall	J

Tabelle 16: Standortauswahl AustroPOPs für Oberösterreich

Art des Standortes	Begründung/Beschreibung	Name des Standortes	Verortung in BORIS J/N
Acker	Bodenzustandsinventur-Punkt	94071, BZI Punkt	J
Acker	Bodenzustandsinventur-Punkt	152080, BZI Punkt	J
Acker	Bodenzustandsinventur-Punkt	122097, BZI Punkt	J
Acker	Bodenzustandsinventur-Punkt	119068, BZI Punkt	J
Acker	Bodenzustandsinventur-Punkt	119075, BZI Punkt	J
Acker	Bodenzustandsinventur-Punkt	127076, BZI Punkt	J
Acker	Bodenzustandsinventur-Punkt	122093, BZI Punkt	J
Acker	Bodenzustandsinventur-Punkt	120080, BZI Punkt	J
Acker	Bodenzustandsinventur-Punkt	99072, BZI Punkt	J
Acker	Bodenzustandsinventur-Punkt	112074, BZI Punkt	J
Grünland	Bodenzustandsinventur-Punkt	139078, BZI Punkt	J
Grünland	Bodenzustandsinventur-Punkt	117054, BZI Punkt	J

Art des Standortes	Begründung/Beschreibung	Name des Standortes	Verortung in BORIS J/N
Grünland	Bodenzustandsinventur-Punkt	125076, BZI Punkt	J
Grünland	Bodenzustandsinventur-Punkt	145079, BZI Punkt	J
Grünland	Bodenzustandsinventur-Punkt	147079, BZI Punkt	J

Tabelle 17: Standortauswahl AustroPOPs für die Steiermark

Art des Standortes	Begründung/Beschreibung	Name des Sandortes	Verortung in BORIS J/N
Acker	Bodenzustandsinventur-Punkt, niedrige PAH-Belastung (Oststeiermark)	FFX1	J
Acker	Bodenzustandsinventur-Punkt, niedrige PAH-Belastung (Oststeiermark)	FFX5	J
Acker	Bodenzustandsinventur-Punkt, niedrige PAH-Belastung (Oststeiermark)	FFX6	J
Acker	Bodenzustandsinventur-Punkt, niedrige PAH-Belastung (Grazerfeld)	GRA2	J
Acker	Bodenzustandsinventur-Punkt, niedrige PAH-Belastung (Grazerfeld)	GRA11	J
Acker	Bodenzustandsinventur-Punkt, niedrige PAH-Belastung (südweststeirisches Hügelland)	DLX18	J
Acker	Bodenzustandsinventur-Punkt, niedrige PAH-Belastung (Oberostalpin, Traidersbergfolge)	LEO3	J
Grünland	Bodenzustandsinventur-Punkt, niedrige PAH-Belastung (Semmering)	MZX8	J
Grünland	Bodenzustandsinventur-Punkt, hohe PAH-Belastung (Industriegebiet Mürztal)	MZX4	J
Grünland	Bodenzustandsinventur-Punkt, niedrige PAH-Belastung (Kalkalpin)	MZX11	J
Grünland	Bodenzustandsinventur-Punkt, niedrige PAH-Belastung (südweststeirisches Hügelland)	DLX11	J

Art des Standortes	Begründung/Beschreibung	Name des Standortes	Verortung in BORIS J/N
Grünland	Bodenzustandsinventur-Punkt, erhöhte PAH-Belastung (Herkunft ungeklärt)	MUX20	J
Grünland	Bodenzustandsinventur-Punkt, niedrige PAH-Belastung (Bezirk Murau)	MUX9	J
Grünland	Bodenzustandsinventur-Punkt, niedrige PAH-Belastung (Bezirk Murau)	MUX12	J
Wald	Bodenzustandsinventur-Punkt, niedrige PAH-Belastung (Oberostalpin, Traidersbergfolge)	LEO8	J

Tabelle 18: Standortauswahl AustroPOPs für Salzburg

Art des Standortes	Begründung/Beschreibung	Name des Standortes	Verortung in BORIS J/N
Grünland	Standort beprobt im Projekt ORAPOPs	OraPOPs – Standort, BDF – St. Johann	N
Grünland	Standort beprobt im Projekt ORAPOPs	OraPOPs – Standort, MP Saalfelden	N
Wald	Standort beprobt im Projekt ORAPOPs, am stärksten belasteter Punkt in SBG	OraPOPs – Standort, Hatzl, Stierling – Nähe 502.004	N
Wald	Standort beprobt im Projekt ORAPOPs	OraPOPs – Standort, 502.008 Obertrum	N
Wald	Standort beprobt im Projekt ORAPOPs	OraPOPs – Standort, 502.011 Anthering	N
Wald	Standort beprobt im Projekt ORAPOPs	OraPOPs – Standort, 502028 St Gilgen	N
Wald	Standort beprobt im Projekt ORAPOPs	OraPOPs – Standort, 501022 Annaberg	N
Wald	Standort beprobt im Projekt ORAPOPs	OraPOPs – Standort, 503015 Hüttau	N
Wald	Standort beprobt im Projekt ORAPOPs	OraPOPs – Standort, 504021 Mauterndorf	N
Wald	Standort beprobt im Projekt ORAPOPs	OraPOPs – Standort, 505003 Unken	N

Art des Standortes	Begründung/Beschreibung	Name des Standortes	Verortung in BORIS J/N
Wald	Standort beprobt im Projekt ORAPOPs	OraPOPS – Standort, 505055 Wald im Pinzgau	N
Wald	Standort beprobt im Projekt ORAPOPs	OraPOPS – Standort, Zell am See-Schmitten	N
Wald	Standort beprobt im Projekt ORAPOPs	OraPOPS – Standort, 502023 Stadt Salzburg-Aigen , Stadtnähe	N
Wald	Standort beprobt im Projekt ORAPOPs	OraPOPS – Standort, 503044 St.Veit	N
Wald	Standort beprobt im Projekt ORAPOPs	OraPOPS – Standort, Lamprechtshausen – Gennersberg, Waldstandort im Norden	N

Tabelle 19: Standortauswahl AustroPOPs für Tirol

Art des Standortes	Begründung/Beschreibung	Name des Standortes	Verortung in BORIS J/N
Acker	siedlungsnahe lw. Fläche im Inntal	Imst (LW)	N
Acker	Lw. Fläche im Zentralraum	Hall in Tirol	N
Acker	Hochwasser-Retentionsbecken, Kessellage	St. Johann in Tirol	N
Acker	schadstoffquellennaher Standort	Völs	N
Grünland	bestehende Dauerbeobachtungsfläche, Hintergrundstandort	Weirichalm	J
Grünland	bestehende Dauerbeobachtungsfläche, Hintergrundstandort	Blaubergalm	J
Grünland	bestehende Dauerbeobachtungsfläche, Hintergrundstandort	Gaimberg	J
Grünland	schadstoffquellennaher Standort	Vils	N
Grünland	Siedlungsgebiet und schadstoffquellennaher Standort in Kessellage	Perjen	N
Grünland	schadstoffquellennaher Standort	Kundl	N

Art des Standortes	Begründung/Beschreibung	Name des Standortes	Verortung in BORIS J/N
Grünland	schadstoffquellennaher Standort	Hochfilzen	N
Grünland	Hintergrundstandort	Fiss	N
Grünland	bestehende Dauerbeobachtungsfläche; schadstoffquellennaher Standort	Brixlegg	J
Grünland	bestehende Dauerbeobachtungsfläche, schadstoffquellennaher Standort	Reutte	J
Wald	bestehende Dauerbeobachtungsfläche, Hintergrundstandort	Weirichalm	J
Wald	bestehende Dauerbeobachtungsfläche, Hintergrundstandort	Klammbach	J
Wald	bestehende Dauerbeobachtungsfläche, Hintergrundstandort	Gaimberg	N
Wald	bestehende Dauerbeobachtungsfläche, schadstoffquellennaher Standort – hohe Kontaminationen durch Industrie (Schwermetalle);	Münster	J
Wald	bestehende Dauerbeobachtungsfläche, schadstoffquellennaher Standort	Urisee	J

6.2.1.2 Probenahmedesign, Anleitung zur Probenahme und Probenaufbereitung

Im Zuge der Konzepterstellung wurden das Probenahmedesign sowie eine Anleitung zur Probenahme für die Standorte unter den Nutzungen Acker, Grünland und Wald erstellt, die eine möglichst harmonisierte Probenahme ermöglichen.

Anleitung zur Probenahme:

Die Probenahme wurde durch verschiedene Personen in den Bundesländern mit unterschiedlicher Fachkompetenz und Erfahrung durchgeführt. Deshalb war es erforderlich, die Anleitung möglichst einfach handhabbar, klar und leicht nachvollziehbar zu machen, um eventuelle Einflüsse durch Abweichungen in der Probenahme so gering wie möglich zu halten.

Dazu wurden folgende Materialien erstellt und bereitgestellt:

Anleitung zur Probenahme in schriftlicher Form,

- Video zur Anleitung der Probenahme (erstellt durch den Projektpartner BFW auf Basis der o. g. Anleitung),
- Protokollblätter zur Erfassung der Probenahme im Feld,
- Vorlage zur Datenerfassung in Excel akkordiert mit BORIS.

Die **Anleitung zur Probenahme** umfasst die Anleitung zur Auswahl der Probefläche am Standort sowie zur Vorbereitung für die Beprobung als auch zur Durchführung der Probenahme im Detail sowie eine Anleitung zu Protokollierung, Probenverpackung und Versand an die weiterverarbeitenden Labore.

Diese Anleitung steht als pdf-Dokument für künftige Erhebungen zu organischen Schadstoffen in Böden zur Verfügung (als Teil des Endberichtes, eigenes Dokument)

Das **zur Probenahme erstellte Video** dient zur Illustration der Arbeit im Feld und erleichtert somit auch Personen, die eine derartige Probenahme bisher nicht durchgeführt haben, die praktische Durchführung auf anschauliche Weise. Das Video steht auch für künftige Vorhaben als modernes, leicht zugängliches Medium für alle Nutzer:innen im Internet zur Verfügung.

Das Video ist unter folgendem Link abrufbar:

<https://www.youtube.com/watch?v=Tlf1aQUb0ro&feature=youtu.be>

Die **Protokollblätter zur Erfassung der Probenahme im Feld** dienen dazu, um bei der Probenahme im Gelände Standort- und Probeinformationen strukturiert zu erfassen und zu dokumentieren. Wesentliche Parameter sind zum Standort (Standortnummer, Lage, Nutzung, Bezeichnung, boden- und standortkundliche Erfassung) sowie zur Probe (Probenzeichnung, Datum der Probenahme, Probenehmer, Bodenhorizont/e etc.).

Diese Anleitung steht als Excel-Dokument auch für künftige Erhebungen zur Verfügung, sie kann nach Bedarf adaptiert werden.

Um eine möglichst konsistente und wenig fehleranfällige Datenzusammenstellung zu erreichen, wurde eine **Vorlage zur BORIS-konformen Datenerfassung** in Excel erstellt, um die nach Anleitung strukturiert erhobenen Daten für die spätere Integration in BORIS nach dem Datenschlüssel Bodenkunde aufzubereiten. Diese Vorlage diente dazu, die Informationen der Feld-Probenahmeprotokolle zu digitalisieren. Das Befüllen wurde durch Drop-down-Menüs mit den für die jeweiligen Nutzungen Acker, Grünland und Wald relevanten Parametern und Codes erleichtert und – auch zur Vermeidung von fehlerhaften Angaben – vordefiniert.

Wesentlich war, sowohl für neu zu beprobende Standorte als auch für Standorte, die bereits in anderen Programmen beprobt wurden und auch bereits in BORIS erfasst sind, eine Grundlage zu schaffen. Bei diesen Standorten waren nur allfällige Veränderungen zu erfassen, die relevanten Informationen können durch Verknüpfung der originalen Standort-Nummern aus BORIS generiert werden. Über diese ID können auch bisher für diese Standorte erhobene Informationen zugeordnet und gegebenenfalls ausgewertet werden.

Diese Anleitung steht als Excel-Dokument auch für künftige Erhebungen zur Verfügung, sie kann nach Bedarf adaptiert werden (veränderte Tiefenstufen, anderes Probenahmedesign, andere Bodenparameter).

Die Probenahme selbst erfolgte durch die Bundesländer unter Wahrung der Zutrittsrechte auf die Probeflächen sowie genehmigter Probenahme, ebenso allfälliger Regelungen zum Datenschutz im Zeitraum ab März 2019 bis November 2019.

Die erste Probenaufbereitung erfolgte nach Einlangen der Proben in der/durch die AGES. Der Probentransport in die AGES erfolgte durch Versand der Proben bzw. direkten Transport. Zur Koordination der Logistik und Dokumentation wurden Zeitpläne mit den Bundesländern sowie Probenlisten erstellt.

Die Probenteilung erfolgte in der AGES, ein Teil der Proben wurde in der AGES zur Analyse der Bodengrundparameter weiterverwendet (siehe Analytik). Der andere Teil ging an das

Umweltbundesamt zur Vorbereitung für die Analytik der organischen Schadstoffe. Dort erfolgte die weitere Probenvorbereitung und gegebenenfalls Lyophilisierung der Proben. Ein Teil der Proben verblieb zur Analyse der vereinbarten organischen Schadstoffe im Umweltbundesamt, die anderen Teile wurden an das Bodenlabor des Landes Steiermark zur PAH-Analytik sowie an das Landeslabor Oberösterreich zur Analyse der Organochlorpestizide weitergeleitet.

Von den AustroPOPs-Proben wurden im Umweltbundesamt Rückstellproben erhalten. Diese wurden nach Abschluss der Analytik dem jeweiligen Bundesland zur Aufbewahrung übermittelt.

6.2.1.3 Bodenanalytik & Laborleistungen

Hinsichtlich der Bodenanalytik wurde entschieden, die Analytik einzelner Stoffgruppen durch dieselben Labore durchzuführen. Ziel war, Heterogenitäten bei der Analytik innerhalb einer Stoffgruppe zu vermeiden und die jeweiligen Kompetenzen der österreichischen Bodenlabore der involvierten Projektpartner optimal einzubringen. Insgesamt erfolgte von 109 zu messenden Standorten die Analyse von 123 Proben (die höhere Probenanzahl ergibt sich daraus, dass bei Waldstandorten vereinzelt sowohl der Auflagehumus als auch der Mineralbodenhorizont analysiert wurden).

- Das Land Steiermark führte die Analytik der PAHs für alle 109 zu messenden Standorte im Projekt durch. Diese Leistung schlug sich als in-kind Leistung im Projekt nieder.
- Das Land Oberösterreich führte die Analytik der Organochlorpestizide für alle 109 zu messenden Standorte im Projekt durch. Diese Leistung schlug sich als in-kind Leistung im Projekt nieder.
- Das Umweltbundesamt führte die Analytik von speziellen POPs für alle 109 zu messenden Standorte im Projekt durch.

Im Land Oberösterreich gibt es für die Umweltüberwachung ein eigenes chemisch-analytisches Labor, das der **Direktion Umwelt und Wasserwirtschaft** zugeordnet ist. Seit dem Jahr 2000 ist das Chemisch-analytische Labor als ein Teil der Umwelt Prüf- und Überwachungsstelle des Landes Oberösterreich für eine Vielzahl seiner Verfahren nach EN/ISO 17025 akkreditiert (Akkreditierungsumfang siehe Akkreditierung Austria – Homepage Bundesministerium für Digitales und Wirtschaft). Luft, Wasser, Boden,

Klärschlamm sowie Abfall werden physikalisch, chemisch und biologisch untersucht. Das Untersuchungsprogramm reicht von einfachen chemisch-physikalischen Grundparametern, wie Leitfähigkeit, über Nährstoffe, Schwermetalle und organische Summenparameter bis zu Spezialparametern, wie Pestiziden. Neben den Untersuchungen im Labor führt das Labor selbst Probenahmen in den unterschiedlichen Umweltmedien (Luft, Staub, Wasser und Boden) durch. Darüber hinaus werden auch Gesamtprojekte, die neben der Probenahme und Analytik auch Auswertungen zu speziellen Fragestellungen beinhalten, betreut. Seit 2012 entnimmt und untersucht das Chemisch-analytische Labor im Zuge des Oberösterreichischen Bodenschutzprogrammes (im Auftrag der Direktion Landesplanung, wirtschaftliche und ländliche Entwicklung – Abt. Land- und Forstwirtschaft) Bodenproben in ganz Oberösterreich. Dabei werden neben den allgemeinen Bodenparametern, Nährstoffen und Metallen auch eine Vielzahl von organischen Schadstoffen, wie PAH, PCB und Pestizide, insbesondere Organochlorpestizide, analysiert.

Das Referat Boden- und Pflanzenanalytik der A10 des Landes Steiermark ist seit dem Jahr 2011 ein nach der EN ISO 17025 akkreditiertes Labor mit der Identifikationsnummer 0324. Im Jahr 1987 hat die Steiermärkische Landesregierung als erstes Bundesland in Österreich zum Schutz der landwirtschaftlichen Böden ein Bodenschutzgesetz und eine Bodenschutzprogramm-Verordnung erlassen, im Zuge derer in der gesamten Steiermark 1.000 Untersuchungs-Standorte zur Kontrolle des Bodens eingerichtet wurden. Neben den allgemeinen Bodenparametern und Schwermetallen werden gemäß der Bodenschutzprogramm-Verordnung auch die Pestizidrückstände Hexachlorbenzol, Lindan und DDT untersucht. Die Triazinrückstände (Atrazin, Simazin, Propazin, Terbutylazin, Cyanazin) werden nur an Ackerstandorten untersucht. Bei den polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen wurden folgende zehn PAH untersucht: Phenanthren, Anthracen, Fluoranthen, Pyren, Summe von Triphenylen und Chrysen, Summe Benzo(b+j+k)-fluoranthene, Benzo(e)pyren, Benzo(a)pyren, Perylen, Benzo(ghi)perylen.

Im Rahmen des AustroPOPs Projektes wurde das Referat Boden- und Pflanzenanalytik mit der Analytik der PAH beauftragt. Allerdings sollten nicht die in der Bodenschutzprogramm-Verordnung stehenden zehn PAH analysiert werden, sondern die international verwendeten 16 EPA-PAHs: Acenaphthen, Acenaphthylen, Anthracen, Benzo[a]anthracen, Benzo[a]pyren, Benzo[b]fluoranthen, Benzo[g,h,i]perylen, Benzo[k]fluoranthen, Chrysen, Dibenzo[a,h]anthracen, Fluoranthen, Fluoren, Indeno[1,2,3-cd]pyren, Naphthalin, Phenanthren und Pyren.

In der Unit Umweltbundesamt-Labore nimmt das Team Organische Analysen als Teil der akkreditierten Prüfstelle „Umwelt-, GVO- und Treibstoffanalytik“ und des „Nationales Referenzlabor für Dioxine und PCB“ einen zentralen Platz ein.

Im Mittelpunkt der Arbeiten der Unit stehen Stoffe, deren Vorkommen und Verhalten Auswirkungen auf Umwelt und Gesundheit haben. Untersucht werden dabei oft Stoffe, die noch nicht in den Routineüberwachungsprogrammen auf EU-Ebene enthalten sind („emerging substances“ oder „upcoming pollutants“), und bei denen das Wissen bezüglich Vorkommen (Konzentrationen in den diversen Medien), Verhalten (z. B. Metabolisierung, Persistenz, Tendenz zur Bioakkumulation) und öko- bzw. humantoxikologischen Wirkungen oft noch unzureichend ist. Die Betrachtung dieser Stoffe ist entlang des gesamten policy cycles (Stoffradar-Risikoerkennung, Pilotprojekte-Agenda Setting, Umweltkontrolle-Gesetzgebung, Vollzugsunterstützung-Implementierung, (Human)-Biomonitoring-Evaluierung) hinweg notwendig.

Die Prüfstelle für Umwelt-, GVO- und Treibstoffanalytik ist seit 2001 nach der internationalen Norm EN ISO/IEC 17025 „Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien“ akkreditiert.

Der Fokus des Teams Organische Analysen liegt hierbei in der Untersuchung von Parametern in Proben unterschiedlichsten Ursprungs mittels gas- und flüssigchromatographischer Methoden. Das Leistungs- und Analysespektrum umfasst u. a. die qualitätsgesicherte Bestimmung von Arznei- und Pflanzenschutzmitteln, polykondensierten Aromaten (PAH), persistenten organischen Schadstoffen („dreckiges Dutzend“, PCB, polybromierte Diphenylether, Chlorophosphate, perfluorierte Alkylverbindungen, Dioxine etc.), Weichmachern (Phthalate), Tensiden, endokrin wirksamen Substanzen und vielen anderen Industriechemikalien im Spurenbereich in einer Vielzahl verschiedener Matrices. Die Quantifizierungen anthropogener Indikatoren, die Rückschlüsse auf den Einfluss des Menschen in Siedlungsgebieten auf die Umwelt erlauben, sind im Leistungsumfang des Teams Organische Analysen ebenso enthalten wie performante Multi-Methoden zur simultanen Identifizierung und Quantifizierung von Arznei- oder Pflanzenschutzmitteln. Laborleistungen werden in den Bereichen Probenahme, Abfallkontrolle und Analytik für Kunden und Kundinnen in hoheitlichen Aufgaben (EU, Bundes- und Landesregierungen), in Verbund- und Kooperationsprojekten sowie aus dem industrie- und privatwirtschaftlichen Bereich angeboten.

Pestizide (größtenteils Organochlorpestizide, OCP)

Bei der Bestimmung von den Organochlorpestiziden wurden u. a. die Komponenten Dichlorbenil, Fluroxypyr-meptyl sowie Pendimethalin durch das chemisch-analytische Labor des Landes Oberösterreich mitanalysiert (Tabelle 20):

Tabelle 20: Liste der für die AustroPOPs-Standorte vom chemisch-analytischen Labor des Landes Oberösterreich analysierten Organochlorpestizide

Parameter
Hexachlorbenzol
Pentachlorbenzol
Beta-Endosulfan
Lindan
Dichlobenil
Alpha-HCH
Beta-HCH
c-Heptachlorepoxyd
Alpha-Endosulfan
Mirex
Pendimethalin
Aclonifen
2,4'-DDE
Heptachlor
Aldrin
oxy-Chlordan
tr-Heptachlorepoxyd
trans-Chlordan
cis-Chlordan
Dieldrin

Parameter
4,4'-DDE
Endrin
2,4'-DDT
Fluroxypyr-meptyl
4,4'-DDT
4,4'-Methoxychlor

Die Probenvorbereitung erfolgte durch die AGES bzw. durch das Umweltbundesamt (Gefriertrocknung).

Für die Probenvorbereitung im chemisch-analytischen Labor des Landes Oberösterreich wurde die Probe bei 30 °C im belüfteten Trockenschrank getrocknet, anschließend erfolgte die Siebung auf 2 mm. Eine bestimmte Menge wurde eingewogen, und die Extraktion erfolgte mit n-Hexan mittels Hochdruck-Flüssig-Extraktion (ASE). Nach anschließender Einengung erfolgte dann die Endbestimmung mit GC-MS.

Das Labor misst diese Stoffgruppe schon seit Jahrzehnten im Grundwasser und seit 2012 auch im Boden. Es handelt sich dabei um eine hauseigene Methode in Anlehnung an die ÖNORM EN 15308:2017 (Charakterisierung von Abfällen - Bestimmung ausgewählter polychlorierter Biphenyle (PCB) in festem Abfall mittels Gaschromatographie mit Elektroneneinfang-Detektion oder massenspektrometrischer Detektion).

Die verwendete Methode wurde bei zahlreichen Ringversuchen überprüft.

Spezielle POPs

Folgende speziellen POPs (Tabelle 21) wurden durch das Labor des Umweltbundesamtes analysiert:

Tabelle 21: Liste der für die AustroPOPs-Standorte vom Labor des Umweltbundesamtes analysierten Stoffe

Parameter
bromierte Flammschutzmittel: Tetra-, Penta-, Hexa- und Hepta-BDE inkl. Hexabrombiphenyl (PBB 153), Decabromdiphenylether und Hexabromcyclododecan (HBCD)
polychlorierte Dibenzo- <i>p</i> -dioxine und Dibenzofurane (PCDD/F)
polychlorierte Biphenyle dl-PCB, ndl-PCB (PCB6)
Perfluoroktansulfonsäure und Salze (PFOS / PFOA)
Pentachlorphenol

Die angewendeten Methoden richten sich nach den aktuellen Vorgaben nationaler bzw. internationaler Standards nach Stand der Technik:

- PCDD/F, PCB:
ÖNORM EN 16190:2019; Boden, behandelter Bioabfall und Schlamm — Bestimmung von Dioxinen und Furanen sowie Dioxin-vergleichbaren polychlorierten Biphenylen mittels Gaschromatographie und hochauflösender massenspektrometrischer Detektion (HR GC-MS)
- PBDE:
Method EPA 1614: Brominated Diphenyl Ethers in Water Soil, Sediment and Tissue by HRGC/HRMS.
- Flammhemmer:
In Anlehnung an: Method EPA 1614: Brominated Diphenyl Ethers in Water Soil, Sediment and Tissue by HRGC/HRMS.
- PCP:
DIN ISO 14154:2005: Bodenbeschaffenheit - Bestimmung von ausgewählten Chlorphenolen - Gaschromatographisches Verfahren mit Elektronen-Einfang-Detektion (ISO 14154:2005)

- HBCDD:
Zugabe eines isotoopenmarkierten Surrogatstandards, Extraktion mit Acetonitril und Reinigung mittels disperser SPE (QuEChERS), Einengung, Messung mittels Flüssigchromatographie-Tandemmassenspektrometrie (LC-MS/MS)
- PFAS:
In Anlehnung an: ÖNORM CEN/TS 15968:2010: Bestimmung von extrahierbarem Perfluorooctansulfonat (PFOS) in beschichteten und imprägnierten Feststoffartikeln, Flüssigkeiten und Feuerlöschschäumen - Verfahren zur Probenahme, Extraktion und Analyse mittels LCqMS oder LC-tandem/MS (CEN/TS 15968:2010)

Folgende PAHs wurden durch das Bodенlabor der A10 des Landes Steiermark analysiert (Tabelle 22):

Tabelle 22: Liste der für die AustroPOPs-Standorte vom Bodенlabor der A10 des Landes Steiermark analysierten PAHs

Parameter
Acenaphthen
Acenaphthylen
Anthracen
Benzo(a)anthracen
Benzo(b)fluoranthен
Benzo(k)fluoranthен
Benzo(g,h,i)perylene
Benzo(a)pyren
Chrysen
Dibenzo(a,h)anthracen
Fluoranthен
Fluoren
Indeno(1,2,3-c,d)pyren
Naphthalin
Phenanthren
Pyren

Bodenzustandsinventur besser überblicken und interpretieren zu können – die Einzelgehalte zu einer „PAH-Summe“ addiert. Von der Summenbildung ausgenommen werden die Substanzen Phenanthren und Anthracen, da sie oft größere analytische Schwankungen aufweisen und so das Ergebnis verfälschen können. Ihre Bestimmung ist aber dennoch von Bedeutung, da Phenanthren und Anthracen als die zwei niedermolekularsten untersuchten Verbindungen auch die größte Tendenz zur Tiefenverlagerung, verglichen mit den anderen PAHs, aufweisen.

Die Analytik erfolgt mit einer Hausmethode, bei der die PAHs und die Organochlorpestizide üblicherweise gemeinsam aufgearbeitet werden. Dabei wird die luftgetrocknete und auf 2 mm gesiebte Probe durch mechanisches Schütteln mit Aceton extrahiert. Der Eindampfrückstand des Rohextraktes wird nach Aufnahme in Toluol an Kieselgel säulenchromatographisch gereinigt. Das konzentrierte Eluat wird an Aluminiumoxid säulenchromatographisch gereinigt. Das Eluat wird auf ca. 1 ml eingeeengt und mittels GC-MS analysiert. Die Methode folgt im Wesentlichen der ÖNORM EN 15527:2008; Charakterisierung von Abfällen – Bestimmung von polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) in Abfall mittels Gaschromatographie-Massenspektrometrie (GC/MS).

Auf Wunsch der Projektteilnehmer:innen wurde die im Referat für Boden- und Pflanzenanalytik angewandte Hausmethode – die nur zehn PAHs erfasst – auf alle 16 EPA-PAHs angewandt.

2019 veranstaltete das Umweltbundesamt zur Harmonisierung der Analytik einen Ringversuch für die 16 EPA PAHs („Methodenvergleich PAH und PCB in Boden“ der Arbeitsgruppe „Organische Schadstoffe im Boden“, vgl. Kap. 7.4). Das Referat Boden- und Pflanzenanalytik nahm daran durch Analyse der 16 EPA PAHs nach der Hausmethode erfolgreich teil und übernahm damit die PAH-Analytik für alle Standorte im AustroPOPs Projekt. Somit ist auch internationale Vergleichbarkeit gegeben.

Bodengrundparameter

Das Labor der AGES führte die Probenvorbereitung (keine Lyophilisierung, diese wurde im Umweltbundesamt durchgeführt) sowie die Analyse der folgenden Bodengrundparameter durch (Tabelle 23):

Tabelle 23: Liste der für die AustroPOPs-Standorte vom Labor der AGES analysierten Bodengrundparameter

Parameter
Ctot – Gesamtkohlenstoff
Ntot – Gesamtstickstoff
pH-Wert (H ₂ O und CaCl ₂)
Corg – Organischer Kohlenstoff
CaCO ₃ -Äquivalent /Karbonat
Bodenart (Textur)
Trockenrückstand bzw. Wassergehalt

Die angewendeten Methoden richten sich nach den aktuellen Vorgaben nationaler bzw. internationaler Standards nach Stand der Technik:

- pH-Wert: ÖNORM EN 15933 (ehem. ÖNORM L 1083) bzw. nach VDLUFA Methodenbuch Band 1 Untersuchung von Böden, Methode A 5.2.1 (0.5 mol/l Calciumacetat-Lösung (Methode nach Schachtschabel) im Volumen-Verhältnis 1:2,5),
- Calciumcarbonat: ÖNORM L 1084 (Verbrennung bei 650 °C),
- Organischer Kohlenstoff – TOC %: ÖNORM L 1080: 2013, bzw. TC minus Ca-Carbonat-C (Faktor 0,12) (ÖNORM L 1084),
- Gesamtkohlenstoff – TC %: ÖNORM L 1080 (Verbrennung bei 1250 °C),
- Stickstoff gesamt %: ÖNORM EN 16168 (ehem. ÖNORM L 1095),
- Sand %: ÖNORM L 1061-2: 2002 02 01 (Pipettmethode, ohne Humuszerstörung),
- Schluff %: ÖNORM L 1061-2: 2002 02 01 (Pipettmethode, ohne Humuszerstörung),
- Ton %: ÖNORM L 1061-2: 2002 02 01 (Pipettmethode, ohne Humuszerstörung),
- Wassergehalt %: ÖNORM L 1062 (Trocknung bei 105 °C bis Massenkonstanz)

6.2.2 Ergebnisse Teil 2: Konzept und Umsetzung: Datenaufbereitung, Datenharmonisierung und Datenbereitstellung via BORIS

Das Konzept zur Datenaufbereitung, Datenharmonisierung und Datenbereitstellung ist – bedingt durch die bestehenden Strukturen und Abläufe in BORIS – klar vorgegeben. Es wird in der Form mit ein paar Ergänzungen übernommen.

Projektziel war, die in AustroPOPs erhobenen Daten sowie Daten aus bisherigen Studien zu organischen Schadstoffen in Österreich in BORIS zu integrieren, vergleichbar zu machen und damit nachhaltig für künftige Auswertungen und Fragestellungen zugänglich zu machen.

Das Bodeninformationssystem BORIS des Bundes und der Bundesländer⁴¹ stellt seit fast 20 Jahren punktbezogene Bodendaten aus den verschiedensten Bodenuntersuchungen in Österreich bereit. Derzeit bietet BORIS zu über 10.000 Standorten österreichweit bodenrelevante Informationen zu Standorten, Bodenprofilen und Analysewerten an. Integriert sind beispielsweise die Bodenzustandsinventuren der Bundesländer, die Waldbodenzustands-Inventur und spezielle Untersuchungen zu Schadstoffen im Boden (Schwermetalle, organische Schadstoffe, Radiocäsium etc.) sowie Daten aus verschiedensten (Forschungs-)Projekten. Im Zuge von weiteren Projekten werden laufend neue Daten integriert.

Alle Daten werden nach dem Datenschlüssel Bodenkunde (Schwarz et al. 1999) aufbereitet und vergleichbar gemacht. Der Datenschlüssel dient einerseits als Anleitung zur Parametrisierung und Codierung der Informationen in die Sprache der Datenbank. Dadurch wird eine harmonisierte Datenerfassung möglich, Daten werden fachlich auf Inhalt und Konsistenz geprüft. Andererseits bietet der Datenschlüssel eine Sammlung von in Österreich verwendeten Methoden und erhobenen Parametern. Auch Detailinformationen wie Probenahmedesign oder Zusatzinformationen aus der Analytik (Bezugsgewicht, Probenvorbereitung) werden standardmäßig abgebildet. Der Datenschlüssel Bodenkunde wird seit 1999 laufend weiterentwickelt und um neue Methoden sowie Parameter erweitert. Insgesamt stehen mit Stand 2020 Informationen zu fast 600 Parametern (in unterschiedlicher Informationsdichte) zur Verfügung. Dies umfasst sowohl Standortinformationen (Landnutzung, Georeferenzierung, Bodentyp, Geologie, Bodenhydrologie etc.) als auch bodenprofilspezifische Information (Fleckung, Konkretionen, Porosität, Grobanteil etc.) sowie ein großes Spektrum an Analytikparametern wie Nährstoffe, Schadstoffe (z.B. Schwermetalle, organische Schadstoffe) Bodenkohlenstoff, Bodenphysik etc.

⁴¹ BORIS Bodeninformationssystem <http://www.borisdaten.at>

Im Zuge des Imports der Daten in die BORIS Datenbank durch das eigene BORIS-IMPORT-Programm erfolgen weitere Kontrollen um sicherzustellen, dass die neu aufzunehmenden Informationen in der Datenbank entsprechend abgebildet sind.

Somit stehen die Daten für projektübergreifende Auswertungen zur Verfügung. Dies ist online über die internetbasierten Anwendungen BORIS PUBLIC (für alle im Internet zugänglich) und BORIS EXPERT (für Experten und Expertinnen mit passwortgeschütztem Zugang) jederzeit möglich. Die Anwendungen ermöglichen die gezielte menügesteuerte Datenabfrage und Datenausgabe in Tabellenform (MS EXCEL) sowie die Darstellung der Punkte via WEB-GIS gemeinsam mit verschiedenen Karten (Geoland Basemap (i.d.g.F), Europa-Bodenkarte, bodenhydrologische Karten, Bodenkohlenstoffvorräte aus dem Projekt ASOC⁴²). Über das Umweltbundesamt können via BORIS nach Freigabe durch den:die Datenurheber:innen Analysenwerte bezogen werden.

BORIS bietet somit die ideale Basis, um die im Rahmen von AustroPOPs erhobenen Daten zusammenzuführen und gemeinsam mit dem bisherigen Datenbestand auszuwerten und bereitzustellen.

Im Zuge von AustroPOPs erfolgte die Aufnahme einer Vielzahl bisher nicht harmonisiert erfasster Daten von Studien aus ganz Österreich sowie neuer im Rahmen des Projektes erhobener Daten zu bisher nicht oder kaum erfassten Organika.

6.2.2.1 Datensammlung

Die Datensammlung umfasst die folgenden Arbeitsschritte:

- Sammlung & Zusammenstellung bisheriger Daten in digitaler Form, die noch nicht in BORIS enthalten sind, auf Basis der Fragebogenauswertung aus Arbeitspaket 1,
- Sammlung der in AustroPOPs erhobenen Daten auf Basis der im Umsetzungskonzept (Standortwahl, Probenahme, Analytik) vorgegebenen Bedingungen, Zusammenstellung der Projektdaten in digitaler strukturierter Form, Bereitstellung der Daten durch die Datenurheber:innen in EXCEL-Files nach Vorgaben von BORIS gemäß den erstellten Anleitungen und Grundlagen zur Probenahme),

⁴² Projekt ASOC- Österreichische Karte des organischen Bodenkohlenstoffs:

https://www.dafne.at/prod/dafne_plus_common/attachment_download/3dcfa05e0c958e40a92e31dc21a32885/ASOC_Endbericht.pdf

- Konsistenz- und Qualitätsprüfung der Daten, Eignung zur Datenaufnahme in BORIS,
- Regelung der Datenüberlassung an BORIS zwischen Datenurhebern und -urheberinnen und Umweltbundesamt sowohl für bisherige Studien als auch für die im Rahmen von AustroPOPs neu erhobenen Daten auf Basis der bisherigen Verträge für andere in BORIS integrierten Datensätze.

Dabei wurde festgelegt, dass

- die Datenurheberschaft für die in AustroPOPs erhobenen Daten bei den jeweiligen Bundesländern verbleibt und bei Datenanfragen an BORIS auch gemäß der in BORIS geltenden Weitergaberechte gewahrt bleibt
- die Datenurheber:innen das Recht haben, die in AustroPOPs erhobenen Daten in eigene Datensysteme zu integrieren und zu verwenden. Auch dies wird in den Datenüberlassungsverträgen festgehalten,
- auf gemeinsamen Beschluss keine Bereitstellung von Rohdaten an die EU erfolgen soll, sondern ausschließlich Auswertungen im Zuge von Berichtspflichten übermittelt werden,
- Anforderungen der neuen Datenschutzgrundverordnung zu klären sind. Aktuell wird die Datenbereitstellung in BORIS im Zusammenhang mit der DSGVO überarbeitet.

Es werden somit die wesentlichen Punkte in bewährter Form im Rahmen von BORIS wie folgt durchgeführt:

- Lagekoordinaten pseudonymisiert (BORIS Public, BORIS EXPERT),
- keine Weitergabe von Messdaten an Dritte außer mit ausdrücklicher Zustimmung des/der DatenurheberIn in Ausnahmefällen über die geregelte Vorgangsweise der Datenbereitstellung an Dritte im Rahmen von BORIS Anfragen.

Tabelle 24 zeigt all jene Studien, die im Zuge von Arbeitspaket 1 als Studien mit digital verfügbaren Daten zu organischen Schadstoffen in Österreich ermittelt wurden. Viele der Studien sind bereits in BORIS aufgenommen.

Für einige Untersuchungen wurde im Projektverlauf entschieden, diese nicht aufzunehmen aus den folgenden Gründen: Beim Moos-Monitoring sind keine Bodenproben verfügbar, zum Flughafen Schwechat bzw. der UVE Traisental gab es seitens der Datenurheberin keine Freigabe zur Datenüberlassung. Bezüglich der Daten der Wiederholungsbeprobung der Oberösterreichischen Bodenzustandsinventur wurde gemeinsam mit der Datenurheberin beschlossen, dass die Daten der ersten Tranche, die im Zuge von

AustroPOPs BORIS überlassen wurden, zwar aufbereitet, aber noch nicht in BORIS bereitgestellt werden. Der Grund liegt darin, dass die Erhebungen erst 2023 abgeschlossen und dann erst vom Land Oberösterreich in geeigneter Form publiziert werden. Erst danach kann die Integration der Daten in BORIS erfolgen. Für die Daten aus MONARPOP konnte im Rahmen des Projektes aufgrund der komplexen Projektorganisation keine eindeutige Klärung der Zuständigkeiten der Datenurheberschaft/Dateneigentümer erfolgen. Es wird angestrebt, die Datenurheberschaft außerhalb von AustroPOPs zu klären und die Daten, wenn möglich, zu einem späteren Zeitpunkt in BORIS zu integrieren.

Tabelle 24: Übersicht über in Österreich verfügbare Studien zu organischen Schadstoffen/POPs, die Anzahl der Standorte nach Bundesländern bzw. österreichweit sowie die Verfügbarkeit in BORIS nach Aufnahme der Daten (auf Basis der Auswertungen AP 1 vgl. Tabelle 6)

Name Studie / Zitat	Datenurheber	Jahr	Anzahl Standorte	Status Datenverfügbarkeit via BORIS
Kärnten				
Bodenzustandsinventur Kärnten, Amt d. Kärntner Landesregierung (1999)	Amt der Kärntner Landesregierung	1999	481	bereits in BORIS, verfügbar über www.borisdaten.at
Darstellung der HCB- und Quecksilbersituation in den Böden (2015)	Amt der Kärntner Landesregierung	2014/2015	110	Aufnahme durch AustroPOPs, verfügbar über www.borisdaten.at
Salzburg				
Organische Schadstoffe in Grünland- und Waldböden (ORAPOPs)	Amt der Salzburger Landesregierung – Abt. 5 und Abt. 4	2018	50	Aufnahme durch AustroPOPs, , verfügbar über www.borisdaten.at
Steiermark				
Steiermärkische Bodenschutzberichte	Amt der Steiermärkischen Landesregierung	Ab 1986	1000	bereits in BORIS (1086-2014), verfügbar über www.borisdaten.at

Name Studie / Zitat	Datenurheber	Jahr	Anzahl Standorte	Status Datenverfügbarkeit via BORIS
Tirol				
Bodendauerbeobachtung Tirol	Amt der Tiroler Landesregierung	laufend	10	Aufnahme im Zuge von AustroPOPs, verfügbar über www.borisdaten.at
Transitstudie Tirol	Amt der Tiroler Landesregierung	1990	21	bereits vor AustroPOPs in BORIS, verfügbar über www.borisdaten.at
Bodenzustandsinventur Erstuntersuchung 1988	Amt der Tiroler Landesregierung	1986/1987	658	bereits vor AustroPOPs in BORIS, verfügbar über www.borisdaten.at
Bodenzustandsinventur Wiederholung 1996	Amt der Tiroler Landesregierung	1993	110	bereits vor AustroPOPs in BORIS, verfügbar über www.borisdaten.at
Vorarlberg				
Klärschlamm und Boden – Eintrag von Spurenstoffen auf landwirtschaftlich genutzte Böden	Amt der Vorarlberger Landesregierung und BMLFUW	2016	8	Aufnahme durch AustroPOPs, verfügbar über www.borisdaten.at
Gärsubstrate und Boden: Spurenstoffeinträge durch Biogasegülle und Gärrückstände in landwirtschaftlich genutzte Böden Vorarlbergs	Amt der Vorarlberger Landesregierung	2017	5	Aufnahme durch AustroPOPs, verfügbar über www.borisdaten.at
Oberösterreich				
Oberösterreichische Bodenzustandsinventur – Erstuntersuchung	Land Oberösterreich, Abt. Land- und Forstwirtschaft	1990–1993	280 POPs/ Organika (880 BZl***)	bereits in BORIS, verfügbar über www.borisdaten.at
Oberösterreichische Bodenzustandsinventur - Wiederholung	Land Oberösterreich, Abt. Land- und Forstwirtschaft	2012–2023	280 POPs/ Organika	wird erst 2023 integriert

Name Studie / Zitat	Datenurheber	Jahr	Anzahl Standorte	Status Datenverfügbarkeit via BORIS
Niederösterreich				
A 1/S 33 Knoten St.Pölten und B 334 Traisentalstraße UVE für den Fachbereich BODEN	Arbeitsgemeinschaft: Prof. Dr. Walter Wenzel ,Dipl.-Ing. Gottfried Wieshammer	2005	9	wird nicht integriert
Schwechat Flughafen 2000	Arbeitsgemeinschaft: Prof. Dr. Walter Wenzel ,Dipl.-Ing. Gottfried Wieshammer	2000	14 + 17	wird nicht integriert
Studie 3 Schwechat Flughafen 2004	Arbeitsgemeinschaft: Prof. Dr. Walter Wenzel ,Dipl.-Ing. Gottfried Wieshammer	2004	WH 3 + 3	wird nicht integriert
Tullner Feld – MVA Dürnrohr 1998	Arbeitsgemeinschaft: Prof. Dr. Walter Wenzel ,Dipl.-Ing. Gottfried Wieshammer	1998	8	Aufnahme durch AustroPOPs, verfügbar über www.borisdaten.at
Tullner Feld – MVA Dürnrohr 2003	Arbeitsgemeinschaft: Prof. Dr. Walter Wenzel, Dipl.-Ing. Gottfried Wieshammer	2003	WH 7	Aufnahme durch AustroPOPs, verfügbar über www.borisdaten.at
Gesamt Österreich, bundesländer-übergreifend				
AustroPOPs	Umweltbundesamt GmbH im Auftrag des BMLRT, BMK & der Bundesländer	2017–2021	109 (zum Teil BZI und BDF Flächen)	Aufnahme durch AustroPOPs, verfügbar über www.borisdaten.at
Organische Schadstoffe in Böden von Ballungsräumen	Umweltbundesamt GmbH	2017	10	bereits in BORIS, verfügbar über www.borisdaten.at

Name Studie / Zitat	Datenurheber	Jahr	Anzahl Standorte	Status Datenverfügbarkeit via BORIS
Bromierte Flammschutzmittel in der Umwelt	Umweltbundesamt GmbH	2016	10	Aufnahme durch AustroPOPs, verfügbar über www.borisdaten.at
Moos-Monitoring in Österreich	Umweltbundesamt GmbH	2016	75	wird nicht integriert
Organische Schadstoffe in Grünlandböden	Umweltbundesamt GmbH	2008	14	Aufnahme durch AustroPOPs, verfügbar über www.borisdaten.at
Organische Schadstoffe in Grünlandböden	Umweltbundesamt GmbH	2010	10	Aufnahme durch AustroPOPs, verfügbar über www.borisdaten.at
Antibiotika in Biogasanlagen	Umweltbundesamt GmbH	2010	3	Aufnahme durch AustroPOPs, verfügbar über www.borisdaten.at
MONARPOP Technical Report	In Klärung	2009	21	wird nicht integriert

6.2.2.2 Datenaufbereitung

Die Datenaufbereitung wurde durch das Umweltbundesamt im Konsens mit den Datenurhebern und -urheberinnen (Rückfragen bei Unklarheiten) durchgeführt und umfasst die folgenden Arbeitsschritte:

- Datenaufbereitung/Codierung der bisherigen Daten für BORIS anhand des Datenschlüssels Bodenkunde,
- Datenaufbereitung/Codierung der neu im Projekt AustroPOPs erhobenen Daten für BORIS anhand des Datenschlüssels Bodenkunde (bereits z. T. im Zuge der vorbereiteten Datenerfassungsvorlage erfolgt).

Im Zuge der Datenaufbereitung war es erforderlich, sowohl bestehende Parameter und Methoden zu organischen Schadstoffen zu evaluieren bzw. zu überprüfen, als auch neue Parameter sowie Methoden in die Datenbank aufzunehmen.

Insgesamt stehen in BORIS nun rund 460 Parameter zu POPs und organischen Schadstoffen in BORIS zur Verfügung (Schadstoffgruppen: Tabelle 25). Die Datenlage pro Parameter ist heterogen in Abhängigkeit der Anzahl der Standorte, an denen einzelne Stoffe erhoben wurden, bzw. der Häufigkeit der erhobenen Analyten (zu Standard-Analyten bzw. lang bekannten Stoffen wie PAHs sind mehr Daten verfügbar als zu „neuen“ Stoffen wie PFOS, PFOA).

Tabelle 25: Gruppen von Organischen Schadstoffen und POPs, zu denen Parameter in BORIS erfasst sind

Parameter
Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAH)
Polychlorierte Dibenzo- <i>p</i> -dioxine und Dibenzofurane (PCDD/F)
Polychlorierte Biphenyle (PCB)
Organochlorpestizide und verwandte Verbindungen
N-hältige Herbizide und Fungizide
Sonstige organische Schadstoffe
Quartäre Ammonium-Verbindungen
Alkylphenole und Bisphenol
Antibiotika und Arzneimittel
Dinitroaniline
Diphenylether
Polybromierte Diphenylether (PBDE)
Per- und polyfluorierte Substanzen
Phthalate
Zinnorganische Verbindungen
Polybromierte Biphenyle (PBB)
Hexabromcyclododecan (HBCDD)
Paraffine
Chlorphenole
Nitrophenole

6.2.2.3 Datenimport und Integration in BORIS

Der Datenimport und die Datenintegration in BORIS erfolgte durch das Umweltbundesamt als Betreiberin von BORIS und umfasste die folgenden Arbeitsschritte:

- Transfer der aufbereiteten Daten in die Schnittstelle der Datenbank,
- Datenabgleich mit Schlüssellisten,
- Import der Daten, im Zuge dessen Qualitätsmanagement via Import-Programm (Konsistenz- und Plausibilitätsprüfungen)

6.2.2.4 Datenbereitstellung via BORIS

Daten aus alten Studien und jene, die in AustroPOPs erhoben wurden, sind in BORIS unter www.borisdaten.at zu den im Rahmen von BORIS gemeinsam mit Bund und Ländern vereinbarten Bedingungen (BORIS EXPERT, BORIS Public) mit Projektende verfügbar.

7 Datenauswertung – Ergebnisse

7.1 Einleitung

Um die umfassenden Daten, die im Rahmen von AustroPOPs erhoben wurden, auszuwerten und darzustellen, haben die Projektpartner:innen gemeinsam ein Auswertungskonzept erstellt. Herausforderungen stellten sich einerseits durch die große Menge an erhobenen Einzel-Parametern bzw. Analyten und andererseits durch die Heterogenität der Standorte gemäß den unterschiedlichen Zielsetzungen der einzelnen Bundesländer.

7.2 Material und Methoden

7.2.1 Auswertungskonzept

Grundaussagen, die durch den Bericht beantwortet werden sollen:

- Welche Informationen zu organischen Schadstoffen in Österreich gibt es/gab es bereits? (Daten, die in AustroPOPs erhoben wurden, bzw. in weiteren Studien, die im Zuge von AustroPOPs in BORIS aufgenommen werden konnten und für weitere Auswertungen zur Verfügung stehen)
- Zu welchen Schadstoffen bzw. Schadstoffgruppen gibt es Messwerte? Wie hoch sind diese in Relation zu Grenz-/Richt-/Vorsorgewerten – soweit für einzelne Schadstoffe vorhanden – bzw. zu in bisherigen Studien erhobenen und bewerteten Schadstoffgehalten?
- Gibt es (Leit-)Substanzen in einzelnen Schadstoffgruppen, die ausgewählt gesondert beschrieben und dargestellt werden sollten?
- Gibt es Risiken aus Sicht des Bodenschutzes und wenn ja, welche möglichen Empfehlungen sind aus den ermittelten Daten ableitbar?

Grundaussagen, die NICHT mit dem Bericht beantwortet werden können (aus Gründen der Aussagekraft der Daten bzw. nicht im Rahmen des Projektvolumens möglich):

- Die untersuchten 109 Standorte sind nicht für ganz Österreich repräsentativ, weshalb österreichweite Aussagen zur Belastung mit organischen Schadstoffen nicht möglich

sind. Die Studie bietet jedoch einen ersten Überblick darüber, welche Schadstoffe an nach verschiedenen Gesichtspunkten ausgewählten Standorten in welchem Ausmaß vorkommen.

- Gibt es weitere Parameter, die Einfluss auf die Analysenwerte (z. B. Textur, organischen Kohlenstoff, pH-Wert) zeigen und welchen Einfluss haben diese?
- Gibt es Zusammenhänge mit Standortparametern, z. B. Erosionsgefährdung?
- Gemeinsame Auswertung der AustroPOPs-Daten mit bisherigen Studien und Daten zu organischen Schadstoffen in Österreich (Parameterverfügbarkeit, Schadstoffgehalte gesamt, zeitliche Verläufe, ...)
- Erfüllen Hotspots bzw. Hintergrundstandorte die erwarteten hohen bzw. niedrigen Gehalte an organischen Schadstoffen? Gibt es (unerwartet) hohe Gehalte an Hintergrundstandorten und wenn ja, wo?

Die Ergebnisse werden pro Bundesland dargestellt und interpretiert. Dazu erfolgte eine Abstimmung mit den Fachexperten und -expertinnen des jeweiligen Bundeslandes, bei der die jeweiligen Schadstoffgruppen bzw. Leitsubstanzen sowie ausgewählte Substanzen im Detail diskutiert wurden. Aufgrund der großen Anzahl an erhobenen Einzelsubstanzen erfolgt die Darstellung vorwiegend von Summenparametern bzw. im Einzelfall von Leitsubstanzen wie

- Indikator- oder Ballschmitter-PCB (ndl-PCB),
- dioxinähnliche PCB (dl-PCB),
- PFAS (PFOS, PFOA) und ein kurzkettiger Vertreter (PFBA).

Jene Schadstoffe, die mit den angewendeten Methoden nicht nachgewiesen wurden, werden nicht graphisch dargestellt. Ergebnisse der gesamten deskriptiven Statistik (z. B. Mittelwert, Median, Perzentile) werden in Tabellenform im Anhang dargelegt.

Auf österreichweite Auswertungen wird aufgrund der Heterogenität der Standorte in den einzelnen Bundesländern verzichtet, um Missinterpretationen vorzubeugen.

7.2.2 Datengrundlage und Statistik

Die Datengrundlage ergibt sich aus den 15 vorgesehenen Standorten pro Bundesland und vier Standorten, die vom Land Tirol zusätzlich in Eigenleistung erhoben wurden:

- 109 Standorte aus AustroPOPs mit homogenem Datensatz (> 100 Parameter)

Alle Daten wurden im datenbankkonformen Format in die Datenbank des BORIS importiert und von dort im BORIS-Format exportiert. Dies ermöglichte die Zusammenstellung aller Informationen in einem sortierten EXCEL-File. Für die Auswertung der Daten kamen diverse Softwarepakete zur Anwendung (z. B. EXCEL, R, GIS).

Die Auswertung umfasst die oben genannten 109 Standorte aus AustroPOPs. Je Bundesland wurde je Schadstoff(gruppe) primär deskriptive Statistik durchgeführt.

- Parametrische Auswerteverfahren: arithmetischer Mittelwert, Varianz und Standardabweichung,
- Nichtparametrische Auswerteverfahren: Median, Quartilabstand (25 % und 75 % Perzentil),
- Minimum/Maximum.

Für jeden Standort liegt pro Parameter (insgesamt ca. 100 Parameter) jeweils ein Messwert vor, für einige Standorte wurden sowohl Auflagehumus als auch Mineralboden beprobt. Für die Interpretation der Bodengehalte werden für die meisten Schadstoffgruppen Summengehalte aus den Einzelparametern angegeben:

- PAH 16,
- PCDD/F,
- PCB6 (ndl-PCB), dl-PCB,
- Pestizide (OCP), ausgewählte Stoffe wie Pendimethalin, HCB werden einzeln dargestellt,
- PBDE (Summe 20, Summe 6),
- Flammhemmer (HBCDD, DP etc.),
- PFAS: PFOA, PFOS werden einzeln dargestellt.

Median, Perzentilen sowie Minimum und Maximum der Bodengehalte werden als Kennwerte angeführt. Für die statistische Auswertung der verschiedenen Schadstoffe bzw. Schadstoffgruppen werden die Werte kleiner Bestimmungsgrenze (BG) gleich der halben BG angenommen, Werte kleiner der Nachweisgrenze (NG) werden gleich null dargestellt.

Bei den PCDD/F sowie PCB gilt: Für die Berechnung des Upper-Bound (UB) sind die Werte, die unterhalb der Bestimmungsgrenze liegen, gleich der Bestimmungsgrenze. Beim Lower-Bound-Ansatz (LB) werden Gehalte unterhalb der Bestimmungsgrenze gleich null gesetzt.

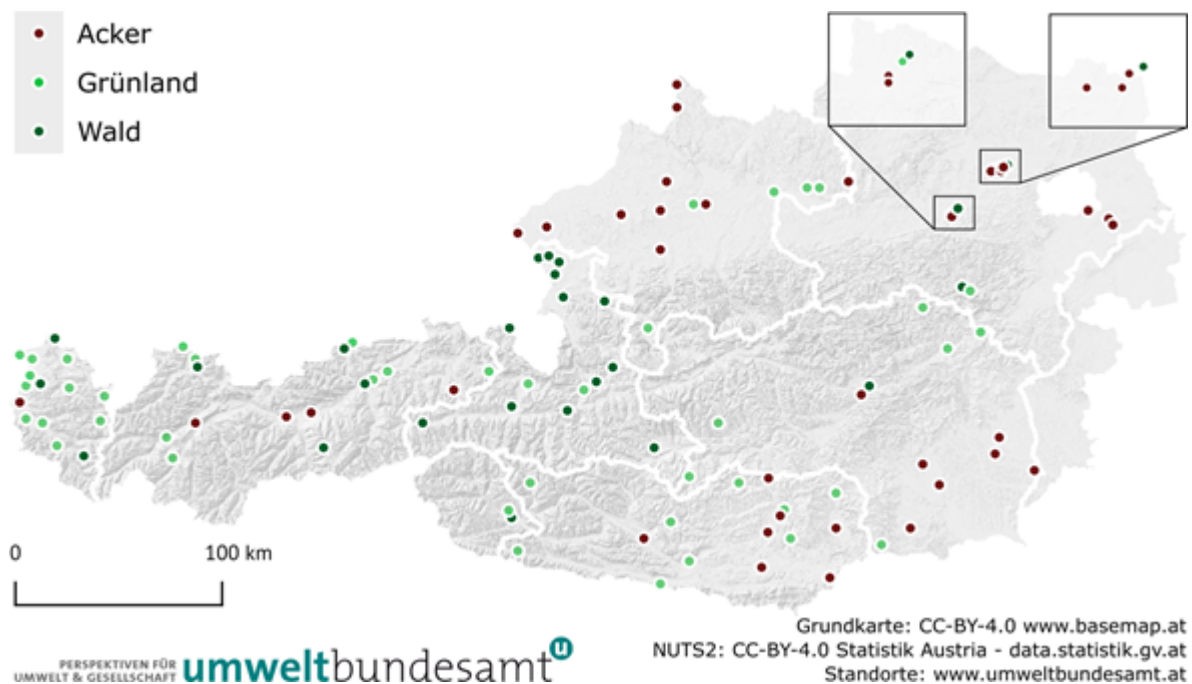
Die Darstellung der Stoffgehalte erfolgt einerseits als Karte (Standorte pro Bundesland und Nutzung – Normierung innerhalb der Nutzungsklassen), andererseits als Boxplot.

Zur Unterstützung der Lesbarkeit der Boxplots ist vor der Auswertung jedes Bundeslandes eine Lesehilfe angeführt.

7.3 Ergebnisse

In der folgenden Abbildung 9 sind alle 109 Standorte, die im Rahmen von AustroPOPs beprobt und deren Daten ausgewertet wurden, dargestellt. Die Darstellung basiert auf pseudonymisierten Koordinaten.

Abbildung 9: Übersicht der Standorte, die im Rahmen von AustroPOPs beprobt und deren Daten ausgewertet wurden.



Eine Übersicht zu den in BORIS aufgenommenen bisherigen Studien gibt Tabelle 24.

7.3.1 Vorarlberg

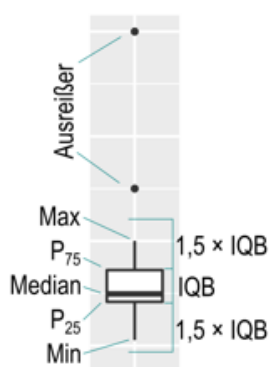
In Vorarlberg wurden 15 Standorte untersucht, wovon sich einer auf Acker-, elf auf Grünland- und drei auf Waldboden befinden. Von den Waldstandorten werden die

Gehalte des Auflagehumus dargestellt. Die meisten Standorte befinden sich im Grünland, das auch die am häufigsten verbreitete landwirtschaftliche Bewirtschaftung in Vorarlberg abbildet.

Im Folgenden werden die Ergebnisse den Schadstoffgruppen entsprechend beschrieben und bewertet.

Die Ergebnisdarstellung erfolgt einerseits mittels Boxplot Abbildung 10 und andererseits durch Darstellung der Standorte auf einer Landkarte.

Abbildung 10: Beispiel-Boxplot als Lesehilfe



Die Enden der Linien (whiskers) stellen Minimum und Maximum der Beobachtungen ohne Ausreißer dar. Ausreißer sind von der Oberkante (P₇₅) bzw. Unterkante (P₂₅) mindestens das 1,5fache des Interquartilsbereichs (IQB = Boxhöhe) entfernt und sind als Punkte dargestellt.

Schadstoffgruppe – Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe – PAH (Summe PAH16)

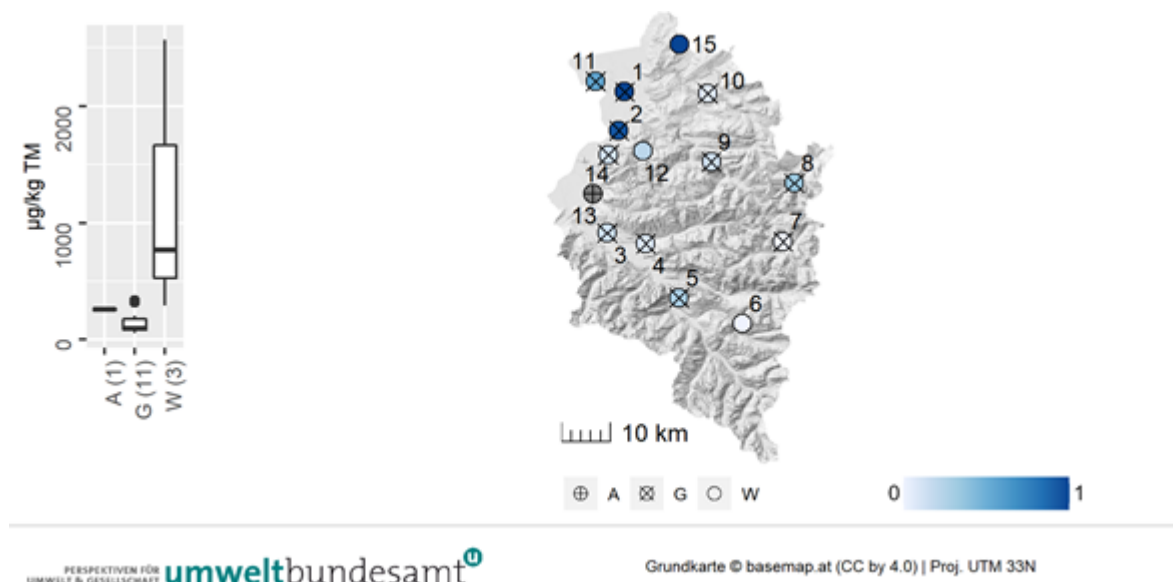
In Abbildung 11 (Boxplot) sind die Schwankungsbreiten der Summe der PAH16 in der jeweiligen Nutzungsklasse dargestellt. Am einzigen Ackerstandort (Nr. 13) ist der PAH16-Gehalt bei ca. 250 µg/kg TM. Die Gehalte der Grünlandstandorte zeigen eine sehr geringe Variationsbreite und weisen einen Median von ca. 100 µg/kg TM auf. Die höchsten PAH16-Gehalte liegen auf den Waldstandorten vor. Der Median der Waldstandorte (Auflagehumus) liegt bei ca. 800 µg/kg TM, der Höchstwert bei ca. 2.500 µg/kg TM.

Laut Vorarlberger Bodenqualitätsverordnung (LGBI. Nr. 77/2018) liegt der Vorsorgewert (VW) für PAH16 bei 2.000 µg/kg TM. Der Gehalt des Ackerstandortes (Nr. 13) kann mit dem VW verglichen werden und liegt bei ca. 12 % des VW. Die Gehalte der Grünlandstandorte können nicht direkt verglichen werden, da die Beprobungstiefe laut ÖNORM L 1056:2004 0–10 cm betragen muss. Im Projekt AustroPOPs wurden die obersten 0–5 cm

beprob. Jedoch liegen auch die Gehalte der Grünlandstandorte weit unter dem VW. Diese Gehalte liegen im selben Bereich der Ergebnisse der Grünlandstudie von industriiefernen Standorten mit einem Median von 82,13 µg/kg TM (Umweltbundesamt 2008). Der Median der Waldstandorte liegt mit ca. 750 µg/kg TM über dem Median der ORAPOP-Studie aus Salzburg mit 212 µg/kg TM (Kreuzeder et al. 2018). Die drei Waldstandorte bilden einen Gradienten von Norden nach Süden (Nr. 15, Nr. 12, Nr. 6), wobei der Standort 15 (Höchstwert) neben dem Einfluss durch die Nordstaulage wahrscheinlich auch den Einfluss des westlich gelegenen Industriestandorts Lindau abbildet. Weiters können auch lokale Brandereignisse zu diesem hohen PAH16-Wert führen. Es wird empfohlen, der Herkunft dieser PAH-Gehalte nachzugehen.

Der VW der deutschen Bundesbodenschutzverordnung (BBodSchV, 1999) liegt bei 3.000 µg/kg TM bei einem Humusgehalt < 8 % (Anm. für Acker und Grünland) und bei 10.000 µg/kg TM (für Wald). Der Richtwert der schweizerischen Verordnung über Belastungen des Bodens (VBBo 1998, Stand 2016) liegt bei 1.000 µg/kg TM. Die am stärksten belasteten Vorarlberger Standorte liegen mit ihren Werten zwar über dem schweizerischen Richtwert jedoch deutlich unter dem VW der BBodSchV.

Abbildung 11: PAH-Gehalte (li) und untersuchte Standorte in Vorarlberg (re). Die PAH-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.



Schadstoffgruppe – Polychlorierte Dibenzo-*p*-Dioxine und Dibenzofurane – PCDD/F (I-TEQ, lower bound (LB))

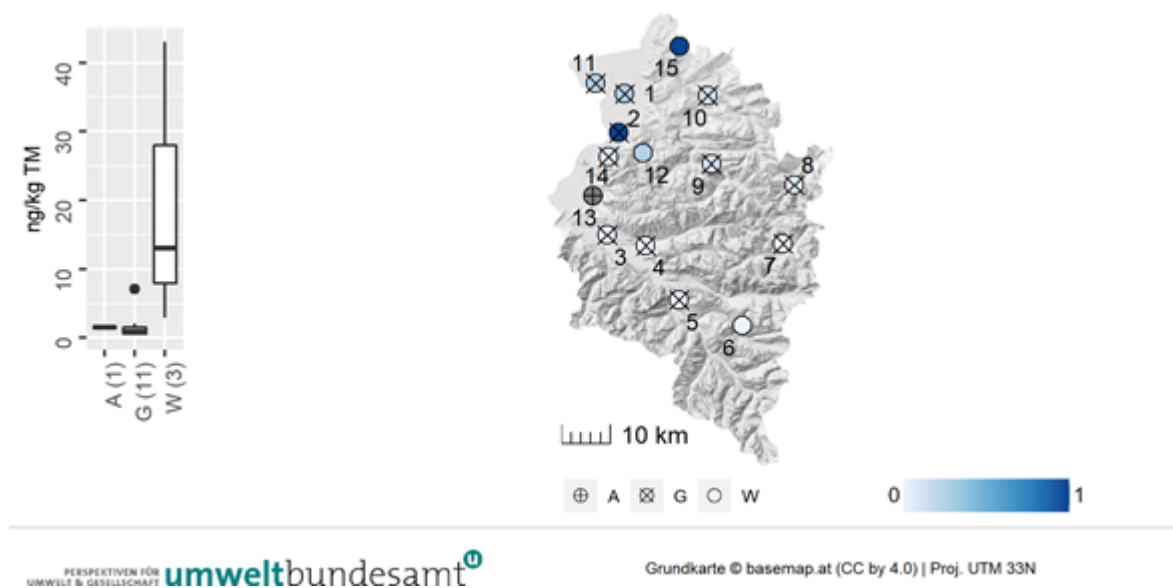
In Abbildung 12 (Boxplot) sind die Schwankungsbreiten der Toxizitätsäquivalente (I-TEQ) der Dioxine und Furane in der jeweiligen Nutzungsklasse dargestellt. Am einzigen Ackerstandort (Nr. 13) liegt der I-TEQ-Wert bei ca. 2 ng/kg TM. Die Gehalte der Grünlandstandorte zeigen eine geringe Variationsbreite und weisen einen Median von < 2 ng/kg TM und einen Höchstwert von ca. 7 ng/kg TM auf. Die höchsten I-TEQ-Werte liegen auf den Waldstandorten vor. Der Median der Waldstandorte (Auflagehumus) liegt bei ca. 13 ng/kg TM, der Höchstwert bei ca. 43 ng/kg TM.

Laut Vorarlberger Bodenqualitätsverordnung (LGBL Nr. 77/2018) liegt der Vorsorgewert (VW) für I-TEQ bei 10 ng/kg TM. Der Gehalt des Ackerstandortes (Nr. 13) kann mit dem VW verglichen werden und liegt bei ca. 70 % des VW. Die Gehalte der Grünlandstandorte können nicht direkt verglichen werden, da die Beprobungstiefe lt. ÖNORM L 1056:2004 0–10 cm betragen muss. Im Projekt AustroPOPs wurden die obersten 0–5 cm beprobt. Jedoch liegen auch die Gehalte der Grünlandstandorte unter dem VW. Die vorliegenden Gehalte liegen im selben Bereich der Ergebnisse der Grünlandstudie von industriiefernen Standorten mit einem Median von 0,77 ng/kg TM und einem Maximum von 9,33 ng/kg TM (Umweltbundesamt 2008). Der Median der Waldstandorte liegt mit ca. 13 ng/kg TM über dem Median der MONARPOP-Studie mit 3,7 ng TEQ-WHO/kg TM (BMLFUW 2009). Die drei Waldstandorte bilden einen Gradienten von Norden nach Süden (Nr. 15, Nr. 12, Nr. 6), wobei der Standort 15 (Höchstwert) neben dem Einfluss durch die Nordstaulage wahrscheinlich auch den Einfluss des westlich gelegenen Industriestandorts Lindau abbildet. Es wird empfohlen, der Herkunft dieser Dioxin-Gehalte nachzugehen.

Werden die TEQ-Werte mit den Werten der Handlungsempfehlungen zur Bodennutzung aus Deutschland verglichen (Bundesumweltministerium, 1993), stellt sich folgendes Bild dar: Laut den Handlungsempfehlungen ist bis 5 ng I-TEQ/kg TM (PCDD/F) eine multifunktionale Nutzung des Bodens möglich. Bis 40 ng I-TEQ/kg TM sollen Prüfaufträge und Handlungsempfehlungen erstellt werden, und darüber liegende Werte können zur Einschränkung für bestimmte landwirtschaftliche Nutzungen führen (jedoch uneingeschränkte Nutzung bei minimalem Dioxintransfer). Der Richtwert der schweizerischen Verordnung über Belastungen des Bodens (VBBo 1998, Stand 2016) liegt bei 5 ng/kg TM, der Prüfwert bereits bei 20 ng/kg TM.

Der Richtwert von 5 ng/kg TM wird von einem Grünlandstandort und zwei Waldstandorten überschritten, wovon einer den deutschen Prüfwert von 40 ng/kg TM übersteigt (Nr. 15), der jedoch nur für Futterproduktionsflächen gilt.

Abbildung 12: PCDD/F-Gehalte (I-TEQ (LB) PCDD/F) (li) und untersuchte Standorte in Vorarlberg (re). Die PCDD/F-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.



Schadstoffgruppe – Polychlorierte Biphenyle – PCB [ndl-PCB (PCB6, PCB7), dl-PCB]⁴³

Die Schadstoffgruppe der Polychlorierten Biphenyle wird durch zwei Summen unterschiedlicher chemischer Verbindungen dargestellt:

ndl-PCB (PCB6)

In Abbildung 13 (Boxplot) sind die Schwankungsbreiten der Indikator-PCB (PCB6) in der jeweiligen Nutzungsklasse dargestellt. Am einzigen Ackerstandort (Nr. 13) liegt der PCB6-Gehalt bei 5 µg/kg TM. Die Gehalte der Grünlandstandorte zeigen eine geringe Variationsbreite und weisen einen Median von < 2 µg/kg TM und einen Höchstwert von ca. 12 µg/kg TM auf. Die höchsten PCB6-Gehalte liegen auf den Waldstandorten vor. Der

⁴³ ndl: non-dioxin-like PCB, PCB Summe 6 (Ballschmitter-/Indikator-PCB), dl: dioxin-like PCB

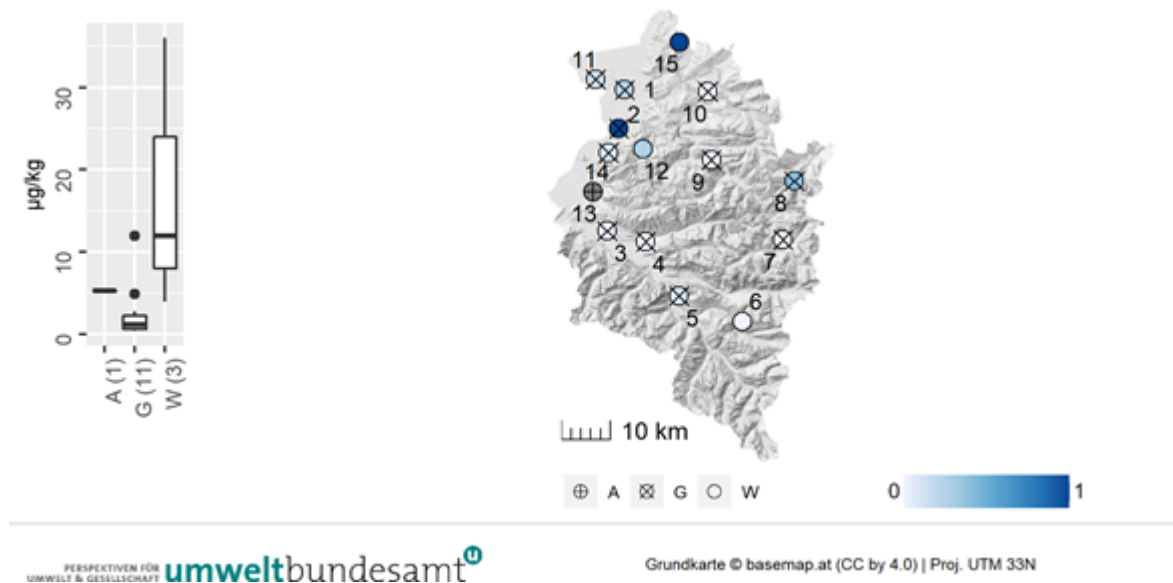
Median der Waldstandorte (Auflagehumus) liegt bei ca. 12 µg/kg TM, der Höchstwert bei ca. 36 µg/kg TM.

Laut Vorarlberger Bodenqualitätsverordnung (LGBI. Nr. 77/2018) liegt der Vorsorgewert (VW) für PCB7 (nicht dargestellt) bei 100 µg/kg TM. Der Gehalt des Ackerstandortes (Nr. 13) von knapp 6 µg/kg TM kann mit dem VW verglichen werden und liegt bei ca. 6 % des VW. Die Gehalte der Grünlandstandorte können nicht direkt verglichen werden, da die Beprobungstiefe laut ÖNORM L 1056:2004 10 cm betragen muss. Im Projekt AustroPOPs wurden die obersten 0–5 cm beprobt. Jedoch liegen auch die Gehalte der Grünlandstandorte weit unter dem VW. Die vorliegenden Gehalte (PCB6; Abbildung 13) liegen im selben Bereich wie die Ergebnisse der Grünlandstudie von industriiefernen Standorten mit einem Median von 1,2 µg/kg TM, jedoch beim Maximum von 3,52 µg/kg TM (Umweltbundesamt 2008) zeigt der Standort Nr. 2 das ca. Vierfache. Der Median der Waldstandorte liegt mit ca. 12 µg/kg TM über dem Median der MONARPOP-Studie von 7,6 µg/kg TM (BMLFUW 2009). Das Maximum von ca. 36 µg/kg TM liegt beim Standort Nr. 15, der mehr als das Doppelte des Maximums der MONARPOP-Studie von 17 µg/kg TM aufweist. Die drei Waldstandorte bilden einen Gradienten von Norden nach Süden (Nr. 15, Nr. 12, Nr. 6), wobei der Standort 15 (Höchstwert) neben dem Einfluss durch die Nordstaulage wahrscheinlich auch den Einfluss des westlich gelegenen Industriestandorts Lindau abbildet.

Der VW der deutschen Bundesbodenschutzverordnung (BBodSchV, 1999) liegt bei 50 µg/kg TM bei einem Humusgehalt < 8 % (Anm. für Acker und Grünland) und bei 100 µg/kg TM (für Wald).

In Vorarlberg liegen sowohl die PCB-Gehalte der Grünlandstandorte als auch der Waldstandorte weit unter den Vorsorgewerten.

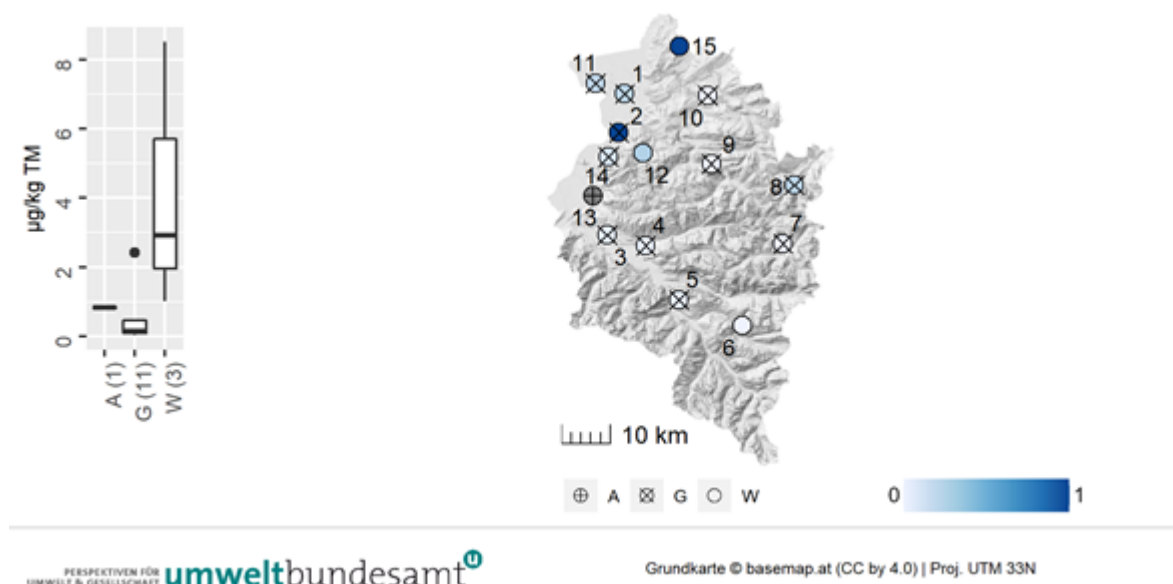
Abbildung 13: Summen der Indikator-PCB6-Gehalte (LB) (li) und untersuchte Standorte in Vorarlberg (re). Die PCB6-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.



Dioxinähnliche PCB (dl-PCB)

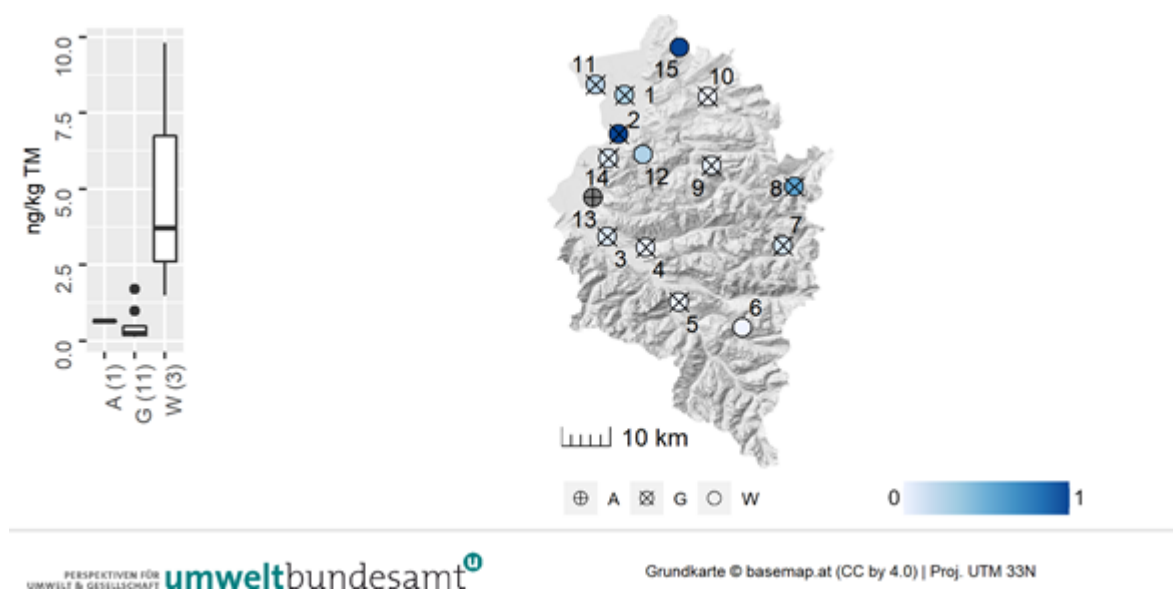
Die dioxinähnlichen PCB (dl-PCB) zeigen eine ähnliche Verteilung wie die PCB, nur auf einem niedrigeren Niveau (Abbildung 14).

Abbildung 14: Summen der dl-PCB (li) und untersuchte Standorte in Vorarlberg (re). Die dl-PCB sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.



In Abbildung 15 werden die Toxizitätsäquivalente der dl-PCB dargestellt. Sie weisen beim Waldstandort Nr. 15 den höchsten Wert mit ca. 10 ng/kg TM auf. Werden die TEQ von PCDD/F (Abbildung 12) und dl-PCB (Abbildung 15) addiert – was gesetzlich nicht korrekt, fachlich jedoch sinnvoll ist – liegt die Summe bei ca. 50 ng TEQ/kg TM. Das Zusammenfügen der TEQ der PCDD/F und der dl-PCB ist im Bereich Luftschadstoffe (Depositionsmessungen) übliche Praxis (LANUV, 2018⁴⁴) und wird auch im Rahmen dieses Forschungsprojektes angewendet.

Abbildung 15: TEQ (WHO05) der dl-PCB (LB) (li) und untersuchte Standorte in Vorarlberg (re). Die TEQ der dl-PCB sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.



Schadstoffgruppe – Pestizide

Die folgenden Pestizide wurden mittels der angewendeten Methode an zumindest einem Standort in Vorarlberg über der Bestimmungsgrenze nachgewiesen:

⁴⁴ Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV) (2018): Bewertungsmaßstäbe wichtiger Luftschadstoffe für Genehmigungsverfahren. <https://www.lanuv.nrw.de/umwelt/umweltmedizin/genuehmigungsverfahren-uvp/bewertungsmaassstaebe-wichtiger-luftschadstoffe/>

- p,p'-Dichlordiphenyldichlorethen (p,p'-DDE) (Nr. 1, Nr. 2, Nr. 4, Nr. 6, Nr. 12, Nr. 13, Nr. 15),
- Hexachlorbenzol (HCB) (Nr. 2, Nr. 6, Nr. 12, Nr. 13, Nr. 15),
- Pendimethalin (Nr. 12),
- Pentachlorbenzol (Nr. 2, Nr. 6, Nr. 15).

Die Summe der Pestizide wird in Abbildung 16 dargestellt und zeigt, dass die höchsten Gehalte auf den Waldstandorten zu finden sind und sich im Wesentlichen aus p,p'-DDE und HCB zusammensetzen.

Pestizide, die nicht nachgewiesen wurden bzw. nicht über der Bestimmungsgrenze liegen, werden nicht dargestellt: Aclonifen, Aldrin, cis-Chlordan, trans-Chlordan, oxy-Chlordan, Dieldrin, Dichlobenil, o,p'-Dichlordiphenyltrichlorethan (o,p'-DDT), p,p'-Dichlordiphenyltrichlorethan (p,p'-DDT), 2,4'-Dichlordiphenyldichlorethen (2,4'-DDE), alpha-Endosulfan, beta-Endosulfan, Endrin, Fluroxypyr-meptyl, Heptachlor, cis-Heptachlorepoxyd, trans-Heptachlorepoxyd, alpha-Hexachlorcyclohexan, beta-Hexachlorcyclohexan, gamma-Hexachlorcyclohexan (Lindan), Methoxychlor, Mirex, Pentachlorphenol (PCP).

p,p'-DDE ist das Abbauprodukt von DDT und deutet daher auf eine frühere Nutzung von DDT hin. p,p'-DDE konnte auf sieben Standorten bestimmt werden (Abbildung 17).

Am Ackerstandort (Nr. 13) liegt der höchste Wert für HCB mit 1,3 µg/kg TM vor (Abbildung 18). Der VW der Vorarlberger Bodenqualitätsverordnung liegt bei 3 µg/kg TM und wird von allen Standorten unterschritten. Für die Grünlandstandorte liegt der Median für HCB in ORAPOPs-Studie⁴⁵ bei 0,14 µg/kg TM (Kreuzeder et al. 2018) und bei der Grünlandstudie bei 0,039 µg/kg TM (Umweltbundesamt 2008)⁴⁶.

Pentachlorbenzol konnte an einem Grünlandstandort (Nr. 2) und an zwei Waldstandorten (Nr. 6, Nr. 15) über der Nachweisgrenze bestimmt werden (Abbildung 19).

Pendimethalin wurde im Mineralboden an einem Waldstandort (Nr. 12) mit 0,67 µg/kg TM bestimmt (nicht als eigene Abbildung dargestellt). In Österreich ist Pendimethalin für

⁴⁵ Kreuzeder, A/ Moche W./Scharf, S. (2018): Organische Schadstoffe in Grünland- und Waldböden. Land Salzburg, Salzburg: <https://www.salzburg.gv.at/themen/umwelt/abfall/fachinformationen/persistente-organische-schad>

⁴⁶ Umweltbundesamt (2008): Freudenschuß A. Obersteiner E., Uhl M.: Organische Schadstoffe in Grünlandböden. Report REP-0158.

die Anwendung als Pflanzenschutzmittel zugelassen. Zu beachten ist, dass Pendimethalin sowohl einem Abbau als auch einer Fixierung im Boden unterliegt (Luks et al. 2020) und die Detektion daher in Abhängigkeit vom Ausbringungszeitpunkt zu sehen ist.

Abbildung 16: Summen der Pestizid-Gehalte (li) und untersuchte Standorte in Vorarlberg (re). Die Summen der Pestizid-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.

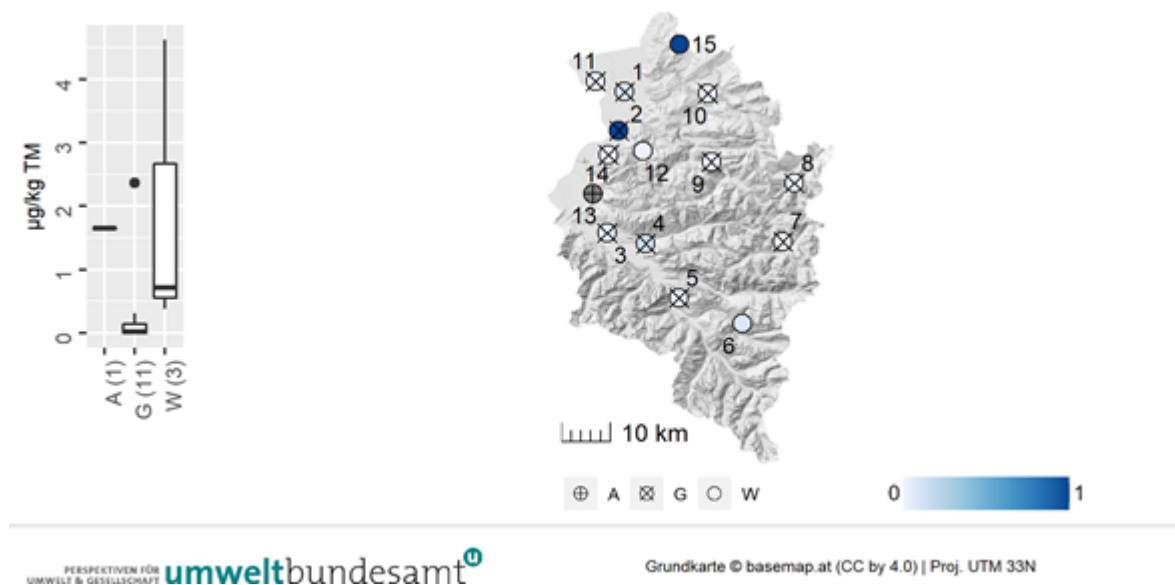


Abbildung 17: p,p'-DDE-Gehalte (li) und untersuchte Standorte in Vorarlberg (re). Die p,p'-DDE-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.

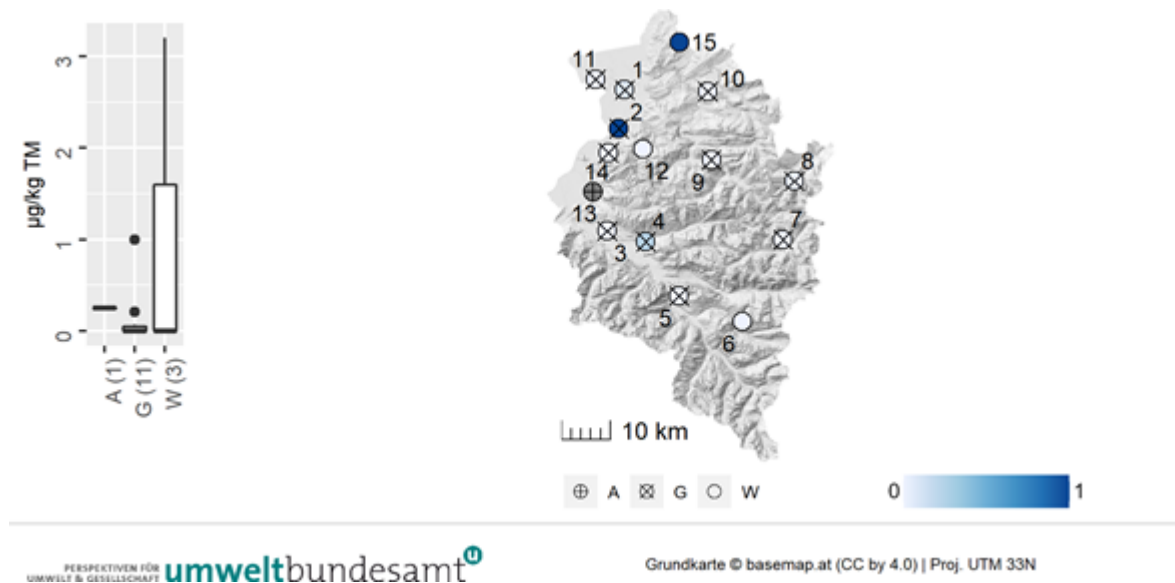


Abbildung 18: HCB-Gehalte (li) und untersuchte Standorte in Vorarlberg (re). HCB-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.

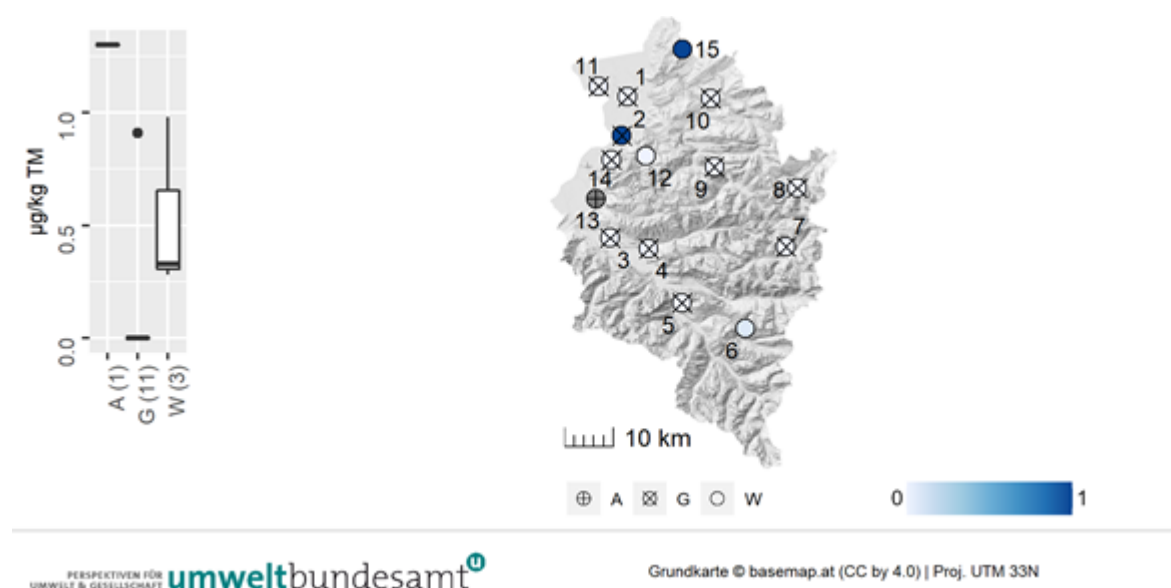
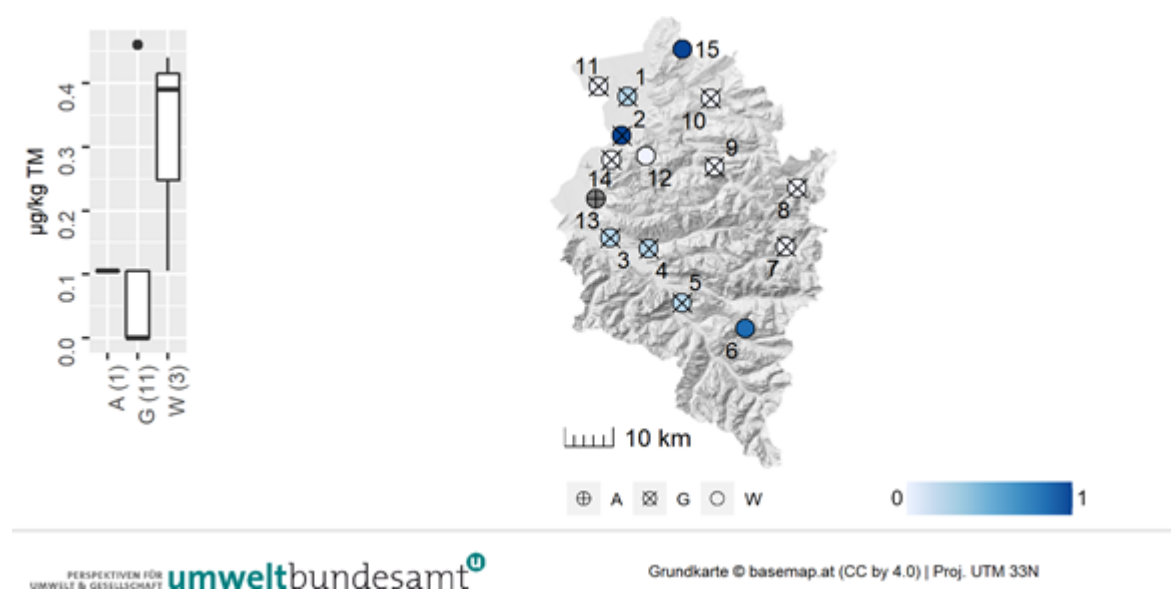


Abbildung 19: Pentachlorbenzol-Gehalte (li) und untersuchte Standorte in Vorarlberg (re). Pentachlorbenzol-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.



Schadstoffgruppe der Flammschutzmittel – Polybromierte Diphenylether – PBDE (Summe PBDE(20), Summe BDE(6); Summe Flammhemmer)

Die Schadstoffgruppe der untersuchten Flammschutzmittel wird durch drei Summen unterschiedlicher chemischer Verbindungen dargestellt:

Die Summe der 20 PBDE umfasst 20 polybromierte Diphenylether-Verbindungen: BDE 28, BDE 47, BDE 49, BDE 66, BDE 77, BDE 85, BDE 99, BDE 100, BDE 118, BDE 126, BDE 139, BDE 153, BDE 154, BDE 181, BDE 183, BDE 196, BDE 197, BDE 203, BDE 207 und BDE 209.

Die Summe der 6 BDE umfasst 6 polybromierte Diphenylether-Verbindungen: BDE 28, BDE 47, BDE 99, BDE 100, BDE 153 und BDE 154.

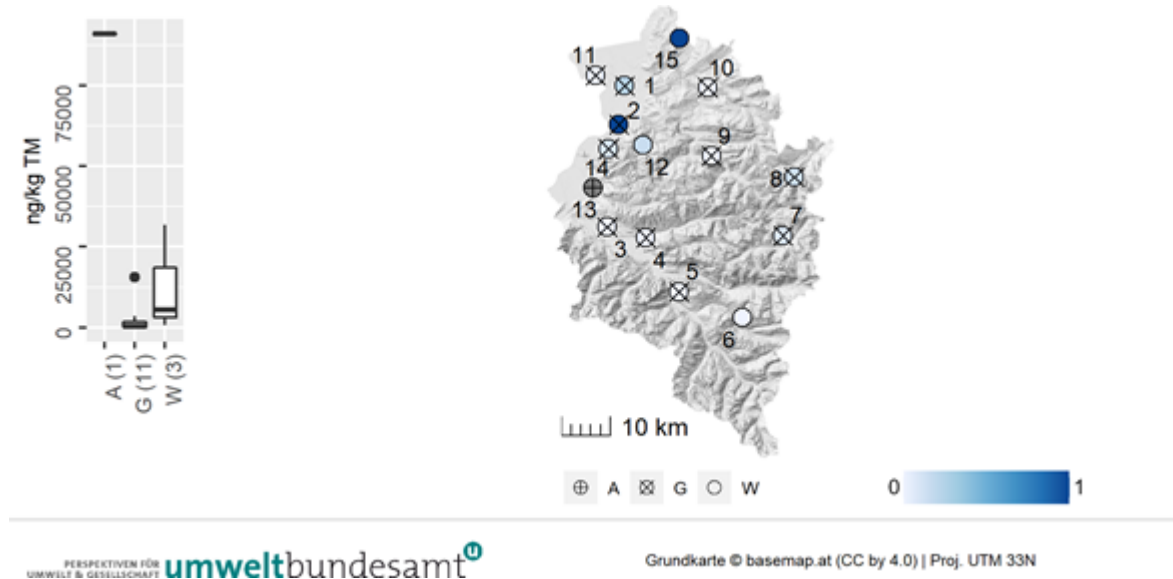
Die Summe der Flammhemmer umfasst folgende zehn Substanzen: HBB (Hexabrombenzol), PBB 153 (2,2',4,4',5,5'-Hexabrombiphenyl), PBT (Pentabromtoluol), PBEB (Pentabromethylbenzol), p-TBX (para-Tetrabromxylo), syn-DP (Dechlorane Plus syn), anti-DP (Dechlorane Plus anti), alpha - HBCDD (Hexabromcyclododecan), beta - HBCDD (Hexabromcyclododecan) und gamma - HBCDD (Hexabromcyclododecan).

Summen der 20 PBDE

Am einzigen Ackerstand (Nr. 13) liegt der höchste PBDE-Gehalt mit ca. 91 µg/kg TM vor. Den größten Anteil davon macht das BDE-209 (Decabromdiphenylether) mit 85 µg/kg TM aus. Die Gehalte der Grünlandstandorte zeigen eine geringe Variationsbreite und weisen einen Median von ca. 2 µg/kg TM und ein Maximum von ca. 14 µg/kg TM. Der Median der Waldstandorte (Auflagehumus) liegt bei ca. 5 µg/kg TM, das Maximum bei ca. 32 µg/kg TM.

Die vorliegenden Gehalte (Summe PBDE20; Abbildung 20) der Grünlandstandorte liegen über den Werten der Grünlandstudie von industriefernen Standorten mit einem Median von 0,36 µg/kg TM und dem Maximum von 5,3 µg/kg TM (Summe PBDE25) (Umweltbundesamt 2008).

Abbildung 20: Summe PBDE (20) (li) und untersuchte Standorte in Vorarlberg (re). Die PBDE sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.

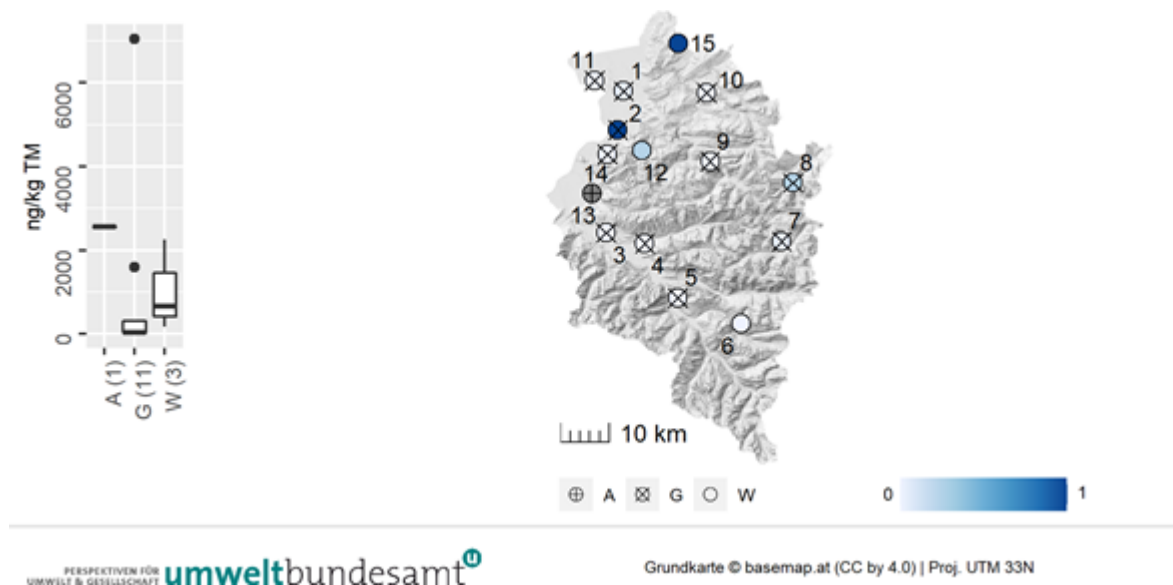


Summen der 6 BDE

Der Median der Summe BDE6 der Waldstandorte (Abbildung 21) liegt mit ca. 0,5 µg/kg TM im selben Bereich wie die Ergebnisse der MONARPOP-Studie mit 0,52 µg/kg TM (BMLFUW 2009). Das Maximum der Summe BDE6 von ca. 2,2 µg/kg TM liegt beim Standorte Nr. 15, über dem Maximum der MONARPOP-Studie von 1,5 µg/kg TM. Die drei Waldstandorte bilden einen Gradienten von Norden nach Süden (Nr. 15, Nr. 12, Nr. 6), wobei der Standort 15 (Höchstwert) neben dem Einfluss durch die Nordstaulage wahrscheinlich auch den Einfluss des westlich gelegenen Industriestandorts Lindau abbildet.

Der Herkunft des Decabromdiphenylethers am Ackerstandort (Nr. 13) sollte nachgegangen werden, da der Abbau zu toxischeren und auch verbotenen PBDE sehr wahrscheinlich ist (Betts, 2008). Die Summen der 6 BDE-Gehalte sind in Abbildung 21 dargestellt.

Abbildung 21: Summen BDE6 (li) und untersuchte Standorte in Vorarlberg (re). Die BDE6 sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.



Summe der Flammschützer

Am einzigen Ackerstand (Nr. 13) liegt der Summenwert bei ca. 1,8 µg/kg TM. Die Summen der Flammschützer sind in Abbildung 22 dargestellt. Den größten Anteil davon machen die syn-DP und anti-DP mit 0,57 µg/kg TM und 1,2 µg/kg TM (entspricht ca. 99 %) aus (Abbildung 23). Die Gehalte der Grünlandstandorte zeigen eine große Variationsbreite und weisen einen Median von ca. 0,2 µg/kg TM und ein Maximum von ca. 6,0 µg/kg TM. Der Median der Waldstandorte (Auflagehumus) liegt bei ca. 3,7 µg/kg TM, das Maximum bei ca. 9,0 µg/kg TM. Auch in den Grünland- und Waldstandorten stellen den größten Anteil die Dechlorane (syn-DP, anti-DP) dar. Der höchste Wert für die Summe der HBCDD liegt am Grünlandstandort Nr. 2 mit ca. 7,3 µg/kg TM vor (Abbildung 24).

Abbildung 22: Summen der Flammhemmer(li) und untersuchte Standorte in Vorarlberg (re). Die Flammhemmer sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.

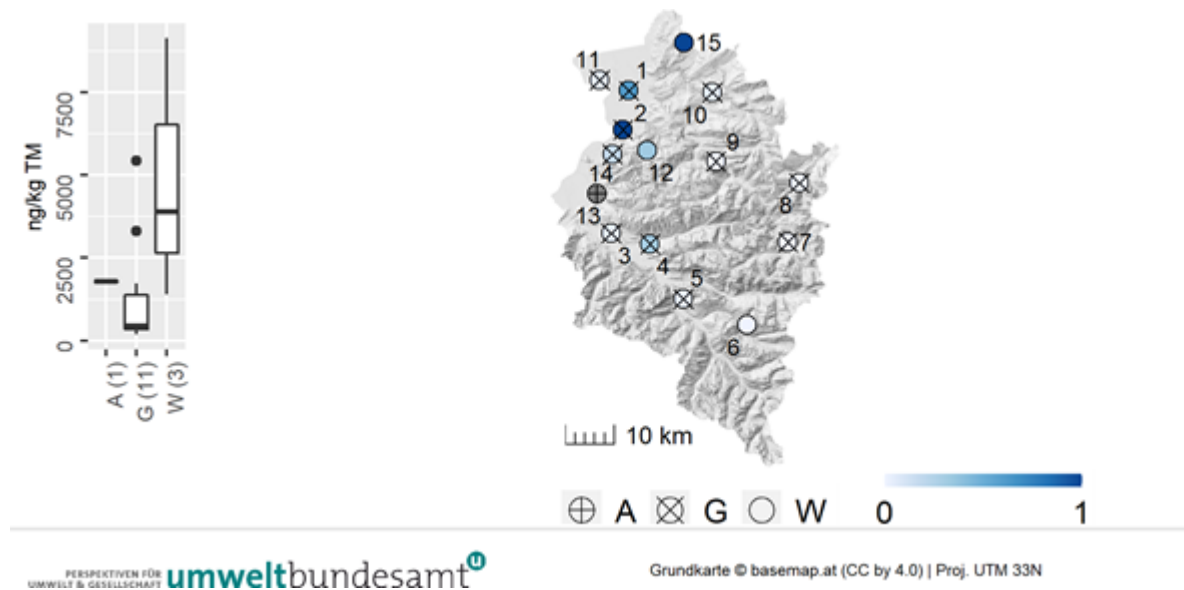


Abbildung 23: Summen Dechlorane (syn-DP, anti-DP) (li) und untersuchte Standorte in Vorarlberg (re). Die Dechlorane sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.

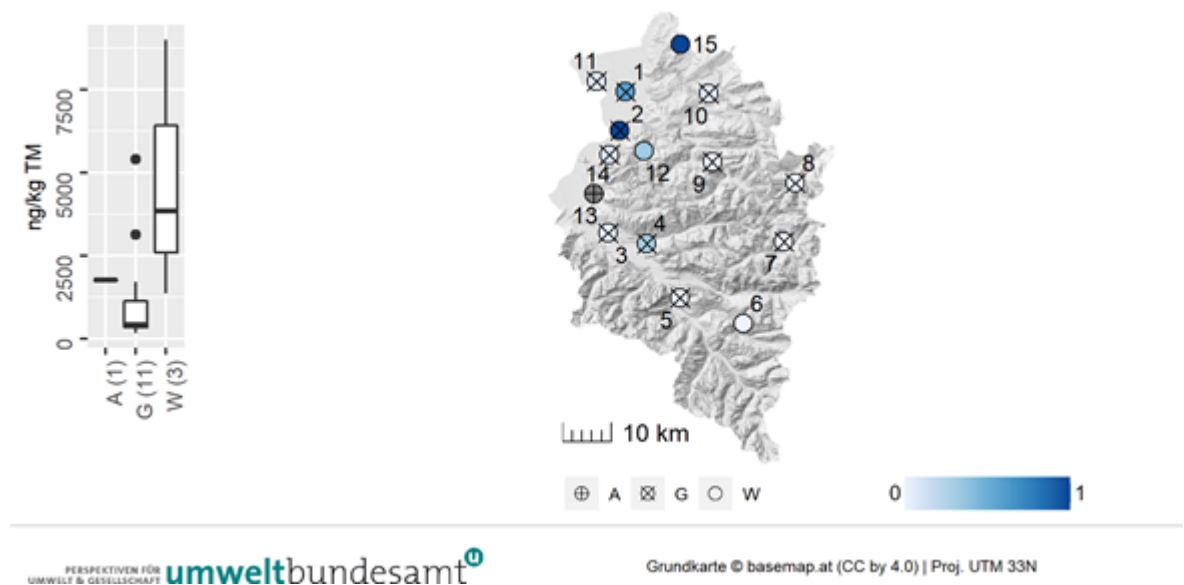


Abbildung 24: Summen Hexabromcyclododecane (alpha-, beta- und gamma-HBCDD) (li) und untersuchte Standorte in Vorarlberg (re). Die HBCDD-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.



Schadstoffgruppe – Per- und polyfluorierte Substanzen – PFAS (PFOA, PFOS)

Aus der Schadstoffgruppe der Perfluorierten Alkylsubstanzen (PFAS) wurden 20 Verbindungen gemessen: PFBA (Perfluorbutanoat), PFPA (Perfluorpentanoat), PFHxA (Perfluorhexanoat), PFHpA (Perfluorheptanoat), PFOA (Perfluoroctanoat, Perfluoroktansäure), PFNA (Perfluornonanoat), PFDA (Perfluordecanoat), PFUnA (Perfluorundecanoat), PFDoA (Perfluordodecanoat), PFBS (Perfluorbutansulfonat), PFPeS (Perfluorpentansulfonat), PFHxS (Perfluorhexansulfonat), PFHpS (Perfluorheptansulfonat), PFOS (Perfluoroctansulfonat, Perfluoroktansulfonsäure), PFDS (Perfluordecansulfonat), PFOSA (Perfluoroktansulfonsäureamid), PF8S_A (N-Ethyl-Perfluoroktansulfonamid), PFTrA (Perfluortridecanoat), PFTA (Perfluortetradecanoat) und PFNS (Perfluornonasulfonat).

Von diesen wurden auf dem Ackerstandort 11, auf den Grünlandstandorten 14 und auf den Waldstandorten neun Substanzen nachgewiesen. Im Folgenden werden Perfluoroktansäure (PFOA, PF8A) und Perfluoroktansulfonsäure (PFOS, PF8S) als Vertreter dargestellt.

Perfluoroktansäure (PFOA, PF8A)

In Abbildung 25 sind die PFOA-Gehalte abgebildet. Am einzigen Ackerstand (Nr. 13) liegt der PFOA-Gehalt bei ca. 6 µg/kg TM. Die Gehalte der Grünlandstandorte zeigen eine große

Variationsbreite und weisen einen Median von ca. 0,6 µg/kg TM und ein Maximum von ca. 15 µg/kg TM. Die PFOA-Gehalte der Waldstandorte (Auflagehumus) zeigen eine geringe Variationsbreite und liegen nahe dem Median von ca. 1 µg/kg TM.

Die vorliegenden PFOA-Gehalte der Grünlandstandorte liegen mit dem Median unter den Werten der Grünlandstudie von industriefernen Standorten (Median: 1,8 µg/kg TM), jedoch mit dem Maximum über diesem (3,7 µg/kg TM) (Umweltbundesamt 2008). Der höchste PFOA-Gehalt befindet sich am Grünlandstandort (Nr. 2) und liegt auch über den Werten von Referenzflächen und klärschlammbeaufschlagten Flächen einer Vorarlberger Studie mit einem Maximum von 5 µg/kg TM (Clara et al. 2016). Die PFOA-Gehalte der Waldstandorte liegen mit ca. 1,0 µg/kg TM im selben Bereich wie die Ergebnisse der MONARPOP-Studie (Median: 0,77 µg/kg TM; Maximum 1,45 µg/kg TM) (BMLFUW 2009). Der Herkunft von PFOA auf dem Grünlandstandort Nr. 2 sollte nachgegangen werden.

Abbildung 25: PFOA-Gehalte (li) und untersuchte Standorte in Vorarlberg (re). Die PFOA-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.



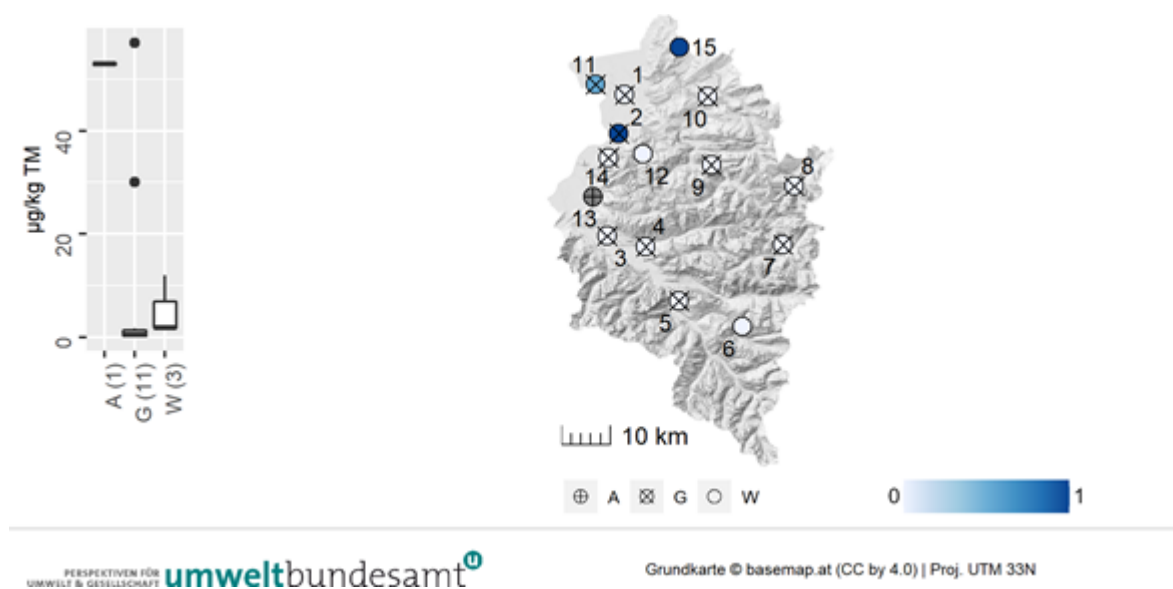
Perfluoroktansulfonsäure (PFOS, PF8S)

In Abbildung 26 sind die PFOS-Gehalte abgebildet. Am einzigen Ackerstandort (Nr. 13) liegt der PFOS-Gehalt bei ca. 53 µg/kg TM. Die Gehalte der Grünlandstandorte zeigen eine große Variationsbreite und weisen einen Median von 0,56 µg/kg TM und ein Maximum von 57 µg/kg TM. Die PFOS-Gehalte der Waldstandorte (Auflagehumus) zeigen auch eine

große Variationsbreite mit dem Median von 1,8 µg/kg TM und dem Maximum von 12 µg/kg TM.

Die vorliegenden PFOS-Gehalte der Grünlandstandorte liegen mit dem Median knapp über dem Median der Grünlandstudie von industriefernen Standorten (0,0 µg/kg TM), jedoch mit dem Maximum weit über diesem (1,3 µg/kg TM) (Umweltbundesamt 2008). Der höchste PFOS-Gehalt befindet sich am Grünlandstandort (Nr. 2) und liegt knapp über den Werten von Referenzflächen und klärschlammbeaufschlagten Flächen einer Vorarlberger Studie mit einem Maximum von 49 µg/kg TM (Clara et al. 2016). Der Median der PFOS-Gehalte der Waldstandorte liegt mit ca. 1,8 µg/kg TM knapp unter dem Median der MONARPOP-Studie (Median: 2,6 µg/kg TM), jedoch mit dem Maximum von 12 µg/kg TM über dem Maximum von 6,15 µg/kg TM (BMLFUW 2009). Der Herkunft von PFOS auf dem Ackerstandort Nr. 13 als auch den Grünlandstandorten Nr. 2 und Nr. 11 sollte nachgegangen werden.

Abbildung 26: PFOS-Gehalte (li) und untersuchte Standorte in Vorarlberg (re). Die PFOS-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.



In einer aktuellen Vorarlberger Studie des Umweltinstituts zu per- und polyfluorierten Substanzen wurde eine Bewertung der Leitsubstanzen PFOS und PFOA durchgeführt. Überschreitet die Summe der beiden Einzelsubstanzen den Wert 2 µg/kg TM wird von einer Vorbelastung ausgegangen. Als belastet gelten Böden ab einem PFOS/PFOA-

Summenwert von 4 µg/kg TM. Zusammengefasst würden acht der Vorarlberger Austro-POPs-Standorte als unbelastet, drei als vorbelastet und vier als belastet eingestuft werden (Humer und Scheffknecht 2021).

Zusammenfassung Vorarlberg

In Vorarlberg gibt es auffällige Konzentrationen an einzelnen Grünlandstandorten bei folgenden Schadstoffen:

- Pentachlorbenzol
- Summe bromierte Diphenylether (BDE6)
- Summe Hexabromzyklododekan (HBCDD)
- Summe Dichloran-Plus (DP)
- Perfluoroktansäure (PFOA)
- Perfluoroktansulfonsäure (PFOS).

In Vorarlberg gibt es auffällige Konzentrationen an einzelnen Waldstandorten bei folgenden Schadstoffen:

- polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAH)
- polychlorierte Dibenzo-*p*-Dioxine und Dibenzofurane (PCDD/F)
- Summe polychlorierte Biphenyle (PCB6)
- dioxinähnliche polychlorierte Biphenyle (dl-PCB)
- Summe Chlorpestizide
- Summe Flammhemmer

In Vorarlberg gibt es auffällige Konzentrationen an einem Ackerstandort bei folgenden Schadstoffen:

- Hexachlorbenzol (HCB)
- Summe polybromierte Diphenylether (PBDE)

- Perfluoroktansulfonsäure (PFOS).

Die gemessenen Konzentrationen übersteigen keine derzeit in Österreich vorliegenden gesetzlich festgelegten Grenzwerte.

Es wird empfohlen an folgenden Standorten der Herkunft der jeweiligen Schadstoffe bzw. Schadstoffgruppen nachzugehen:

Ackerstandort: Nr. 13; Grünlandstandort Nr. 2, Nr. 11; Waldstandort: Nr. 15

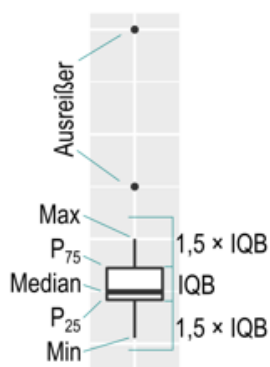
7.3.2 Tirol

In Tirol wurden 19 Standorte untersucht, wovon sich vier auf Acker-, zehn auf Grünland- und fünf auf Waldboden befinden. Ein Standort liegt in einem Hausgarten und wird für die Auswertung den Grünlandböden zugerechnet. Während von den Acker- und Grünlandstandorten die Gehalte in 0 bis 20 bzw. 0 bis 5 cm Tiefe abgebildet sind, werden von den Waldstandorten die Gehalte des Auflagehumus und, wo entsprechend ausgewiesen, auch für den Mineralboden dargestellt. Die meisten Standorte befinden sich im Grünland, das auch die am häufigsten verbreitete landwirtschaftliche Bewirtschaftung in Tirol darstellt.

Im Folgenden werden die Ergebnisse den Schadstoffgruppen entsprechend beschrieben und bewertet.

Die Ergebnisdarstellung erfolgt einerseits mittels Boxplot (Abbildung 27) und andererseits durch Darstellung der Standorte auf einer Landkarte.

Abbildung 27: Beispiel-Boxplot als Lesehilfe



Die Enden der Linien (whiskers) stellen Minimum und Maximum der Beobachtungen ohne Ausreißer dar. Ausreißer sind von der Oberkante (P₇₅) bzw. Unterkante (P₂₅) mindestens das 1,5fache des Interquartilsbereichs (IQB = Boxhöhe) entfernt und sind als Punkte dargestellt.

Schadstoffgruppe – Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe – PAH (Summe PAH16)

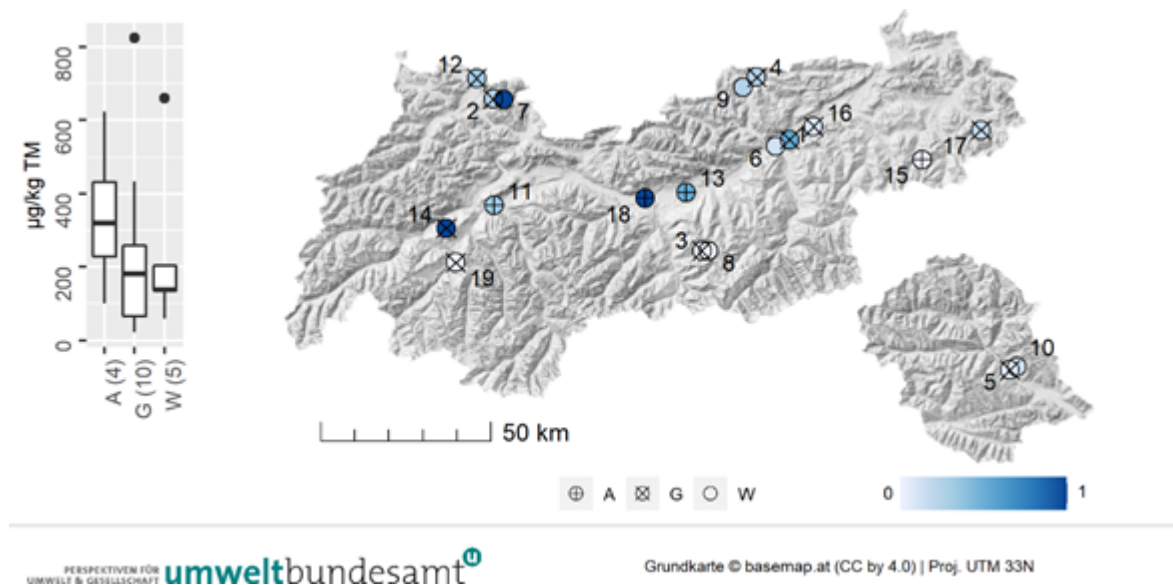
Aus der Schadstoffgruppe der PAH wurden 16 Verbindungen gemessen: Acenaphthen, Acenaphthylen, Anthracen, Benzo(a)anthracen, Benzo(b)fluoranthren, Benzo(k)fluoranthren, Benzo(g,h,i)perylen, Benzo(a)pyren, Chrysen, Dibenzo(a,h)anthracen, Fluoranthren, Fluoren, Indeno(1,2,3-c,d)pyren, Naphtalin, Phenanthren und Pyren.

Die vier Ackerstandorte zeigen eine hohe Variationsbreite der PAH16-Gehalte und reichen von ca. 100 µg/kg TM bis knapp über 600 µg/kg TM mit einem Median von ca. 320 µg/kg TM. Die Gehalte der Grünlandstandorte zeigen auch eine hohe Variationsbreite und weisen einen Median von ca. 180 µg/kg TM auf. Der höchste Einzelwert der PAH16 liegt auf dem als Grünland bewerteten Hausgartenstandort Nr. 14 mit 824 µg/kg TM vor. Der Median der Waldstandorte (Auflagehumus) liegt unter den anderen Nutzungen bei ca. 140 µg/kg TM, wobei der höchste Einzelwert beim Waldstandort Nr. 7 mit ca. 650 µg/kg TM vorliegt. Die Schwankungsbreiten der Summe der PAH16 in der jeweiligen Nutzungsklasse sind in Abbildung 28 (Boxplot) dargestellt.

Der Richtwert zur Einleitung von Untersuchungen der Belastung der schweizerischen Verordnung über Belastungen des Bodens (VBBo 1998, Stand 2016) liegt für PAH16 bei 1.000 µg/kg TM, der Vorsorgewert (VW) der Vorarlberger Bodenqualitätsverordnung (LGBL Nr. 77/2018) bei 2.000 µg/kg TM und der VW der deutschen Bundesbodenschutzverordnung (BBodSchV, 1999) bei 3.000 µg/kg TM bei einem Humusgehalt von < 8 % (Anm. für Acker und Grünland) und bei 10.000 µg/kg TM bei einem Humusgehalt > 8 % (Anm. für Wald). Die gemessenen PAH16-Gehalte aller Standorte liegen unter den genannten Richt- bzw. Vorsorgewerten.

Der Median der Waldstandorte liegt mit ca. 140 µg/kg TM sowohl unter dem Median der MONARPOP- Studie (BMLFUW 2009) mit 185 µg/kg TM als auch unter dem Median der ORAPOP-Studie aus Salzburg mit 212 µg/kg TM (Kreuzeder et al. 2018). Die Gehalte der Grünlandstandorte liegen mit dem Median (ca. 180 µg/kg TM) sowohl über den Ergebnissen der Grünlandstudie von industriefernen Standorten mit einem Median von 82,13 µg/kg TM (Umweltbundesamt 2008) als auch über dem Median der ORAPOP-Studie mit 133 µg/kg TM (Kreuzeder et al. 2018). Der Median der Ackerstandorte liegt mit ca. 320 µg/kg TM über dem Median der Hintergrundwerte in Bayern von 224 µg/kg TM (LfU 2011).

Abbildung 28: PAH16-Gehalte (li) und untersuchte Standorte in Tirol (re). Die PAH16-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.



Schadstoffgruppe – Polychlorierte Dibenzo-*p*-Dioxine und Dibenzofurane – PCDD/F (I-TEQ, lower bound (LB))

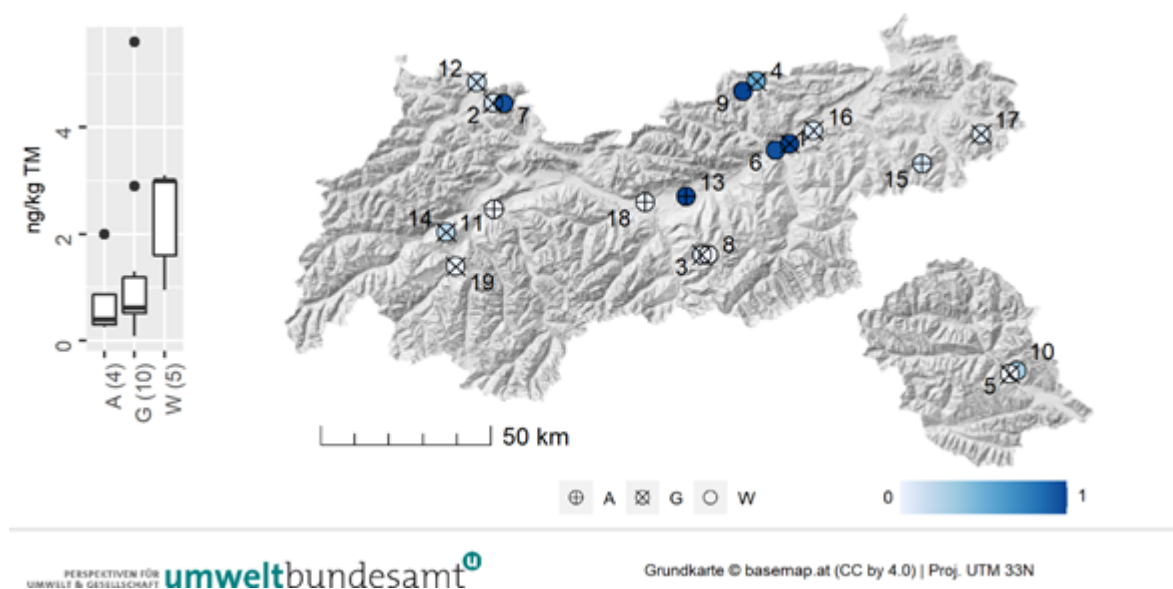
Die vier Ackerstandorte zeigen eine geringe Variationsbreite der Toxizitätsäquivalente (I-TEQ) der Dioxine und Furane und reichen von ca. 0,26 ng/kg TM bis 2 ng/kg TM. Die Gehalte der Grünlandstandorte zeigen eine höhere Variationsbreite und weisen einen Median von ca. 0,6 ng/kg TM auf. Im Grünland liegt auch der höchste Einzelwert mit 5,6 ng I-TEQ/kg TM. Die Schwankungsbreiten der Toxizitätsäquivalente (I-TEQ) der PCDD/F in der jeweiligen Nutzungsklasse sind in Abbildung 29 (Boxplot) dargestellt.

Die vorliegenden Gehalte liegen im selben Bereich wie die Ergebnisse der Grünlandstudie von industriefernen Standorten mit einem Median von 0,77 ng I-TEQ/kg TM und einem Maximum von 9,33 ng I-TEQ/kg TM (Umweltbundesamt 2008). Die Waldstandorte (Auf-lagehumus) weisen mit 3 ng I-TEQ/kg TM (entspricht 2,8 ng TEQ-WHO/kg TM) den höchsten Median auf, liegen aber im selben Bereich der Ergebnisse der MONARPOP-Studie mit 3,7 ng TEQ-WHO/kg TM (BMLFUW 2009).

Werden die I-TEQ-Werte mit den Werten der Handlungsempfehlungen zur Bodennutzung aus Deutschland verglichen (Bundesumweltministerium 1993), ergibt sich folgendes Bild: Laut den Handlungsempfehlungen ist bis 5 ng I-TEQ/kg TM (PCDD/F) eine multifunktionale Nutzung des Bodens möglich. Bis 40 ng I-TEQ/kg TM sollen Prüfaufträge und Handlungs-empfehlungen erstellt werden und darüber liegende Werte können zur Einschränkung für bestimmte landwirtschaftliche Nutzungen führen (jedoch uneingeschränkte Nutzung bei minimalem Dioxintransfer). Der Richtwert zur Einleitung von Untersuchungen der Belas-tung der schweizerischen Verordnung über Belastungen des Bodens (VBBo 1998, Stand 2016) liegt bei 5 ng/kg TM, der Prüfwert bereits bei 20 ng/kg TM.

Mit Ausnahme eines Grünlandstandortes liegen die I-TEQ-Werte aller Standorte unterhalb von 5 ng/kg TM. Der erhöhte Einzelwert des Grünlandstandorts (Nr. 1) ist aufgrund der Industrienähe erklärbar.

Abbildung 29: PCDD/F (I-TEQ (LB) (li) und untersuchte Standorte in Tirol (re). Die PCDD/F-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.



Schadstoffgruppe – Polychlorierte Biphenyle – PCB [ndl-PCB (PCB6), dl-PCB, lower bound (LB)]⁴⁷

Die Schadstoffgruppe der Polychlorierten Biphenyle wird durch zwei Summen unterschiedlicher chemischer Verbindungen dargestellt:

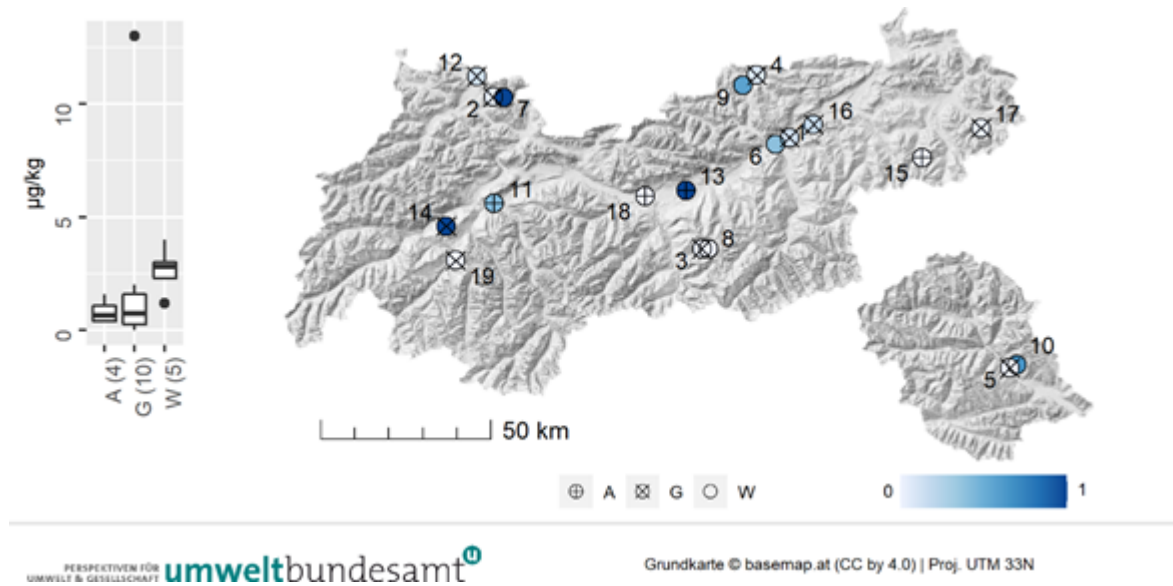
ndl-PCB (PCB6)

Die vier untersuchten Ackerstandorte zeigen eine geringe Variationsbreite der Indikator-PCB6-Werte und reichen von ca. 0,4 µg/kg TM bis 1,6 µg/kg TM. Die Gehalte der Grünlandstandorte zeigen eine höhere Variationsbreite und weisen einen Median von 0,75 µg/kg TM auf, der höchste Wert liegt bei ca. 13 µg/kg TM. Die Gehalte der Waldstandorte zeigen die höchsten Werte und weisen bei einem Median von 2,8 µg/kg TM eine ähnlich geringe Variationsbreite wie die Ackerstandorte auf, das Maximum liegt bei 4 µg/kg TM. In Abbildung 30 (Boxplot) sind die Schwankungsbreiten der Indikator-PCB (PCB6) in der jeweiligen Nutzungsklasse dargestellt.

Die PCB6-Gehalte der Acker und Grünland liegen im Bereich der Hintergrundwerte von Bayern mit 1,4 µg/kg TM (LfU 2011) und auch der Grünlandstudie industrieferner Standorte mit 1,2 µg/kg TM (Umweltbundesamt 2008). Die Waldstandorte (Auflagehumus) weisen im Vergleich der drei Nutzungsarten mit 2,8 µg/kg TM zwar den höchsten Median auf, diese liegen aber unter den Werten der MONARPOP-Studie mit 7,7 µg/kg TM (BMLFUW 2009). Der Vorsorgewert der deutschen Bundesbodenschutzverordnung (BBodSchV 1999) liegt bei 50 µg/kg TM bei einem Humusgehalt < 8 % (Anm. für Acker und Grünland) und bei 100 µg/kg TM (für Wald). Die PCB6-Gehalte aller beprobten Standorte in Tirol liegen deutlich unter diesen Vorsorgewerten.

⁴⁷ ndl: non-dioxin-like PCB, PCB Summe 6 (Ballschmitter-/Indikator-PCB), dl: dioxin-like PCB

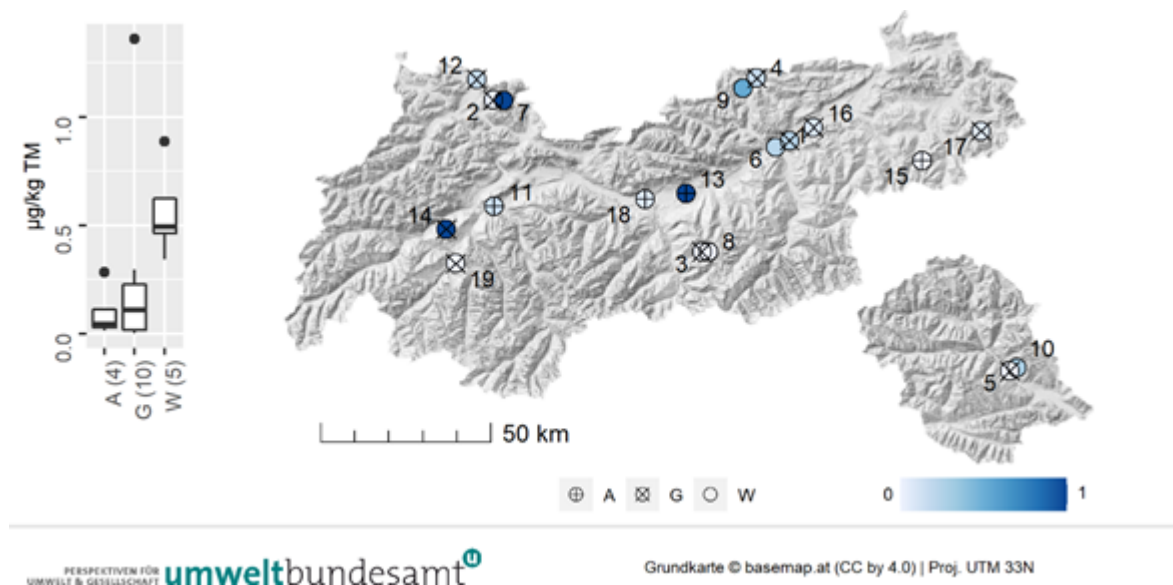
Abbildung 30: Summe der Indikator-PCB6-Gehalte (LB) (li) und untersuchte Standorte in Tirol (re). Die Summe der PCB6-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.



Dioxinähnliche PCB (dl-PCB)

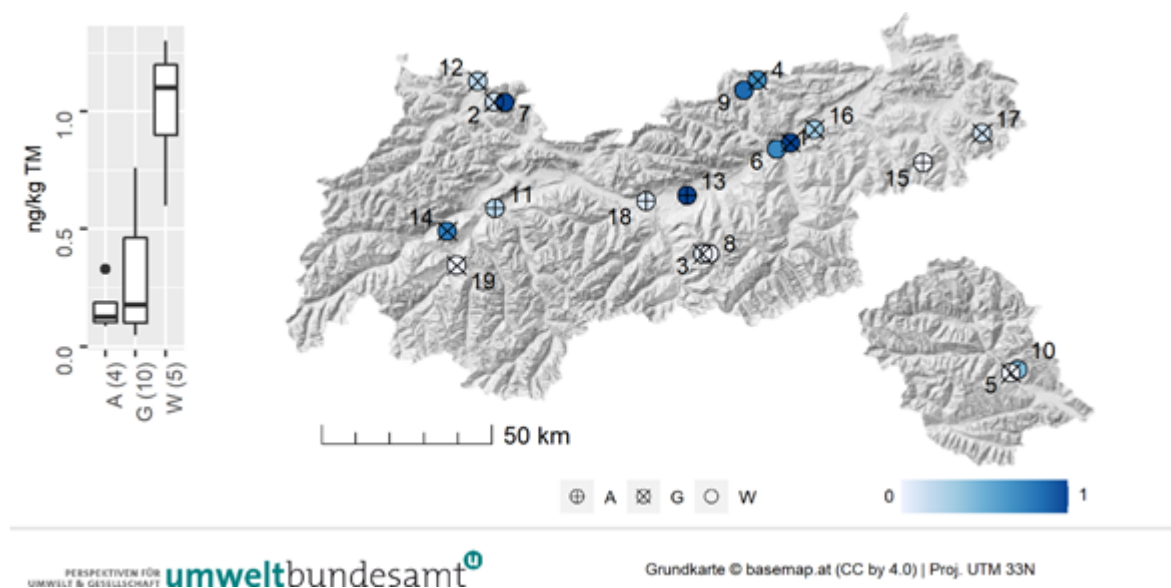
Die dioxinähnlichen PCB (dl-PCB) zeigen eine ähnliche Verteilung wie die PCB, nur auf einem niedrigeren Niveau (Abbildung 31).

Abbildung 31: Summen der dl-PCB (li) und untersuchte Standorte in Tirol (re). Die Summen der dl-PCB-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.



Die Toxizitätsäquivalente der dl-PCB weisen beim Waldstandort Nr. 7 den höchsten Wert mit ca. 1,3 ng/kg TM auf. Sie sind in Abbildung 32 dargestellt. Werden die TEQ von PCDD/F (Abbildung 29) und dl-PCB (Abbildung 32) addiert - was gesetzlich nicht korrekt, fachlich jedoch sinnvoll ist, - liegt die Summe bei ca. 4,3 ng TEQ/kg TM. Laut den Handlungsempfehlungen zur Bodennutzung aus Deutschland (Bundesumweltministerium, 1993) ist bis 5 ng I-TEQ/kg TM (PCDD/F) eine multifunktionale Nutzung des Bodens möglich. Somit unterlägen die beprobten Standorte laut dieser Empfehlung keiner Nutzungseinschränkung. Das Zusammenfügen der TEQ der PCDD/F und der dl-PCB ist im Bereich Luftschadstoffe (Depositionsmessungen) übliche Praxis (LANUV 2018) und wird auch im Rahmen dieses Forschungsprojektes angewendet.

Abbildung 32: TEQ (WHO) der dl-PCB (LB) (li) und untersuchte Standorte in Tirol (re). Die TEQ der dl-PCB-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.



Schadstoffgruppe – Pestizide

Die folgenden Pestizide wurden mittels der angewendeten Methode an zumindest einem Standort in Tirol über der Bestimmungsgrenze (> BG) nachgewiesen (Bei den Waldstandorten werden sowohl die Gehalte des Auflagehumus als auch des Mineralbodens betrachtet, in den Abbildungen sind jedoch nur die Auflagehumus-Gehalte dargestellt):

- p,p'-DDE Dichlordiphenyldichlorethen (p,p'-DDE) (Nr. 3, Nr. 4, Nr. 6, Nr. 7, Nr. 8, Nr. 9, Nr. 10, Nr. 11, Nr. 13, Nr. 14, Nr. 15, Nr. 18),

- p,p'-DDT Dichlordiphenyltrichlorethan (p,p'-DDT) (Nr. 7) ,
- Hexachlorbenzol (HCB) (Nr. 6, Nr. 7, Nr. 8, Nr. 10, Nr. 17),
- Pentachlorbenzol (Nr. 6, Nr. 7, Nr. 9, Nr. 17),
- Pendimethalin (Nr. 2, Nr. 13).

Die höchste Summe an Pestizidgehalten wurde auf dem Ackerstandort (Nr. 13) gemessen und kommt im Wesentlichen durch die nachgewiesene Menge an Pendimethalin zustande. Die Summen der Pestizid-Gehalte aller Nutzungsklassen sind in Abbildung 33 dargestellt.

Folgende Pestizide wurden nicht bzw. nicht über der Bestimmungsgrenze nachgewiesen und werden daher nicht grafisch dargestellt: Aclonifen, Aldrin, cis-Chlordan, trans-Chlordan, oxy-Chlordan, Dieldrin, Dichlobenil, o,p'-DDT (o,p'-DDT Dichlordiphenyltrichlorethan), 2,4'-DDE (2,4'-DDE Dichlordiphenyldichlorethen), alpha-Endosulfan, beta-Endosulfan, Endrin, Fluroxypyr-meptyl, Heptachlor, cis-Heptachlorepoxyd, trans-Heptachlorepoxyd, alpha-Hexachlorcyclohexan, beta- Hexachlorcyclohexan, gamma-Hexachlorcyclohexan (Lindan), 4,4'-Methoxychlor, Mirex, Pentachlorphenol (PCP).

p,p'-DDE ist ein Abbauprodukt von DDT und deutet daher auf eine frühere Nutzung von DDT hin. p,p'-DDE konnte auf 12 Standorten in Tirol bestimmt werden (Abbildung 34). Am Ackerstandort (Nr. 11) liegt der höchste Wert mit 1,3 µg/kg TM. p,p'-DDT wurde nur im mineralischen Horizont des Waldstandorts Nr. 7 mit 0,15 µg/kg TM detektiert (nicht als eigene Abbildung dargestellt).

Hexachlorbenzol (HCB) (Abbildung 35) wurde an fünf Standorten, davon vier Waldstandorte, nachgewiesen. Der Höchstwert von ca. 0,5 µg/kg TM liegt unter dem Median der MONARPOP-Studie von 2,2 µg/kg TM (BMLFUW 2009). Bei den Grünlandstandorten liegen nur zwei Werte vor (Nr. 17: 0,31 µg/kg TM; Nr. 4: < BG (0,11 µg/kg TM)). Der Median der HCB-Gehalte bei Grünlandstandorten liegt in der ORAPOP-Studie bei 0,14 µg/kg TM (Kreuzeder et al. 2018) und bei der Grünlandstudie industrieferner Standorte bei 0,039 µg/kg TM (Umweltbundesamt 2008).

Pentachlorbenzol (Abbildung 36) wurde an vier Standorten, davon drei Waldstandorte, über der Bestimmungsgrenze nachgewiesen. Der Höchstwert von ca. 0,33 µg/kg TM (Nr. 7) liegt unter dem Median der ORAPOP-Studie von 0,45 µg/kg TM (Kreuzeder et al. 2018). Der Median der Pentachlorbenzol-Gehalte bei Grünlandstandorten liegt in der ORAPOP-Studie bei 0,44 µg/kg TM (Kreuzeder et al. 2018) und bei der Grünlandstudie industrieferner Standorte bei 0,26 µg/kg TM (Umweltbundesamt 2008). Pentachlorbenzol

wurde nur an einem Grünlandstandort (Nr. 17) über der Bestimmungsgrenze nachgewiesen, dessen Gehalt bei 0,21 µg/kg TM liegt. Die in Abbildung 36 dargestellten Werte für Pentachlorbenzol der Standorte Nr. 11, Nr. 13 und Nr. 18 liegen zwar über der Nachweisgrenze(NG), jedoch unter der Bestimmungsgrenze von 0,21 µg/kg TM.

Pendimethalin wurde an zwei Standorten in Tirol nachgewiesen: am Ackerstandort (Nr. 13) mit dem Höchstwert von 14 µg/kg TM und am Grünlandstandort (Nr. 2) mit 0,15 µg/kg TM (Abbildung 37). In Österreich ist Pendimethalin für die Anwendung als Pflanzenschutzmittel zugelassen. Zu beachten ist, dass Pendimethalin sowohl einem Abbau als auch einer Fixierung im Boden unterliegt (Luks et al. 2020) und die Detektion daher in Abhängigkeit vom Ausbringungszeitpunkt zu sehen ist.

Abbildung 33: Summen der Pestizid-Gehalte (li) und untersuchte Standorte in Tirol (re). Die Pestizid-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.

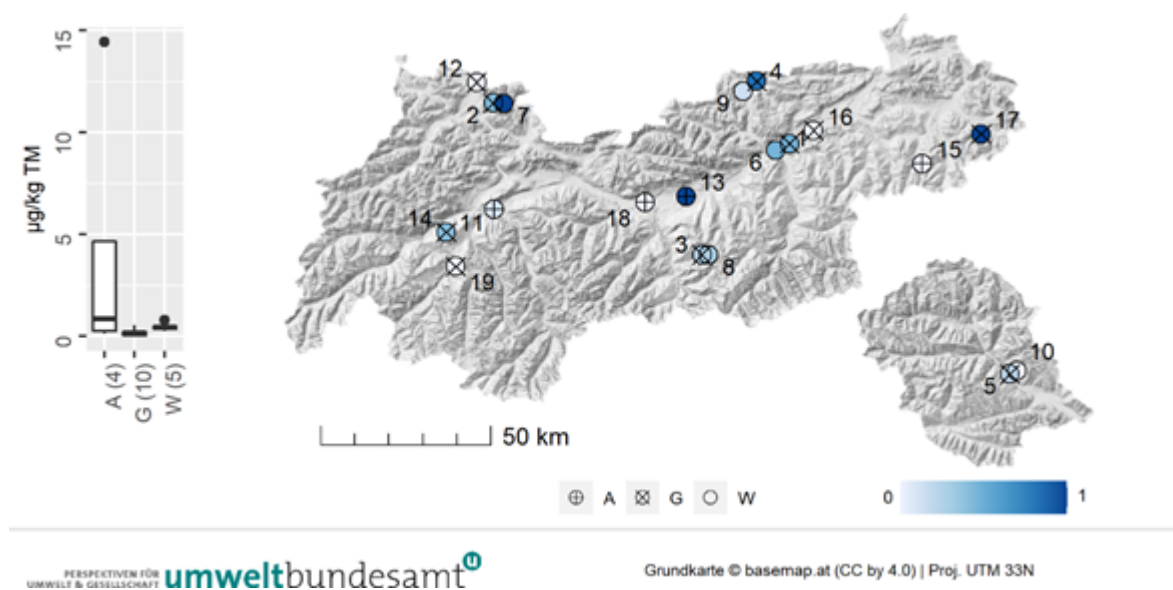


Abbildung 34: p,p'-DDE-Gehalte (li) und untersuchte Standorte in Tirol (re). Die p,p'-DDE-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.

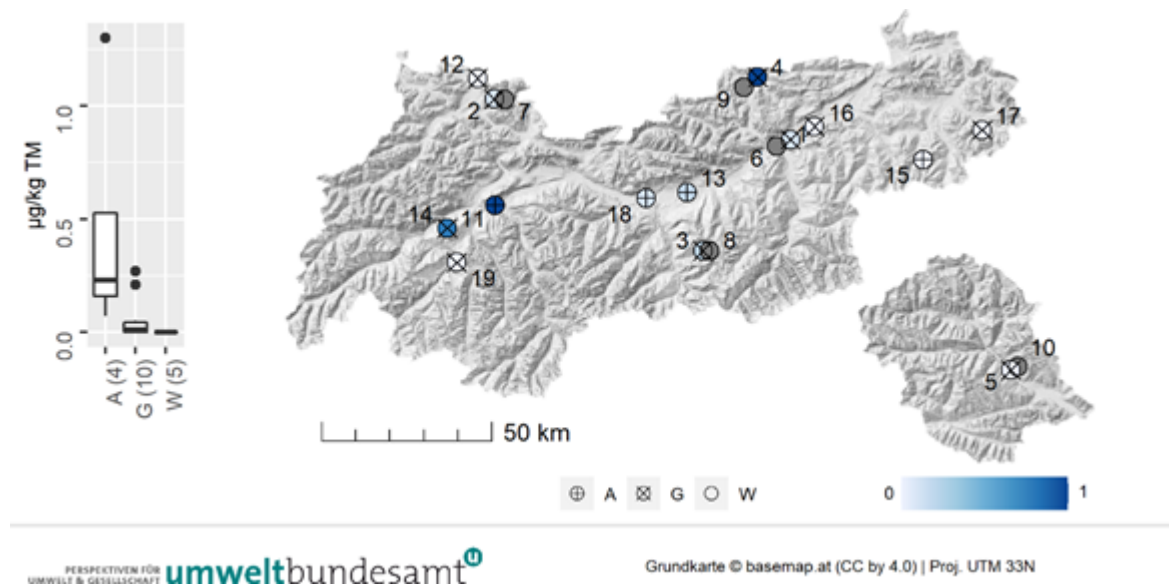


Abbildung 35: HCB-Gehalte (li) und untersuchte Standorte in Tirol (re). Die HCB-Gehalte ist auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.

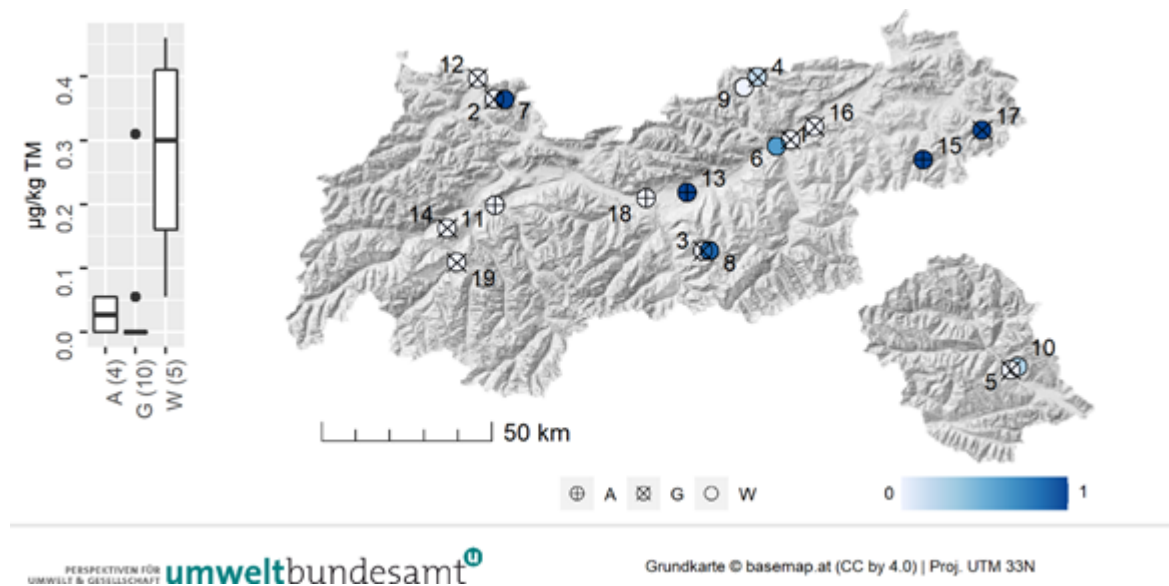


Abbildung 36: Pentachlorbenzol-Gehalte (li) und untersuchte Standorte in Tirol (re). Pentachlorbenzol-Gehalte ist auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.

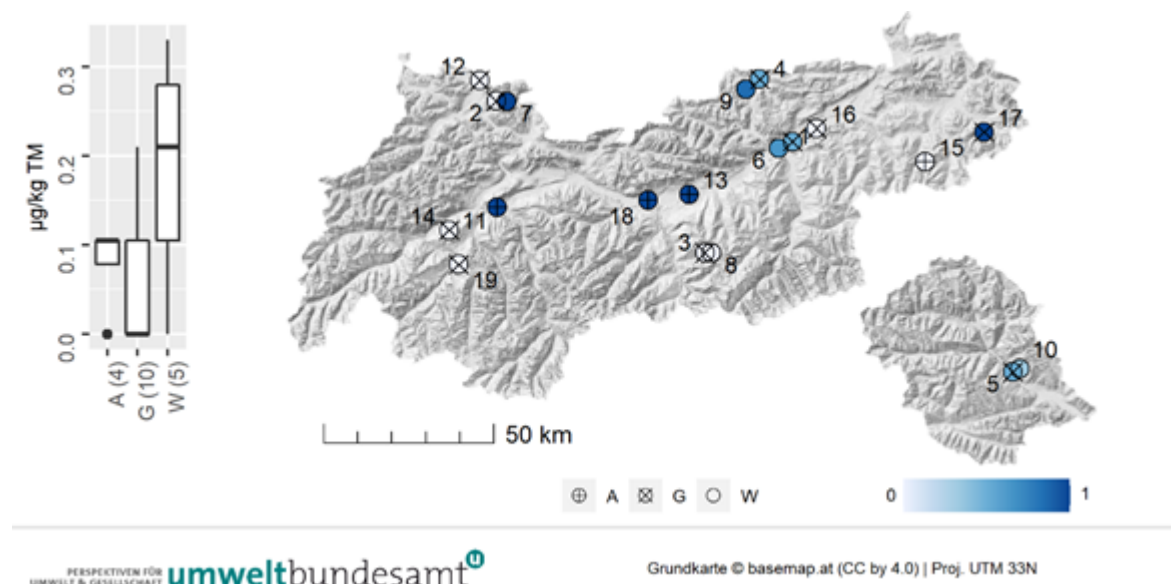
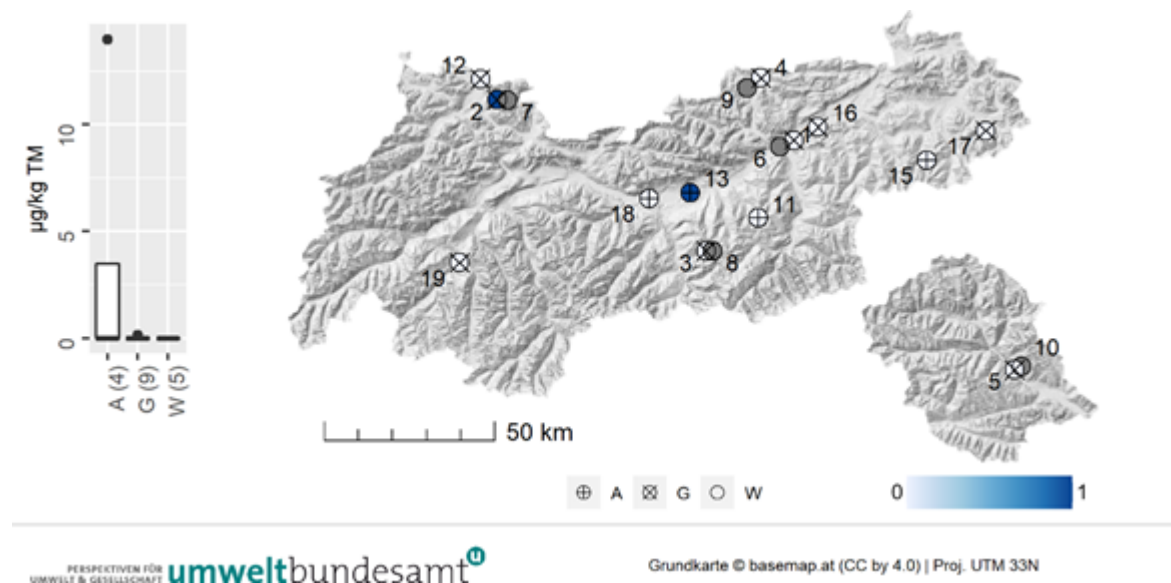


Abbildung 37: Pendimethalin-Gehalte (li) und untersuchte Standorte in Tirol (re). Pendimethalin-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.



Schadstoffgruppe der Flammschutzmittel – Polybromierte Diphenylether – PBDE (Summe PBDE(20), Summe BDE(6); Summe Flammhemmer)

Die Schadstoffgruppe der untersuchten Flammschutzmittel wird durch drei Summen unterschiedlicher chemischer Verbindungen dargestellt:

Die Summe der 20 PBDE umfasst 20 polybromierte Diphenylether-Verbindungen: BDE 28, BDE 47, BDE 49, BDE 66, BDE 77, BDE 85, BDE 99, BDE 100, BDE 118, BDE 126, BDE 139, BDE 153, BDE 154, BDE 181, BDE 183, BDE 196, BDE 197, BDE 203, BDE 207 und BDE 209.

Die Summe der 6 BDE umfasst sechs polybromierte Diphenylether-Verbindungen: BDE 28, BDE 47, BDE 99, BDE 100, BDE 153 und BDE 154.

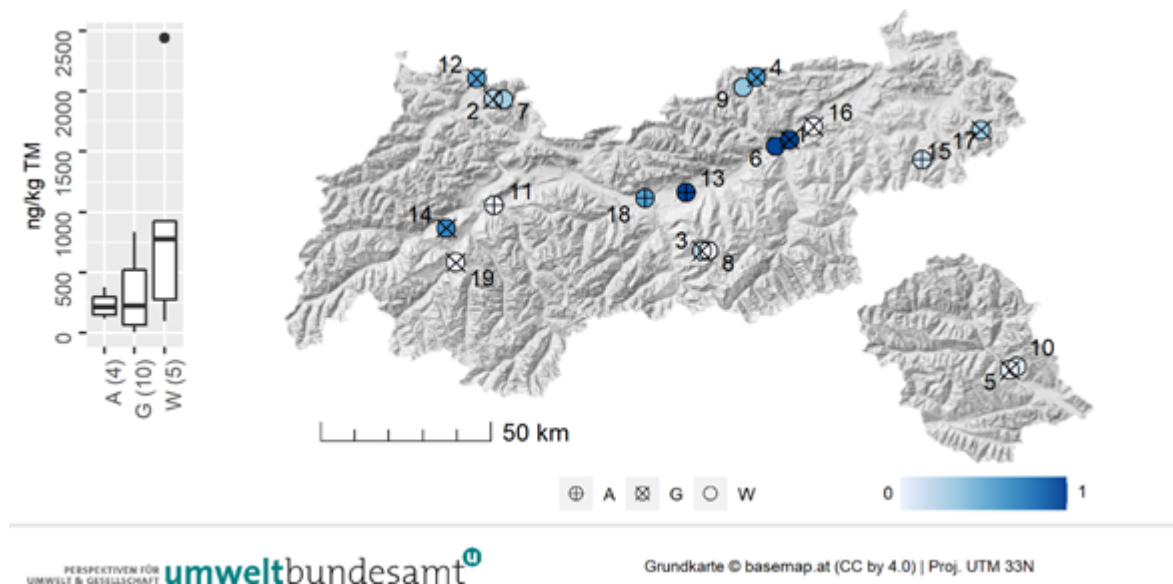
Die Summe der Flammhemmer umfasst folgende zehn Substanzen: HBB (Hexabrombenzol), PBB 153 (2,2',4,4',5,5'-Hexabrombiphenyl), PBT (Pentabromtoluol), PBEB (Pentabromethylbenzol), p-TBX (para-Tetrabromxylool), syn-DP (Dechlorane Plus syn), anti-DP (Dechlorane Plus anti), alpha-HBCDD (Hexabromcyclododecan), beta-HBCDD (Hexabromcyclododecan) und gamma-HBCDD (Hexabromcyclododecan).

Summen der 20 PBDE

Die vier Ackerstandorte zeigen eine geringe Variationsbreite der Summen der 20 PBDE-Werte und reichen von ca. 0,12 µg/kg TM bis 0,38 µg/kg TM. Die Gehalte der Grünlandstandorte zeigen eine höhere Variationsbreite und weisen einen Median von ca. 0,25 µg/kg TM auf. Die beiden höchsten Summenwerte sind unter den Waldstandorten zu finden, die einen Median von 0,77 µg/kg TM und ein Maximum von 2,44 µg/kg TM aufweisen. In Abbildung 38 sind die Summen der 20 PBDE-Gehalte aller Nutzungsklassen dargestellt.

Die vorliegenden Summen der 20 PBDE-Gehalte der Grünlandstandorte liegen unter den Werten der Grünlandstudie von industriefernen Standorten mit einem Median von 0,36 µg/kg TM und dem Maximum von 5,3 µg/kg TM, wobei zu beachten ist, dass in der genannten Studie die Summe 25 PBDE gerechnet wurde (Umweltbundesamt 2008). Weitere Vergleichswerte liegen nur für die Summen der 6 BDE vor.

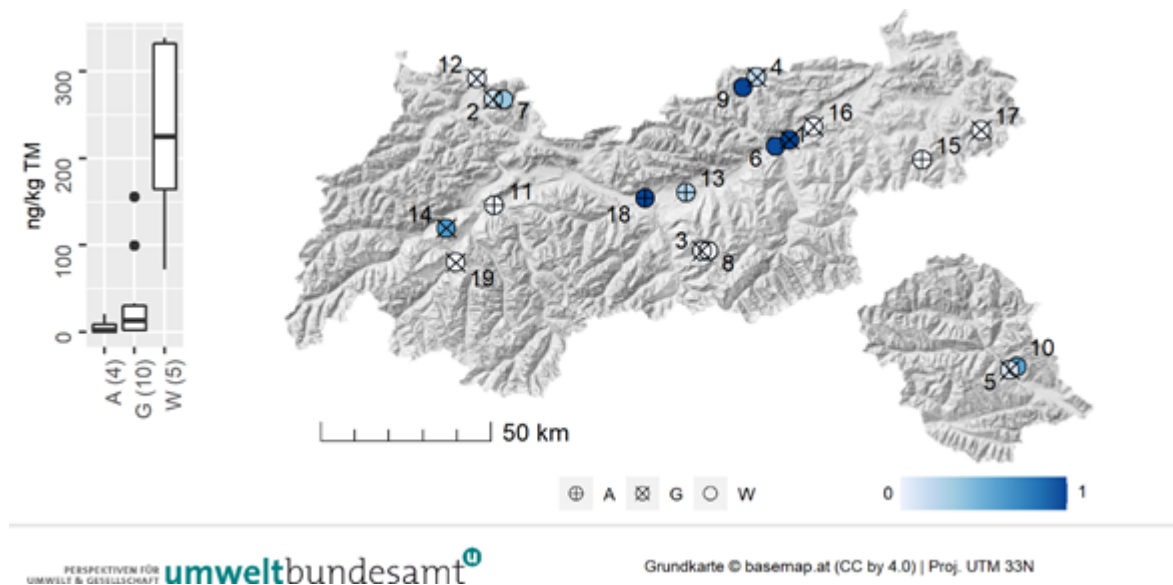
Abbildung 38: Summen der 20 PBDE-Gehalte (li) und untersuchte Standorte in Tirol (re). Die Summen der 20 PBDE-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.



Summen der 6 BDE

Die Ackerstandorte weisen eine sehr geringe Variationsbreite der Summen der 6 BDE-Werte und auch einen niedrigen Median von $< 0,005 \mu\text{g/kg TM}$ auf. Der Median der Grünlandstandorte liegt mit ca. $0,013 \mu\text{g/kg TM}$ über dem der Ackerstandorte und hat ein Maximum von $0,16 \mu\text{g/kg TM}$. Der Median der Summe BDE6 der Waldstandorte liegt bei ca. $0,23 \mu\text{g/kg TM}$ und damit unterhalb der Ergebnisse der MONARPOP-Studie mit $0,5 \mu\text{g/kg TM}$ (BMLFUW 2009). Das Maximum der Summe 6 BDE-Gehalte von ca. $0,34 \mu\text{g/kg TM}$ liegt beim Standorte Nr. 9, unter dem Maximum der MONARPOP-Studie von $1,5 \mu\text{g/kg TM}$. Die Summen der 6 BDE-Gehalte sind in Abbildung 39 dargestellt.

Abbildung 39: Summen der 6 BDE-Gehalte (li) und untersuchte Standorte in Tirol (re). Die Summen der 6 BDE-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.



Summe der Flammhemmer

Die Ackerstandorte weisen bezüglich der Summen der Flammhemmer eine geringe Variationsbreite und auch einen geringen Median von ca. 0,2 µg/kg TM und ein Maximum von 1,8 µg/kg TM auf. Der Median der Grünlandstandorte liegt mit ca. 0,4 µg/kg TM über dem der Ackerstandorte und hat ein Maximum von 5,3 µg/kg TM am Standort Nr. 1. Die höchsten Summenwerte weisen die Waldstandorte mit einem Median von 3,4 µg/kg TM und einem Maximum von 10,97 µg/kg TM (Nr. 6) auf. Die Summen der Flammhemmer sind in Abbildung 40 dargestellt.

Den größten Anteil der Summe der Flammhemmer machen die Dechlorane (syn-DP und anti-DP) mit 99,4 % beim Ackermaximum (Standort Nr. 13), 98,9 % beim Grünlandmaximum (Standort Nr. 1) und 98,4 % beim Waldmaximum aus (Standort Nr. 6) (Abbildung 41). Einzig beim Standort Nr. 14 entfällt neben den Dechloranen ein nennenswerter Anteil auf eine andere Stoffgruppe: Die Summe der HBCDD-Werte (alpha-, beta- und gamma-HBCDD; Abbildung 42) macht an diesem Standort ca. 7 % der Gesamtsumme der Flammhemmer aus.

Abbildung 40: Summen der Flammhemmer(li) und untersuchte Standorte in Tirol (re). Die Summen der Flammhemmer sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.

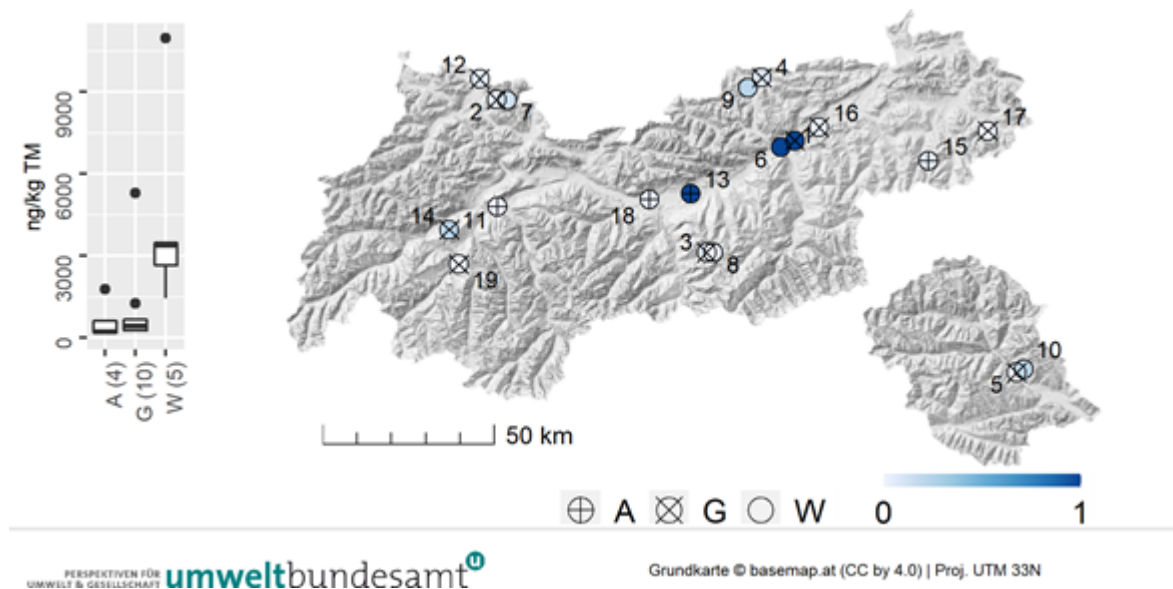


Abbildung 41: Summen Dechlorane (syn-DP, anti-DP) (li) und untersuchte Standorte in Tirol (re). Die Summen der Dechlorane sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.

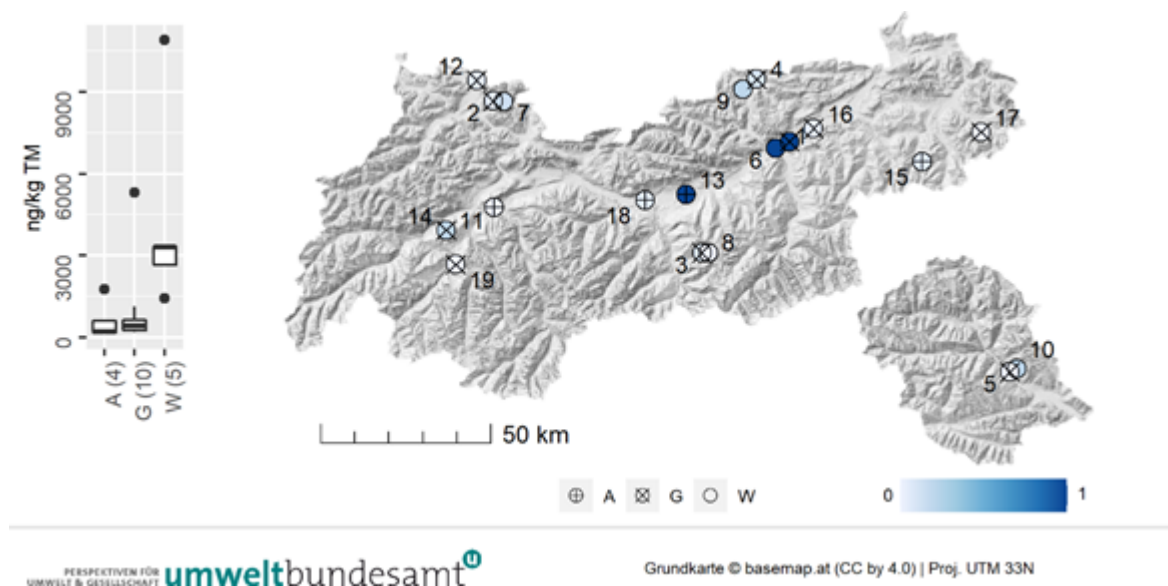
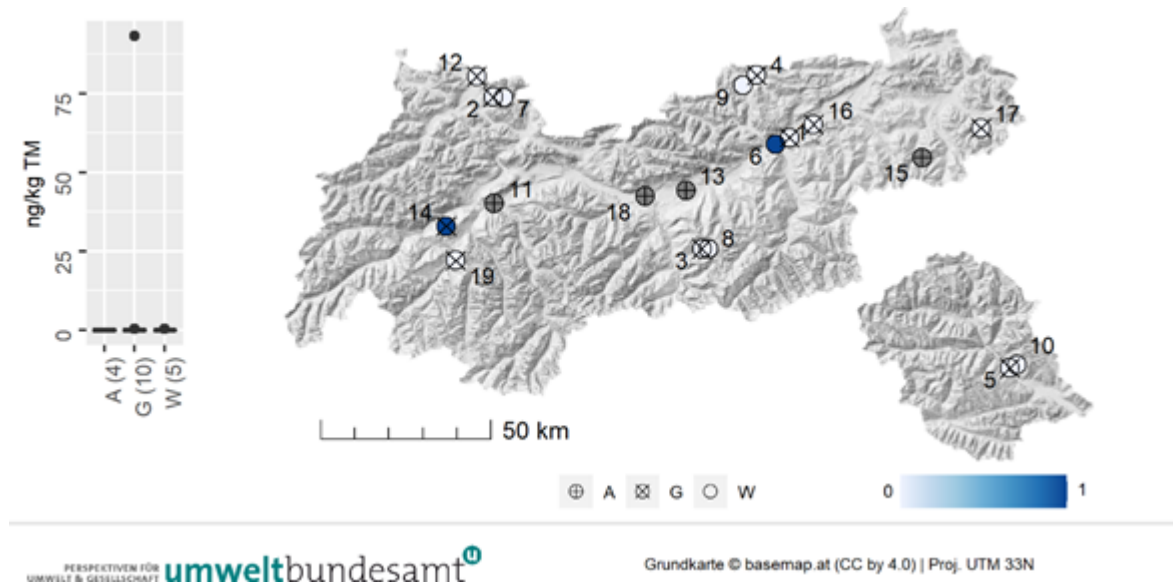


Abbildung 42: Summen HBCDD (alpha-, beta- und gamma-HBCDD) (li) und untersuchte Standorte in Tirol (re). Die Summen der HBCDD sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.



Schadstoffgruppe – Per- und polyfluorierte Substanzen PFAS (PFOS, PFOA)

Aus der Schadstoffgruppe der Perfluorierten Alkylsubstanzen (PFAS) wurden 20 Verbindungen gemessen: PFBA (Perfluorbutanoat), PFPA (Perfluorpentanoat), PFHxA (Perfluorhexanoat), PFHpA (Perfluorheptanoat), PFOA (Perfluoroktanoat, Perfluoroktansäure), PFNA (Perfluornonanoat), PFDA (Perfluordecanoat), PFUnA (Perfluorundecanoat), PFDoA (Perfluordodecanoat), PFBS (Perfluorbutansulfonat), PFPeS (Perfluorpentansulfonat), PFHxS (Perfluorhexansulfonat), PFHpS (Perfluorheptansulfonat), PFOS (Perfluoroktansulfonat, Perfluoroktansulfonsäure), PFDS (Perfluordekansulfonat), PFOSA (Perfluoroktansulfonsäureamid), PF8S_A (N-Ethyl-Perfluoroktansulfonamid), PFTrA (Perfluortridecanoat), PFTA (Perfluortetradecanoat) und PFNS (Perfluornonasulfonat).

Von diesen wurden auf den Tiroler Ackerstandorten keine, auf den Grünlandstandorten sechs und auf den Waldstandorten acht Substanzen nachgewiesen. Im Folgenden werden Perfluoroktansäure (PFOA, PF8A) und Perfluoroktansulfonsäure (PFOS, PF8S) als Vertreter dargestellt.

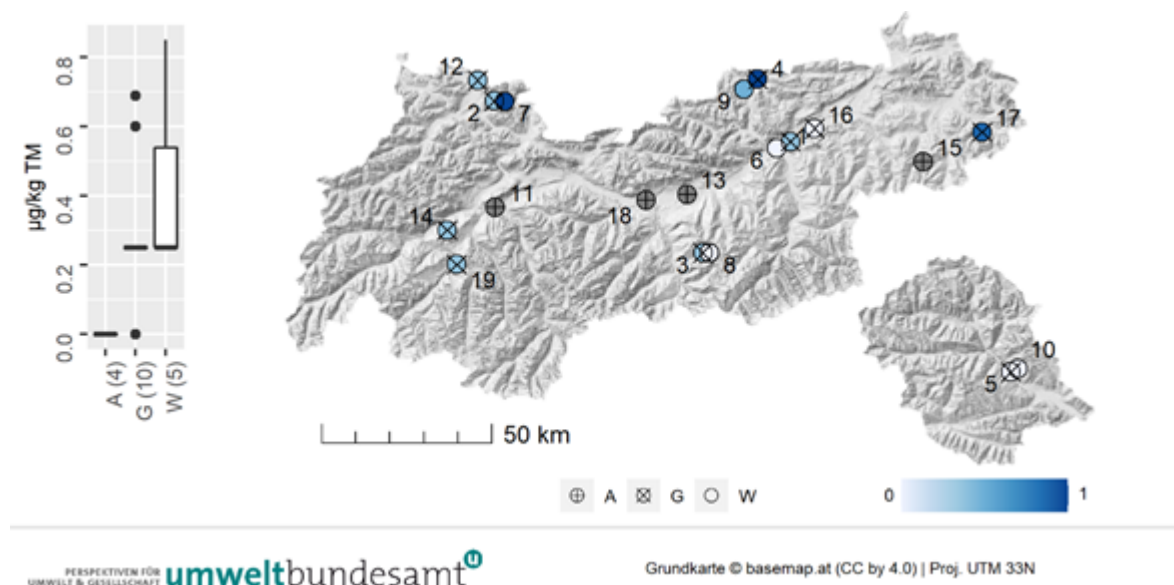
Perfluoroktansäure (PFOA, PF8A)

Die Gehalte der Grünlandstandorte zeigen eine geringe Variationsbreite und weisen einen Median von < 0,5 µg/kg TM (abgebildet ist der halbe Wert der Bestimmungsgrenze mit

0,25 µg/kg TM) und ein Maximum von 0,7 µg/kg TM (Standort Nr. 4) auf. Der Median der Waldstandorte (Auflagehumus) liegt wie jener vom Grünland bei < 0,5 µg/kg TM (abgebildet ist der halbe Wert der BG mit 0,25 µg/kg TM). Die höchsten gemessenen PFOA-Werte liegen jedoch im mineralischen Oberboden des Waldstandorts Nr. 9 mit 1,6 µg/kg TM vor (nicht als Graphik dargestellt). Die Verlagerung von PFOA in den mineralischen Horizont konnte auch bei den Standorten Nr. 6, 7 und 8 festgestellt werden, wobei die PFOA-Gehalte bei den Standorten Nr. 6 und 7 im Mineralboden sogar höher waren als im jeweiligen Auflagehorizont. Der höchste Einzelwert der PFOA wurde im Auflagehumus beim Waldstandort Nr. 7 mit 0,85 µg/kg TM gemessen und liegt unter dem Maximum der MONARPOP-Studie (Median: 0,77 µg/kg TM; Maximum 1,45 µg/kg TM) (BMLFUW 2009). Die Perfluoroktansäure (PFOA)-Gehalte sind in Abbildung 43 dargestellt.

Die vorliegenden PFOA-Gehalte der Grünlandstandorte liegen sowohl unter dem Median als auch unter dem Maximum der Werte der Grünlandstudie von industriiefernen Standorten (Median: 1,8 µg/kg TM; Maximum 3,7 µg/kg TM) (Umweltbundesamt 2008).

Abbildung 43: PFOA-Gehalte (li) und untersuchte Standorte in Tirol (re). Die PFOA-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.



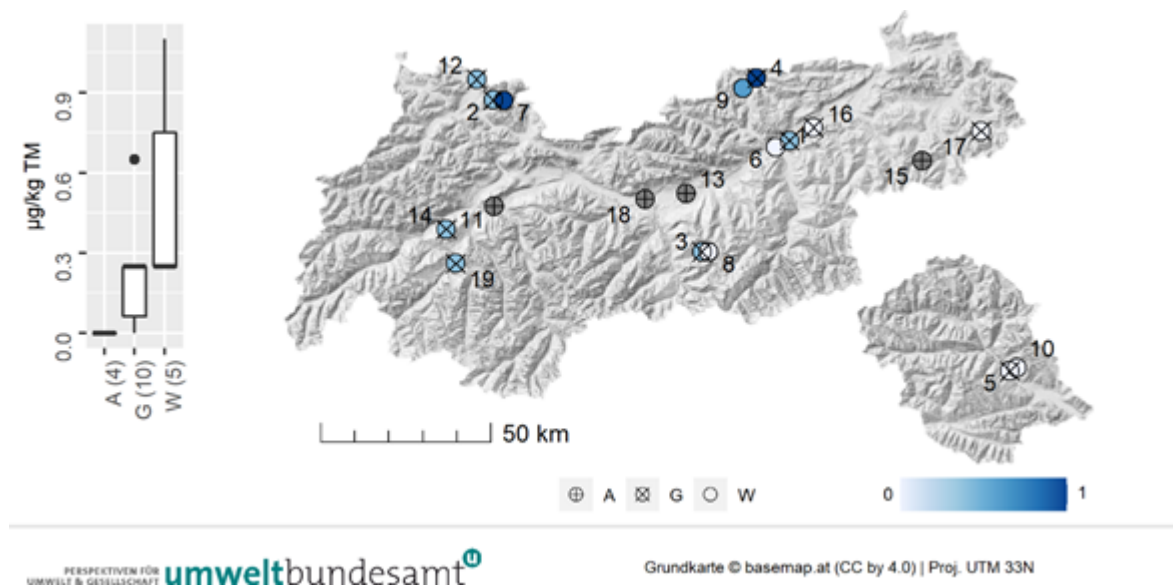
Perfluoroktansulfonsäure (PFOS, PF8S)

Die Gehalte der Grünlandstandorte zeigen eine geringe Variationsbreite und weisen einen Median von < 0,5 µg/kg TM (abgebildet ist der halbe Wert der BG mit 0,25 µg/kg TM) und ein Maximum von 0,65 µg/kg TM auf. Der Median der Waldstandorte (Auflagehumus)

liegt wie jener vom Grünland bei $< 0,5 \mu\text{g/kg TM}$ (abgebildet ist der halbe Wert der BG mit $0,25 \mu\text{g/kg TM}$). Im Gegensatz zu den PFOA-Gehalten weist der Auflagehumus an den Standorten Nr. 7, Nr. 9 und Nr. 10 höhere PFOS-Gehalte als der mineralische Oberboden auf. Der höchste Einzelwert der PFOA wurde im Auflagehumus beim Waldstandort Nr. 7 mit $1,1 \mu\text{g/kg TM}$ gemessen und liegt unter dem Maximum der MONARPOP-Studie (Median: $2,59 \mu\text{g/kg TM}$; Maximum $6,15 \mu\text{g/kg TM}$) (BMLFUW 2009). Die Perfluoroktansulfonsäure (PFOS)-Gehalte sind in Abbildung 44 dargestellt.

Die vorliegenden PFOS-Gehalte der Grünlandstandorte liegen mit dem Median gering oberhalb und mit dem Maximum unterhalb der Werte der Grünlandstudie von industriellen Standorten (Median: $0,0 \mu\text{g/kg TM}$; Maximum $1,3 \mu\text{g/kg TM}$) (Umweltbundesamt 2008).

Abbildung 44: PFOS-Gehalte (li) und untersuchte Standorte in Tirol (re). Die PFOS-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.



Zusammenfassung Tirol

In Tirol gibt es auffällige Konzentrationen an einzelnen Grünlanduntersuchungsstandorten bei folgenden Schadstoffen:

- polychlorierte Dibenzo-*p*-Dioxine und Dibenzofurane (PCDD/F)
- polychlorierte Biphenyle (PCB6)

- Summe Hexabromzyklododekan (HBCDD)
- Summe Dichloran-Plus (DP)
- Perfluoroktansäure (PFOA)
- Perfluoroktansulfonsäure (PFOS)

In Tirol gibt es auffällige Konzentrationen an einzelnen Walduntersuchungsstandorten bei folgenden Schadstoffen:

- Summe polybromierte Diphenylether (PBDE)
- Summe Dichloran-Plus (DP)
- Perfluoroktansäure (PFOA)
- Perfluoroktansulfonsäure (PFOS)

In Tirol gibt es auffällige Konzentrationen an einzelnen Ackerstandorten bei folgenden Schadstoffen:

- p,p'-Dichlordiphenyldichlorethen (p,p'-DDE)
- Summe Pendimethalin

Die gemessenen Konzentrationen übersteigen keine derzeit in Österreich vorliegenden gesetzlich festgelegten Grenzwerte.

Es wird empfohlen an folgenden Standorten der Herkunft der jeweiligen Schadstoffe bzw. Schadstoffgruppen nachzugehen, sofern nicht bereits bekannt:

Ackerstandorte: Nr. 11, Nr. 13; Grünlandstandorte Nr. 1; Nr. 14; Waldstandorte: Nr. 6, Nr. 7, Nr. 9.

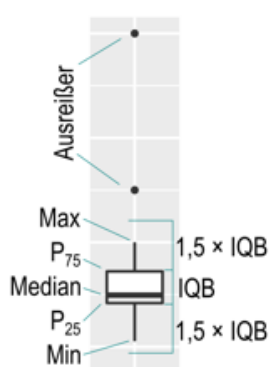
7.3.3 Kärnten

In Kärnten wurden 15 Standorte untersucht, wovon sich sechs auf Acker- und neun auf Grünlandboden befinden. Bei der Standortauswahl wurde auf die Ausgewogenheit zwischen Acker- und Grünlandstandorten geachtet. In Kärnten wurden keine Waldstandorte untersucht.

Im Folgenden werden die Ergebnisse den Schadstoffgruppen entsprechend beschrieben und bewertet.

Die Ergebnisdarstellung erfolgt einerseits mittels Boxplot (Abbildung 45) und andererseits durch Darstellung der Standorte auf einer Landkarte.

Abbildung 45: Beispiel-Boxplot als Lesehilfe



Die Enden der Linien (whiskers) stellen Minimum und Maximum der Beobachtungen ohne Ausreißer dar. Ausreißer sind von der Oberkante (P₇₅) bzw. Unterkante (P₂₅) mindestens das 1,5fache des Interquartilsbereichs (IQB = Boxhöhe) entfernt und sind als Punkte dargestellt.

Schadstoffgruppe – Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe – PAH (Summe PAH16)

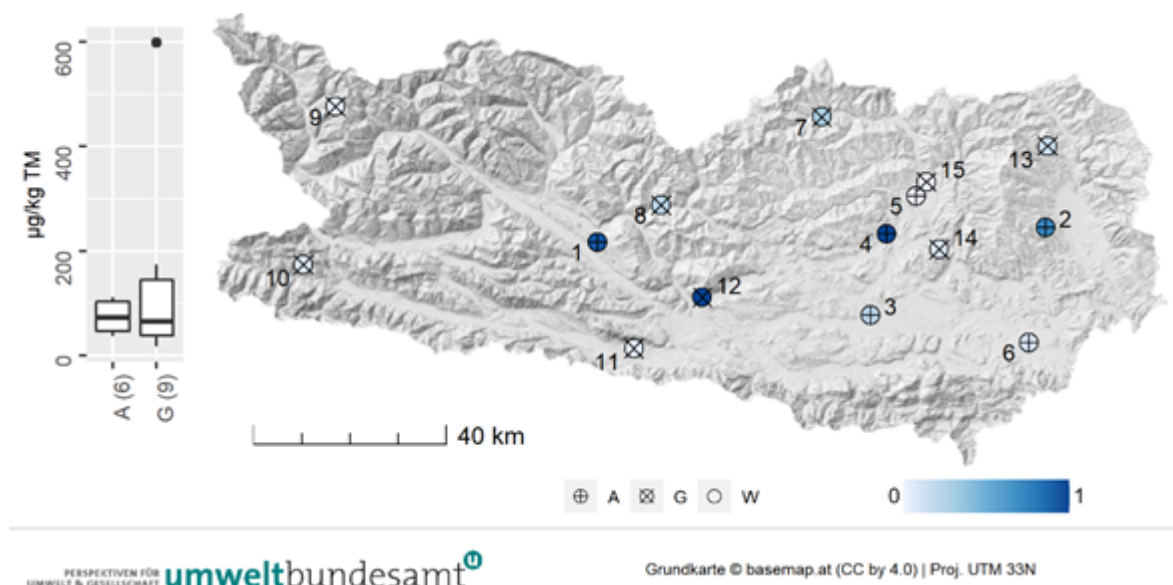
In Abbildung 46 (Boxplot) sind die Schwankungsbreiten der Summe der PAH16 in der jeweiligen Nutzungsklasse dargestellt. Die sechs Ackerstandorte zeigen eine sehr geringe Variationsbreite der PAH16-Gehalte und weisen einen Median von ca. 80 µg/kg TM auf. Die Gehalte der Grünlandstandorte zeigen eine höhere Variationsbreite, weisen einen niedrigeren Median von ca. 70 µg/kg TM, jedoch den Höchstwert von 600 µg/kg TM (Nr. 12) auf.

Der Richtwert der schweizerischen Verordnung über Belastungen des Bodens (VBBo 1998, Stand 2016) liegt für PAH16 bei 1.000 µg/kg TM, der Vorsorgewert (VW) der Vorarlberger Bodenqualitätsverordnung (LGBI. Nr. 77/2018) liegt bei 2.000 µg/kg TM und der VW der deutschen Bundesbodenschutzverordnung (BBodSchV, 1999) liegt bei 3.000 µg/kg TM bei

einem Humusgehalt < 8 % (Anm. für Acker und Grünland). Sowohl die PAH16-Gehalte der Acker- als auch der Grünlandstandorte liegen weit unter den Richt- bzw. Vorsorgewerten.

Bei den Grünlandstandorten liegt sowohl der Median mit ca. 70 µg/kg TM unter dem Median der ORAPOP-Studie aus Salzburg mit 133 µg/kg TM, als auch der höchste Wert von 600 µg/kg TM unter dem Maximum der ORAPOP-Studie (1.682 µg/kg TM) (Kreuzeder et al. 2018). In der Bodenzustandsinventur Kärnten (Amt der Kärntner Landesregierung, 1999) zeigten diese Ackerstandorte 1999 einen Median von 17,3 µg/kg TM und diese Grünlandstandorte einen Median von 38,6 µg/kg TM. Die aktuellen Gehalte haben sich im Vergleich zu 1999 ca. um den Faktor zwei erhöht, wenngleich es auch zu einigen Nutzungsänderungen (z. B. von Grünland zu Ackernutzung) gekommen ist.

Abbildung 46: PAH-Gehalte (li) und untersuchte Standorte in Kärnten (re). Die PAH-Gehalte sind innerhalb der Nutzungsklasse normiert dargestellt.



Schadstoffgruppe – Polychlorierte Dibenzo-*p*-Dioxine und Dibenzofurane – PCDD/F (I-TEQ, lower bound (LB))

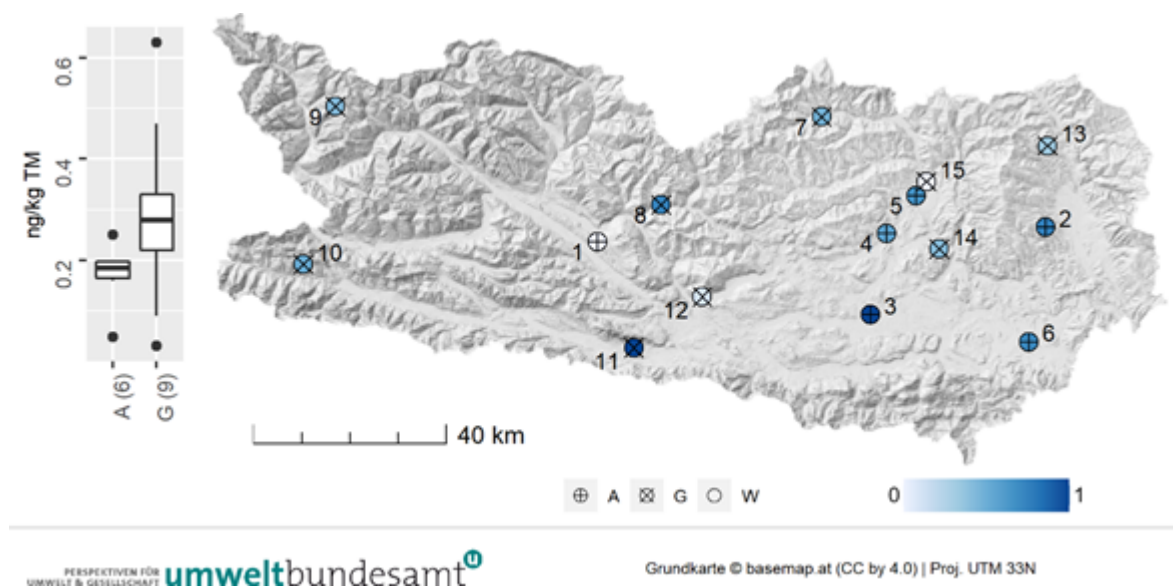
In Abbildung 47 (Boxplot) sind die Schwankungsbreiten der Toxizitätsäquivalente (I-TEQ) der Dioxine und Furane in der jeweiligen Nutzungsklasse dargestellt. Die sechs Ackerstandorte zeigen eine geringe Variationsbreite der I-TEQ-Werte und liegen um 0,2 ng/kg TM. Die Gehalte der Grünlandstandorte zeigen eine höhere Variationsbreite und weisen einen Median von 0,3 ng/kg TM auf. Im Grünland liegt auch der höchste Einzelwert mit knapp über 0,6 ng I-TEQ/kg TM. Die vorliegenden Gehalte liegen unterhalb der

Ergebnisse der Grünlandstudie von industriefernen Standorten mit einem Median von 0,77 ng/kg TM und einem Maximum von 9,33 ng/kg TM (Umweltbundesamt 2008).

Werden die I-TEQ-Werte mit den Werten der Handlungsempfehlungen zur Bodennutzung aus Deutschland verglichen (Bundesumweltministerium 1993), stellt sich folgendes Bild dar: Laut den Handlungsempfehlungen ist bis 5 ng I-TEQ/kg TM (PCDD/F) eine multifunktionale Nutzung des Bodens möglich. Bis 40 ng I-TEQ/kg TM sollen Prüfaufträge und Handlungsempfehlungen erstellt werden und darüber liegende Werte können zur Einschränkung für bestimmte landwirtschaftliche Nutzungen führen (jedoch uneingeschränkte Nutzung bei minimalem Dioxintransfer). Der Richtwert der schweizerischen Verordnung über Belastungen des Bodens (VBBo 1998, Stand 2016) liegt bei 5 ng/kg TM, der Prüfwert bereits bei 20 ng/kg TM.

Alle Acker- und Grünlandstandorte liegen weit unterhalb des Richtwerts von 5 ng/kg TM, womit uneingeschränkte multifunktionale Nutzung möglich ist.

Abbildung 47: PCDD/F-Gehalte (I-TEQ (LB) (li) und untersuchte Standorte in Kärnten (re). Die PCDD/F-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.



Schadstoffgruppe – Polychlorierte Biphenyle – PCB [ndl-PCB (PCB6), dl-PCB]]⁴⁸

Die Schadstoffgruppe der Polychlorierten Biphenyle wird durch zwei Summen unterschiedlicher chemischer Verbindungen dargestellt:

ndl-PCB (PCB6)

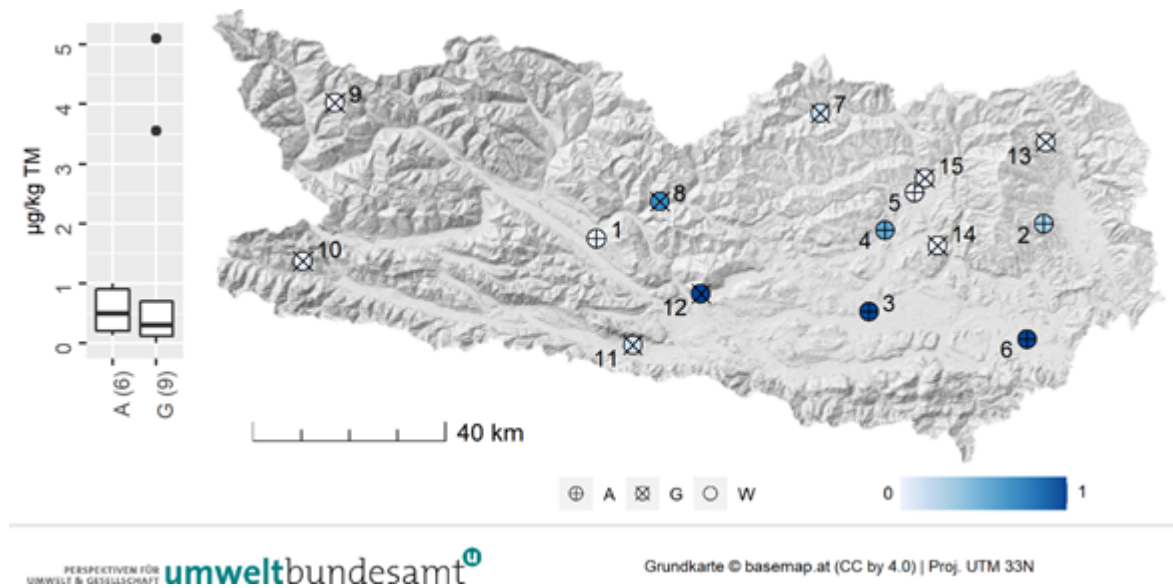
In Abbildung 48 (Boxplot) sind die Schwankungsbreiten der Indikator-PCB (PCB6) in der jeweiligen Nutzungsklasse dargestellt. Die sechs Ackerstandorte zeigen eine geringe Variationsbreite der PCB6-Werte und reichen von ca. 0,1 µg/kg TM bis 0,9 µg/kg TM mit einem Median von 0,5 µg/kg TM. Die Gehalte der Grünlandstandorte zeigen eine höhere Variationsbreite und weisen einen Median von ca. 0,4 µg/kg TM auf, jedoch mit einem Maximum von 5,0 µg/kg TM (Nr. 12).

Der Vorsorgewert (VW) der deutschen Bundesbodenschutzverordnung (BBodSchV 1999) liegt bei 50 µg/kg TM bei einem Humusgehalt < 8 % (Anm. für Acker und Grünland). Die PCB6-Gehalte aller Kärntner Standorte liegen weit unter diesem VW. Für Acker und Grünland liegen die PCB6-Gehalte im Bereich der Hintergrundwerte von Bayern mit 1,4 µg/kg TM (LfU 2011) und auch der Grünlandstudie industrieferner Standorte mit 1,2 µg/kg TM (Umweltbundesamt 2008), mit Ausnahme von zwei Grünlandstandorten (Nr. 8, Nr. 12).

Sowohl die PCB-Gehalte der Acker- als auch der Grünlandstandorte liegen weit unter den Vorsorgewerten.

⁴⁸ ndl: non-dioxin-like PCB, PCB Summe 6 (Ballschmitter-/Indikator-PCB), dl: dioxin-like PCB

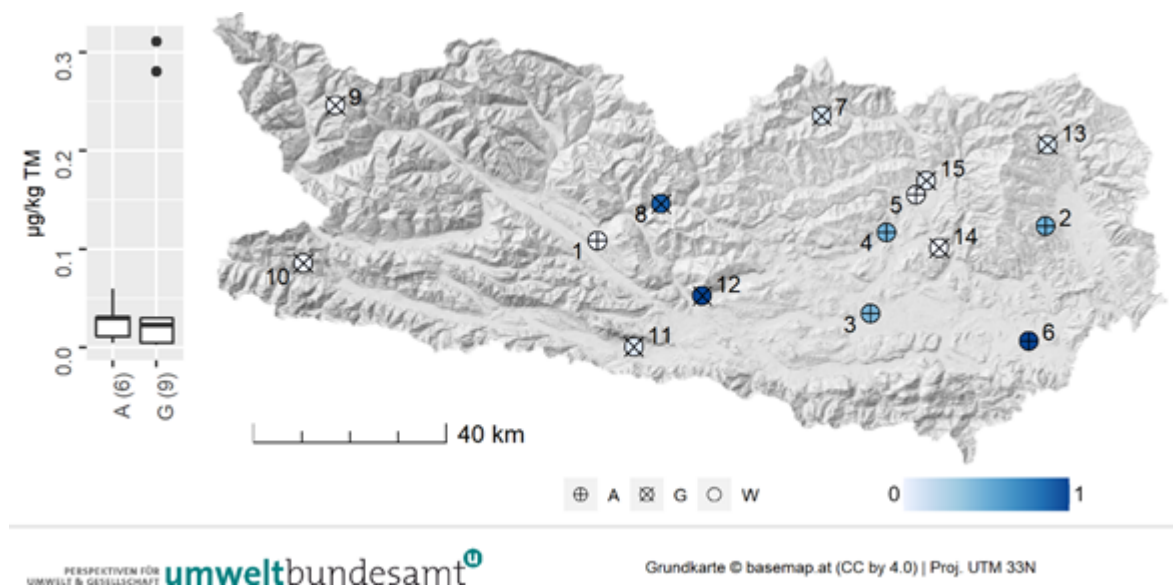
Abbildung 48: Summe der Indikator-PCB6-Gehalte (LB) (li) und untersuchte Standorte in Kärnten (re). Die PCB6-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.



Dioxinähnliche PCB (dl-PCB)

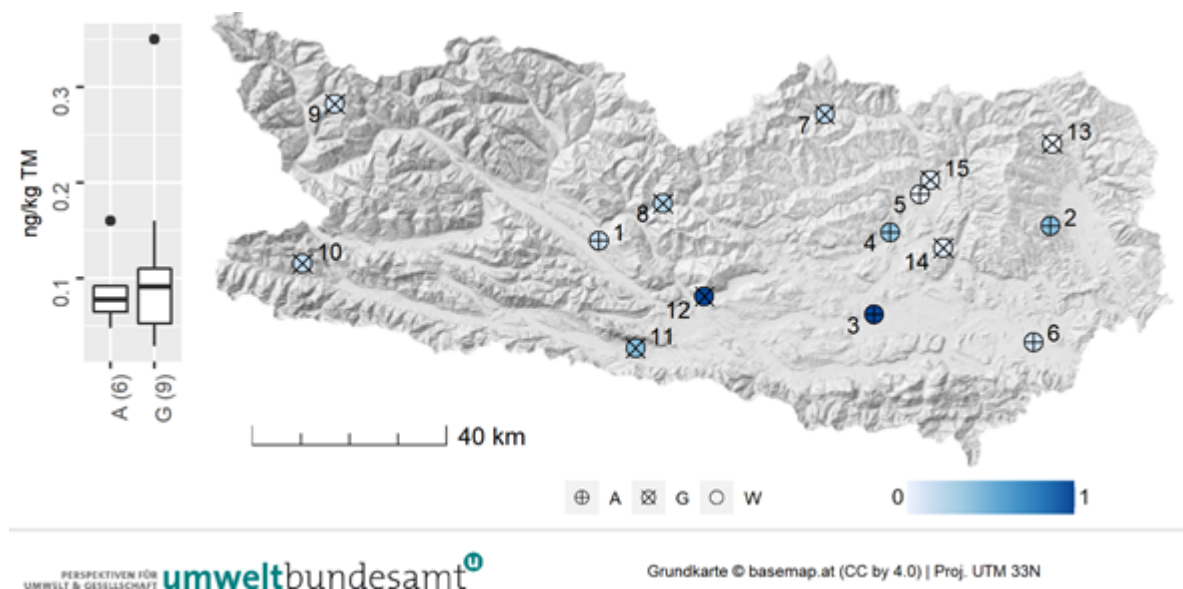
Die dioxinähnlichen PCB (dl-PCB) zeigen eine ähnliche Verteilung wie die PCB6, nur auf einem niedrigeren Niveau (Abbildung 49).

Abbildung 49: Summe der dl-PCB (li) und untersuchte Standorte in Kärnten (re). Die dl-PCB sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.



In Abbildung 50 werden die Toxizitätsäquivalente der dl-PCB dargestellt und weisen beim Grünlandstandort Nr. 12 den höchsten Wert mit ca. 0,35 ng/kg TM auf. Werden die TEQ von PCDD/F (Abbildung 47) und dl-PCB (Abbildung 50) addiert – was gesetzlich nicht korrekt, fachlich jedoch sinnvoll ist, – liegt die Summe bei ca. 0,7 ng TEQ/kg TM (multi-funktionale Nutzung möglich). Das Zusammenfügen der TEQ der PCDD/F und der dl-PCB ist im Bereich Luftschadstoffe (Depositionsmessungen) übliche Praxis (LANUV 2018) und wird auch im Rahmen dieses Forschungsprojektes angewendet.

Abbildung 50: TEQ (WHO) der dl-PCB (LB) (li) und untersuchte Standorte in Kärnten (re). Die TEQ der dl-PCB sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.



Schadstoffgruppe – Pestizide

Die folgenden Pestizide wurden mittels der angewendeten Methode an zumindest einem Standort in Kärnten nachgewiesen:

- Aldrin (Nr. 2),
- o,p'-Dichlordiphenyltrichlorethan (o,p'-DDT) (Nr. 10),
- p,p'-Dichlordiphenyltrichlorethan (p,p'-DDT) (Nr. 1, Nr. 5, Nr. 7, Nr. 10),
- p,p'-Dichlordiphenyldichlorethen (p,p'-DDE) (Nr. 1, Nr. 2, Nr. 5, Nr. 7, Nr. 10, Nr. 12),
- Hexachlorbenzol (HCB) (Nr. 2, Nr. 7, Nr. 9, Nr. 10, Nr. 14),
- cis-Chlordan (Nr. 13),
- Pendimethalin (Nr. 2, Nr. 4, Nr. 5, Nr. 6, Nr. 11).

Die Summe der Pestizide wird in Abbildung 51 dargestellt und zeigt, dass der höchste Wert im Grünland zu finden ist, der Median im Ackerland jedoch über dem von Grünland liegt.

Die nicht nachgewiesenen Pestizide werden nicht dargestellt: Aclonifen, trans-Chlordan, oxy-Chlordan; Dieldrin, Dichlobenil, 2,4'-Dichlordiphenyldichlorethen (2,4'-DDE), alpha-Endosulfan, beta-Endosulfan, Endrin, Fluroxypyr-meptyl, Heptachlor, cis-Heptachlor-epoxid, trans-Heptachlorepid, alpha-Hexachlorcyclohexan, beta- Hexachlorcyclohexan, gamma-Hexachlorcyclohexan (Lindan), Methoxychlor, Mirex, Pentachlorbenzol, Penta-chlorphenol (PCP).

Die durch in Kraft treten des Stockholm-Übereinkommen 2004 (UNEP, UN; 2001) verbotenen Insektizide Aldrin und o,p'-DDT wurden jeweils an einem Ackerstandort (Nr. 2, bzw. Nr. 10) mit einer Konzentration von knapp 0,17 µg/kg TM bzw. 0,14 µg/kg TM nachgewiesen (nicht als eigene Abbildungen dargestellt). Das ebenso verbotene cis-Chlordan wurde an einem Grünlandstandort (Nr. 13) mit 0,1 µg/kg TM nachgewiesen (nicht als eigene Abbildung dargestellt).

p,p'-DDT wurde an vier Standorten nachgewiesen (Abbildung 52) mit einem Maximum von 2,1 µg/kg TM auf einem Grünlandstandort (Nr. 10). p,p'-DDE ist das Abbauprodukt von DDT und deutet daher auf eine frühere Nutzung von DDT hin. p,p'-DDE konnte auf sechs Standorten in Kärnten bestimmt werden (Abbildung 53).

Hexachlorbenzol (HCB) (Abbildung 54) wurde an fünf Standorten nachgewiesen, wobei die höchsten Gehalte in den Grünlandstandorten vorliegen. Der Höchstwert von 2,4 µg/kg TM (Nr. 7) liegt weit über dem Median für HCB in der ORAPOP-Studie von 0,14 µg/kg TM (Kreuzeder et al. 2018) und der Grünlandstudie von 0,039 µg/kg TM (Umweltbundesamt 2008). In der Bodenzustandsinventur Kärnten (Amt der Kärntner Landesregierung 1999) zeigten diese Ackerstandorte 1999 einen Median von 0,2 µg/kg TM und ein Maximum von 1,0 µg/kg TM und diese Grünlandstandorte einen Median von 0,0 µg/kg TM und ein Maximum von 3,9 µg/kg TM. Die aktuellen Gehalte haben sich im Vergleich zu 1999 verringert, wenngleich es auch zu einigen Nutzungsänderungen (z. B. von Grünland zu Ackernutzung) gekommen ist. Die HCB-Gehalte im belasteten Bereich des Kärntner Görschitzals liegen über 10 µg/kg TM und reichen bis zu einem Maximum von 38 µg/kg TM (Umweltbundesamt 2016).

Pendimethalin wurde an vier Ackerstandorten und einem Grünlandstandort mit einem Maximum von 0,78 µg/kg TM nachgewiesen (nicht als eigene Abbildung dargestellt). In

Österreich ist Pendimethalin für die Anwendung als Pflanzenschutzmittel zugelassen. Zu beachten ist, dass Pendimethalin sowohl einem Abbau als auch einer Fixierung im Boden unterliegt (Luks et al. 2020) und die Detektion daher in Abhängigkeit vom Ausbringungszeitpunkt zu sehen ist.

Abbildung 51: Summe Pestizide (li) und untersuchte Standorte in Kärnten (re). Die Pestizide sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.

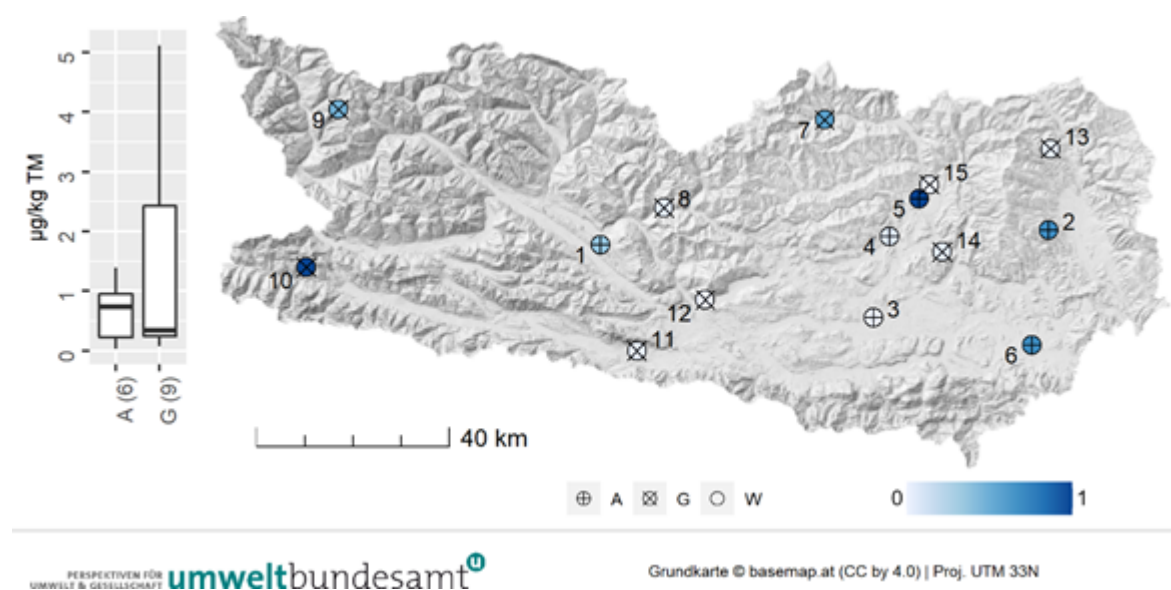


Abbildung 52: p,p'-DDT Dichlordiphenyldichlorethan (li) und untersuchte Standorte in Kärnten (re). p,p'-DDT-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.

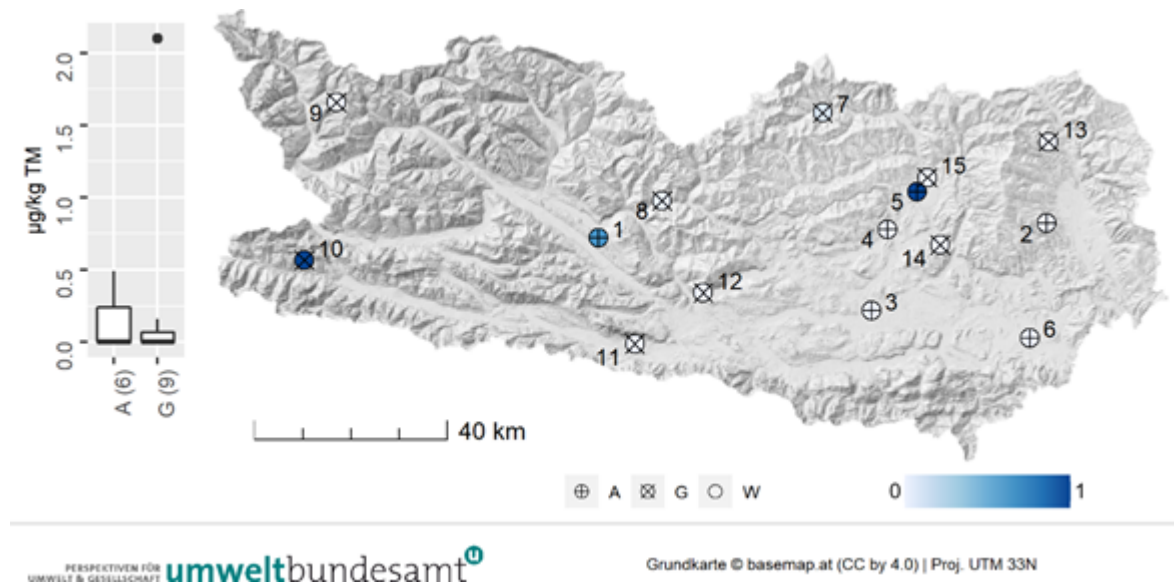


Abbildung 53: p,p'-DDE (li) und untersuchte Standorte in Kärnten (re). p,p'-DDE-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.

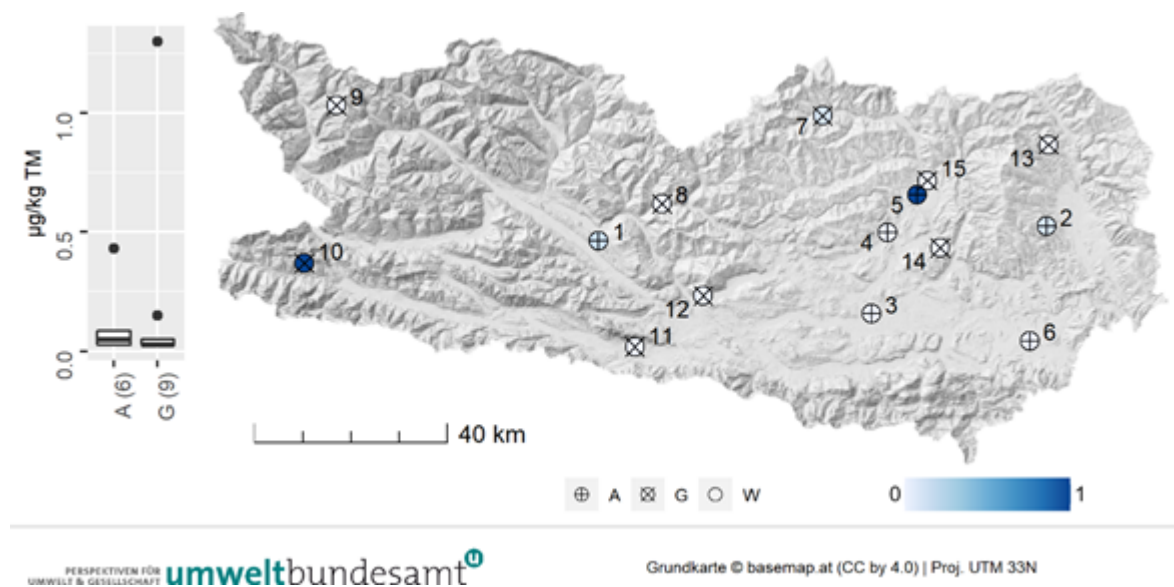
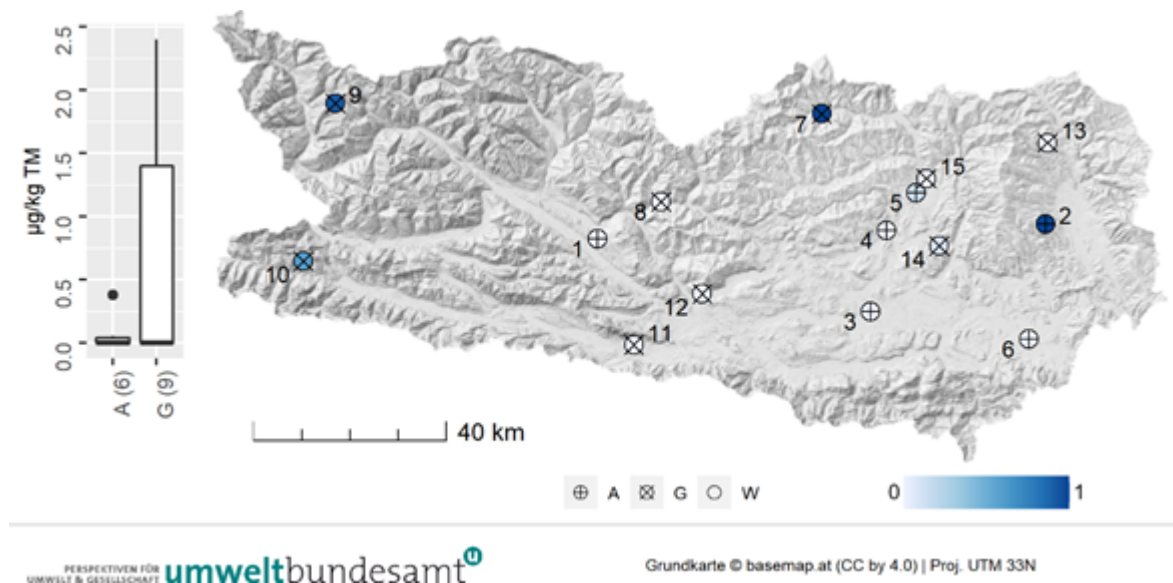


Abbildung 54: Hexachlorbenzol (HCB) (li) und untersuchte Standorte in Kärnten (re). HCB-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.



Schadstoffgruppe der Flammenschutzmittel – Polybromierte Diphenylether – PBDE (Summe PBDE(20), Summe BDE(6); Summe Flammhemmer)

Die Schadstoffgruppe der untersuchten Flammenschutzmittel wird durch drei Summen unterschiedlicher chemischer Verbindungen dargestellt:

Die Summe der 20 PBDE umfasst 20 polybromierte Diphenylether-Verbindungen: BDE 28, BDE 47, BDE 49, BDE 66, BDE 77, BDE 85, BDE 99, BDE 100, BDE 118, BDE 126, BDE 139, BDE 153, BDE 154, BDE 181, BDE 183, BDE 196, BDE 197, BDE 203, BDE 207 und BDE 209. Die Summe der 6 BDE umfasst 6 polybromierte Diphenylether-Verbindungen: BDE 28, BDE 47, BDE 99, BDE 100, BDE 153 und BDE 154.

Die Summe der Flammhemmer umfasst folgende zehn Substanzen: HBB (Hexabrombenzol), PBB 153 (2,2',4,4',5,5'-Hexabrombiphenyl), PBT (Pentabromtoluol), PBEB (Pentabrommethylbenzol), p-TBX (para-Tetrabromxylo), syn-DP (Dechlorane Plus syn), anti-DP (Dechlorane Plus anti), alpha-HBCDD (Hexabromcyclododecan), beta-HBCDD (Hexabromcyclododecan) und gamma-HBCDD (Hexabromcyclododecan).

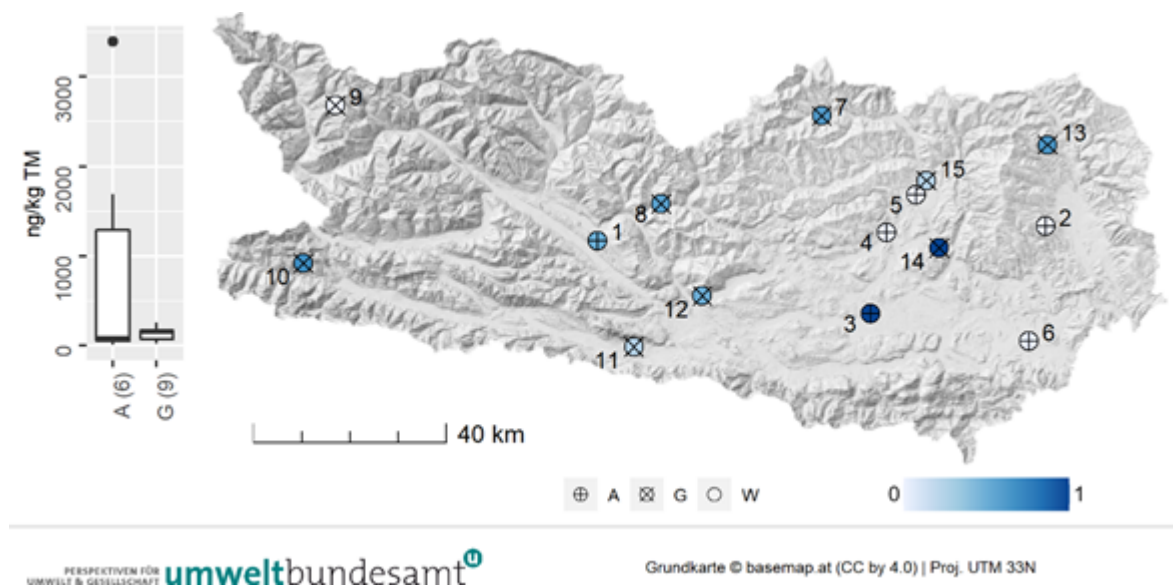
Summen der 20 PBDE

Die höchsten Gehalte liegen auf den Ackerstandorten Nr. 3 (ca. 3,4 µg/kg TM) und Nr. 1 (1,7 µg/kg TM) vor. Den größten Anteil davon macht das BDE-209 (Decabromdiphenylether) mit 2,9 µg/kg TM (Nr. 3) bzw. 1,6 µg/kg TM (Nr. 1) aus (Abbildung 55). Die Gehalte

der Grünlandstandorte zeigen eine geringe Variationsbreite und weisen einen Median von ca. 0,15 µg/kg TM und ein Maximum von ca. 0,26 µg/kg TM.

Die vorliegenden Gehalte (Summe PBDE20; Abbildung 55) der Grünlandstandorte liegen unter den Werten der Grünlandstudie von industriefernen Standorten mit einem Median von 0,36 µg/kg TM und dem Maximum von 5,3 µg/kg TM (Summe PBDE25) (Umweltbundesamt 2008).

Abbildung 55: Summen der PBDE (20) (li) und untersuchte Standorte in Kärnten (re). Die PBDE sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.

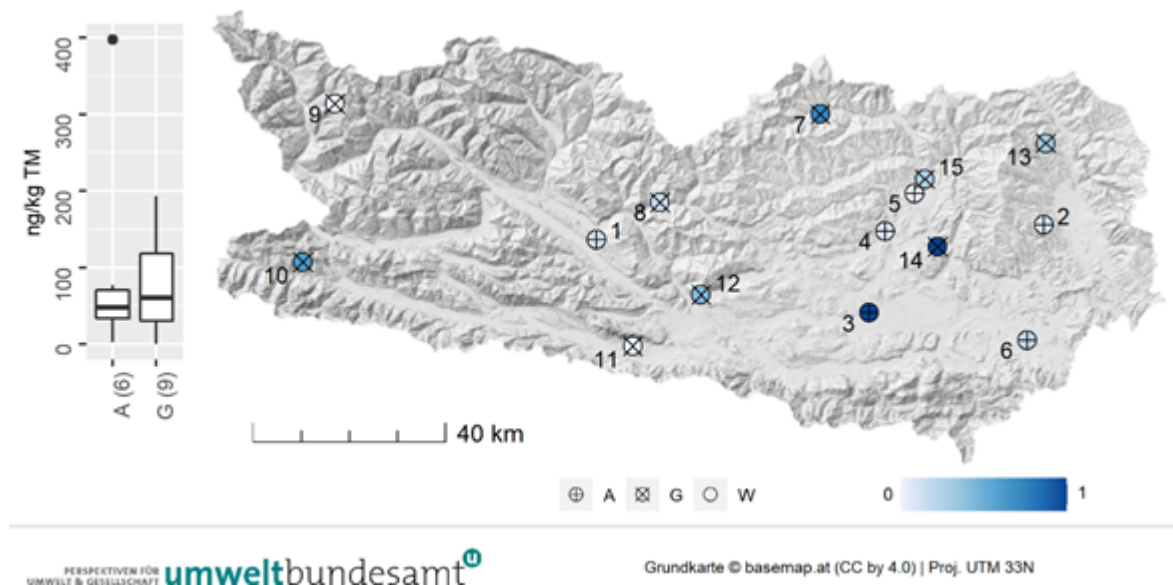


Summen der 6 BDE

In Abbildung 56 ist die Summe der 6 BDE dargestellt, wobei BDE-47 und BDE-99 dabei den größten Mengenanteil ausmachen.

Die Kärntner Ackerstandorte weisen eine relativ hohe Variationsbreite bei einem Median von 0,05 µg/kg TM und einem Maximum von 0,4 µg/kg TM (Nr. 3) auf. Der Median der Grünlandstandorte liegt über dem der Ackerstandorte mit ca. 0,06 µg/kg TM und das Maximum liegt bei 0,19 µg/kg TM (Nr. 14).

Abbildung 56: Summe BDE (6) (li) und untersuchte Standorte in Kärnten (re). Die BDE6 sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.



Summe der Flammhemmer

Die Ackerstandorte weisen eine sehr geringe Variationsbreite und auch einen geringen Median von ca. 0,07 $\mu\text{g/kg TM}$ und ein Maximum von 0,3 $\mu\text{g/kg TM}$ auf. Der Median der Grünlandstandorte liegt über dem der Ackerstandorte mit ca. 0,13 $\mu\text{g/kg TM}$, jedoch mit einem Maximum von 6,7 $\mu\text{g/kg TM}$ am Standort Nr. 12. Die Summen der Flammhemmer sind in Abbildung 57 dargestellt.

Den größten Anteil der Summe der Flammhemmer machen die Dechlorane (syn-DP und anti-DP) aus und stellen bis zu 100 % der Flammhemmer dar (Abbildung 58). Einzig beim Standort Nr. 3 fällt ein Wert für HBCDD auf (Abbildung 59).

Abbildung 57: Summen der Flammhemmer(li) und untersuchte Standorte in Kärnten (re). Die Flammhemmer sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.

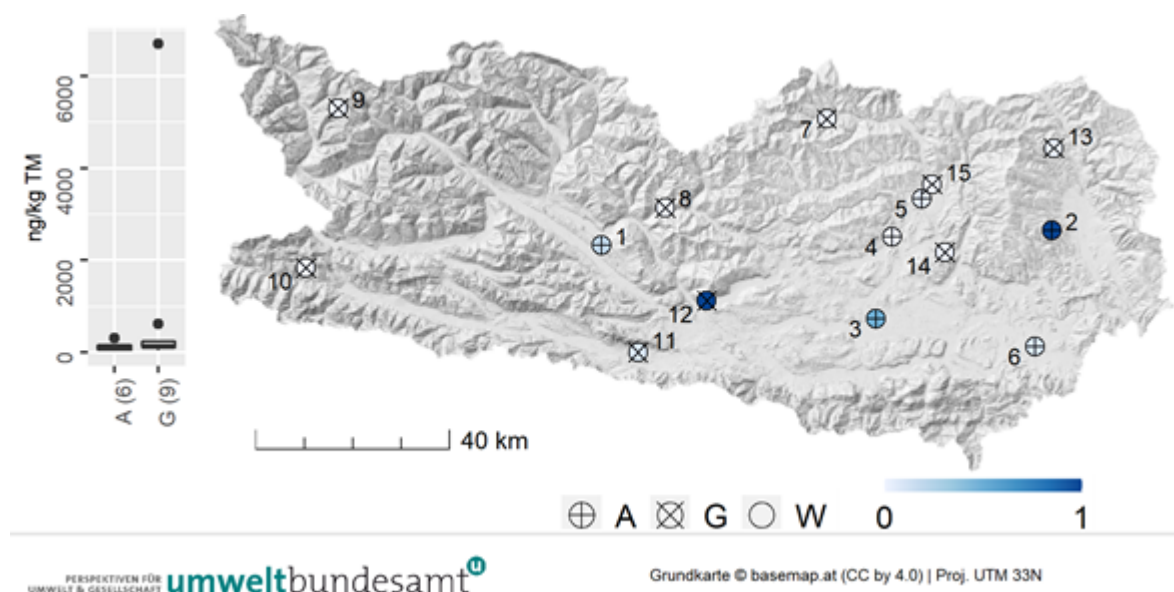


Abbildung 58: Summen Dechlorane (syn-DP, anti-DP) (li) und untersuchte Standorte in Kärnten (re). Die Dechlorane sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.

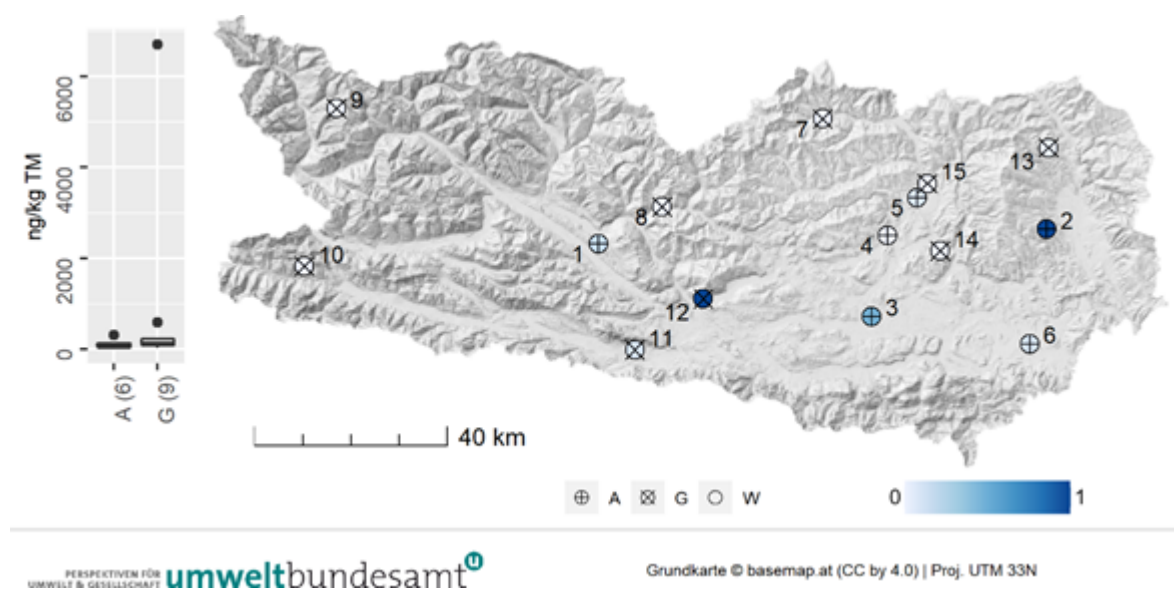
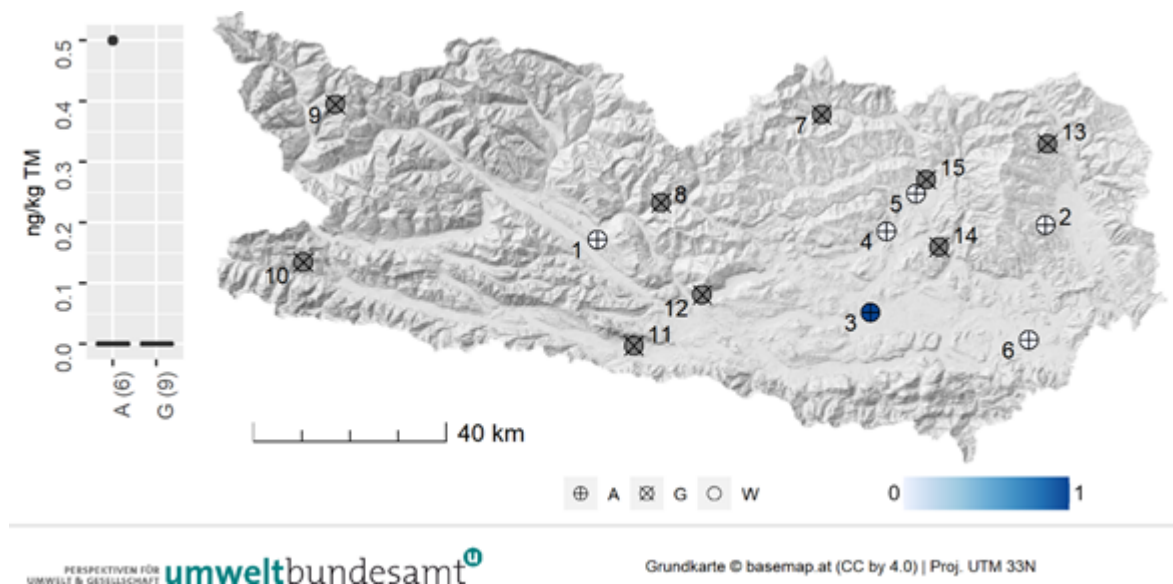


Abbildung 59: Summen Hexabromcyclododecane (alpha-, beta- und gamma-HBCDD) (li) und untersuchte Standorte in Kärnten (re). Die HBCDD sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.



Schadstoffgruppe – Per- und polyfluorierte Substanzen – PFAS (PFOS, PFOA)

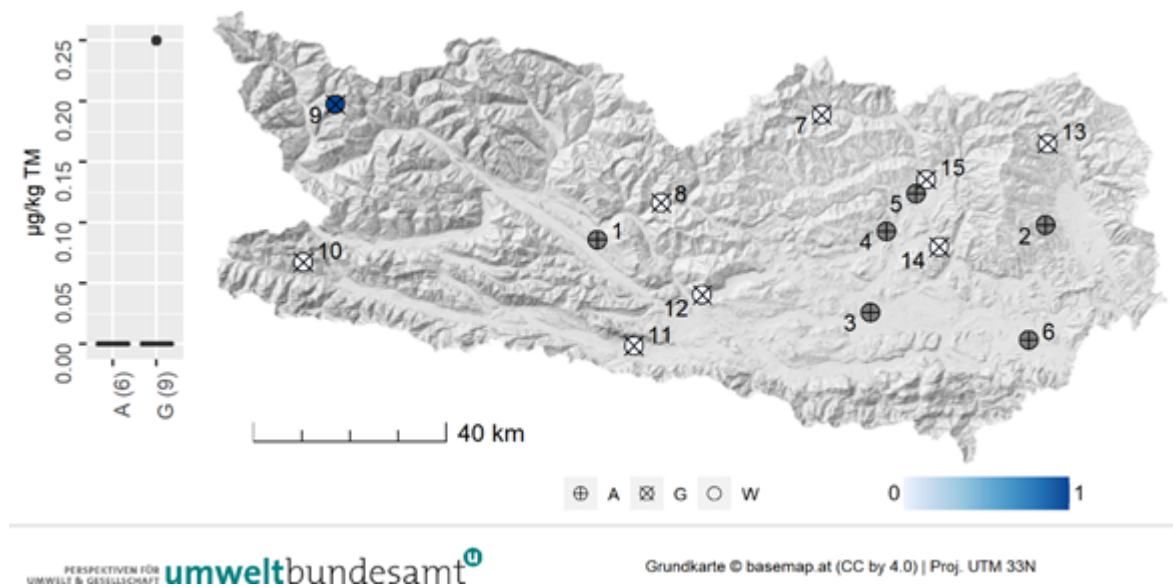
Aus der Schadstoffgruppe der Perfluorierten Alkylsubstanzen (PFAS) wurden 20 Verbindungen gemessen: PFBA (Perfluorbutanoat), PFPA (Perfluorpentanoat), PFHxA (Perfluorhexanoat), PFHpA (Perfluorheptanoat), PFOA (Perfluoroctanoat, Perfluoroktansäure), PFNA (Perfluornonanoat), PFDA (Perfluordecanoat), PFUnA (Perfluorundecanoat), PFDoA (Perfluordodecanoat), PFBS (Perfluorbutansulfonat), PFPeS (Perfluorpentansulfonat), PFHxS (Perfluorhexansulfonat), PFHpS (Perfluorheptansulfonat), PFOS (Perfluoroctansulfonat, Perfluoroktansulfonsäure), PFDS (Perfluordecansulfonat), PFOSA (Perfluoroctansulfonsäureamid), PF8S_A (N-Ethyl-Perfluoroctansulfonamid), PFTrA (Perfluortridecanoat), PFTA (Perfluortetradecanoat) und PFNS (Perfluornonasulfonat).

Von diesen wurde auf fünf Kärntner Ackerstandorten und auf einem Grünlandstandort PFBS (Perfluorbutansulfonat) nachgewiesen. PFOA (Perfluoroctansäure) wurde auf einem Grünlandstandort über der Nachweisgrenze, jedoch unter der Bestimmungsgrenze nachgewiesen. Die üblicherweise am häufigsten auftretenden Substanzen PFOS und PFOA konnten auf keinem Standort über der Bestimmungsgrenze bestimmt werden.

Perfluoroktansäure (PFOA, PF8A)

Im Folgenden wird Perfluoroktansäure (PFOA, PF8A) dargestellt (Abbildung 60). PFOA konnte nur einmal über der Nachweisgrenze, jedoch unter der Bestimmungsgrenze nachgewiesen werden.

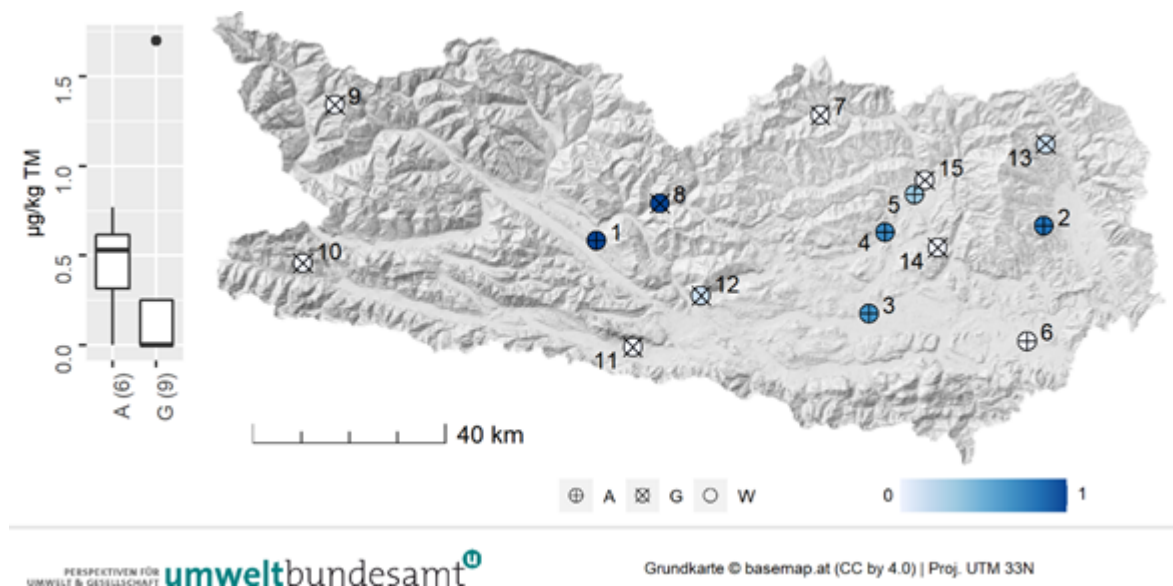
Abbildung 60: Perfluoroktansäure (PFOA) (li) und untersuchte Standorte in Kärnten (re). Die PFOA-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.



Perfluorbutansulfonat (PFBS)

PFBS liegt auf den Ackerstandorten zwischen 0,51 und 0,77 $\mu\text{g/kg TM}$ vor. Der höchste Wert kommt auf dem Grünlandstandort Nr. 8 mit 1,7 $\mu\text{g/kg TM}$ vor (Abbildung 61). Durch eine Wiederholungsmessung sollten die Gehalte verifiziert werden.

Abbildung 61: Perfluorbutansulfonsäure (PFBS) (li) und untersuchte Standorte in Kärnten (re). Die PFBS-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.



Zusammenfassung Kärnten

In Kärnten gibt es auffällige Konzentrationen an einzelnen Grünlandstandorten bei folgenden Schadstoffen:

- Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAH)
- Polychlorierte Biphenyle (PCB6)
- p,p'-Dichlordiphenyltrichlorethan (p,p'-DDT)
- p,p'-Dichlordiphenyldichlorethen (p,p'-DDE)
- Hexachlorbenzol (HCB)
- PFBS (Perfluorbutansulfonat)
- Summe Dichloran-Plus (DP)

In Kärnten gibt es auffällige Konzentrationen an einzelnen Ackerstandorten bei folgenden Schadstoffen:

- Summe BDE

Die gemessenen Konzentrationen übersteigen keine derzeit in Österreich vorliegenden gesetzlich festgelegten Grenzwerte.

Es wird empfohlen an folgenden Standorten der Herkunft der jeweiligen Schadstoffe bzw. Schadstoffgruppen nachzugehen:

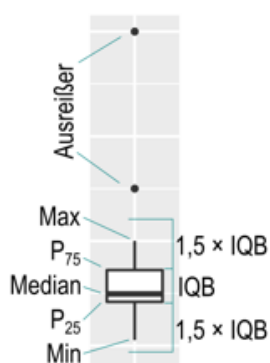
Ackerstandort: Nr. 3; Grünlandstandort Nr. 7, Nr. 8, Nr. 10, Nr. 12.

7.3.4 Oberösterreich

In Oberösterreich wurden 15 Standorte untersucht, wovon sich zehn auf Acker- und fünf auf Grünlandboden befinden. Die Verteilung erfolgte entlang von zwei Achsen, die vom südlichsten zum nördlichsten bzw. westlichsten zum östlichsten Punkt der Bodenzustandsinventur in Oberösterreich gelegt wurden. Es wurden keine Waldstandorte untersucht, dies ist auch im Rahmen der Oberösterreichischen Bodenzustandsinventur nicht vorgesehen. Bodenuntersuchungen im Wald liegen in der Kompetenz des Bundes (Forstgesetz), und es wird für diesbezügliche Untersuchungen auf das Bundesforschungszentrum für Wald verwiesen.

Im Folgenden werden die Ergebnisse den Schadstoffgruppen entsprechend beschrieben und bewertet. In Abbildung 62 ist eine Lesehilfe für die Boxplot-Abbildungen dargestellt.

Abbildung 62: Beispiel-Boxplot als Lesehilfe



Die Enden der Linien (whiskers) stellen Minimum und Maximum der Beobachtungen ohne Ausreißer dar. Ausreißer sind von der Oberkante (P₇₅) bzw. Unterkante (P₂₅) mindestens das 1,5fache des Interquartilsbereichs (IQB = Boxhöhe) entfernt und sind als Punkte dargestellt.

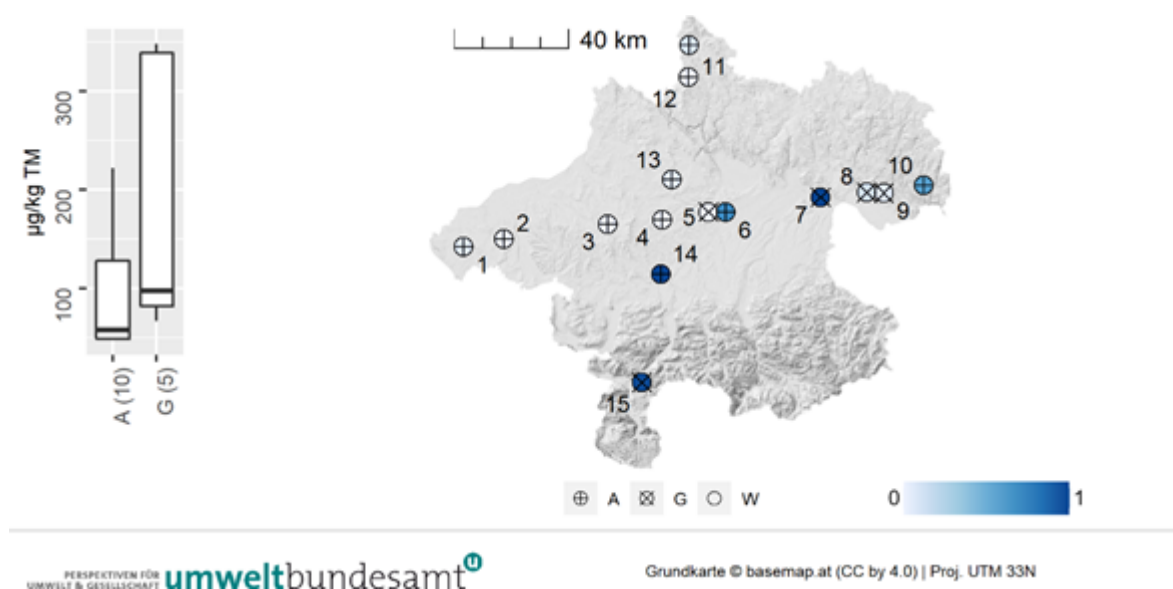
Schadstoffgruppe – Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe – PAH (Summe PAH16)

In Abbildung 63 (Boxplot) sind die Schwankungsbreiten der Summe der PAH16 in der jeweiligen Nutzungsklasse dargestellt. Die zehn Ackerstandorte zeigen eine geringe Variationsbreite der PAH16-Gehalte und weisen einen Median von ca. 57 $\mu\text{g/kg TM}$ auf. Auch die Gehalte der Grünlandstandorte zeigen eine geringe Variationsbreite, weisen einen Median von ca. 97 $\mu\text{g/kg TM}$ und einen Höchstwert von knapp 350 $\mu\text{g/kg TM}$ auf.

Der Richtwert der schweizerischen Verordnung über Belastungen des Bodens (VBBo 1998, Stand 2016) liegt für PAH16 bei 1.000 $\mu\text{g/kg TM}$, der Vorsorgewert (VW) der Vorarlberger Bodenqualitätsverordnung (LGBI. Nr. 77/2018) liegt bei 2.000 $\mu\text{g/kg TM}$ und der VW der deutschen Bundesbodenschutzverordnung (BBodSchV, 1999) liegt bei 3.000 $\mu\text{g/kg TM}$ bei einem Humusgehalt < 8 % (Anm. für Acker und Grünland). Sowohl die PAH16-Gehalte der Acker- als auch der Grünlandstandorte liegen weit unter den Richt- bzw. Vorsorgewerten.

Bei den Grünlandstandorten liegt sowohl der Median mit ca. 97 $\mu\text{g/kg TM}$ unter dem Median der ORAPOP-Studie aus Salzburg mit 133 $\mu\text{g/kg TM}$, als auch der höchste Wert von 350 $\mu\text{g/kg TM}$ weit unter dem Maximum der ORAPOP - Studie (1.682 $\mu\text{g/kg TM}$) (Kreuzeder et al. 2018).

Abbildung 63: PAH-Gehalte (li) und untersuchte Standorte in Oberösterreich (re). Die PAH-Gehalte sind innerhalb der Nutzungsklasse normiert dargestellt.



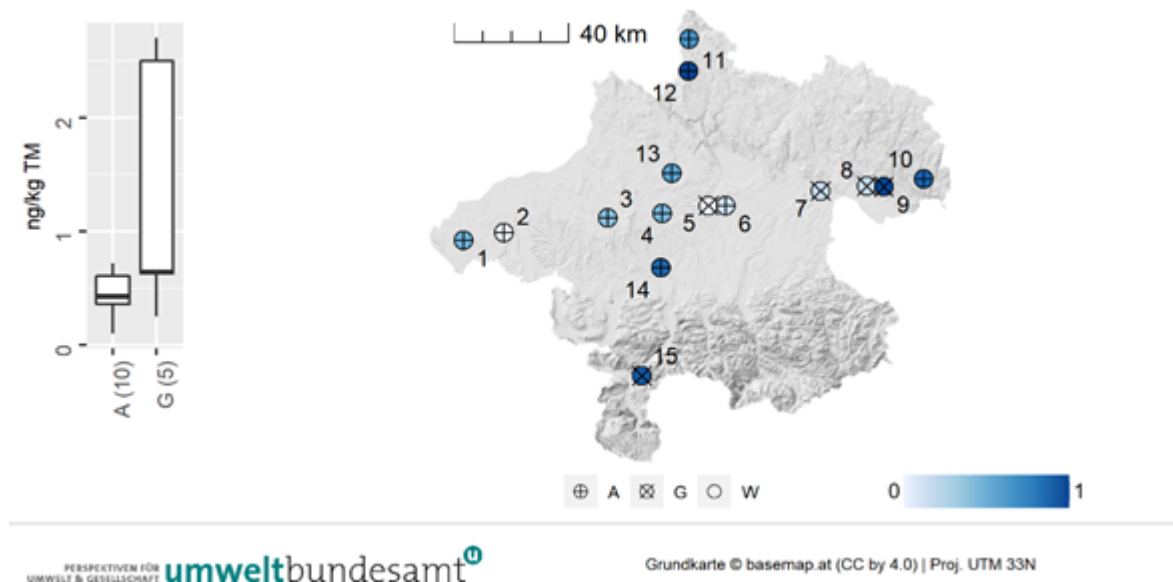
Schadstoffgruppe – Polychlorierte Dibenzo-*p*-Dioxine und Dibenzofurane – PCDD/F (I-TEQ, lower bound (LB))

In Abbildung 64 (Boxplot) sind die Schwankungsbreiten der Toxizitätsäquivalente (I-TEQ) der Dioxine und Furane in der jeweiligen Nutzungsklasse dargestellt. Die zehn Ackerstandorte zeigen eine sehr geringe Variationsbreite der I-TEQ-Werte und liegen um den Median von ca. 0,5 ng/kg TM. Die Gehalte der Grünlandstandorte zeigen eine höhere Variationsbreite und weisen einen Median von 0,7 ng/kg TM auf. Im Grünland liegt auch der höchste Einzelwert mit über 2,7 ng I-TEQ/kg TM auf dem Standort Nr. 9. Die vorliegenden Gehalte liegen im selben Bereich der Ergebnisse der Grünlandstudie von industriiefernen Standorten mit einem Median von 0,77 ng/kg TM, jedoch weit unter dem Maximum von 9,33 ng/kg TM (Umweltbundesamt 2008).

Werden die I-TEQ-Werte mit den Werten der Handlungsempfehlungen zur Bodennutzung aus Deutschland verglichen (Bundesumweltministerium 1993), stellt sich folgendes Bild dar: Laut den Handlungsempfehlungen ist bis 5 ng I-TEQ/kg TM (PCDD/F) eine multifunktionale Nutzung des Bodens möglich. Bis 40 ng I-TEQ/kg TM sollen Prüfaufträge und Handlungsempfehlungen erstellt werden, und darüber liegende Werte können zur Einschränkung für bestimmte landwirtschaftliche Nutzungen führen (jedoch uneingeschränkte Nutzung bei minimalem Dioxintransfer). Der Richtwert der schweizerischen Verordnung über Belastungen des Bodens (VBBo 1998, Stand 2016) liegt bei 5 ng/kg TM, der Prüfwert bereits bei 20 ng/kg TM.

Alle Acker- und Grünlandstandorte liegen unterhalb des Richtwerts von 5 ng/kg TM, womit uneingeschränkte multifunktionale Nutzung möglich ist.

Abbildung 64: PCDD/F-Gehalte (I-TEQ (LB) (li) und untersuchte Standorte in Oberösterreich (re). Die PCDD/F-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.



Schadstoffgruppe – Polychlorierte Biphenyle – PCB [ndl-PCB (PCB6), dl-PCB] ⁴⁹

Die Schadstoffgruppe der Polychlorierten Biphenyle wird durch zwei Summen unterschiedlicher chemischer Verbindungen dargestellt:

ndl-PCB (PCB6)

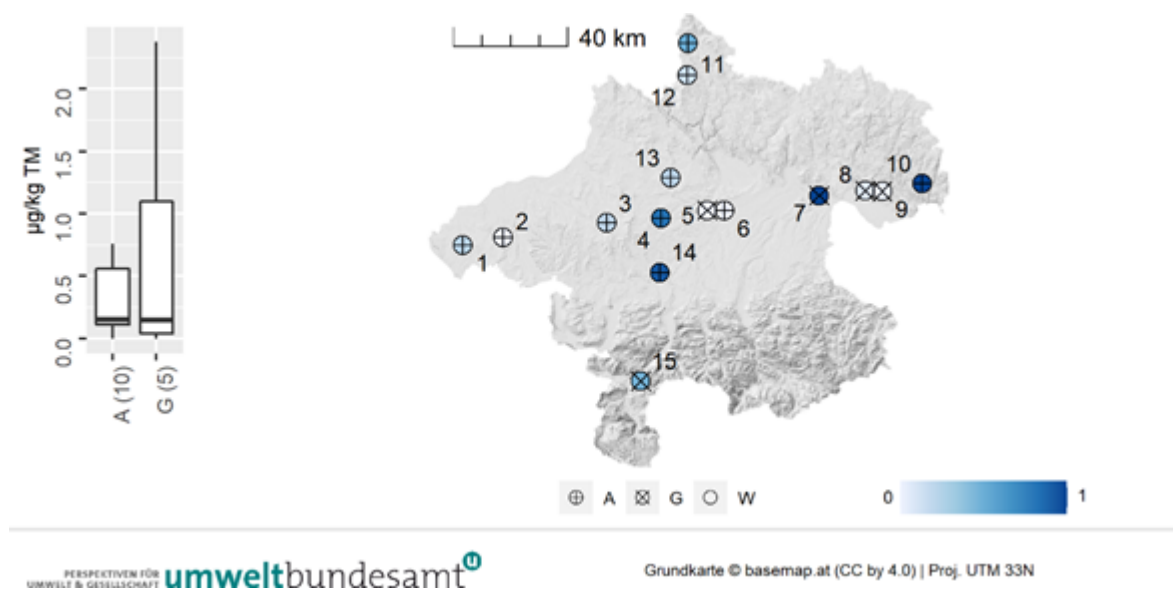
In Abbildung 65 (Boxplot) sind die Schwankungsbreiten der Indikator-PCB (PCB6) in der jeweiligen Nutzungsklasse dargestellt. Die zehn Ackerstandorte zeigen eine geringe Variationsbreite der PCB6-Werte und reichen von ca. 0,1 µg/kg TM bis 0,8 µg/kg TM mit einem Median von 0,15 µg/kg TM. Die Gehalte der Grünlandstandorte zeigen eine höhere Variationsbreite und weisen einen Median von ca. 0,2 µg/kg TM auf, jedoch mit einem Maximum von 2,3 µg/kg TM (Nr. 7).

Der Vorsorgewert (VW) der deutschen Bundesbodenschutzverordnung (BBodSchV 1999) liegt bei 50 µg/kg TM bei einem Humusgehalt < 8 % (Anm. für Acker und Grünland). Die PCB6-Gehalte aller oberösterreichischen Standorte liegen weit unter diesem VW. Für Acker und Grünland liegen die PCB6-Gehalte im Bereich der Hintergrundwerte von Bayern

⁴⁹ ndl: non-dioxin-like PCB, PCB Summe 6 (Ballschmitter-/Indikator-PCB), dl: dioxin-like PCB

mit 1,4 µg/kg TM (LfU 2011) und auch der Grünlandstudie industrieferner Standorte mit 1,2 µg/kg TM (Umweltbundesamt 2008), mit Ausnahme des Grünlandstandorts Nr. 7, der mit 2,3 µg/kg TM gering darüber liegt.

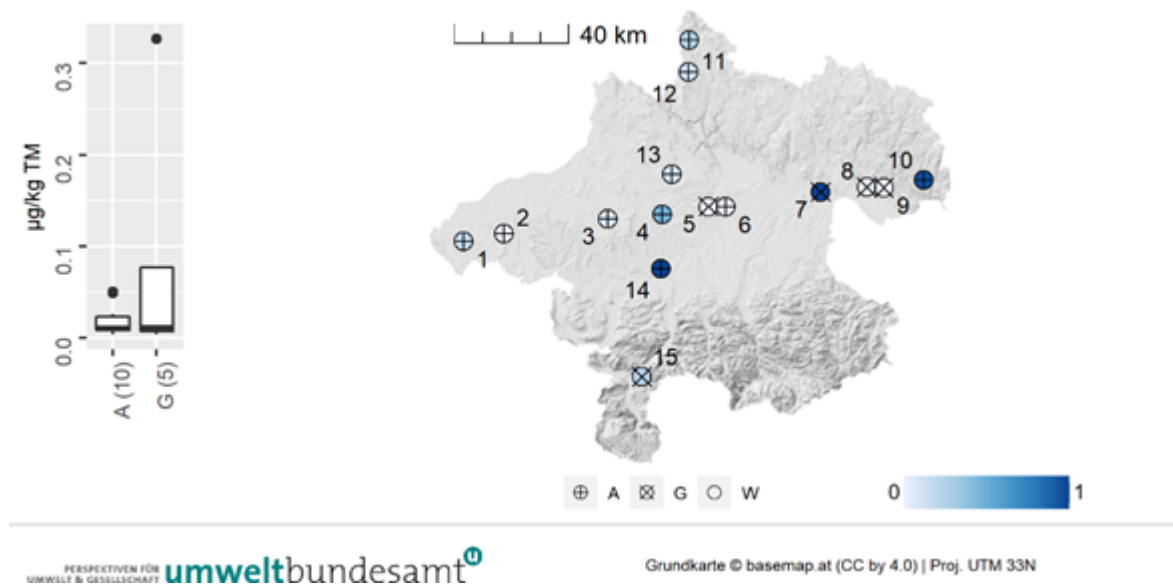
Abbildung 65: Summe der Indikator-PCB6-Gehalte (LB) (li) und untersuchte Standorte in Oberösterreich (re). Die PCB6-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.



Dioxinähnliche PCB (dl-PCB)

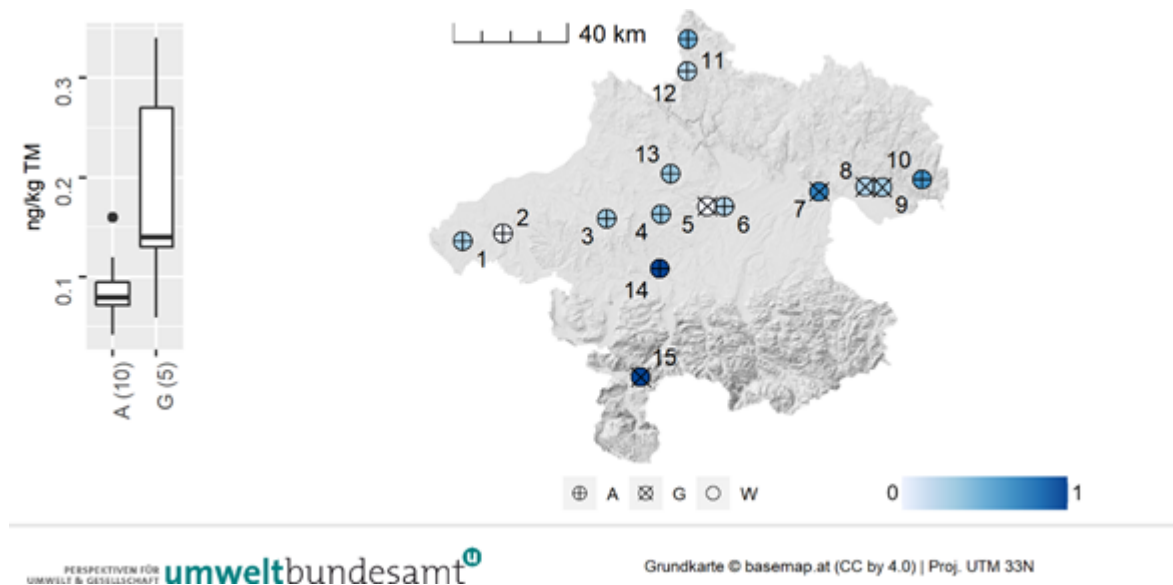
Die dioxinähnlichen PCB (dl-PCB) zeigen eine ähnliche Verteilung wie die PCB6, nur auf einem niedrigeren Niveau (Abbildung 66).

Abbildung 66: Summe der dl-PCB (li) und untersuchte Standorte in Oberösterreich (re). Die dl-PCB sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.



In Abbildung 67 werden die Toxizitätsäquivalente der dl-PCB dargestellt. Sie weisen beim Grünlandstandort Nr. 15 den höchsten Wert mit ca. 0,34 ng/kg TM auf. Werden die TEQ von PCDD/F (Abbildung 64) und dl-PCB (Abbildung 67) addiert, liegt die Summe bei ca. 0,5 ng TEQ/kg TM, wo entsprechend den Handlungsempfehlungen aus Deutschland multifunktionale Nutzung möglich ist (Bundesumweltministerium 1993). Das Zusammenfügen der TEQ der PCDD/F und der dl-PCB ist im Bereich Luftschadstoffe (Depositionsmessungen) übliche Praxis (LANUV 2018) und wird auch im Rahmen dieses Forschungsprojektes angewendet.

Abbildung 67: TEQ (WHO) der dl-PCB (LB) (li) und untersuchte Standorte in Oberösterreich (re). Die TEQ der dl-PCB sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.



Schadstoffgruppe – Pestizide

Die folgenden Pestizide und Metaboliten wurden mittels der angewendeten Methode an zumindest einem Standort in Oberösterreich nachgewiesen bzw. bestimmt:

- p,p'-Dichlordiphenyltrichlorethan (p,p'-DDT) (Nr. 4, Nr. 7, Nr. 13, Nr. 15),
- p,p'-Dichlordiphenyldichlorethen (p,p'-DDE) (Nr. 4, Nr. 5, Nr. 7, Nr. 8, Nr. 10, Nr. 13, Nr. 14, Nr. 15),
- Hexachlorbenzol (HCB) (Nr. 1, Nr. 6, Nr. 7, Nr. 10, Nr. 14, Nr. 15),
- Pentachlorbenzol (Nr. 12, Nr. 15),
- cis-Chlordan (Nr. 8, Nr. 9, Nr. 10, Nr. 11, Nr. 13, Nr. 14, Nr. 15),
- Pendimethalin (Nr. 1, Nr. 4, Nr. 6, Nr. 7, Nr. 8, Nr. 11, Nr. 13, Nr. 14).

Die Summe der Pestizide wird in Abbildung 68 dargestellt.

Folgende Pestizide wurden an keinem Standort nachgewiesen: Aclonifen, Aldrin, trans-Chlordan, oxy-Chlordan, Dieldrin, Dichlobenil, o,p'-Dichlordiphenyltrichlorethan (o,p'-DDT), 2,4'-Dichlordiphenyldichlorethen (2,4'-DDE), alpha-Endosulfan, beta-Endosulfan, Endrin, Fluroxypyr-meptyl, Heptachlor, cis-Heptachlorepoxyd, trans-Heptachlorepoxyd, alpha-Hexachlorcyclohexan, beta-Hexachlorcyclohexan, gamma-Hexachlorcyclohexan (Lindan), Methoxychlor, Mirex, Pentachlorphenol (PCP).

p,p'-DDE ist das Abbauprodukt von DDT und deutet daher auf eine frühere Nutzung von DDT hin. p,p'-DDE konnte auf acht Standorten in Oberösterreich bestimmt werden (Abbildung 70). Am Ackerstandort Nr. 13 liegt der höchste Wert mit 0,26 µg/kg TM. p,p'-DDT wurde nur an vier Standorten mit dem Höchstwert von 0,71 µg/kg TM (Nr. 4) und 0,41 µg/kg TM (Nr. 13) detektiert (Abbildung 69).

Hexachlorbenzol (HCB) (Abbildung 71) wurde an sechs Standorten nachgewiesen, wobei sich nur der Ackerstandort Nr. 6 mit dem höchsten Gehalt von 1,2 µg/kg TM abhebt. Bei den Grünlandstandorten liegen alle Werte nahe am Median von 0,06 µg/kg TM. Grünlandstandorte betreffend liegt der Median für HCB in der ORAPOP - Studie bei 0,14 µg/kg TM (Kreuzeder et al. 2018) und bei der Grünlandstudie bei 0,039 µg/kg TM (Umweltbundesamt 2008).

Pentachlorbenzol wurde an zwei Standorten über der Bestimmungsgrenze (> BG) nachgewiesen, jeweils ein Ackerstandort (Nr. 12) und ein Grünlandstandort (Nr. 15) (Abbildung 72). Der höchste Gehalt liegt mit 0,23 µg/kg TM unter dem Median für Pentachlorbenzol der ORAPOP-Studie (0,44 µg/kg TM) (Kreuzeder et al. 2018) und auch unter dem Median der Grünlandstudie (0,26 µg/kg TM) (Umweltbundesamt 2008).

cis-Chlordan, das ebenso wie DDT, HCB und Pentachlorbenzol durch das Stockholm-Übereinkommen 2004 (UNEP, UN; 2001) verboten wurde, ist auf sieben Standorten nachweisbar (Abbildung 73). Der höchste Gehalt liegt auf dem Grünlandstandort Nr. 8 mit 0,29 µg/kg TM vor.

Pendimethalin wurde auf sechs Ackerstandorten detektiert. Der Median liegt bei 0,25 µg/kg TM und das Maximum bei 1,2 µg/kg TM (Nr. 11). Der höchste Wert im Grünland liegt bei Nr. 7 mit 0,29 µg/kg TM nahe dem Median der Ackerstandorte (Abbildung 74). In Österreich ist Pendimethalin für die Anwendung als Pflanzenschutzmittel zugelassen. Zu beachten ist, dass Pendimethalin sowohl einem Abbau als auch einer Fixierung im Boden unterliegt (Luks et al. 2020) und die Detektion daher in Abhängigkeit vom Ausbringungszeitpunkt zu sehen ist.

Abbildung 68: Summe Chlorpestizide (li) und untersuchte Standorte in Oberösterreich (re). Die Chlorpestizide sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.

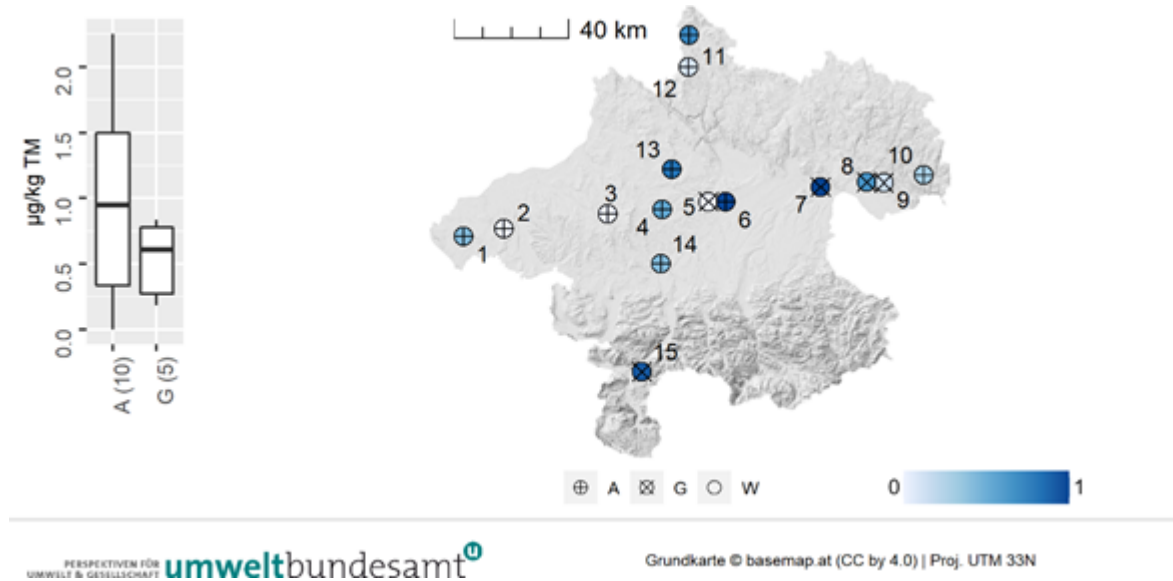


Abbildung 69: p,p'-DDT Dichlordiphenyltrichlorethan (p,p'-DDT) (li) und untersuchte Standorte in Oberösterreich (re). p,p'-DDT-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.

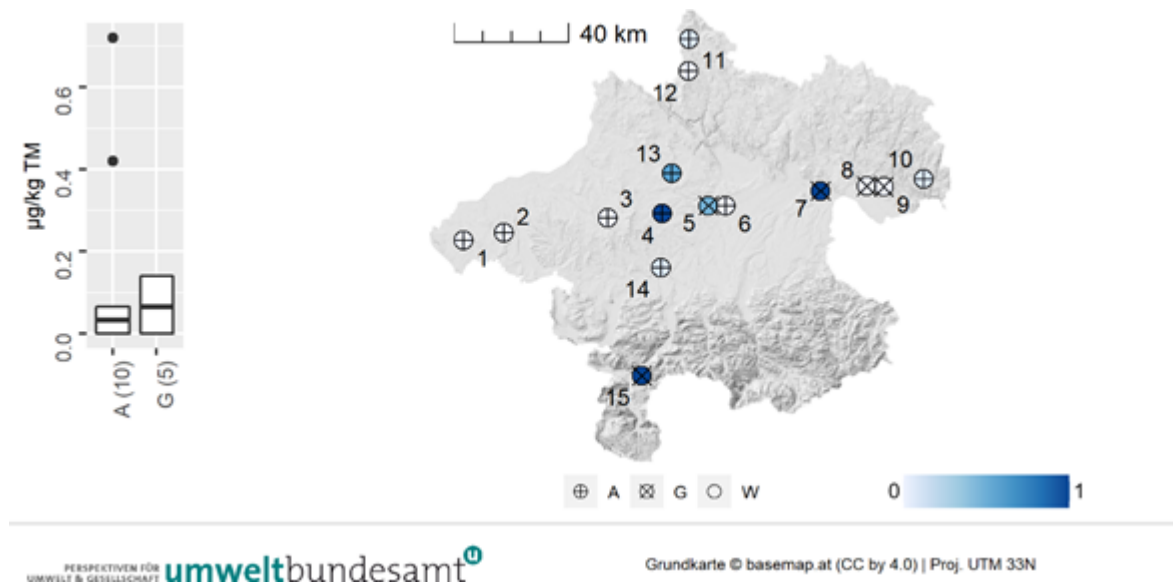


Abbildung 70: p,p'-Dichlordiphenyldichlorethen (p,p'-DDE) (li) und untersuchte Standorte in Oberösterreich (re). p,p'-DDE-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.

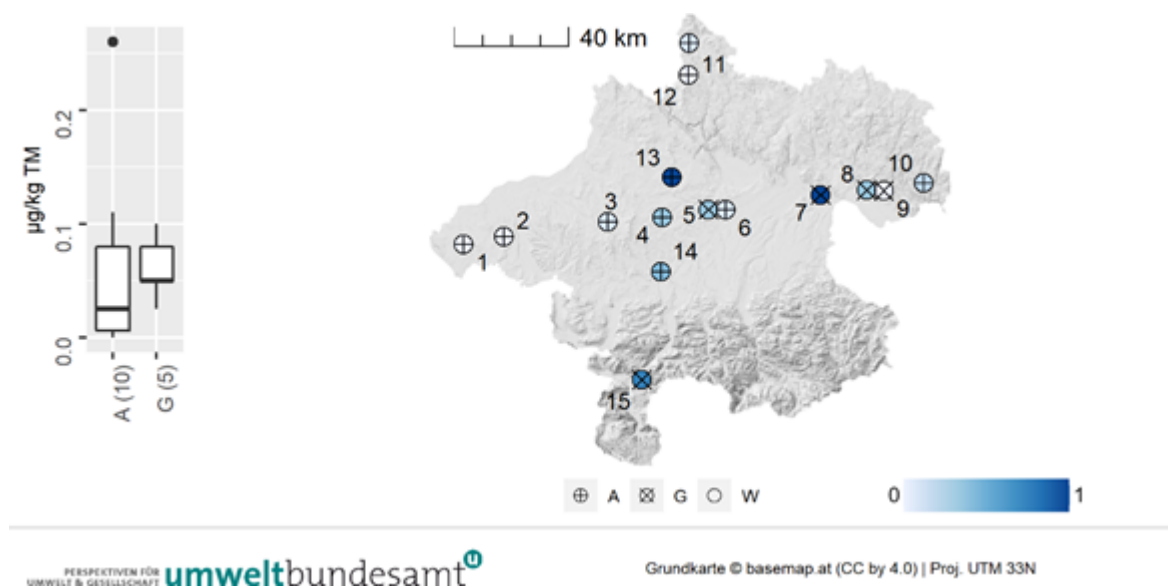


Abbildung 71: Hexachlorbenzol (HCB) (li) und untersuchte Standorte in Oberösterreich (re). HCB ist auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.

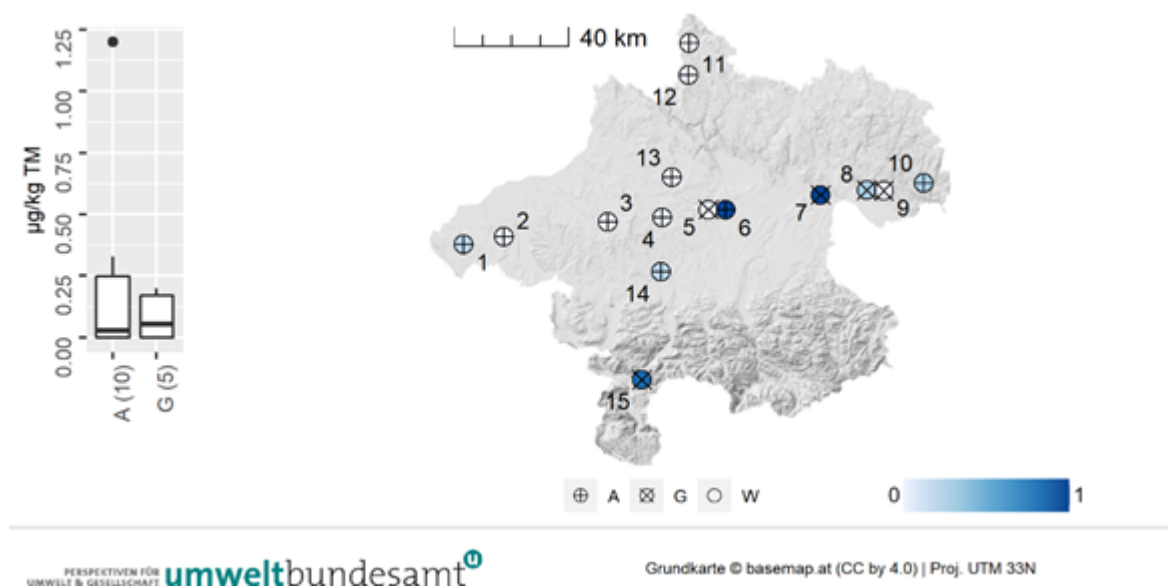


Abbildung 72: Pentachlorbenzol (li) und untersuchte Standorte in Oberösterreich (re). Pentachlorbenzol ist auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.

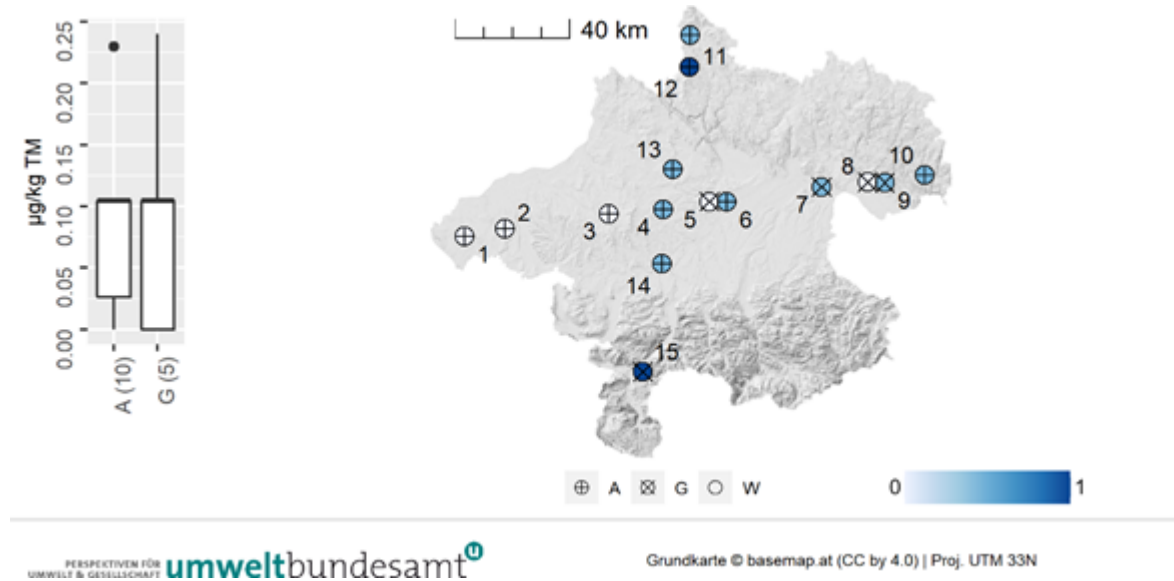


Abbildung 73: cis-Chlordan (li) und untersuchte Standorte in Oberösterreich (re). cis-Chlordan ist auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.

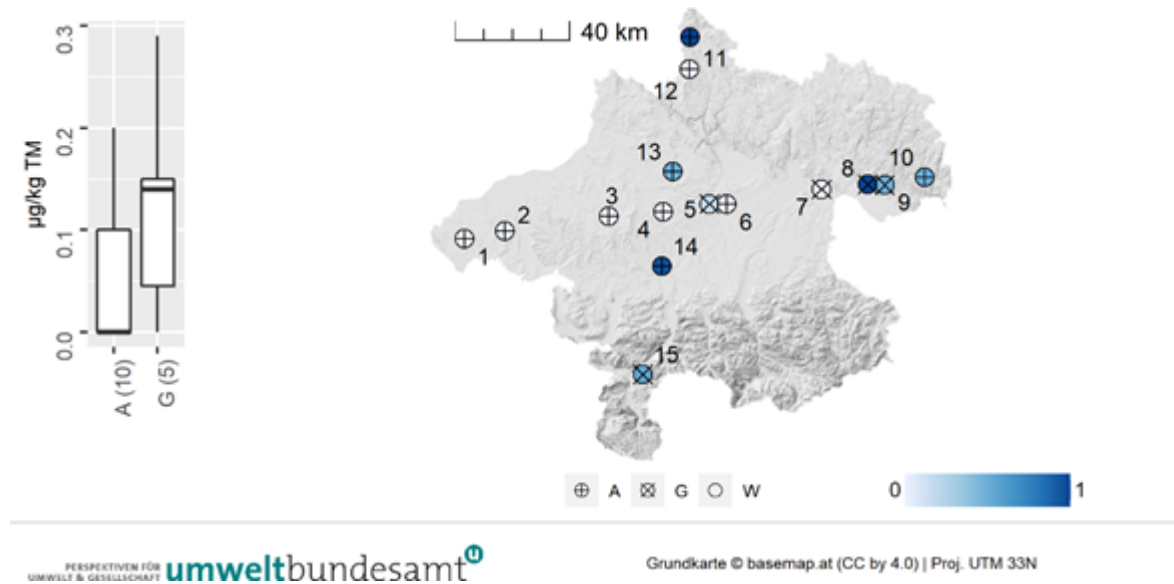
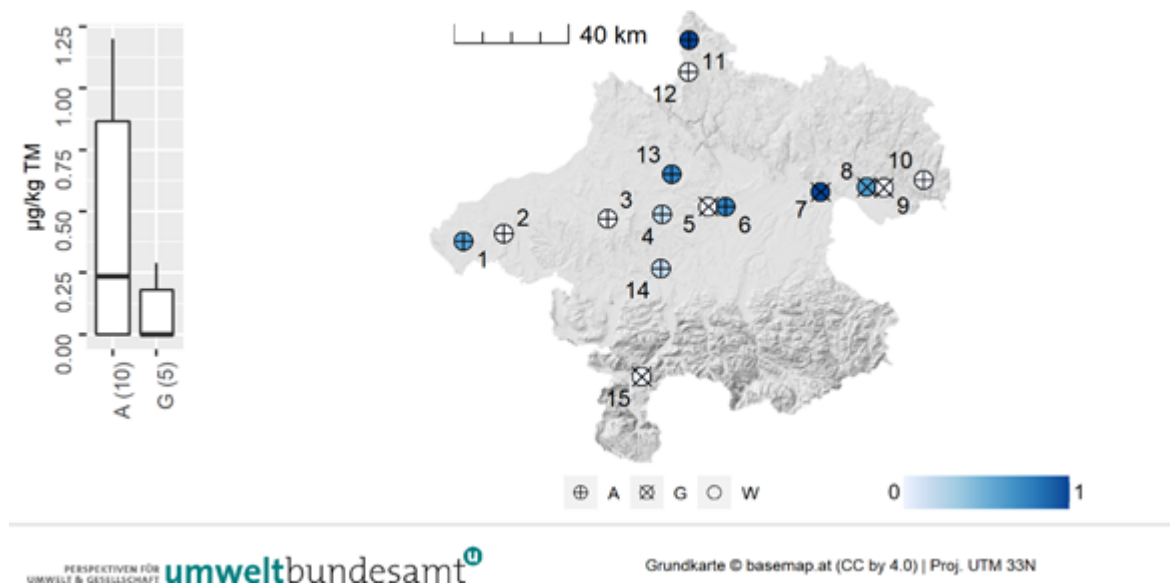


Abbildung 74: Pendimethalin (li) und untersuchte Standorte in Oberösterreich (re). Pendimethalin ist auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.



Schadstoffgruppe der Flammenschutzmittel – Polybromierte Diphenylether – PBDE (Summe PBDE(20), Summe BDE(6); Summe Flammhemmer)

Die Schadstoffgruppe der untersuchten Flammenschutzmittel wird durch drei Summen unterschiedlicher chemischer Verbindungen dargestellt:

Die Summe der 20 PBDE umfasst 20 polybromierte Diphenylether-Verbindungen: BDE 28, BDE 47, BDE 49, BDE 66, BDE 77, BDE 85, BDE 99, BDE 100, BDE 118, BDE 126, BDE 139, BDE 153, BDE 154, BDE 181, BDE 183, BDE 196, BDE 197, BDE 203, BDE 207 und BDE 209. Die Summe der 6 BDE umfasst sechs polybromierte Diphenylether-Verbindungen: BDE 28, BDE 47, BDE 99, BDE 100, BDE 153 und BDE 154.

Die Summe der Flammhemmer umfasst folgende zehn Substanzen: HBB (Hexabrombenzol), PBB 153 (2,2',4,4',5,5'-Hexabrombiphenyl), PBT (Pentabromtoluol), PBEB (Pentabrommethylbenzol), p-TBX (para-Tetrabromxylo), syn-DP (Dechlorane Plus syn), anti-DP (Dechlorane Plus anti), alpha-HBCDD (Hexabromcyclododecan), beta-HBCDD (Hexabromcyclododecan) und gamma-HBCDD (Hexabromcyclododecan).

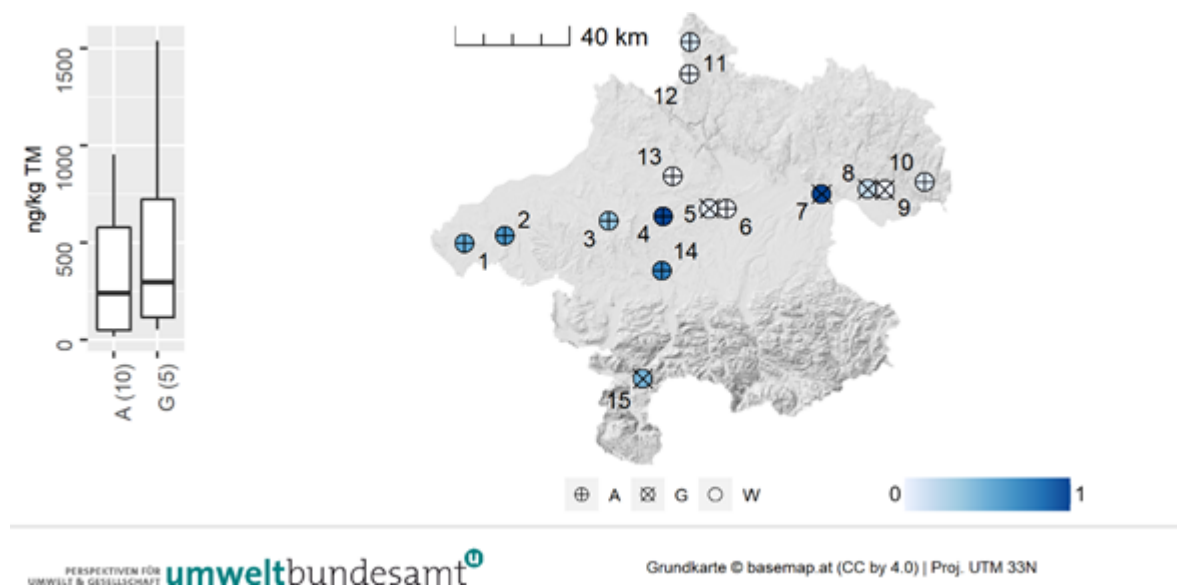
Summen der 20 PBDE

Die Ackerstandorte weisen einen Median von 0,24 µg/kg TM und ein Maximum von 0,95 µg/kg TM (Nr. 4) auf. Bei den Grünlandstandorten liegt der Median bei ca.

0,3 µg/kg TM und das Maximum bei 1,54 µg/kg TM (Nr. 7). Von diesem Höchstwert stellt das BDE-209 (Decabromdiphenylether) mit 1,4 µg/kg TM den größten Anteil dar.

Die vorliegenden Gehalte (Summe PBDE20; Abbildung 75) der Grünlandstandorte liegen im selben Bereich der Werte der Grünlandstudie von industriiefernen Standorten mit einem Median von 0,36 µg/kg TM und dem Maximum von 5,3 µg/kg TM (Summe PBDE25) (Umweltbundesamt 2008).

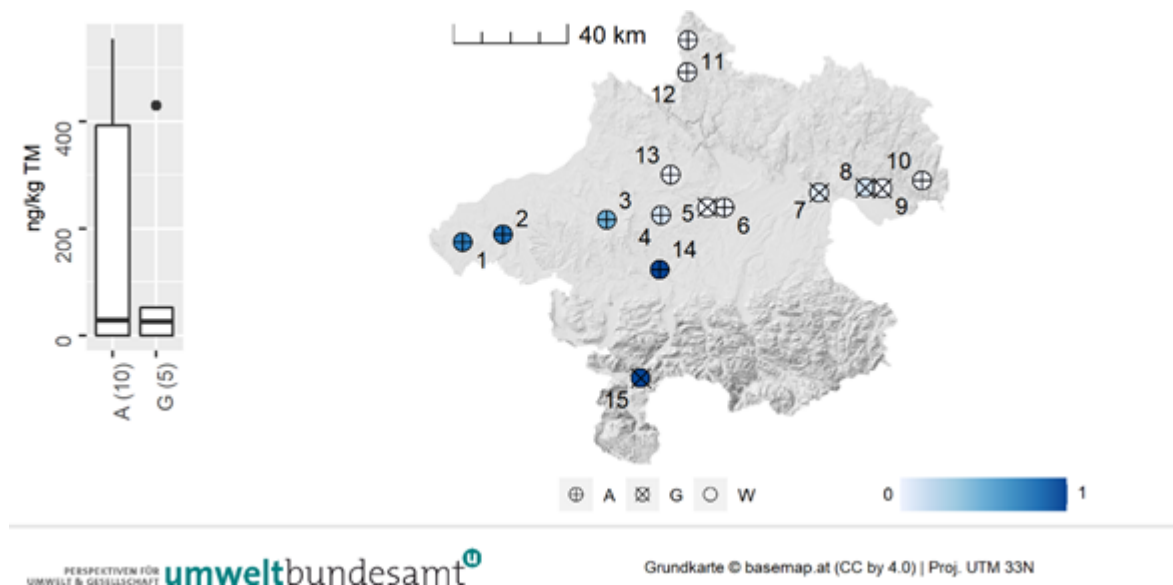
Abbildung 75: Summen PBDE (20) (li) und untersuchte Standorte in Oberösterreich (re). Die PBDE-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.



Summe der 6 BDE

Die Summen der sechs BDE sind in Abbildung 76 dargestellt, wobei BDE-47 und BDE-99 dabei den größten Mengenanteil ausmachen.

Abbildung 76: Summen BDE6 (li) und untersuchte Standorte in Oberösterreich (re). Die BDE6-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.



Summe der Flammhemmer

Die Ackerstandorte weisen mit einem Median von 0,11 $\mu\text{g/kg TM}$ und einem Maximum von ca. 0,25 $\mu\text{g/kg TM}$ geringere Werte als die Grünlandstandorte auf. Im Grünland liegt der höchste Summenwert bei ca. 0,5 $\mu\text{g/kg TM}$. Die Summen der Flammhemmer sind in Abbildung 77 dargestellt. Den größten Anteil davon machen die Dechlorane (syn-DP, anti-DP) mit bis zu 100 % aus (Abbildung 78).

Hexabromcyclododecan (HBCDD) wurde an keinem Standort über der Bestimmungsgrenze von 1 $\mu\text{g/kg TM}$ bestimmt (nicht als eigene Abbildung dargestellt).

Abbildung 77: Summen der Flammhemmer(li) und untersuchte Standorte in Oberösterreich (re). Die Flammhemmer sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.

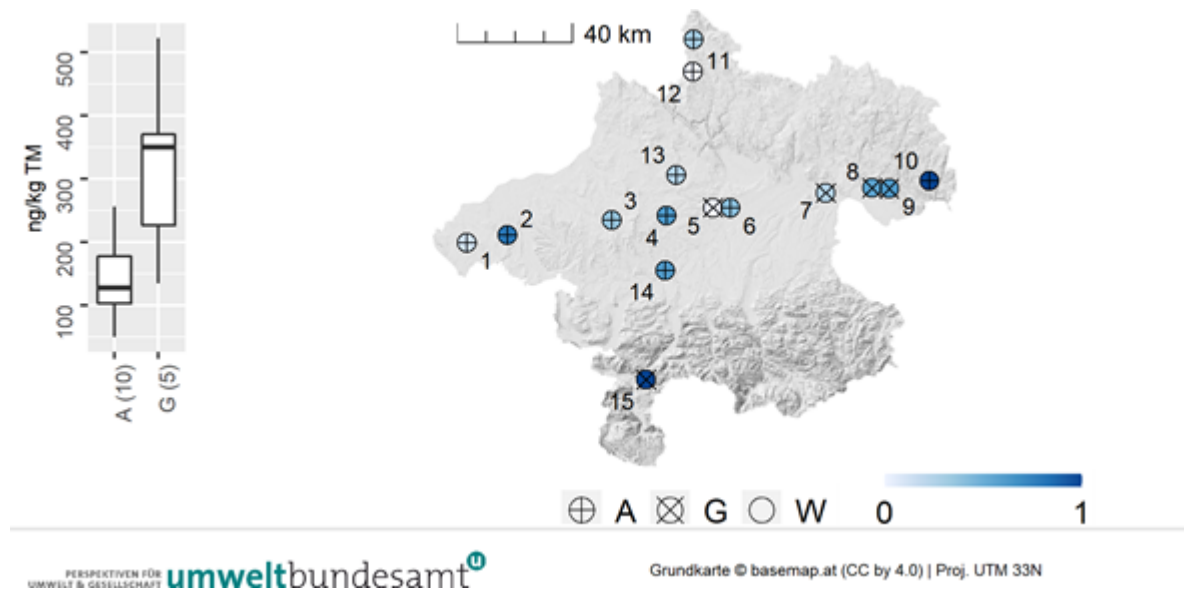
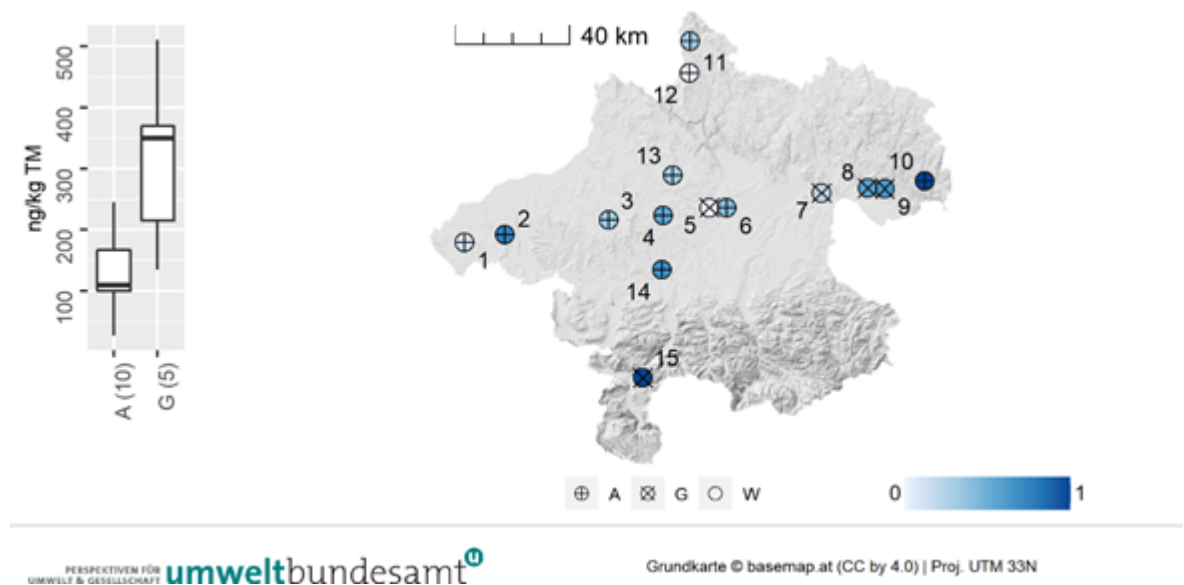


Abbildung 78: Summen Dechlorane (syn-DP, anti-DP) (li) und untersuchte Standorte in Oberösterreich (re). Die Dechlorane sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.



Schadstoffgruppe – Per- und polyfluorierte Substanzen – PFAS (PFOS, PFOA)

Aus der Schadstoffgruppe der Perfluorierten Alkylsubstanzen (PFAS) wurden 20 Verbindungen gemessen: PFBA (Perfluorbutanoat), PFPA (Perfluorpentanoat), PFHxA (Perfluorhexanoat), PFHpA (Perfluorheptanoat), PFOA (Perfluoroctanoat, Perfluoroktansäure), PFNA (Perfluornonanoat), PFDA (Perfluordecanoat), PFUnA (Perfluorundecanoat), PFDoA (Perfluordodecanoat), PFBS (Perfluorbutansulfonat), PFPeS (Perfluorpentansulfonat), PFHxS (Perfluorhexansulfonat), PFHpS (Perfluorheptansulfonat), PFOS (Perfluoroctansulfonat, Perfluoroktansulfonsäure), PFDS (Perfluordecansulfonat), PFOA (Perfluoroktansulfonsäureamid), PF8S_A (N-Ethyl-Perfluoroktansulfonamid), PFTrA (Perfluortridecanoat), PFTA (Perfluortetradecanoat) und PFNS (Perfluornonasulfonat).

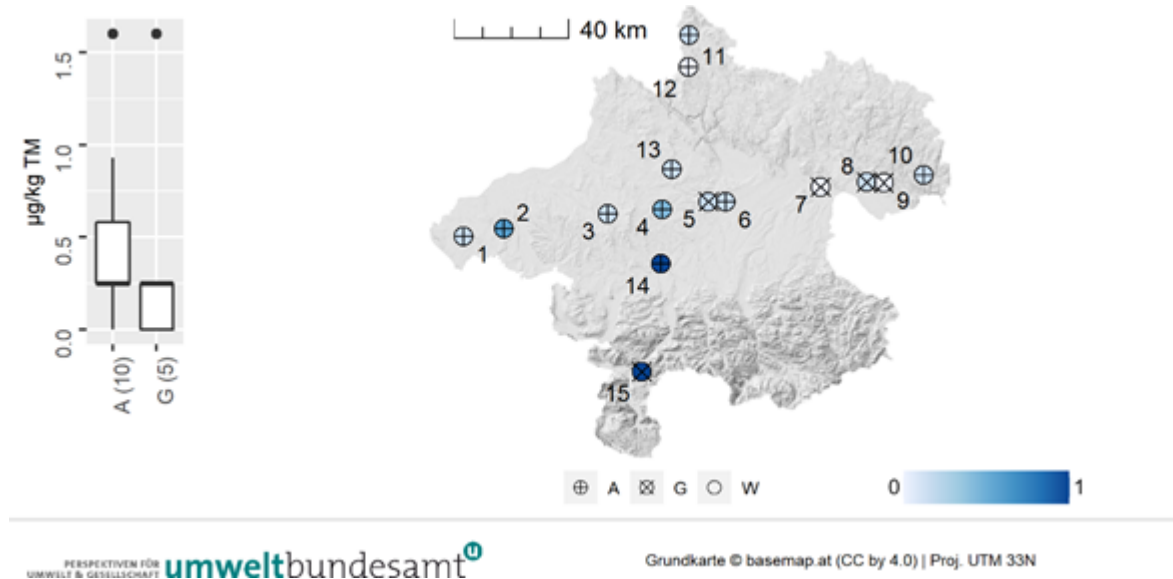
Von diesen wurden auf den Ackerstandorten einer über der Bestimmungsgrenze (> BG) und zwei über der Nachweisgrenze (> NG) und auf den Grünlandstandorten drei über Bestimmungsgrenze und einer über der Nachweisgrenze nachgewiesen. Im Folgenden werden Perfluoroktansäure (PFOA, PF8A) und Perfluoroktansulfonsäure (PFOS, PF8S) als Vertreter dargestellt.

Perfluoroktansäure (PFOA, PF8A)

In Abbildung 79 sind die PFOA-Gehalte abgebildet. An drei Ackerstandorten (Nr. 2, Nr. 4, Nr. 14) konnte PFOA bestimmt werden, bei Nr. 14 mit einem Höchstgehalt von 1,6 µg/kg TM. Bei sechs weiteren Ackerstandorten konnte ein Nachweis > 0,25 µg/kg TM erbracht werden. Beim Grünlandstandort Nr. 15 wurden 1,6 µg/kg TM bestimmt und bei zwei weiteren wurde ein Nachweis > 0,25 µg/kg TM erbracht.

Der vorliegende PFOA-Gehalt des Grünlandstandorts liegt im selben Bereich wie der Median der Grünlandstudie von industriiefernen Standorten (Median: 1,8 µg/kg TM) (Umweltbundesamt 2008). Das Maximum (Nr. 15) liegt unter den Werten von Referenzflächen und klärschlammbeaufschlagten Flächen einer Vorarlberger Studie mit einem Median von 2,7 µg/kg TM und einem Maximum von 5 µg/kg TM (Clara et al. 2016).

Abbildung 79: PFOA-Gehalte (li) und untersuchte Standorte in Oberösterreich (re). Die PFOA-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.

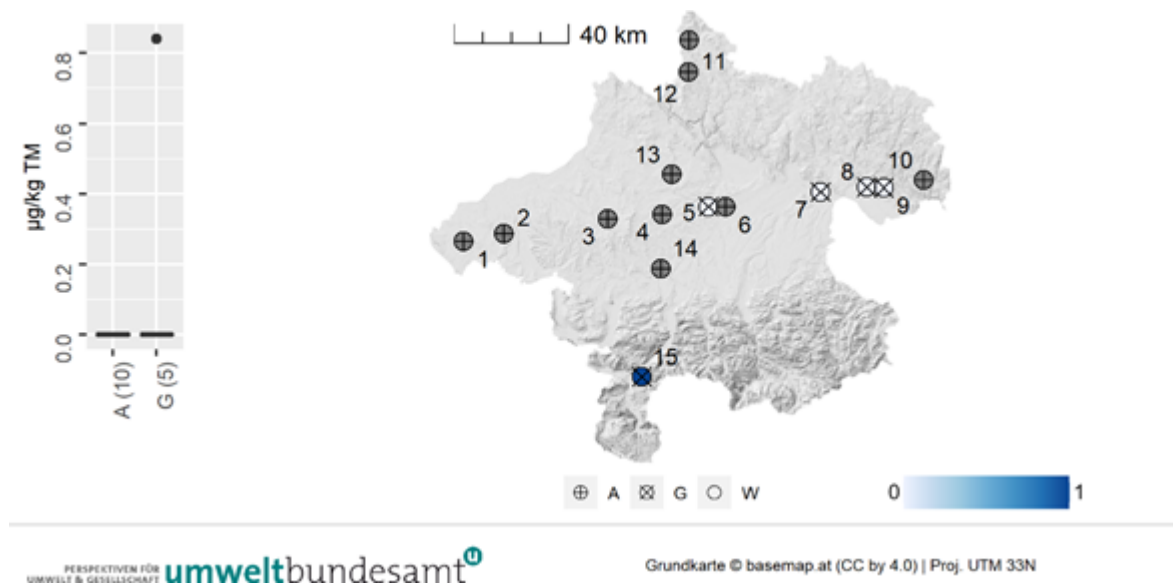


Perfluoroktansulfonsäure (PFOS, PF8S)

In Abbildung 80 sind die PFOS-Gehalte abgebildet. Nur am Grünlandstandort Nr. 15 konnte PFOS mit $0,84 \mu\text{g/kg TM}$ bestimmt werden. Auf diesem Standort wurde auch Perfluornonansäure mit $0,61 \mu\text{g/kg TM}$ nachgewiesen.

Der vorliegende PFOS-Gehalt des Grünlandstandortes (Nr. 15) liegt unter dem Maximum ($1,3 \mu\text{g/kg TM}$) der Grünlandstudie von industriefernen Standorten (Umweltbundesamt 2008) und auch weit unter den Gehalten der Referenzflächen und klärschlammbeaufschlagten Flächen einer Vorarlberger Studie mit einem Mittelwert von $27 \mu\text{g/kg TM}$ und einem Maximum von $49 \mu\text{g/kg TM}$ (Clara et al. 2016).

Abbildung 80: PFOS-Gehalte (li) und untersuchte Standorte in Oberösterreich (re). Die PFOS-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.



Zusammenfassung Oberösterreich

In Oberösterreich gibt es gering auffällige Konzentrationen an einzelnen Ackerstandorten bei folgenden Schadstoffen:

- Hexachlorbenzol (HCB)
- Pentachlorbenzol
- Perfluorooctansäure (PFOA)

In Oberösterreich gibt es gering auffällige Konzentrationen an einzelnen Grünlandstandorten bei folgenden Schadstoffen:

- p,p'-DDT Dichlordiphenyltrichlorethan
- Hexachlorbenzol (HCB)
- Pentachlorbenzol
- cis-Chlordan
- Dechlorane
- Perfluorooctansäure (PFOA)

- Perfluorooctansäure (PFOA)
- Perfluorooctansulfonsäure (PFOS)

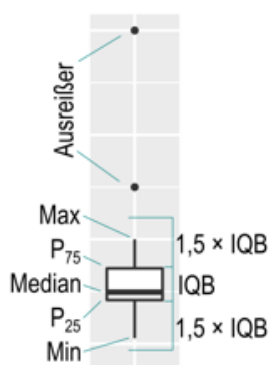
Die gemessenen Konzentrationen übersteigen keine derzeit in Österreich vorliegenden gesetzlich festgelegten Grenzwerte.

7.3.5 Steiermark

In der Steiermark wurden 15 Standorte untersucht, wovon sich acht auf Acker-, sechs auf Grünland- und einer auf Waldboden befinden. Bei der Standortauswahl wurde der Schwerpunkt auf Acker- und Grünlandstandorte gelegt, die teilweise eine Industrienähe aufweisen. Vom Waldstandort wird der Gehalt des Auflagehumus dargestellt. Im Folgenden werden die Ergebnisse den Schadstoffgruppen entsprechend beschrieben und bewertet.

Die Ergebnisdarstellung erfolgt einerseits mittels Boxplot (Abbildung 81) und andererseits durch Darstellung der Standorte auf einer Landkarte.

Abbildung 81: Beispiel-Boxplot als Lesehilfe



Die Enden der Linien (whiskers) stellen Minimum und Maximum der Beobachtungen ohne Ausreißer dar. Ausreißer sind von der Oberkante (P₇₅) bzw. Unterkante (P₂₅) mindestens das 1,5fache des Interquartilsbereichs (IQB = Boxhöhe) entfernt und sind als Punkte dargestellt.

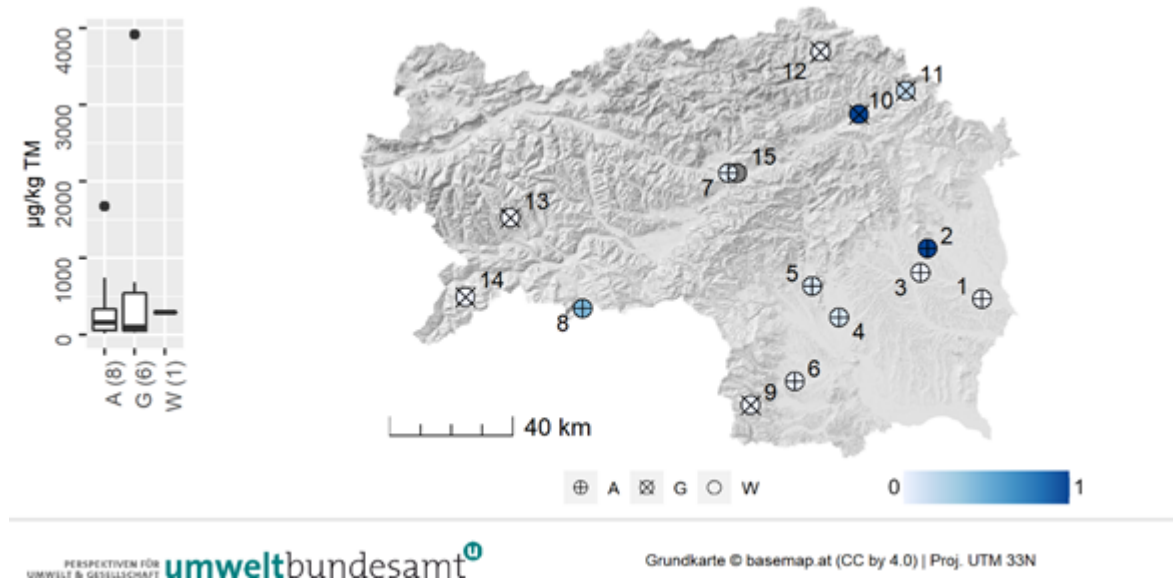
Schadstoffgruppe – Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe – PAH (Summe PAH16)

In Abbildung 82 (Boxplot) sind die Schwankungsbreiten der Summe der PAH16 in der jeweiligen Nutzungsklasse dargestellt. Die acht Ackerstandorte zeigen eine große Variationsbreite der PAH16-Gehalte und weisen einen Median von knapp 162 µg/kg TM und einen Maximalwert von ca. 1.700 µg/kg TM auf. Auch die Gehalte der Grünlandstandorte zeigen eine hohe Variationsbreite, weisen einen niedrigen Median von ca. 100 µg/kg TM, jedoch einen Höchstwert von knapp 4.000 µg/kg TM auf. Der Waldstandort weist einen PAH16-Gehalt von ca. 300 µg/kg TM im Auflagehumus (ca. 820 µg/kg TM im Mineralboden) auf.

Der Richtwert der schweizerischen Verordnung über Belastungen des Bodens (VBBo 1998, Stand 2016) liegt für PAH16 bei 1.000 µg/kg TM, der Vorsorgewert (VW) der Vorarlberger Bodenqualitätsverordnung (LGBI. Nr. 77/2018) liegt bei 2.000 µg/kg TM und der VW der deutschen Bundesbodenschutzverordnung (BBodSchV, 1999) liegt bei 3.000 µg/kg TM bei einem Humusgehalt < 8 % (Anm. für Acker und Grünland). Der Großteil der Ackerstandorte wie auch der Grünlandstandorte weist PAH16-Gehalte auf, die unter den Richt- und Vorsorgewerten liegen. Jedoch ein Ackerstandort (Nr. 2) liegt mit ca. 1.700 µg/kg TM über dem schweizerischen Richtwert, aber unter dem Vorarlberger Vorsorgewert. Auch ein Grünlandstandort (Nr. 10) liegt mit dem PAH16-Gehalt von ca. 4.000 µg/kg TM über diesen Richt- und Vorsorgewerten.

Bei den Grünlandstandorten liegt sowohl der Median mit ca. 100 µg/kg TM unter dem Median der ORAPOP-Studie aus Salzburg mit 133 µg/kg TM, jedoch liegt der höchste Wert von ca. 4.000 µg/kg TM weit über dem Maximum der ORAPOP - Studie (1.682 µg/kg TM) (Kreuzeder et al. 2018). Es wird empfohlen, den Grünlandstandort Nr. 10 als auch den Ackerstandort Nr. 2 einer genaueren Betrachtung hinsichtlich der Herkunft der PAH zu unterziehen.

Abbildung 82: PAH-Gehalte (li) und untersuchte Standorte in der Steiermark (re). Die PAH-Gehalte sind innerhalb der Nutzungsklasse normiert dargestellt.



Schadstoffgruppe – Polychlorierte Dibenzo-*p*-Dioxine und Dibenzofurane – PCDD/F (I-TEQ, lower bound (LB))

In Abbildung 83 (Boxplot) sind die Schwankungsbreiten der Toxizitätsäquivalente (I-TEQ) der Dioxine und Furane in der jeweiligen Nutzungsklasse dargestellt. Die acht Ackerstandorte zeigen eine geringe Variationsbreite der I-TEQ-Werte und liegen zwischen 0,5 ng/kg TM und 2 ng/kg TM. Die Gehalte der Grünlandstandorte zeigen auch eine geringe Variationsbreite und weisen einen Median von < 0,5 ng/kg TM auf. Der höchste Einzelwert liegt auf dem Waldstandort (Nr. 15) mit über 7,5 ng I-TEQ/kg TM (13 ng I-TEQ/kg TM im mineralischen Boden).

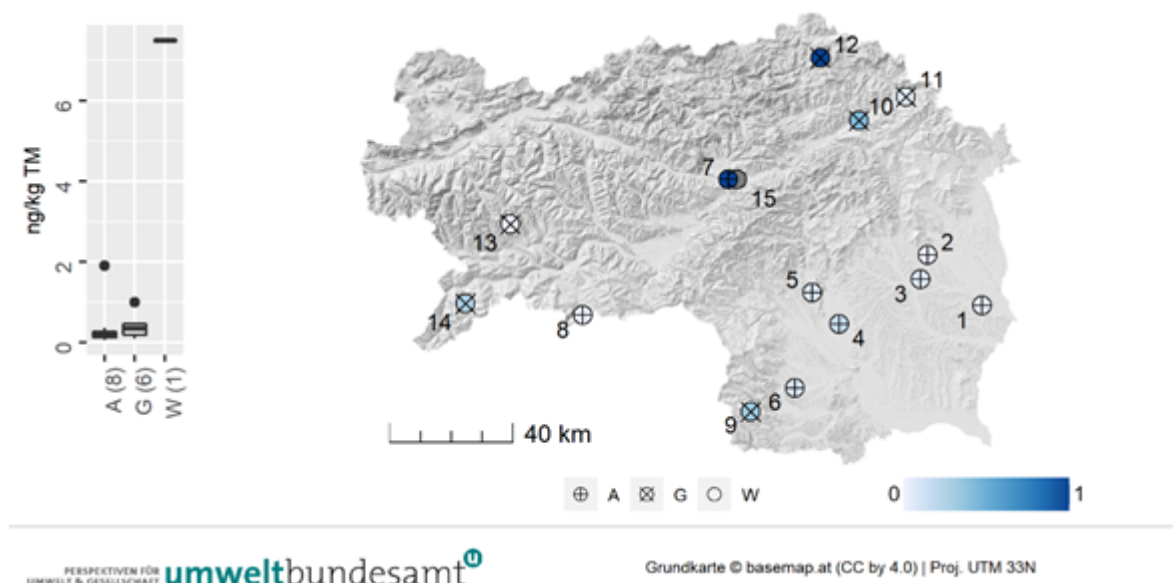
Die Grünland-Werte liegen unter den Ergebnissen der Grünlandstudie von industriiefernen Standorten mit einem Median von 0,77 ng/kg TM und einem Maximum von 9,33 ng/kg TM (Umweltbundesamt 2008). Der Wert des Waldstandortes liegt mit ca. 7,5 ng/kg TM über dem Median der MONARPOP-Studie mit 3,7 ng/kg TM (TEQ-WHO, 2005) (BMLFUW 2009).

Werden die I-TEQ-Werte mit den Werten der Handlungsempfehlungen zur Bodennutzung aus Deutschland verglichen (Bundesumweltministerium 1993), stellt sich folgendes Bild dar: Laut den Handlungsempfehlungen ist bis 5 ng I-TEQ/kg TM (PCDD/F) eine multifunktionale Nutzung des Bodens möglich. Bis 40 ng I-TEQ/kg TM sollen Prüfaufträge und

Handlungsempfehlungen erstellt werden, und darüber liegende Werte können zur Einschränkung für bestimmte landwirtschaftliche Nutzungen führen (jedoch uneingeschränkte Nutzung bei minimalem Dioxintransfer). Der Richtwert der schweizerischen Verordnung über Belastungen des Bodens (VBBo 1998, Stand 2016) liegt bei 5 ng/kg TM, der Prüfwert bereits bei 20 ng/kg TM.

Alle Acker- und Grünlandstandorte liegen unterhalb des Richtwerts von 5 ng/kg TM, womit uneingeschränkte multifunktionale Nutzung möglich ist. Der einzige Waldstandort liegt mit 7,3 ng/kg TM (13 ng/kg TM im Mineralboden) über dem Richtwert. Es wird empfohlen der Herkunft der Dioxine an diesem Standort nachzugehen.

Abbildung 83: PCDD/F-Gehalte (I-TEQ (LB) (li) und untersuchte Standorte in der Steiermark (re). Die PCDD/F-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.



Schadstoffgruppe – Polychlorierte Biphenyle – PCB [ndl-PCB (PCB6, PCB7), dl-PCB]⁵⁰

Die Schadstoffgruppe der Polychlorierten Biphenyle wird durch zwei Summen unterschiedlicher chemischer Verbindungen dargestellt:

ndl-PCB (PCB6)

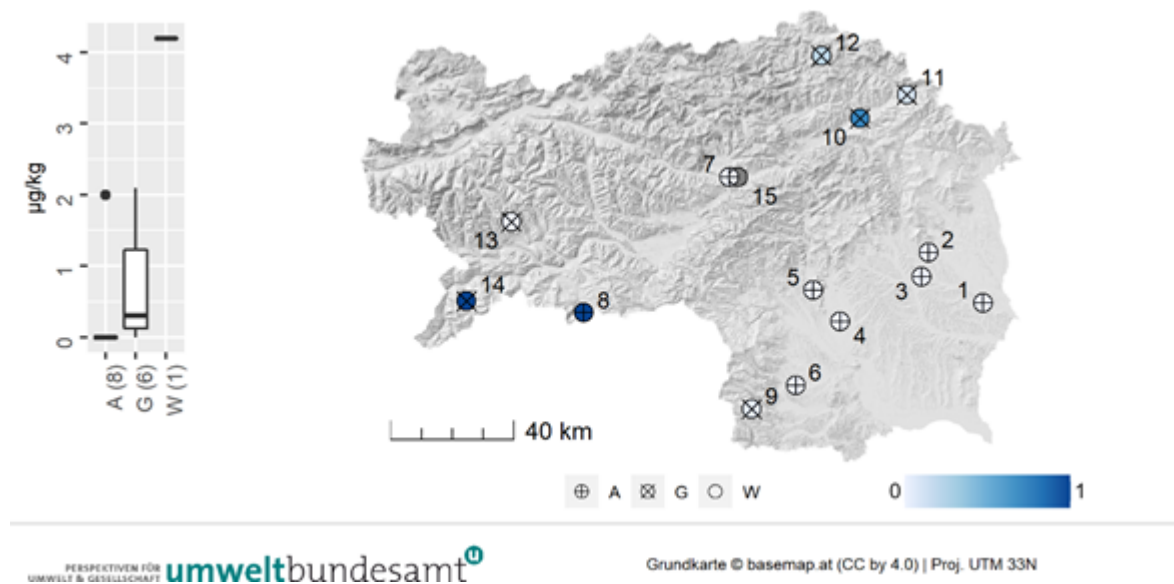
In Abbildung 84 (Boxplot) sind die Schwankungsbreiten der Indikator-PCB (PCB6) in der jeweiligen Nutzungsklasse dargestellt. Von den acht Ackerstandorten zeigt nur ein Standort (Nr. 8) den Gehalt von 2 µg/kg TM. Die Gehalte der Grünlandstandorte zeigen eine höhere Variationsbreite und weisen einen Median von ca. 0,3 µg/kg TM auf. Der Gehalt des Waldstandortes (Nr. 15) zeigt den höchsten Wert mit 4,2 µg/kg TM auf.

Der VW der deutschen Bundesbodenschutzverordnung (BBodSchV 1999) liegt bei 50 µg/kg TM bei einem Humusgehalt < 8 % (Anm. für Acker und Grünland) und bei 100 µg/kg TM (für Wald).

Die PCB6-Gehalte aller Steirischen Standorte liegen weit unter diesen Vorsorgewerten. Für Acker und Grünland liegen die PCB6-Gehalte im Bereich der Hintergrundwerte von Bayern mit 1,4 µg/kg TM (LfU 2011) und auch der Grünlandstudie industrieferner Standorte mit 1,2 µg/kg TM (Umweltbundesamt 2008). Der Waldstandort weist mit 4,2 µg/kg TM im Auflagehumus und 6,1 µg/kg TM die höchsten Werte auf, liegt aber unter dem Median der MONARPOP-Studie mit 7,7 µg/kg TM (BMLFUW 2009).

⁵⁰ ndl: non-dioxin-like PCB, PCB Summe 6 (Ballschmitter-/Indikator-PCB), dl: dioxin-like PCB

Abbildung 84: Summe der Indikator-PCB6-Gehalte (LB) (li) und untersuchte Standorte in der Steiermark (re). Die PCB6-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.



Dioxinähnliche PCB (dl-PCB)

Die dioxinähnlichen PCB (dl-PCB) zeigen eine ähnliche Verteilung wie die PCB, nur auf einem niedrigeren Niveau (Abbildung 85).

Abbildung 85: Summe der dl-PCB (li) und untersuchte Standorte in der Steiermark (re). Die dl-PCB sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.

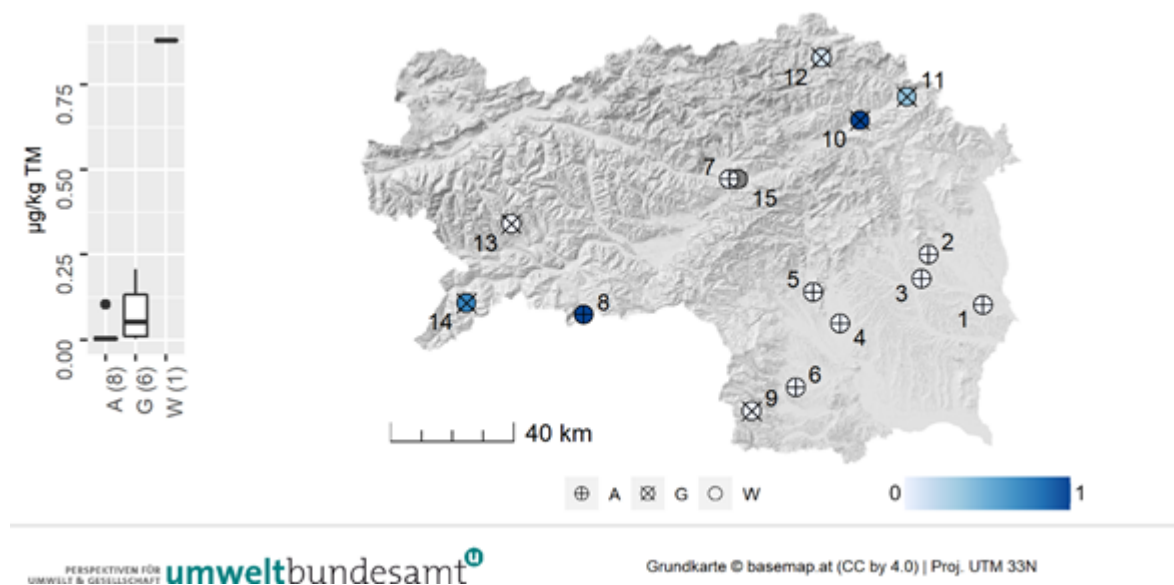
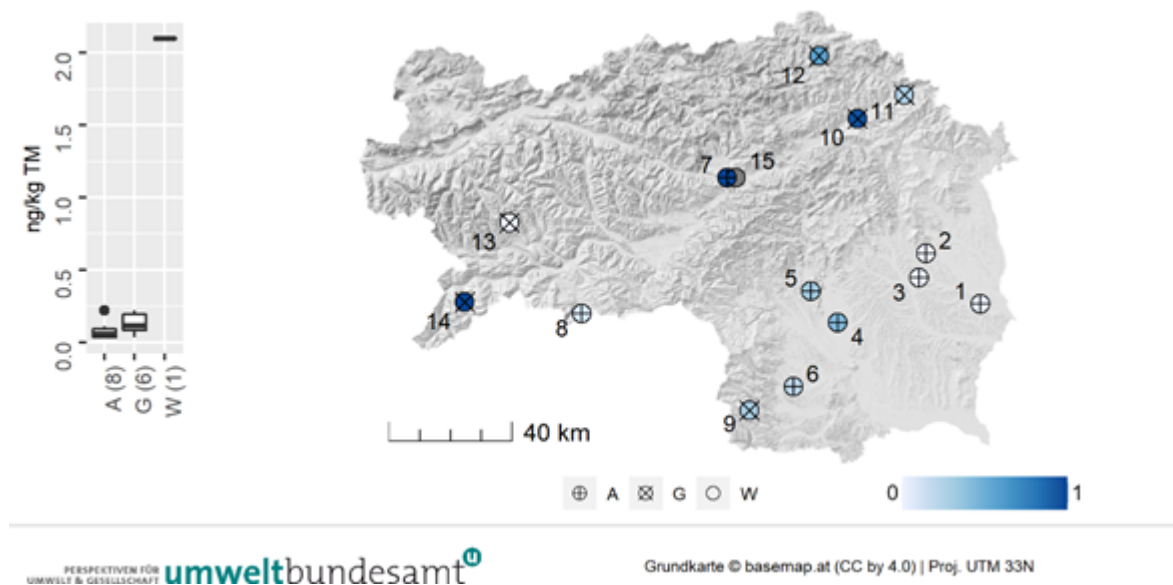


Abbildung 86: TEQ (WHO) der dl-PCB (LB) (li) und untersuchte Standorte in der Steiermark (re). Die TEQ der dl-PCB sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.



In Abbildung 86 werden die Toxizitätsäquivalente der dl-PCB dargestellt und weisen beim Waldstandort Nr. 15 den höchsten Wert mit ca. 2,2 ng/kg TM auf. Werden die TEQ von PCDD/F (Abbildung 83) und dl-PCB (Abbildung 86) addiert – was gesetzlich nicht korrekt, fachlich jedoch sinnvoll ist – liegt die Summe bei ca. 9,5 ng TEQ/kg TM, wo eine Prüfung der Herkunft empfohlen ist. Das Zusammenfügen der TEQ der PCDD/F und der dl-PCB ist im Bereich Luftschadstoffe (Depositionsmessungen) übliche Praxis (LANUV 2018) und wird auch im Rahmen dieses Forschungsprojektes angewendet.

Schadstoffgruppe – Pestizide

Die folgenden Pestizide wurden mittels der angewendeten Methode an zumindest einem Standort in der Steiermark nachgewiesen:

- o,p'-Dichlordiphenyltrichlorethan (o,p'-DDT) (Nr. 4),
- p,p'-Dichlordiphenyltrichlorethan (p,p'-DDT) (Nr. 2, Nr. 3, Nr. 4, Nr. 5, Nr. 10, Nr. 13),
- p,p'-Dichlordiphenyldichlorethan (p,p'-DDE) (Nr. 2, Nr. 3, Nr. 4, Nr. 5, Nr. 6, Nr. 10, Nr. 11, Nr. 15),
- Hexachlorbenzol (HCB) (Nr. 7, Nr. 15),
- Pentachlorbenzol (Nr. 15),
- cis-Chlordan (Nr. 15),
- trans-Chlordan (Nr. 15),

- Pendimethalin (Nr. 2, Nr. 3, Nr. 4, Nr. 5, Nr. 6, Nr. 9, Nr. 12, Nr. 13, Nr. 14).

Die Summe der Pestizide wird in Abbildung 87 dargestellt.

Die nicht nachgewiesenen Pestizide werden nicht dargestellt: Aclonifen, Aldrin, oxy-Chlordan; Dieldrin, Dichlobenil, 2,4'-Dichlordiphenyldichlorethen (2,4'-DDE), alpha-Endosulfan, beta-Endosulfan, Endrin, Fluroxypyr-meptyl, Heptachlor, cis-Heptachlor-epoxid, trans-Heptachlorepid, alpha-Hexachlorcyclohexan, beta-Hexachlorcyclohexan, gamma-Hexachlorcyclohexan (Lindan), Methoxychlor, Mirex, Pentachlorphenol (PCP).

p,p'-DDE ist das Abbauprodukt von DDT und deutet daher auf eine frühere Nutzung von DDT hin. p,p'-DDE konnte auf fünf der acht Ackerstandorte und an zwei Grünlandstandorten in der Steiermark bestimmt werden (Abbildung 89). Am Ackerstandort Nr. 6 liegt der höchste Wert mit 0,33 µg/kg TM. Im Mineralboden des Waldstandortes Nr. 15 liegt der Höchstwert von 1,7 µg/kg TM vor (nicht als eigene Abbildung dargestellt). p,p'-DDT wurde an sechs Standorten mit dem Höchstwert von 1,8 µg/kg TM (Nr. 4) detektiert (Abbildung 88). o,p'-DDT wurde am Ackerstandort Nr. 4 mit 0,9 µg/kg TM bestimmt (nicht als eigene Abbildung dargestellt).

Hexachlorbenzol (HCB) (Abbildung 90) wurde an zwei Standorten nachgewiesen, am Ackerstandort Nr. 7 mit 0,6 µg/kg TM und am Waldstandort Nr. 15 mit 0,64 µg/kg TM (Auflagehumus) sowie 0,21 µg/kg TM (Mineralboden). Bei den Grünlandstandorten wurde kein HCB nachgewiesen.

Pentachlorbenzol wurde nur am Waldstandort (Nr. 15) im Mineralboden unter der Bestimmungsgrenze (< BG) nachgewiesen (nicht in eigener Abbildung dargestellt).

cis-Chlordan und trans-Chlordan, die ebenso wie DDT, HCB und Pentachlorbenzol durch das Stockholm-Übereinkommen 2004 (UNEP, UN; 2001) verboten wurden, sind auf dem Waldstandort (Nr. 15) mit 0,14 µg/kg TM (Auflagehumus) und 0,1 µg/kg TM (Mineralboden) nachweisbar (nicht in eigener Abbildung dargestellt).

Pendimethalin wurde auf fünf Ackerstandorten, vier Grünlandstandorten und am Waldstandort (Mineralboden) nachgewiesen. Der Median bei den Ackerstandorten liegt bei 0,24 µg/kg TM, jedoch sticht das Maximum bei 31 µg/kg TM (Nr. 4) hervor. Der Median der Grünlandstandorte liegt bei 0,14 µg/kg TM und das Maximum bei 0,68 µg/kg TM (Abbildung 91). In Österreich ist Pendimethalin für die Anwendung als Pflanzenschutzmittel zugelassen. Zu beachten ist, dass Pendimethalin sowohl einem

Abbau als auch einer Fixierung im Boden unterliegt (Luks et al. 2020) und die Detektion daher in Abhängigkeit vom Ausbringungszeitpunkt zu sehen ist.

Abbildung 87: Summe Pestizide (li) und untersuchte Standorte in der Steiermark (re). Die Chlorpestizide sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.

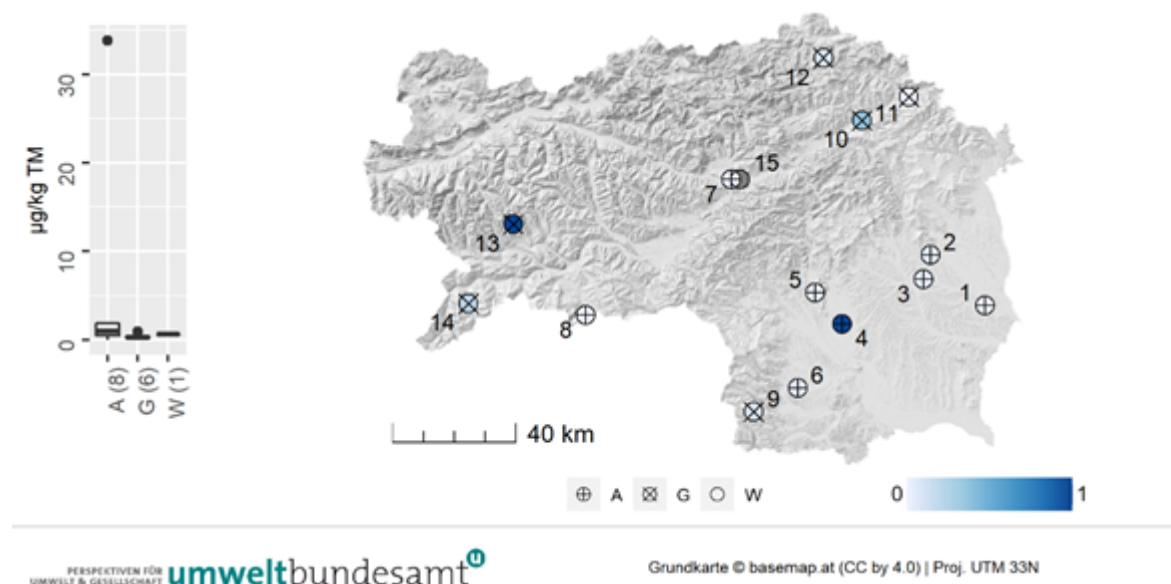


Abbildung 88: p,p'-DDT Dichlordiphenyltrichlorethan (p,p'-DDT) (li) und untersuchte Standorte in der Steiermark (re). p,p'-DDT-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.

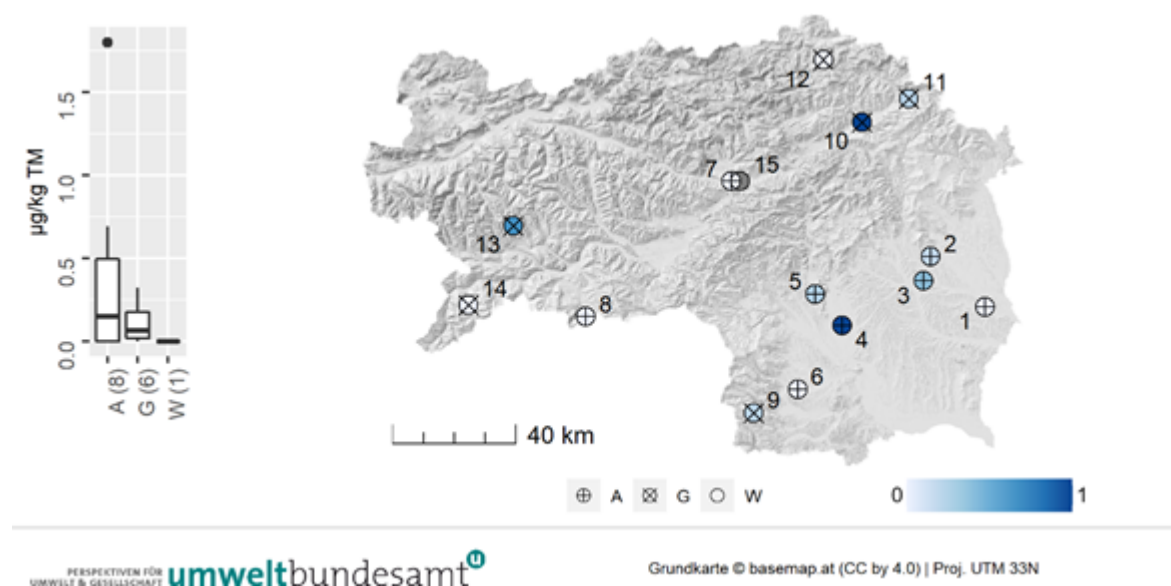


Abbildung 89: p,p'-DDE (li) und untersuchte Standorte in der Steiermark (re). p,p'-DDE-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.

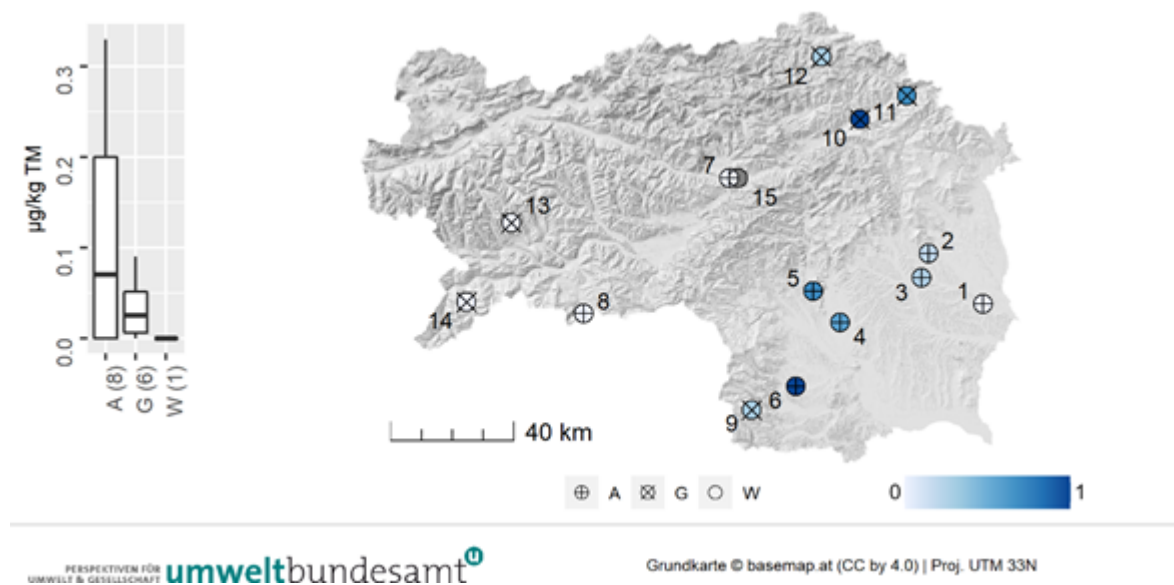


Abbildung 90: Hexachlorbenzol (HCB) (li) und untersuchte Standorte in der Steiermark (re). HCB-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.

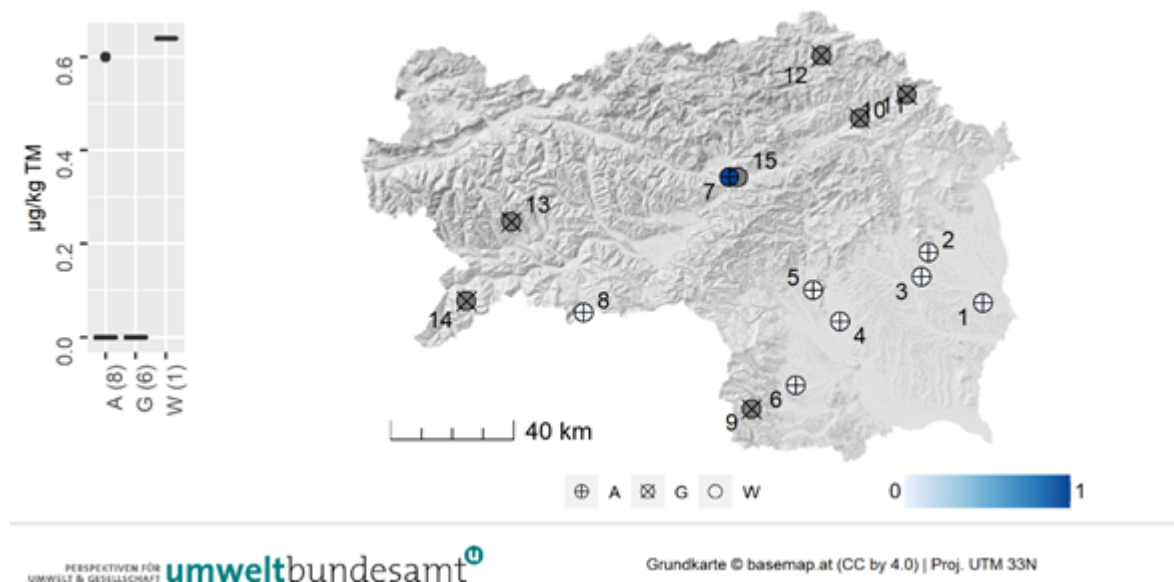
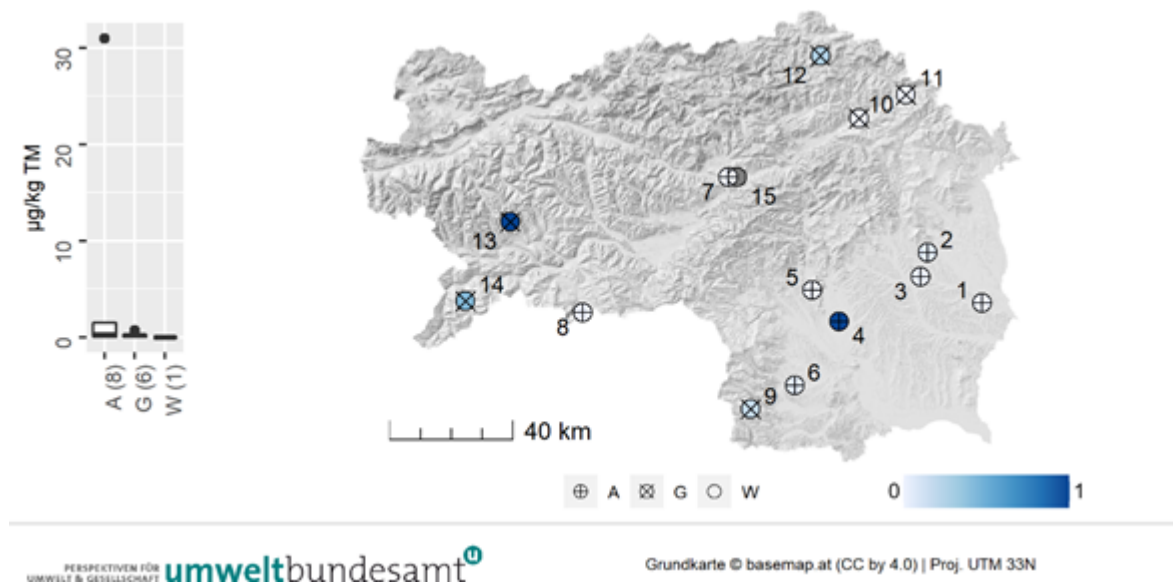


Abbildung 91: Pendimethalin (li) und untersuchte Standorte in der Steiermark (re). Pendimethalin-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.



Schadstoffgruppe der Flammschutzmittel – Polybromierte Diphenylether – PBDE (Summe PBDE(20), Summe BDE(6); Summe Flammhemmer)

Die Schadstoffgruppe der untersuchten Flammschutzmittel wird durch drei Summen unterschiedlicher chemischer Verbindungen dargestellt:

Die Summe der 20 PBDE umfasst 20 polybromierte Diphenylether-Verbindungen: BDE 28, BDE 47, BDE 49, BDE 66, BDE 77, BDE 85, BDE 99, BDE 100, BDE 118, BDE 126, BDE 139, BDE 153, BDE 154, BDE 181, BDE 183, BDE 196, BDE 197, BDE 203, BDE 207 und BDE 209.

Die Summe der 6 BDE umfasst sechs polybromierte Diphenylether-Verbindungen: BDE 28, BDE 47, BDE 99, BDE 100, BDE 153 und BDE 154.

Die Summe der Flammhemmer umfasst folgende zehn Substanzen: HBB (Hexabrombenzol), PBB 153 (2,2',4,4',5,5'-Hexabrombiphenyl), PBT (Pentabromtoluol), PBEB (Pentabrommethylbenzol), p-TBX (para-Tetrabromxylo), syn-DP (Dechlorane Plus syn), anti-DP (Dechlorane Plus anti), alpha-HBCDD (Hexabromcyclododecan), beta-HBCDD (Hexabromcyclododecan) und gamma-HBCDD (Hexabromcyclododecan).

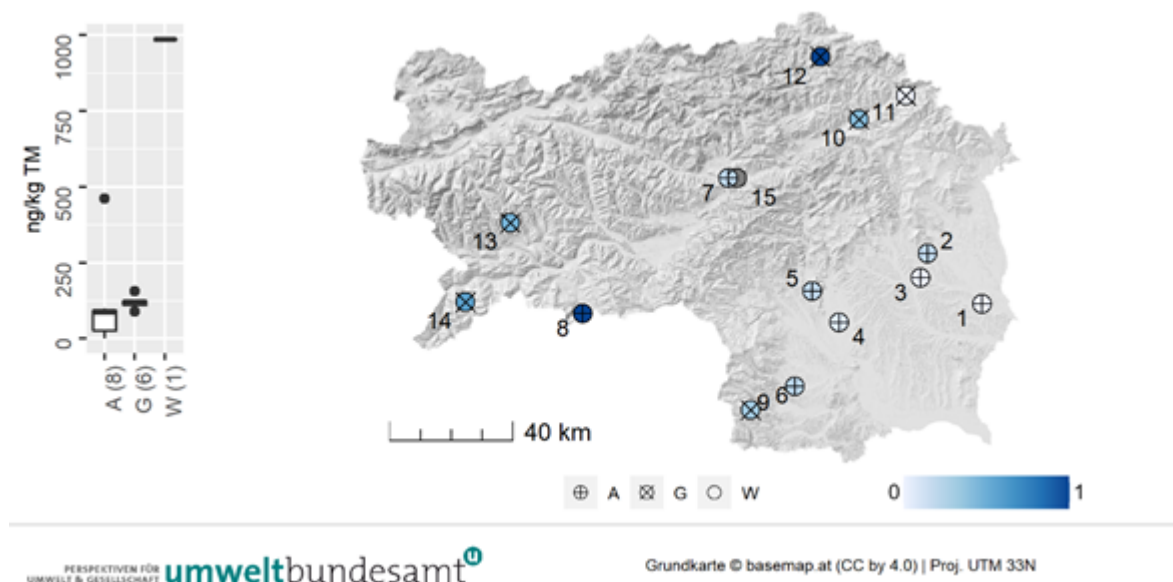
Summen der 20 PBDE

Die acht Ackerstandorte zeigen eine geringe Variationsbreite der PBDE-Werte, wobei nur der höchste Wert mit knapp 0,5 µg/kg TM am Standort Nr. 8 hervorsticht. Die Gehalte der

Grünlandstandorte zeigen eine sehr geringe Variationsbreite und weisen einen Median von ca. 0,12 µg/kg TM auf. Der Waldstandort (Nr. 15) zeigt den höchsten Wert mit knapp 1,0 µg/kg TM.

Die vorliegenden Gehalte (Summe PBDE20; Abbildung 92) der Grünlandstandorte liegen weit unter den Werten der Grünlandstudie von industriefernen Standorten mit einem Median von 0,36 µg/kg TM und dem Maximum von 5,3 µg/kg TM (jedoch Summe PBDE25 und somit nur bedingt vergleichbar) (Umweltbundesamt 2008). Weitere Vergleichswerte liegen nur für die Summe BDE6 vor.

Abbildung 92: Summe PBDE (20) (li) und untersuchte Standorte in der Steiermark (re). Die PBDE sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.

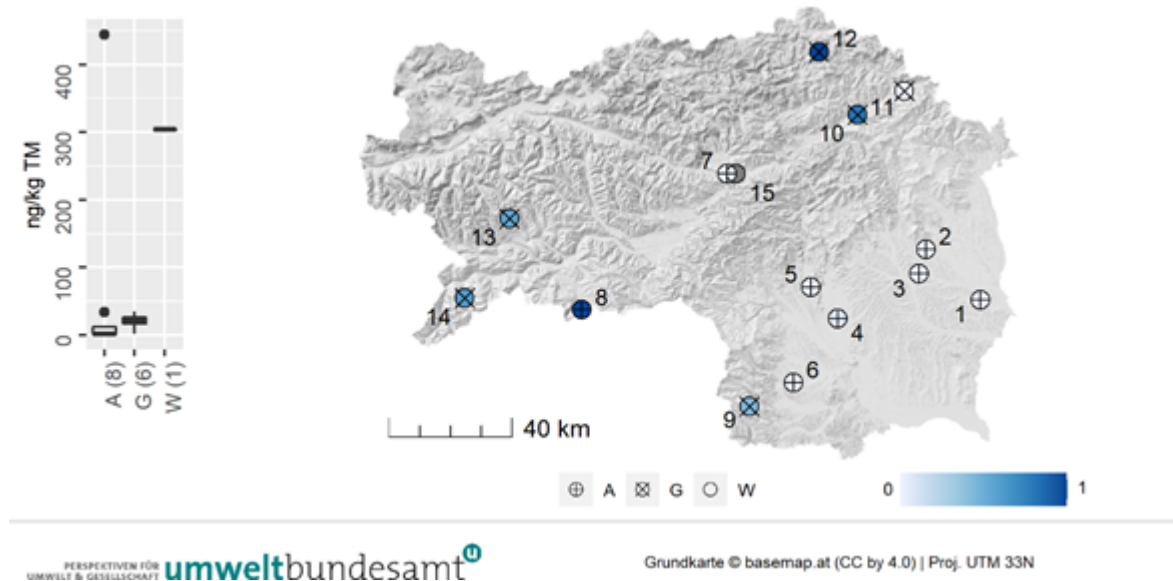


Summen der 6 BDE

In Abbildung 93 sind die Summen der 6 BDE dargestellt, wobei BDE-47 und BDE-99 dabei den größten Mengenanteil ausmachen.

Die Ackerstandorte weisen eine große Variationsbreite mit einem niedrigen Median von 0,002 µg/kg TM jedoch mit einem Maximum von 0,44 µg/kg TM (Nr. 8) auf. Der Median der Grünlandstandorte liegt über dem der Ackerstandorte mit ca. 0,02 µg/kg TM. Der Gehalt der Summe BDE6 des Waldstandortes (Nr. 15) liegt bei ca. 0,3 µg/kg TM und damit unterhalb des Medians der MONARPOP-Studie von 0,5 µg/kg TM (BMLFUW 2009).

Abbildung 93: Summen BDE (6) (li) und untersuchte Standorte in der Steiermark (re). Die BDE6 sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.



Summe der Flammhemmer

Die Ackerstandorte weisen eine geringe Variationsbreite und auch einen geringen Median von ca. 0,06 µg/kg TM und ein Maximum von 0,28 µg/kg TM auf. Der Median der Grünlandstandorte liegt über dem der Ackerstandorte mit ca. 0,25 µg/kg TM, jedoch mit einem Maximum von knapp 1 µg/kg TM am Standort Nr. 10. Den höchsten Wert weist der Waldstandort mit 1,5 µg/kg TM der Summe der Flammhemmer (Nr. 15) auf. Die Summen der Flammhemmer sind in Abbildung 94 dargestellt.

Den größten Anteil der Summe der Flammhemmer machen die Dechlorane (syn-DP und anti-DP) mit bis zu 100 % (Abbildung 95). Beim einzigen Standort Nr. 10 fallen höhere Werte für Pentabromtoluol (PBT) mit 0,9 µg/kg TM, Pentabromethylbenzol (PBEB) mit 0,02 µg/kg TM und para-Tetrabromxylo (p-TBX) mit 0,04 µg/kg TM auf (nicht als eigene Abbildung dargestellt).

Abbildung 94: Summen der Flammhemmer(li) und untersuchte Standorte in der Steiermark (re). Die Flammhemmer sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.

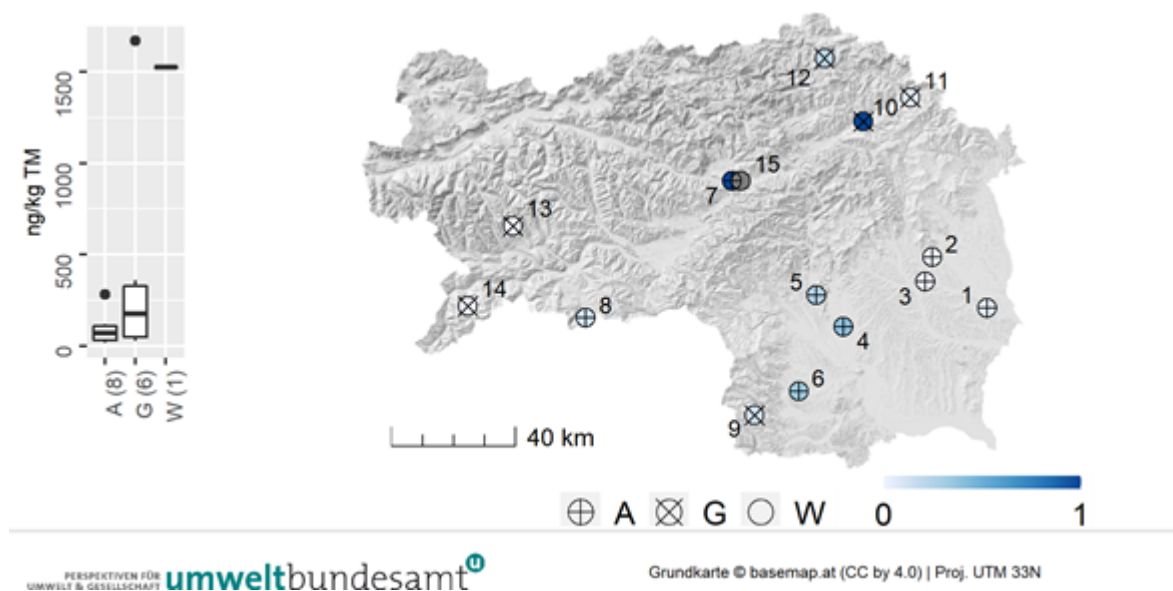
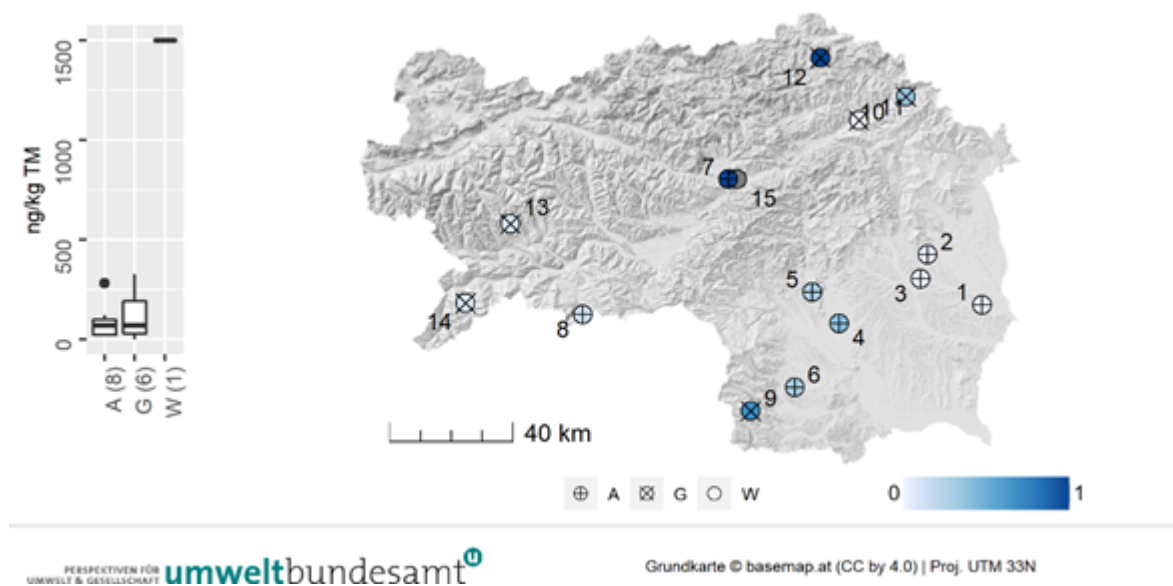


Abbildung 95: Summen Dechlorane (syn-DP, anti-DP) (li) und untersuchte Standorte in der Steiermark (re). Die Dechlorane sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.



Schadstoffgruppe – Per- und polyfluorierte Substanzen – PFAS (PFOS, PFOA)

Aus der Schadstoffgruppe der Perfluorierten Alkylsubstanzen (PFAS) wurden 20 Verbindungen gemessen: PFBA (Perfluorbutanoat), PFPA (Perfluorpentanoat), PFHxA (Perfluorhexanoat), PFHpA (Perfluorheptanoat), PFOA (Perfluoroktanoat, Perfluoroktansäure), PFNA (Perfluornonanoat), PFDA (Perfluordecanoat), PFUnA (Perfluorundecanoat), PFDoA (Perfluordodecanoat), PFBS (Perfluorbutansulfonat), PFPeS (Perfluorpentansulfonat), PFHxS (Perfluorhexansulfonat), PFHpS (Perfluorheptansulfonat), PFOS (Perfluoroktansulfonat, Perfluoroktansulfonsäure), PFDS (Perfluordekansulfonat), PFOSA (Perfluoroktansulfonsäureamid), PF8S_A (N-Ethyl-Perfluoroktansulfonamid), PFTrA (Perfluortridecanoat), PFTA (Perfluortetradecanoat) und PFNS (Perfluornonasulfonat).

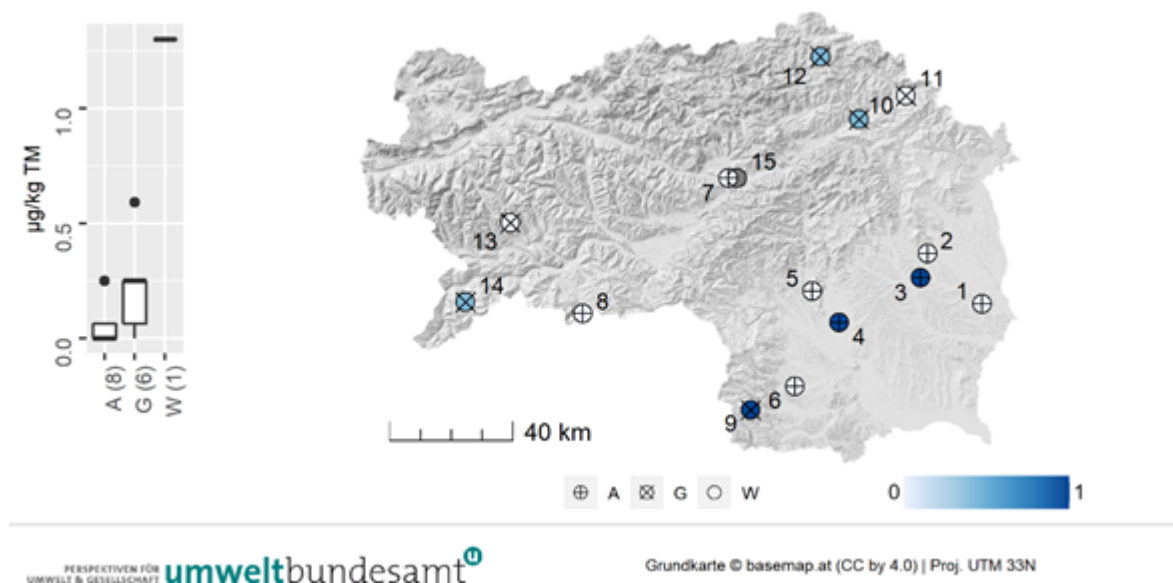
Von diesen wurden auf den steirischen Ackerstandorten drei, auf den Grünlandstandorten fünf und auf dem Waldstandort fünf nachgewiesen. Im Folgenden werden Perfluoroktansäure (PFOA, PF8A) und Perfluoroktansulfonsäure (PFOS, PF8S) als Vertreter dargestellt.

Perfluoroktansäure (PFOA, PF8A)

Von den acht Ackerstandorten wurde PFOA nur an zwei Standorten (Nr. 3, Nr. 4) nachgewiesen, jedoch unter der Bestimmungsgrenze (< BG). Von den sechs Grünlandstandorten wurde PFOA an drei Standorten (Nr. 10, Nr. 12, Nr. 14) nachgewiesen (< BG) und an einem Standort (Nr. 9) mit 0,59 µg/kg TM bestimmt. Der höchste Einzelwert der PFOA wurde am Waldstandort (Nr. 15) im Auflagehumus mit 1,3 µg/kg TM detektiert (Abbildung 96). Im Mineralboden (Nr. 15) konnte PFOA nachgewiesen (< BG) werden.

Die vorliegenden PFOA-Gehalte der Grünlandstandorte liegen unter den Werten der Grünlandstudie von industriefernen Standorten (Median: 1,8 µg/kg TM; Maximum 3,7 µg/kg TM) (Umweltbundesamt 2008). Der höchste PFOA-Gehalt befindet sich am Waldstandort (Auflagehumus) (Nr. 15) mit 1,3 µg/kg TM und liegt unter dem Maximum der MONARPOP-Studie (Median: 0,77 µg/kg TM; Maximum 1,45 µg/kg TM) (BMLFUW 2009).

Abbildung 96: PFOA-Gehalte (li) und untersuchte Standorte in der Steiermark (re). Die PFOA-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.

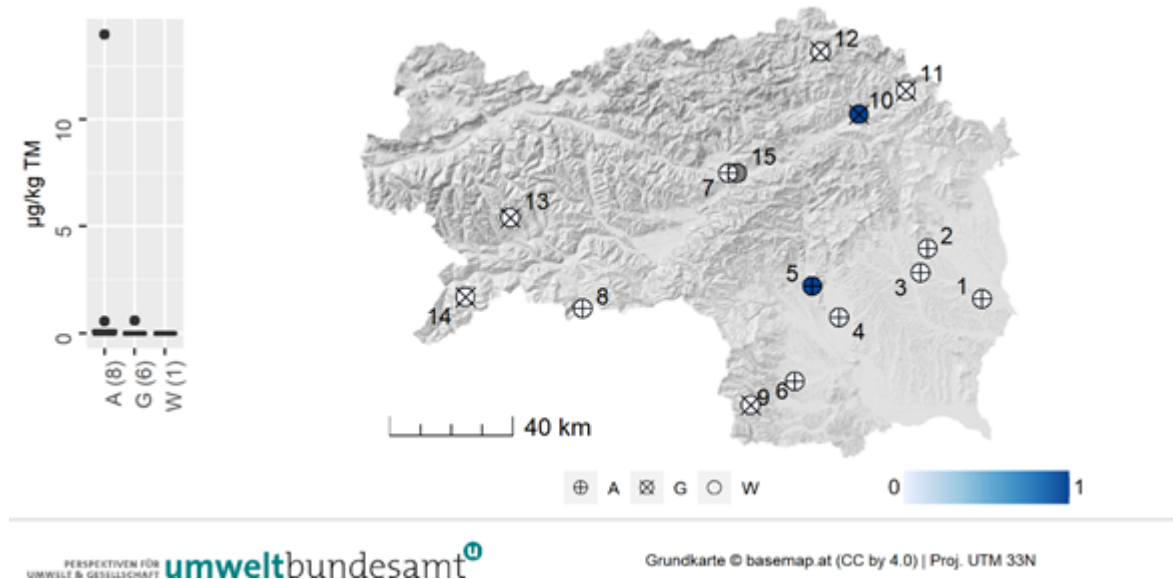


Perfluoroktansulfonsäure (PFOS, PF8S)

Von den acht Ackerstandorten wurde PFOS an zwei Standorten (Nr. 4, Nr. 5) bestimmt, wobei der Höchstwert mit 14 µg/kg TM (Nr.5) vorliegt. Von den sechs Grünlandstandorten wurde PFOS nur an einem Standort (Nr. 10) mit 0,58 µg/kg TM bestimmt. PFOA wurde am Waldstandort (Nr. 15) nur im Mineralboden nachgewiesen (< BG) (Abbildung 97).

Der vorliegende PFOS-Gehalt des Grünlandstandortes liegt unter den Werten der Grünlandstudie von industriiefernen Standorten (Median: 1,8 µg/kg TM; Maximum 3,7 µg/kg TM) (Umweltbundesamt 2008). Der höchste PFOA-Gehalt befindet sich am Ackerstandort (Nr. 5) mit 14 µg/kg TM und liegt damit über dem Maximum der MONARPOP-Studie für Wald (Maximum 1,45 µg/kg TM) (BMLFUW 2009) als auch über dem Maximum der Grünlandstudie (Maximum 3,7 µg/kg TM) (Umweltbundesamt 2008) und sollte daher auf die Herkunft von PFOS überprüft werden.

Abbildung 97: PFOS-Gehalte (li) und untersuchte Standorte in der Steiermark (re). Die PFOS-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.



Zusammenfassung Steiermark

In der Steiermark gibt es auffällige Konzentrationen an einzelnen Grünlandstandorten bei folgenden Schadstoffen:

- polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAH)
- Pentabromtoluol (PBT)
- Pentabromethylbenzol (PBEB)
- para-Tetrabromxylol (p-TBX)

In der Steiermark gibt es auffällige Konzentrationen an einzelnen Waldstandorten bei folgenden Schadstoffen:

- polychlorierte Dibenzo-*p*-Dioxine und Dibenzofurane (PCDD/F)
- dioxinähnliche polychlorierte Biphenyle (dl-PCB)
- Summe polybromierte Diphenylether (PBDE)
- Summe Dichloran-Plus (DP)
- Perfluoroktansäure (PFOA).

In der Steiermark gibt es auffällige Konzentrationen an einzelnen Ackerstandorten bei folgenden Schadstoffen:

- polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAH)
- p,p'-Dichlordiphenyltrichlorethan (p,p'-DDT)
- Pendimethalin
- polybromierte Diphenylether (BDE6)
- Perfluoroktansulfonsäure (PFOS).

Die gemessenen Konzentrationen übersteigen keine derzeit in Österreich vorliegenden gesetzlich festgelegten Grenzwerte.

Es wird empfohlen an folgenden Standorten der Herkunft der jeweiligen Schadstoffe bzw. Schadstoffgruppen nachzugehen:

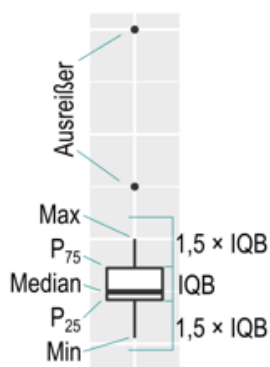
Ackerstandort: Nr. 2, Nr. 4, Nr. 5, Nr. 8; Grünlandstandort: Nr. 10; Nr. 14;
Waldstandort: Nr. 15.

7.3.6 Niederösterreich

In Niederösterreich wurden 15 Standorte untersucht, wovon sich zehn auf Acker-, zwei auf Grünland- und drei auf Waldboden befinden. Von den Waldstandorten wird der Gehalt des Auflagehumus dargestellt. Im Folgenden werden die Ergebnisse den Schadstoffgruppen entsprechend beschrieben und bewertet. Die meisten Standorte befinden sich im Ackerland, das auch die am häufigsten verbreitete landwirtschaftliche Bewirtschaftung in Niederösterreich abbildet.

Die Ergebnisdarstellung erfolgt einerseits mittels Boxplot (Abbildung 98) und andererseits durch Darstellung der Standorte auf einer Landkarte.

Abbildung 98: Beispiel-Boxplot als Lesehilfe



Die Enden der Linien (whiskers) stellen Minimum und Maximum der Beobachtungen ohne Ausreißer dar. Ausreißer sind von der Oberkante (P₇₅) bzw. Unterkante (P₂₅) mindestens das 1,5fache des Interquartilsbereichs (IQB = Boxhöhe) entfernt und sind als Punkte dargestellt.

Schadstoffgruppe – Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe – PAH (Summe PAH16)

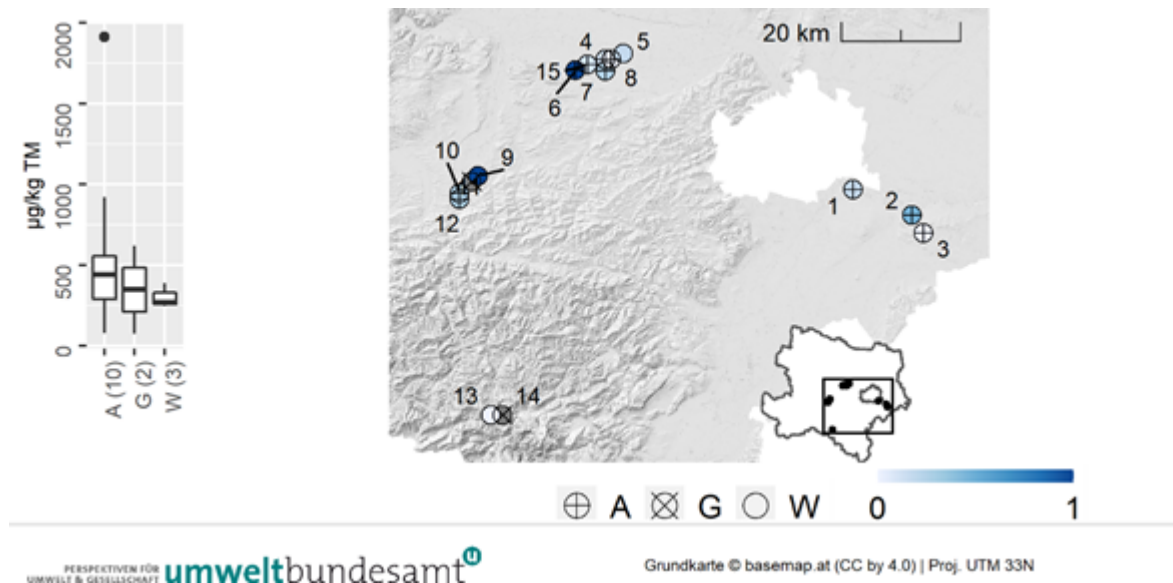
In Abbildung 99 (Boxplot) sind die Schwankungsbreiten der Summe der PAH16 in der jeweiligen Nutzungsklasse dargestellt. Die zehn Ackerstandorte zeigen eine große Variationsbreite der PAH16-Gehalte und weisen einen Median von ca. 440 µg/kg TM und einen Maximalwert von ca. 1.910 µg/kg TM auf. Auch die Gehalte der beiden Grünlandstandorte zeigen einen großen Unterschied, sie liegen zwischen 75 µg/kg TM und 620 µg/kg TM. Die drei Waldstandorte weisen eine geringe Variationsbreite auf und liegen um den Median von ca. 270 µg/kg TM.

Der Richtwert der schweizerischen Verordnung über Belastungen des Bodens (VBBo 1998, Stand 2016) liegt für PAH16 bei 1.000 µg/kg TM, der Vorsorgewert (VW) der Vorarlberger Bodenqualitätsverordnung (LGBL Nr. 77/2018) liegt bei 2.000 µg/kg TM und der VW der deutschen Bundesbodenschutzverordnung (BBodSchV 1999) liegt bei 3.000 µg/kg TM bei einem Humusgehalt < 8 % (Anm. für Acker und Grünland). Der Großteil der Acker-, Grünland- und Waldstandorte weist PAH16-Gehalte auf, die unter den Richt- und Vorsorgewerten liegen. Der Ackerstandort (Nr. 6) liegt mit ca. 1.950 µg/kg TM über dem schweizerischen Richtwert und knapp unter dem Vorarlberger Vorsorgewert.

Der Median der PAH16-Gehalte der Ackerböden von 440 µg/kg TM kann mit dem Median der Hintergrundwerte der Ackerstandorte in Bayern von 224 µg/kg TM verglichen werden (LfU 2011) und weist in etwa den doppelten Wert auf. Bei den Grünlandstandorten liegt der niedrige Wert mit ca. 7 µg/kg TM weit unter dem Median der ORAPOP-Studie aus Salzburg mit 133 µg/kg TM, und der höhere Wert (Maximum) von ca. 620 µg/kg TM weit

unter dem Maximum von ORAPOP (1.682 $\mu\text{g/kg TM}$) (Kreuzeder et al. 2018). Für Niederösterreich kann empfohlen werden, die Herkunft der PAH beim Ackerstandort Nr. 6 einer genaueren Betrachtung zu unterziehen.

Abbildung 99: PAH-Gehalte (li) und untersuchte Standorte in Niederösterreich (re). Die PAH-Gehalte sind innerhalb der Nutzungsklasse normiert dargestellt.



Schadstoffgruppe – Polychlorierte Dibenzo-*p*-Dioxine und Dibenzofurane – PCDD/F (I-TEQ, lower bound (LB))

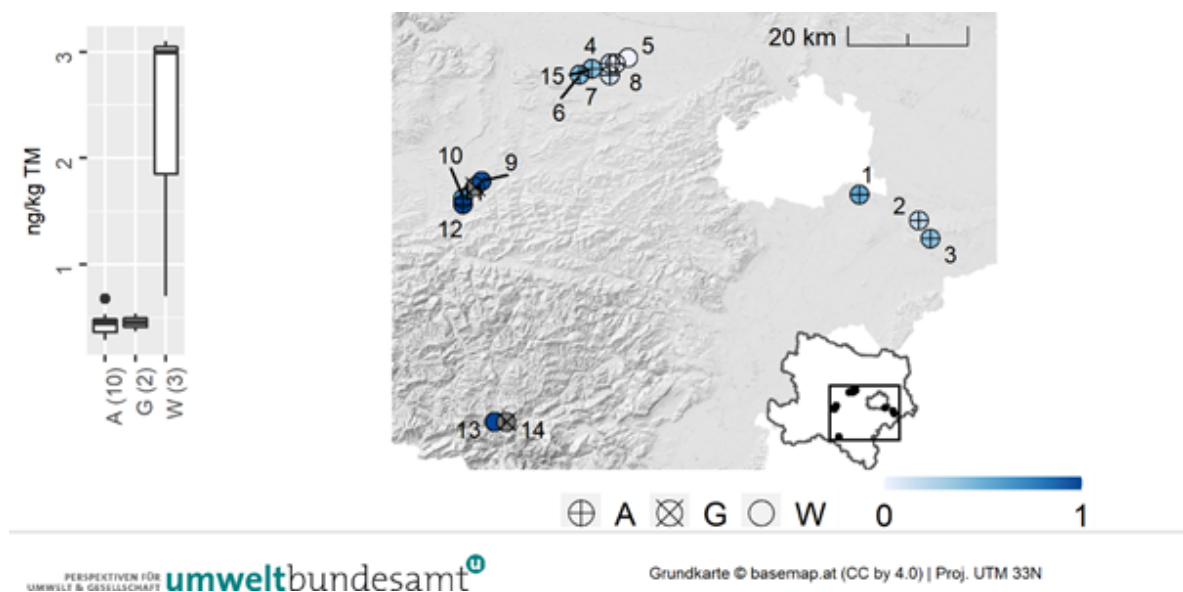
In Abbildung 100 (Boxplot) sind die Schwankungsbreiten der Toxizitätsäquivalente (I-TEQ) der Dioxine und Furane in der jeweiligen Nutzungsklasse dargestellt. Die zehn Ackerstandorte zeigen eine geringe Variationsbreite der I-TEQ-Werte und liegen zwischen 0,3 ng/kg TM und 0,6 ng/kg TM, mit einem Median von 0,45 ng/kg TM. Die Gehalte der beiden Grünlandstandorte liegen bei ca. 0,4 ng/kg TM. Die vorliegenden Gehalte liegen unter den Ergebnissen der Grünlandstudie von industriefernen Standorten mit einem Median von 0,77 ng/kg TM und einem Maximum von 9,33 ng/kg TM (Umweltbundesamt 2008). Die Waldstandorte weisen die höchsten I-TEQ-Werte auf mit dem höchsten Einzelwert von ca. 3 ng I-TEQ/kg TM (Nr. 9). Dieser Wert liegt knapp unter dem Median der MONARPOP-Studie mit 3,7 ng/kg TM (BMLFUW 2009).

Werden die I-TEQ-Werte mit den Werten der Handlungsempfehlungen zur Bodennutzung aus Deutschland verglichen (Bundesumweltministerium, 1993), stellt sich folgendes Bild

dar: Laut den Handlungsempfehlungen ist bis 5 ng I-TEQ/kg TM (PCDD/F) eine multifunktionale Nutzung des Bodens möglich. Bis 40 ng I-TEQ/kg TM sollen Prüfaufträge und Handlungsempfehlungen erstellt werden, und darüber liegende Werte können zur Einschränkung für bestimmte landwirtschaftliche Nutzungen führen (jedoch uneingeschränkte Nutzung bei minimalem Dioxintransfer). Der Richtwert der schweizerischen Verordnung über Belastungen des Bodens (VBBo 1998, Stand 2016) liegt bei 5 ng/kg TM, der Prüfwert bereits bei 20 ng/kg TM.

Alle Acker-, Grünland- und Waldstandorte liegen unterhalb des Richtwerts von 5 ng/kg TM, womit uneingeschränkte multifunktionale Nutzung möglich ist.

Abbildung 100: PCDD/F-Gehalte (I-TEQ (LB) (li) und untersuchte Standorte in Niederösterreich (re). Die PCDD/F-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.



Schadstoffgruppe – Polychlorierte Biphenyle – PCB [ndl-PCB (PCB6, PCB7), dl-PCB]⁵¹

Die Schadstoffgruppe der Polychlorierten Biphenyle wird durch zwei Summen unterschiedlicher chemischer Verbindungen dargestellt:

⁵¹ ndl: non-dioxin-like PCB, PCB Summe 6 (Ballschmitter-/Indikator-PCB), dl: dioxin-like PCB

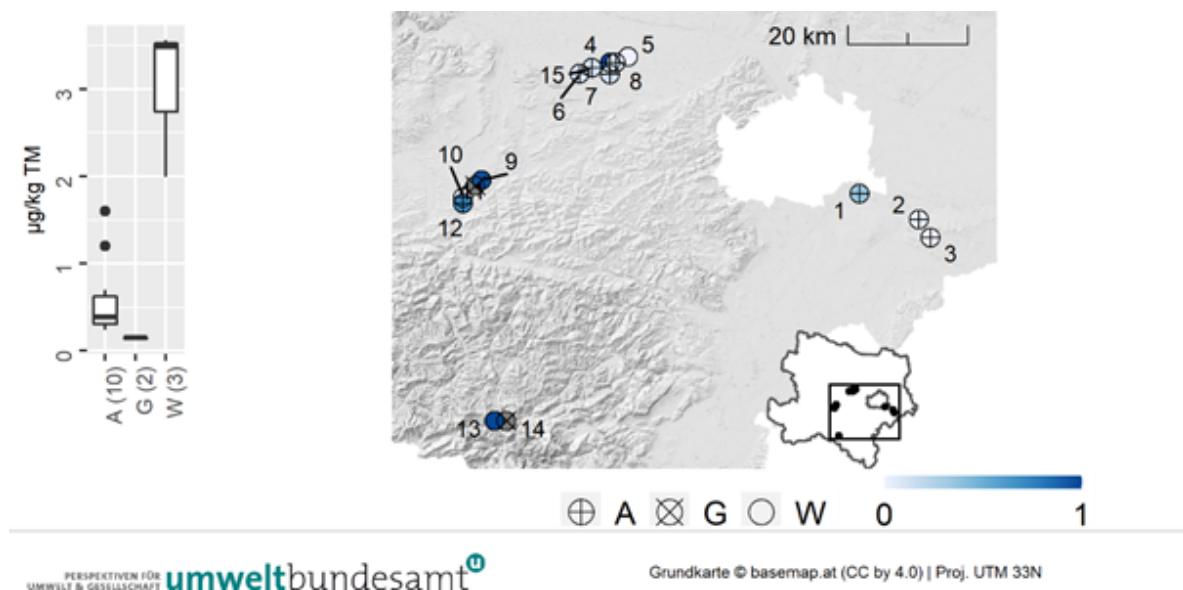
ndl-PCB (PCB6)

In Abbildung 101 (Boxplot) sind die Schwankungsbreiten der Indikator-PCB (PCB6) in der jeweiligen Nutzungsklasse dargestellt. Der Median der zehn Ackerstandorte liegt bei ca. 0,4 µg/kg TM, das Maximum liegt bei ca. 1,6 µg/kg TM am Standort (Nr. 4). Die Gehalte der beiden Grünlandstandorte liegen bei ca. 0,2 µg/kg TM. Die Gehalte der drei Waldstandorte liegen zwischen 2,0 µg/kg TM und 3,5 µg/kg TM.

Der VW der deutschen Bundesbodenschutzverordnung (BBodSchV 1999) liegt bei 50 µg/kg TM bei einem Humusgehalt < 8 % (Anm. für Acker und Grünland) und bei 100 µg/kg TM (für Wald).

Die PCB6-Gehalte aller niederösterreichischen Standorte liegen weit unter diesen Vorgewerten. Für Acker und Grünland liegen die PCB6-Gehalte im Bereich der Hintergrundwerte von Bayern mit 1,4 µg/kg TM (LfU 2011) und auch der Grünlandstudie industrieferner Standorte mit 1,2 µg/kg TM (Umweltbundesamt 2008). Der Waldstandort (Nr. 9) weist mit 3,5 µg/kg TM im Auflagehumus und 6,4 µg/kg TM im Mineralboden die höchsten Werte auf, liegt aber unter dem Median der MONARPOP-Studie mit 7,7 µg/kg TM (BMLFUW 2009).

Abbildung 101: Summe der Indikator-PCB6-Gehalte (LB) (li) und untersuchte Standorte in Niederösterreich (re). Die PCB6-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.



Dioxinähnliche PCB (dl-PCB)

Die dioxinähnlichen PCB (dl-PCB) zeigen eine ähnliche Verteilung wie die PCB, nur auf einem niedrigeren Niveau (Abbildung 102).

Abbildung 102: Summe der dl-PCB (li) und untersuchte Standorte in Niederösterreich (re). Die dl-PCB sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.

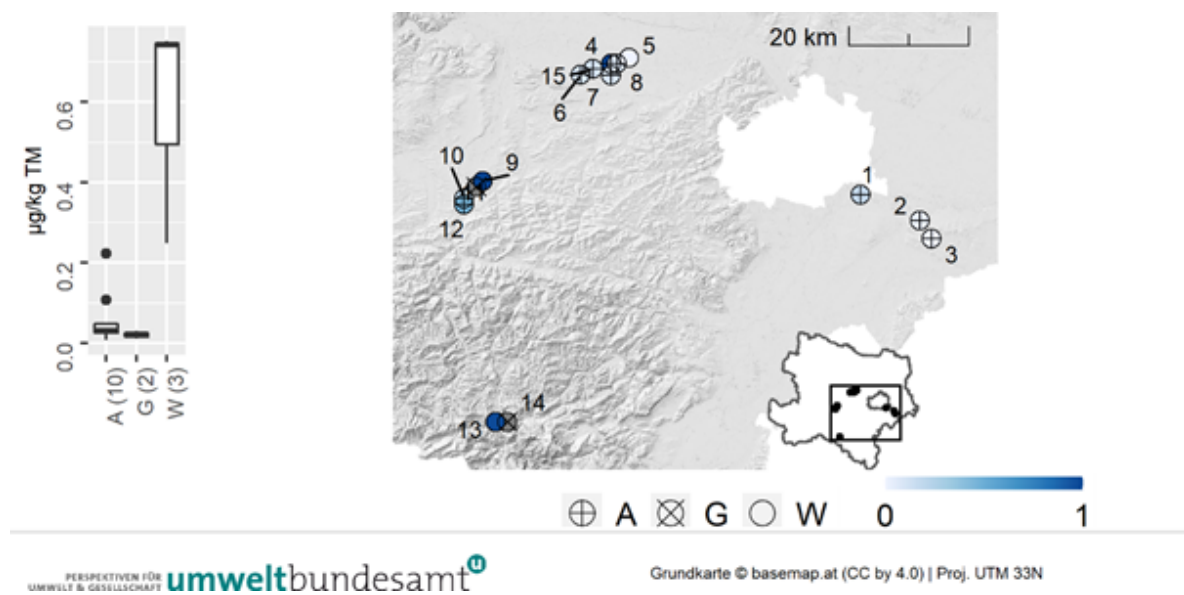
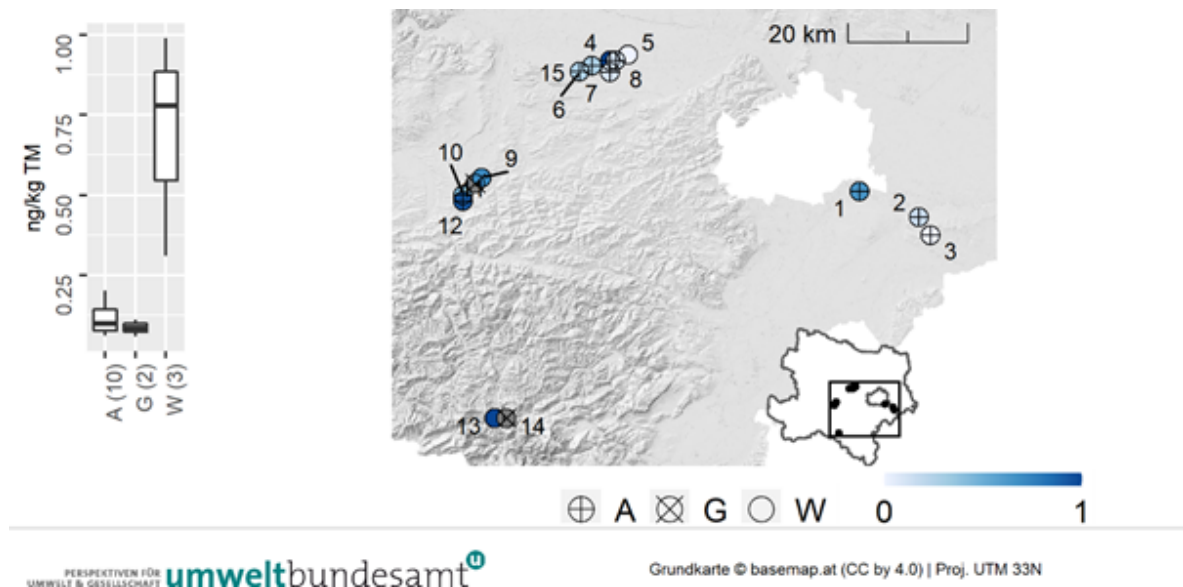


Abbildung 103: TEQ (WHO05) der dl-PCB (LB) (li) und untersuchte Standorte in Niederösterreich (re). Die TEQ der dl-PCB sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.



In Abbildung 103 werden die Toxizitätsäquivalente der dl-PCB dargestellt. Sie weisen beim Waldstandort Nr. 13 den höchsten Wert mit ca. 1,0 ng/kg TM auf. Werden die TEQ von PCDD/F (Abbildung 100) und dl-PCB (Abbildung 103) addiert – was gesetzlich nicht korrekt, fachlich jedoch sinnvoll ist – liegt die Summe bei ca. 4 ng TEQ/kg TM, wo multifunktionale Nutzung möglich ist. Das Zusammenfügen der TEQ der PCDD/F und der dl-PCB ist im Bereich Luftschadstoffe (Depositionsmessungen) übliche Praxis (LANUV 2018) und wird auch im Rahmen dieses Forschungsprojektes angewendet.

Schadstoffgruppe – Pestizide

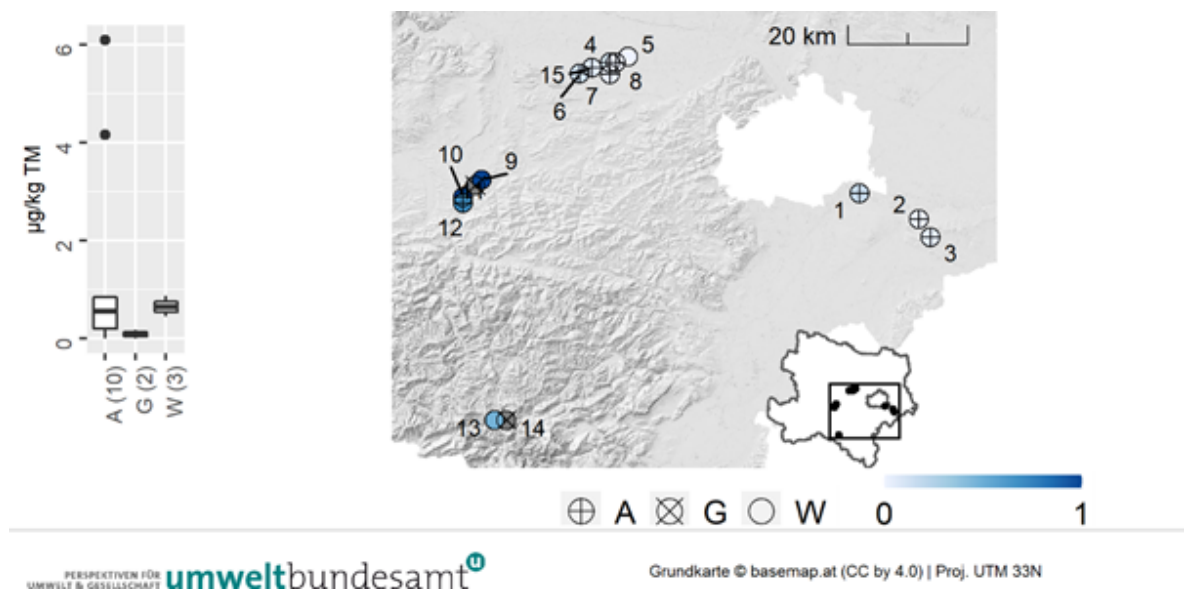
Die folgenden Pestizide wurden mittels der angewendeten Methode an zumindest einem Standort in Niederösterreich nachgewiesen:

- p,p'-Dichlordiphenyldichlorethen (p,p'-DDE) (Nr. 1, Nr. 3, Nr. 4, Nr. 5, Nr. 6, Nr. 9, Nr. 10, Nr. 11, Nr. 12),
- Hexachlorbenzol (HCB) (Nr. 1, Nr. 5, Nr. 9, Nr. 10, Nr. 12, Nr. 13),
- Aclonifen (Nr. 10),
- Pendimethalin (Nr. 10, Nr. 12).

Die Summe der Pestizide wird in Abbildung 104 dargestellt.

Die nicht nachgewiesenen Pestizide werden nicht dargestellt: Aldrin, cis-Chlordan, trans-Chlordan, oxy-Chlordan, Dieldrin, Dichlobenil, p,p'-Dichlordiphenyltrichlorethan (p,p'-DDT), o,p'-Dichlordiphenyl-trichlorethan (o,p'-DDT), 2,4'-Dichlordiphenyldichlorethen (2,4'-DDE), alpha-Endosulfan, beta-Endosulfan, Endrin, Fluroxypyr-meptyl, Heptachlor, cis-Heptachlorepoxyd, trans-Heptachlor-epoxyd, alpha-Hexachlorcyclohexan, beta-Hexachlorcyclohexan, gamma-Hexachlorcyclohexan (Lindan), Methoxychlor, Mirex, Pentachlorbenzol, Pentachlorphenol (PCP).

Abbildung 104: Summe Pestizide (li) und untersuchte Standorte in Niederösterreich (re). Die Pestizide sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.



p,p'-DDE ist das Abbauprodukt von DDT und deutet daher auf eine frühere Nutzung von DDT hin. p,p'-DDE konnte auf sieben der zehn Ackerstandorte, an einem Grünlandstandort und in den Mineralböden der drei Waldstandorte in Niederösterreich bestimmt werden (Abbildung 105). Am Ackerstandort (Nr. 6) liegt der höchste Wert mit $0,79 \mu\text{g/kg TM}$. Im Mineralboden des Waldstandortes (Nr. 13) liegt der Höchstwert von $2,3 \mu\text{g/kg TM}$ vor.

Hexachlorbenzol (HCB) (Abbildung 106) wurde an fünf Ackerstandorten nachgewiesen, mit einem Höchstwert von $0,84 \mu\text{g/kg TM}$ (Nr. 12). Weiters wurde HCB an allen drei Waldstandorten zwischen $0,34 \mu\text{g/kg TM}$ bis $0,86 \mu\text{g/kg TM}$ (Auflagehumus) bestimmt. Bei den Grünlandstandorten wurde kein HCB nachgewiesen.

Aclonifen wurde am Ackerstandort (Nr. 10) mit knapp 4 µg/kg TM detektiert (Abbildung 107). Pendimethalin wurde auf zwei Ackerstandorten mit 1,1 µg/kg TM (Nr. 10) und 3,0 µg/kg TM (Nr. 12) detektiert. In Österreich ist Pendimethalin für die Anwendung als Pflanzenschutzmittel zugelassen. Zu beachten ist, dass Pendimethalin sowohl einem Abbau als auch einer Fixierung im Boden unterliegt (Luks et al. 2020) und die Detektion daher in Abhängigkeit vom Ausbringungszeitpunkt zu sehen ist.

Abbildung 105: p,p'-DDE (li) und untersuchte Standorte in Niederösterreich (re). p,p'-DDE-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.

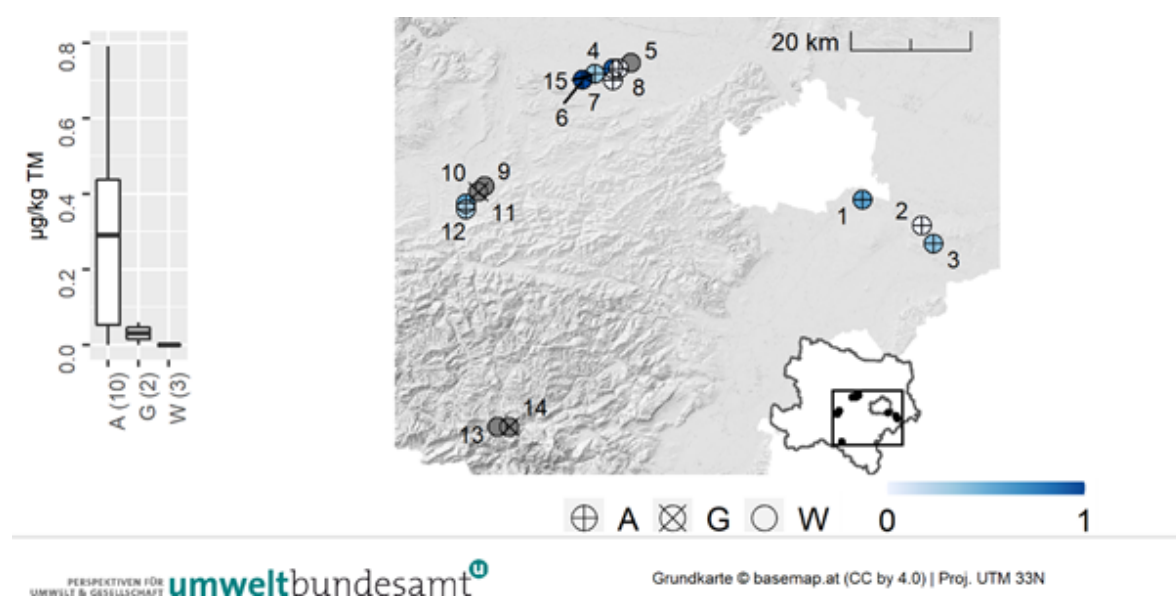


Abbildung 106: Hexachlorbenzol (HCB) (li) und untersuchte Standorte in Niederösterreich (re). HCB-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.

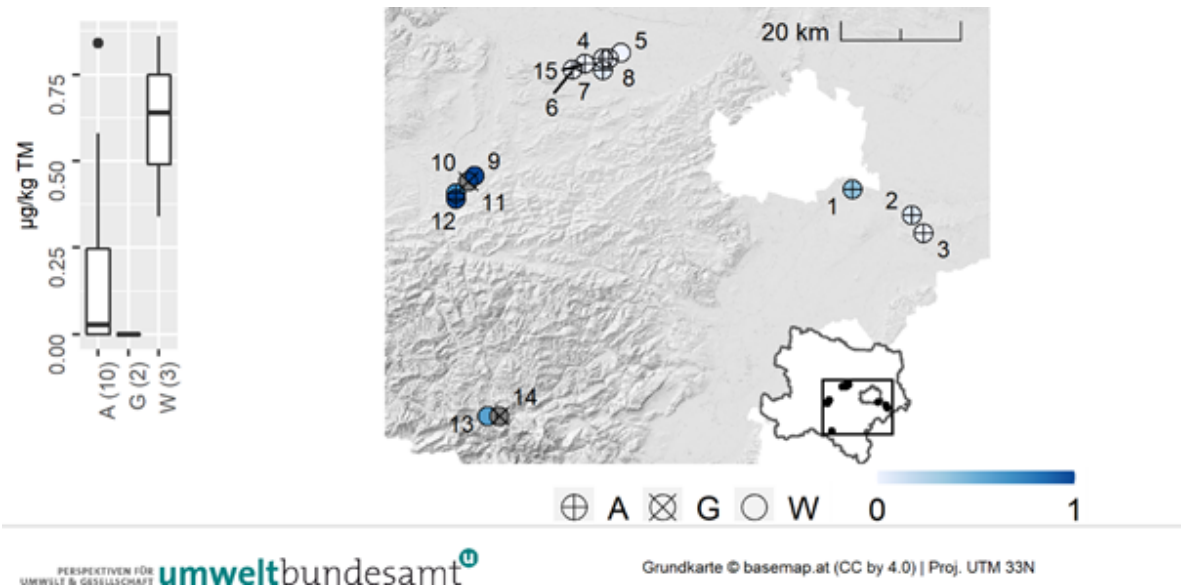


Abbildung 107: Aclonifen (li) und untersuchte Standorte in Niederösterreich (re). Aclonifen-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.

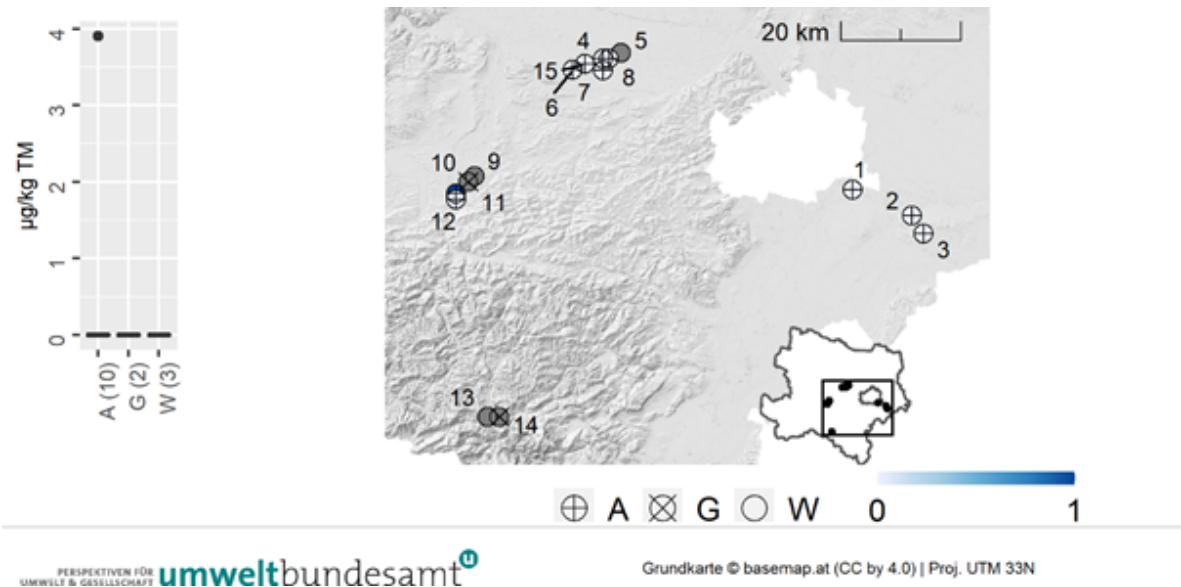
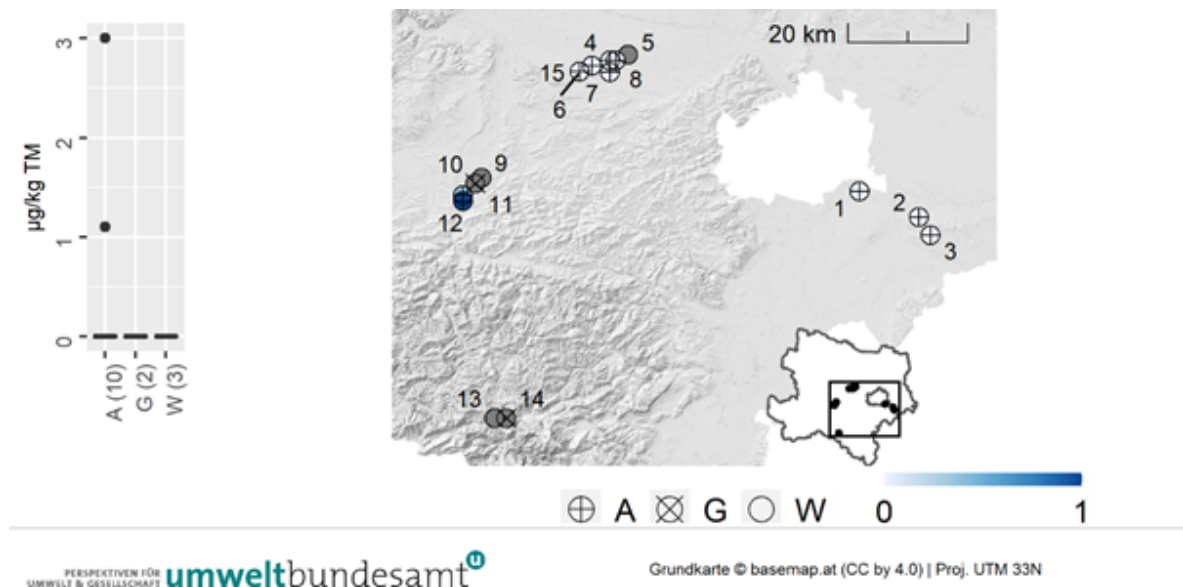


Abbildung 108: Pendimethalin (li) und untersuchte Standorte in Niederösterreich (re). Pendimethalin-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.



Schadstoffgruppe der Flammenschutzmittel – Polybromierte Diphenylether – PBDE (Summe PBDE(20), Summe BDE(6); Summe Flammhemmer)

Die Schadstoffgruppe der untersuchten Flammenschutzmittel wird durch drei Summen unterschiedlicher chemischer Verbindungen dargestellt:

Die Summe der 20 PBDE umfasst 20 polybromierte Diphenylether-Verbindungen: BDE 28, BDE 47, BDE 49, BDE 66, BDE 77, BDE 85, BDE 99, BDE 100, BDE 118, BDE 126, BDE 139, BDE 153, BDE 154, BDE 181, BDE 183, BDE 196, BDE 197, BDE 203, BDE 207 und BDE 209.

Die Summe der 6 BDE umfasst sechs polybromierte Diphenylether-Verbindungen: BDE 28, BDE 47, BDE 99, BDE 100, BDE 153 und BDE 154.

Die Summe der Flammhemmer umfasst folgende zehn Substanzen: HBB (Hexabrombenzol), PBB 153 (2,2',4,4',5,5'-Hexabrombiphenyl), PBT (Pentabromtoluol), PBEB (Pentabromethylbenzol), p-TBX (para-Tetrabromxylol), syn-DP (Dechlorane Plus syn), anti-DP (Dechlorane Plus anti), alpha-HBCDD (Hexabromcyclododecan), beta-HBCDD (Hexabromcyclododecan) und gamma-HBCDD (Hexabromcyclododecan).

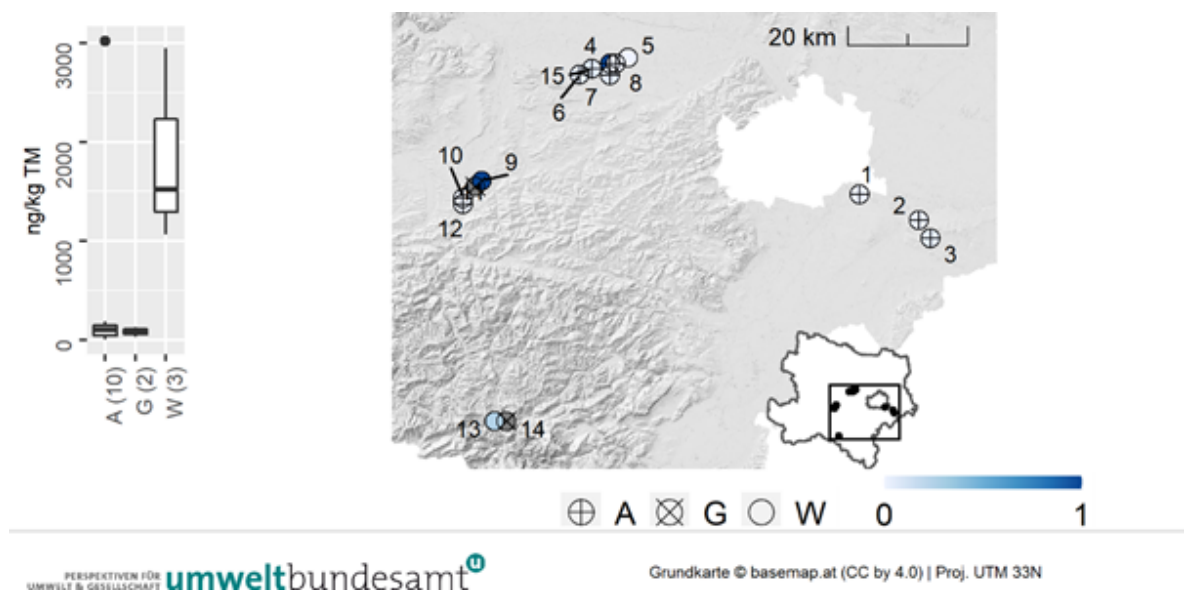
Summen der 20 PBDE

Die zehn Ackerstandorte zeigen eine geringe Variationsbreite der PBDE-Werte, wobei nur der höchste Wert mit ca. 3 µg/kg TM am Standort Nr. 4 hervorsticht. Die Gehalte der zwei

Grünlandstandorte reichen von 0,03 µg/kg TM bis 0,13 µg/kg TM. Die Waldstandorte weisen den höchsten Median mit 1,5 µg/kg TM auf, wobei das Maximum von knapp 3 µg/kg TM am Standort Nr. 9 vorliegt.

Die vorliegenden Gehalte (Summe PBDE20; Abbildung 109) der Grünlandstandorte liegen unter den Werten der Grünlandstudie von industriefernen Standorten mit einem Median von 0,36 µg/kg TM und dem Maximum von 5,3 µg/kg TM (Summe PBDE25) (Umweltbundesamt 2008).

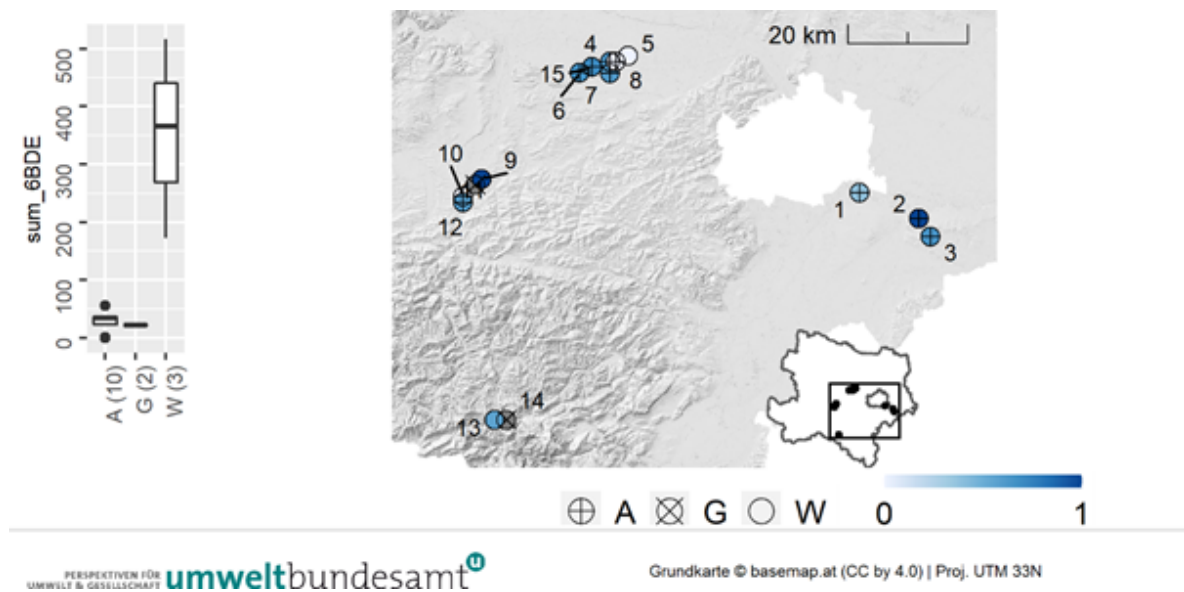
Abbildung 109: Summe PBDE (20) (li) und untersuchte Standorte in Niederösterreich (re). Die PBDE sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.



Summen der 6 BDE

Die Summen der sechs BDE sind in Abbildung 110 dargestellt, wobei BDE-47 und BDE-99 dabei den größten Mengenanteil ausmachen. Der Median der Summe BDE6 der Waldstandorte liegt mit ca. 0,36 µg/kg TM unter den Ergebnissen der MONARPOP-Studie mit 0,52 µg/kg TM (BMLFUW 2009). Das Maximum der Summe BDE6 von ca. 0,5 µg/kg TM liegt beim Standort Nr. 9 auch unter dem Maximum der MONARPOP-Studie von 1,5 µg/kg TM.

Abbildung 110: Summen BDE (6) (li) und untersuchte Standorte in Niederösterreich (re). Die BDE6-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.



Summe der Flammmhemmer

Die Ackerstandorte weisen den niedrigsten Median mit 0,14 µg/kg TM, jedoch auch den höchsten Wert (Maximum) von 2,7 µg/kg TM am Standort Nr. 3 auf. Die beiden Werte der Grünlandstandorte liegt bei ca. 0,18 µg/kg TM. Den höchsten Median weisen die Waldstandorte mit 1,1 µg/kg TM der Summe der Flammmhemmer auf. Die Summen der Flammmhemmer sind in Abbildung 111 dargestellt.

Den größten Anteil der Summe der Flammmhemmer machen die Dechlorane (syn-DP und anti-DP) mit bis zu 100 % (Abbildung 112). Beim Waldstandort Nr. 5 fallen erhöhte Werte für HBB mit 0,025 µg/kg TM und PBT mit 0,073 µg/kg TM auf. Beim Waldstandort Nr. 9 fallen höhere Werte für Hexabrombenzol (HBB) mit 0,016 µg/kg TM, Pentabromtoluol (PBT) mit 0,024 µg/kg TM, para-Tetrabromxylool (p-TBX) mit 0,032 µg/kg TM und Hexabromcyclododekan (HBCDD) mit 5,8 µg/kg TM auf (nicht als eigene Abbildung dargestellt).

Abbildung 111: Summen der Flammhemmer(li) und untersuchte Standorte in Niederösterreich (re). Die Flammhemmer sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.

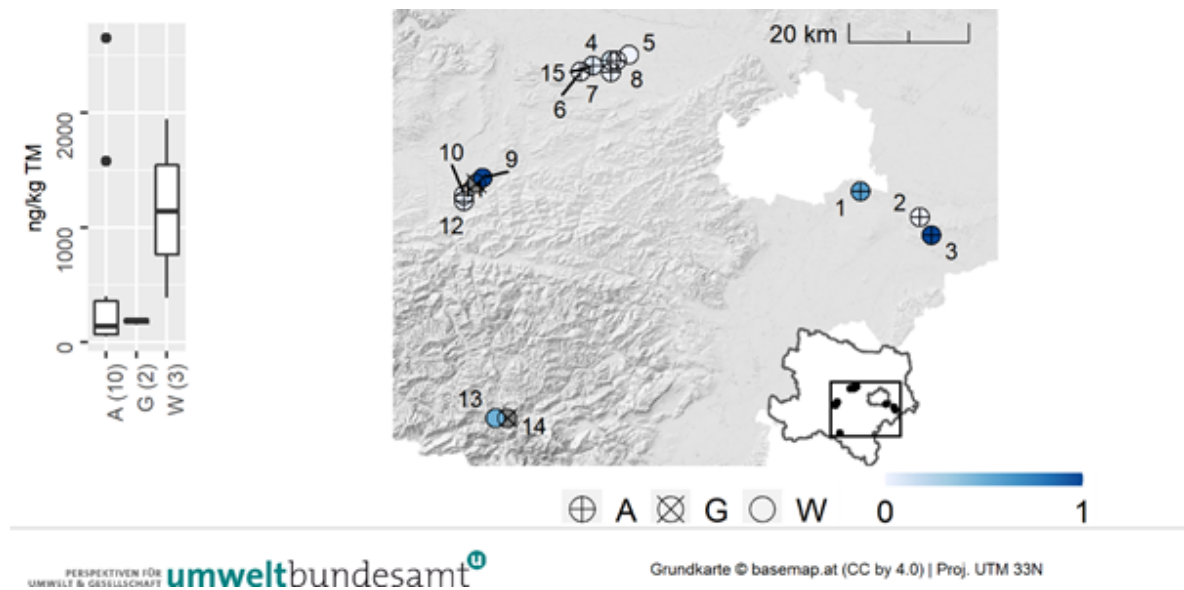
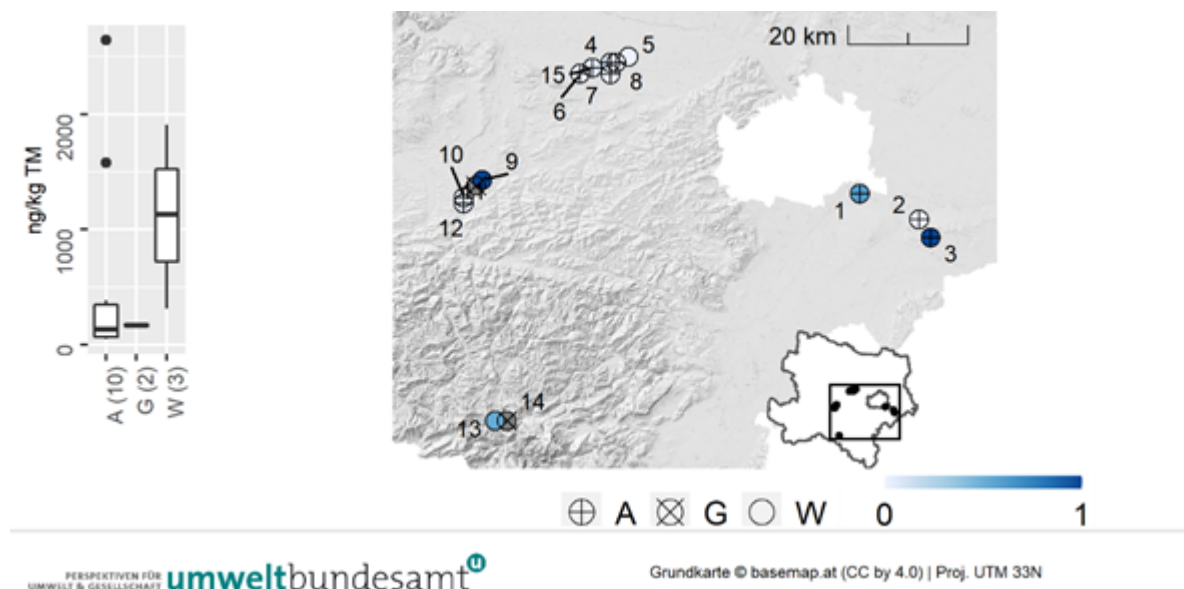


Abbildung 112: Summen Dechlorane (syn-DP, anti-DP) (li) und untersuchte Standorte in Niederösterreich (re). Die Dechlorane sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.



Schadstoffgruppe – Per- und polyfluorierte Substanzen – PFAS (PFOS, PFOA)

Aus der Schadstoffgruppe der Perfluorierten Alkylsubstanzen (PFAS) wurden 20 Verbindungen gemessen: PFBA (Perfluorbutanoat), PFPA (Perfluorpentanoat), PFHxA (Perfluorhexanoat), PFHpA (Perfluorheptanoat), PFOA (Perfluoroctanoat, Perfluoroktansäure), PFNA (Perfluornonanoat), PFDA (Perfluordecanoat), PFUnA (Perfluorundecanoat), PFDoA (Perfluordodecanoat), PFBS (Perfluorbutansulfonat), PFPeS (Perfluorpentansulfonat), PFHxS (Perfluorhexansulfonat), PFHpS (Perfluorheptansulfonat), PFOS (Perfluoroctansulfonat, Perfluoroktansulfonsäure), PFDS (Perfluordecansulfonat), PFOSA (Perfluoroktansulfonsäureamid), PF8S_A (N-Ethyl-Perfluoroktansulfonamid), PFTrA (Perfluortridecanoat), PFTA (Perfluortetradecanoat) und PFNS (Perfluornonasulfonat).

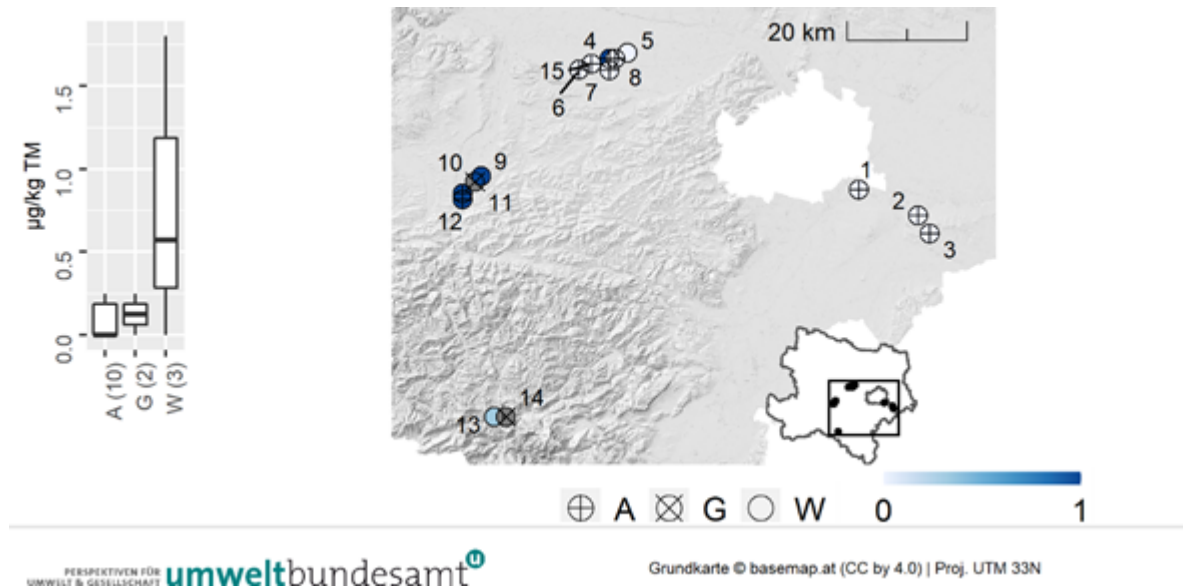
Von diesen wurden auf den niederösterreichischen Ackerstandorten zwei, auf den Grünlandstandorten eine und auf den Waldstandorten neun Substanzen nachgewiesen. Im Folgenden werden Perfluoroktansäure (PFOA, PF8A) und Perfluoroktansulfonsäure (PFOS, PF8S) als Vertreter dargestellt.

Perfluoroktansäure (PFOA, PF8A)

Von den zehn Ackerstandorten wurde PFOA nur an drei Standorten (Nr. 4, Nr. 10, Nr. 12) nachgewiesen, jedoch unter der Bestimmungsgrenze (< BG) von < 0,50 µg/kg TM. Von den zwei Grünlandstandorten wurde PFOA an einem Standort (Nr. 11) nachgewiesen (< BG). Von den drei Waldstandorten konnte PFOA an allen bestimmt werden, mit dem höchsten Wert am Standort Nr. 9 im Auflagehumus mit 1,8 µg/kg TM (Abbildung 113) und im Mineralboden mit 1,0 µg/kg TM. In Abbildung 113 sind die PFOA-Gehalte abgebildet.

Die vorliegenden PFOA-Gehalte der Grünlandstandorte liegen unter den Werten der Grünlandstudie von industriefernen Standorten (Median: 1,8 µg/kg TM; Maximum 3,7 µg/kg TM) (Umweltbundesamt 2008). Der höchste PFOA-Gehalt befindet sich am Waldstandort (Auflagehumus) (Nr. 9) mit 1,8 µg/kg TM und liegt über dem Maximum der MONARPOP-Studie (Median: 0,77 µg/kg TM; Maximum 1,45 µg/kg TM) (BMLFUW 2009).

Abbildung 113: PFOA-Gehalte (li) und untersuchte Standorte in Niederösterreich (re). Die PFOA-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.

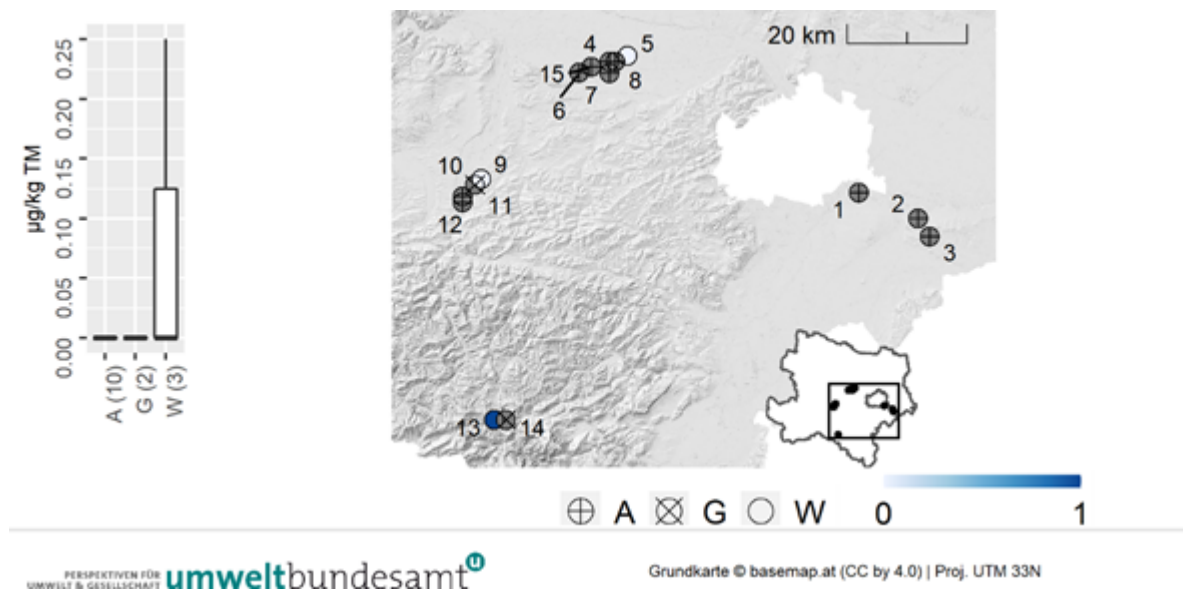


Perfluoroktansulfonsäure (PFOS, PF8S)

Auf den Acker- und Grünlandstandorten wurde PFOS an keinem Standort nachgewiesen. Nur an den drei Waldstandorten konnte PFOS nachgewiesen werden. Bei Standort Nr. 9 wurde PFOS nur im Mineralboden nachgewiesen ($< BG$) ($< 0,50 \mu\text{g/kg TM}$), bei Nr. 7 nur im Mineralboden mit $0,74 \mu\text{g/kg TM}$ bestimmt und bei Nr. 13 im Mineralboden mit $0,92 \mu\text{g/kg}$ bestimmt und im Auflagehumus unter Bestimmungsgrenze ($< BG$) ($< 0,50 \mu\text{g/kg TM}$) nachgewiesen werden (Abbildung 114 zeigt nur Auflagehumusgehalte). In Abbildung 114 sind die PFOS-Gehalte abgebildet.

Der höchste PFOS-Gehalt befindet sich am Waldstandort (Nr. 13) mit $0,92 \mu\text{g/kg TM}$ im Mineralboden und liegt damit unter dem Median der MONARPOP-Studie für Wald (Auflagehumus: Median $2,59 \mu\text{g/kg TM}$) (BMLFUW 2009).

Abbildung 114: PFOS-Gehalte (li) und untersuchte Standorte in Niederösterreich (re). Die PFOS-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.



Zusammenfassung Niederösterreich

In Niederösterreich gibt es keine auffälligen Konzentrationen an den beiden Grünlandstandorten.

In Niederösterreich gibt es auffällige Konzentrationen an einzelnen Waldstandorten bei folgenden Schadstoffen:

- Hexabromcyclododekan (HBCDD)
- Pentabromtoluol (PBT)
- Pentabromethylbenzol (PBEB)
- para-Tetrabromxylol (p-TBX)

In Niederösterreich gibt es auffällige Konzentrationen an einzelnen Ackerstandorten bei folgenden Schadstoffen:

- Summe Dechlorane (syn-, anti-DP)
- Pendimethalin
- Aclonifen

- Hexachlorbenzol (HCB)
- polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAH)

Die gemessenen Konzentrationen übersteigen keine derzeit in Österreich vorliegenden gesetzlich festgelegten Grenzwerte.

Es wird empfohlen an folgenden Standorten der Herkunft der jeweiligen Schadstoffe bzw. Schadstoffgruppen nachzugehen:

Ackerstandort: Nr. 1, Nr. 3, Nr. 6, Nr. 10, Nr. 12; Waldstandort: Nr. 9.

7.3.7 Salzburg

In Salzburg wurden 15 Standorte untersucht, wovon sich zwei auf Grünland- und 13 auf Waldboden befinden. In Salzburg wurden keine Ackerstandorte untersucht. Von den Waldstandorten werden die Gehalte des Auflagehumus dargestellt. In Salzburg wurde bei der Auswahl der Standorte der Schwerpunkt auf Waldstandorte gelegt.

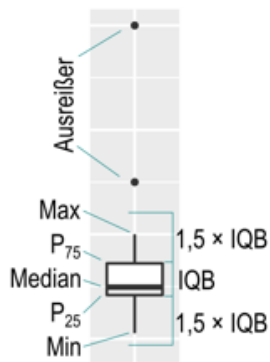
Die hier analysierten Proben stammen aus dem Projekt ORAPOP (Kreuzeder et al. 2018), wovon ein ausgewählter Teil (15 von 50 Standorten) aufgrund des erweiterten Parameterumfangs im aktuellen Projekt einer Wiederholungsuntersuchung unterzogen wurde. Die Ergebnisse der beiden Untersuchungen stimmen bei den meisten Parametern unter Berücksichtigung der methodisch bedingten Messwertunsicherheiten überein. Abweichende Ergebnisse gibt es bei vier PAH Kongeneren (Acenaphten, Anthracen, Fluoren, Naphthalin) und HCB. Ob es sich hierbei um substanzspezifische Abbauprozesse handelt oder dies auf andere Faktoren zurückzuführen ist, lässt sich aus den vorhandenen Daten nicht ableiten.

Daraus lässt sich auch ableiten, dass Analysen von Einzelproben (Mischprobe aus einmaliger Erhebung, Generierung eines Analysenwerts) mögliche Abweichungen enthalten, die durch zumindest eine Doppelanalyse (wie im Lebensmittelbereich) relativiert werden können.

Im Folgenden werden die Ergebnisse den Schadstoffgruppen entsprechend beschrieben und bewertet.

Die Ergebnisdarstellung erfolgt einerseits mittels Boxplot (Abbildung 115) und andererseits durch Darstellung der Standorte auf einer Landkarte.

Abbildung 115: Beispiel-Boxplot als Lesehilfe



Die Enden der Linien (whiskers) stellen Minimum und Maximum der Beobachtungen ohne Ausreißer dar. Ausreißer sind von der Oberkante (P75) bzw. Unterkante (P25) mindestens das 1,5fache des Interquartilsbereichs (IQB = Boxhöhe) entfernt und sind als Punkte dargestellt.

Schadstoffgruppe – Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe – PAH (Summe PAH16)

In Abbildung 116 (Boxplot) sind die Schwankungsbreiten der Summe der PAH16 in der jeweiligen Nutzungsklasse dargestellt. Die Gehalte der beiden Grünlandstandorte zeigen keinen großen Unterschied, sie liegen im Bereich von ca. 140 µg/kg TM. Die 13 Waldstandorte zeigen eine große Variationsbreite der PAH16-Gehalte und weisen einen Median von ca. 220 µg/kg TM und einen Maximalwert von ca. 1.310 µg/kg TM (Nr. 4) auf.

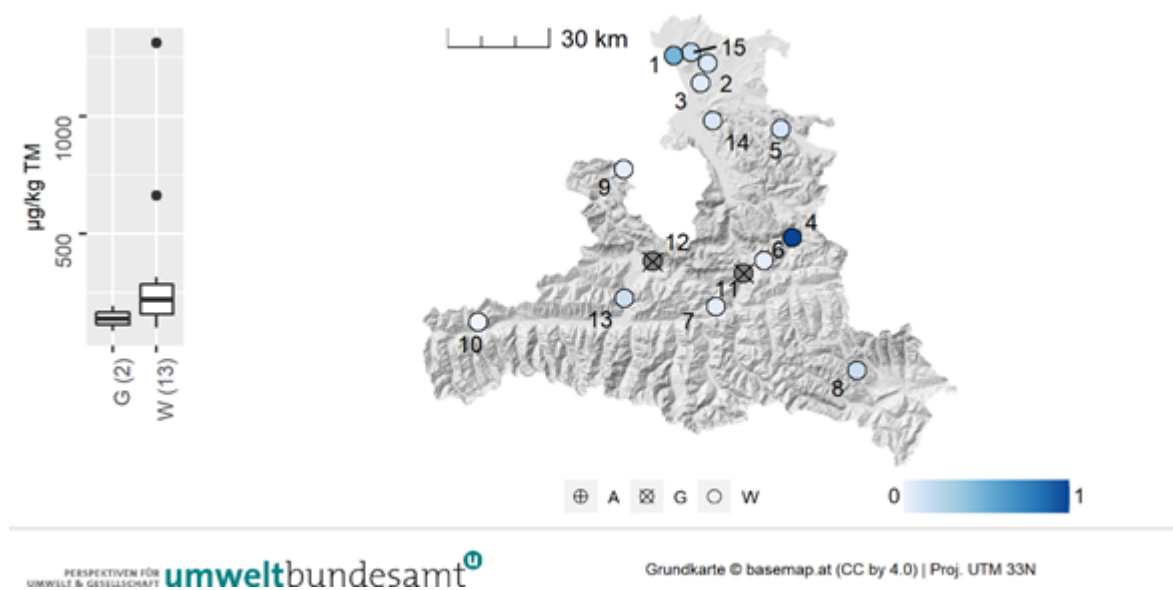
Der Richtwert der schweizerischen Verordnung über Belastungen des Bodens (VBBo 1998, Stand 2016) liegt für PAH16 bei 1.000 µg/kg TM, der Vorsorgewert (VW) der Vorarlberger Bodenqualitätsverordnung (LGBI. Nr. 77/2018) liegt bei 2.000 µg/kg TM und der VW der deutschen Bundesbodenschutzverordnung (BBodSchV 1999) liegt bei 3.000 µg/kg TM bei einem Humusgehalt < 8 % (Anm. für Acker und Grünland). Die beiden Grünlandstandorte und der Großteil der Waldstandorte weisen PAH16-Gehalte auf, die unter den Richt- und Vorsorgewerten liegen. Der Waldstandort (Nr. 4) jedoch liegt mit ca. 1.310 µg/kg TM über dem schweizerischen Richtwert, aber unter dem Vorarlberger Vorsorgewert.

Bei den Grünlandstandorten liegen die Werte der Summe der PAH16 mit ca. 140 µg/kg TM nahe dem Median der ORAPOP-Studie aus Salzburg mit 133 µg/kg TM, jedoch weit unter dem Maximum von ORAPOP (1.682 µg/kg TM) (Kreuzeder et al. 2018). Der Median der PAH16-Gehalte der Waldstandorte liegt mit ca. 220 µg/kg TM in etwa im Bereich der

ORAPOP-Studie mit 212 µg/kg TM. Der Maximalwert liegt mit 1.310 µg/kg TM über dem Maximalwert der ORAPOP-Studie von 890 µg/kg TM.

Für Salzburg kann empfohlen werden, eine Wiederholungsbeprobung und Analyse der PAH beim Waldstandort Nr. 4 durchzuführen, um die Ergebnisse zu verifizieren.

Abbildung 116: PAH-Gehalte (li) und untersuchte Standorte in Salzburg (re). Die PAH-Gehalte sind innerhalb der Nutzungsklasse normiert dargestellt.



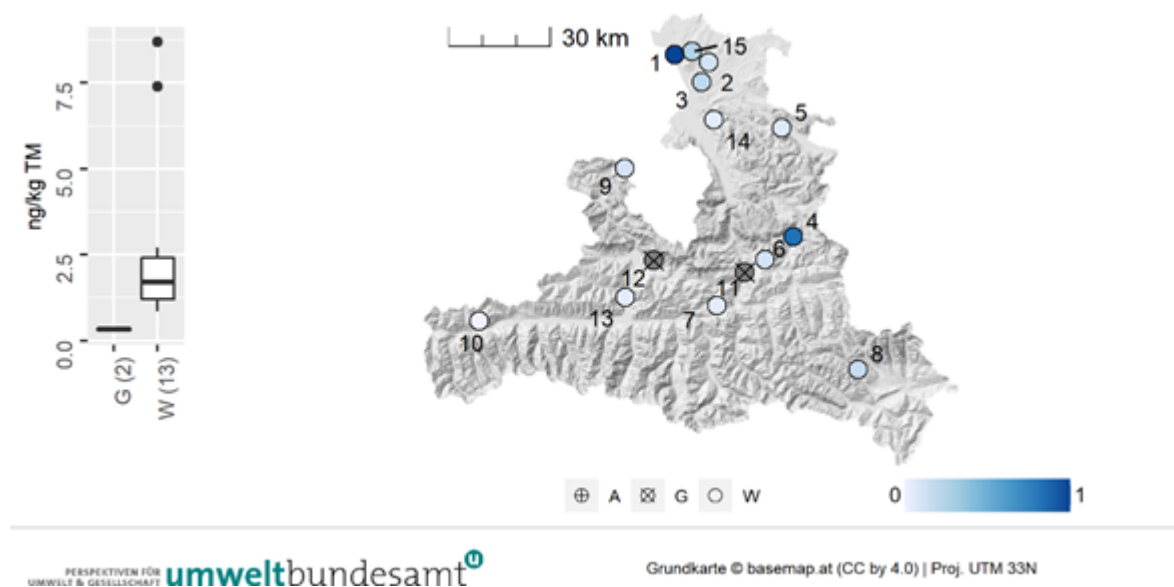
Schadstoffgruppe – Polychlorierte Dibenzo-*p*-Dioxine und Dibenzofurane – PCDD/F (I-TEQ, lower bound (LB))

In Abbildung 117 (Boxplot) sind die Schwankungsbreiten der Toxizitätsäquivalente (I-TEQ) der Dioxine und Furane in der jeweiligen Nutzungsklasse dargestellt. Die I-TEQ-Werte der zwei Grünlandstandorte liegen bei ca. 0,3 ng/kg TM. Die vorliegenden Gehalte liegen unter den Ergebnissen der Grünlandstudie von industriefernen Standorten mit einem Median von 0,77 ng/kg TM und einem Maximum von 9,33 ng/kg TM (Umweltbundesamt 2008). Die Gehalte der Waldstandorte weisen eine hohe Variationsbreite auf. Der Median der Waldstandorte liegt bei ca. 1,7 ng/kg TM. Der höchste Einzelwert liegt auf dem Waldstandort (Nr. 1) mit 8,7 ng I-TEQ/kg TM. Der Median wie auch der Maximalwert der Waldstandorte liegen unter den Werten der MONARPOP-Studie (Median: 3,7 ng/kg TM; Maximum von 10,81 ng/kg TM (BMLFUW 2009)).

Werden die I-TEQ-Werte mit den Werten der Handlungsempfehlungen zur Bodennutzung aus Deutschland verglichen (Bundsumweltministerium 1993), stellt sich folgendes Bild dar: Laut den Handlungsempfehlungen ist bis 5 ng I-TEQ/kg TM (PCDD/F) eine multifunktionale Nutzung des Bodens möglich. Bis 40 ng I-TEQ/kg TM sollen Prüfaufträge und Handlungsempfehlungen erstellt werden, und darüber liegende Werte können zur Einschränkung für bestimmte landwirtschaftliche Nutzungen führen (jedoch uneingeschränkte Nutzung bei minimalem Dioxintransfer). Der Richtwert der schweizerischen Verordnung über Belastungen des Bodens (VBBo 1998, Stand 2016) liegt bei 5 ng/kg TM, der Prüfwert bereits bei 20 ng/kg TM.

Alle Grünlandstandorte liegen unterhalb des Richtwerts von 5 ng/kg TM, womit uneingeschränkte multifunktionale Nutzung möglich ist. Von den 13 Waldstandorten weisen zwei Standorte (Nr. 1 und Nr. 4) Gehalte über dem Richtwert von 5 ng/kg TM auf. Es wird empfohlen, eine Wiederholungsbeprobung und Analyse der PCDD/F bei den Standorten Nr. 1 und Nr. 4 durchzuführen, um die Ergebnisse zu verifizieren.

Abbildung 117: PCDD/F-Gehalte (I-TEQ (LB)) (li) und untersuchte Standorte in Salzburg (re). Die PCDD/F-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.



Schadstoffgruppe – Polychlorierte Biphenyle – PCB [ndl-PCB (PCB6, PCB7), dl-PCB]⁵²

Die Schadstoffgruppe der Polychlorierten Biphenyle wird durch zwei Summen unterschiedlicher chemischer Verbindungen dargestellt:

ndl-PCB (PCB6)

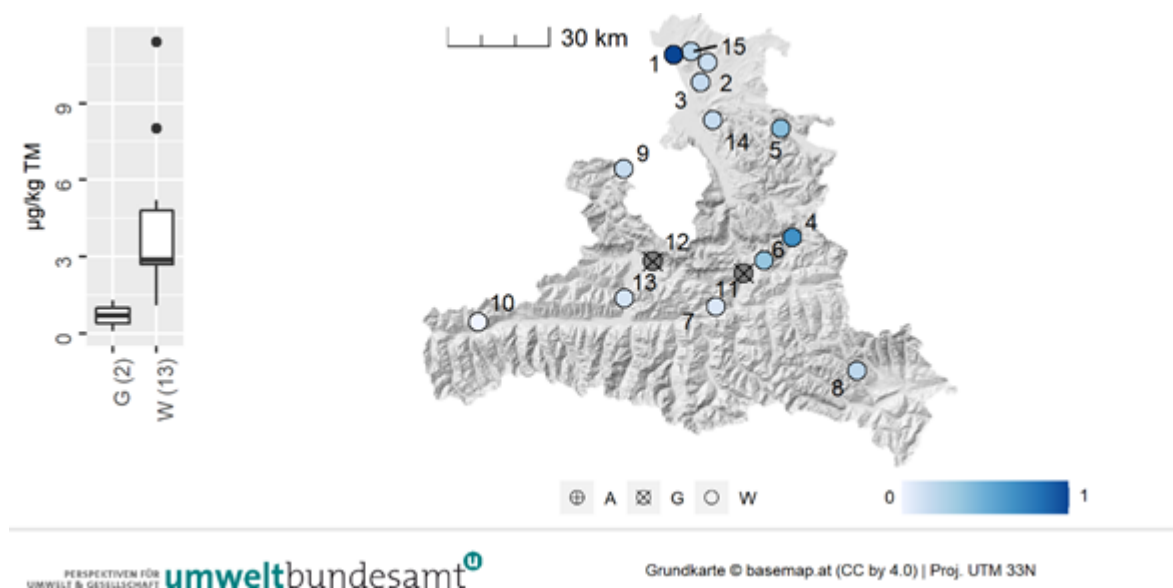
In Abbildung 118 (Boxplot) sind die Schwankungsbreiten der Indikator-PCB (PCB6) in der jeweiligen Nutzungsklasse dargestellt. Die Gehalte der beiden Grünlandstandorte liegen zwischen 0,08 µg/kg TM (Nr. 12) und 1,2 µg/kg TM (Nr. 11). Die Gehalte der Waldstandorte zeigen die höchsten Werte und weisen bei einem Median von 2,8 µg/kg TM eine große Variationsbreite auf, die bis zum Maximum von 11 µg/kg TM (Nr. 1) reicht.

Der VW der deutschen Bundesbodenschutzverordnung (BBodSchV 1999) liegt bei 50 µg/kg TM bei einem Humusgehalt < 8 % (Anm. für Acker und Grünland) und bei 100 µg/kg TM (für Wald). Die PCB6-Gehalte aller Salzburger Standorte liegen weit unter diesen Vorsorgewerten. Für Grünland liegen die PCB6-Gehalte im Bereich der Hintergrundwerte von Bayern mit 1,4 µg/kg TM (LfU 2011) und auch der Grünlandstudie industrieferner Standorte mit 1,2 µg/kg TM (Umweltbundesamt 2008). Die Waldstandorte (Auflagehumus) weisen mit 2,8 µg/kg TM einen Median auf, der unter dem Median der MONARPOP-Studie (7,7 µg/kg TM; BMLFUW 2009) und knapp über dem Median der ORAPOP-Studie (1,78 µg/kg TM) liegt (Kreuzeder et al. 2018).

In Salzburg liegen die PCB-Gehalte der Grünland- und Waldstandorte weit unter den Vorsorgewerten.

⁵² ndl: non-dioxin-like PCB, PCB Summe 6 (Ballschmitter-/Indikator-PCB), dl: dioxin-like PCB

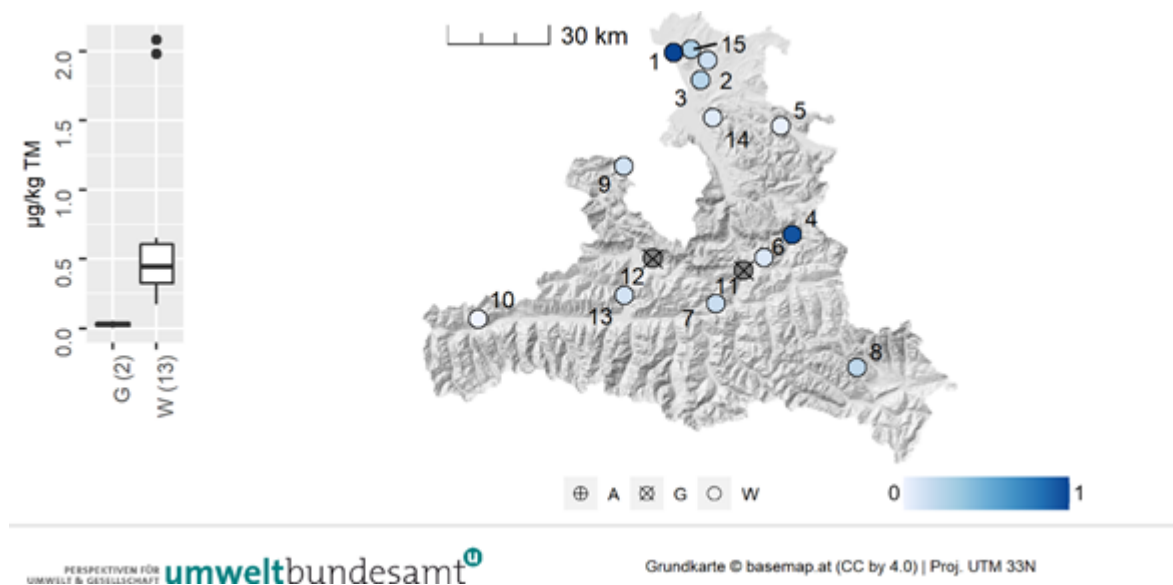
Abbildung 118: Summe der Indikator-PCB6-Gehalte (LB) (li) und untersuchte Standorte in Salzburg (re). Die PCB6-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.



Dioxinähnliche PCB (dl-PCB)

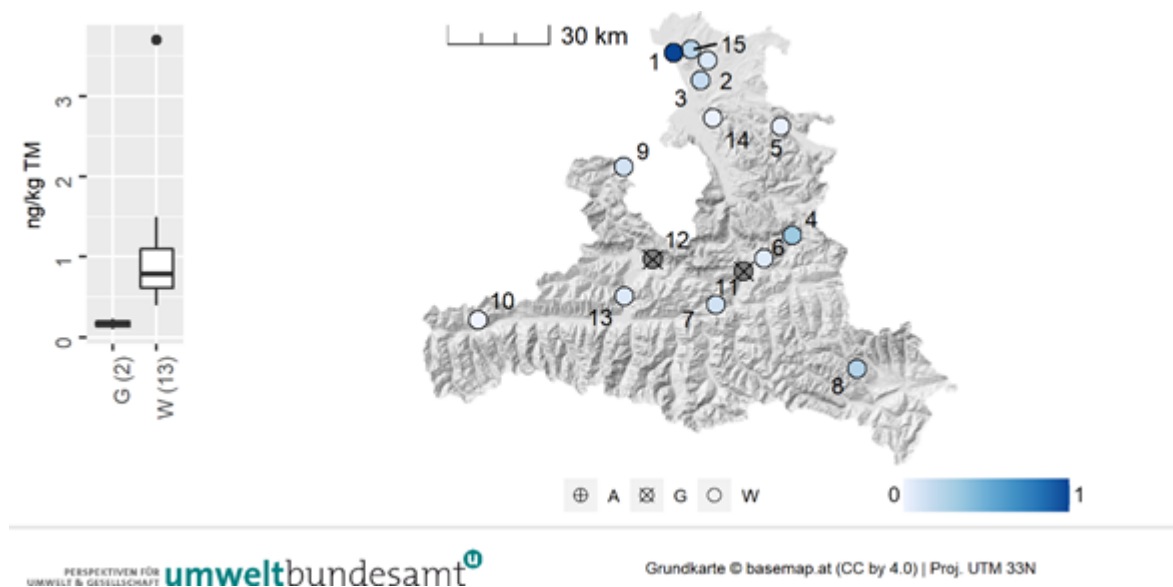
Die dioxinähnlichen PCB (dl-PCB) zeigen eine ähnliche Verteilung wie die PCB, nur auf einem niedrigeren Niveau (Abbildung 119).

Abbildung 119: Summe der dl-PCB (li) und untersuchte Standorte in Salzburg (re). Die dl-PCB sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.



In Abbildung 120 werden die Toxizitätsäquivalente der dl-PCB dargestellt. Sie weisen beim Waldstandort Nr. 1 den höchsten Wert mit 3,7 ng/kg TM auf. Werden die TEQ von PCDD/F (Abbildung 117) und dl-PCB (Abbildung 120) addiert – was gesetzlich nicht korrekt, fachlich jedoch sinnvoll ist – liegt die Summe bei ca. 12,4 ng TEQ/kg TM, was entsprechend den Handlungsempfehlungen aus Deutschland einen Prüfauftrag einleiten könnte. Das Zusammenfügen der TEQ, der PCDD/F und der dl-PCB ist im Bereich Luftschadstoffe (Depositionsmessungen) übliche Praxis (LANUV 2018) und wird auch im Rahmen dieses Forschungsprojektes angewendet.

Abbildung 120: TEQ (WHO) der dl-PCB (LB) (li) und untersuchte Standorte in Salzburg (re). Die TEQ der dl-PCB sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.



Schadstoffgruppe – Organochlorpestizide (OCP)

Die folgenden Organochlorpestizide wurden mittels der angewendeten Methode an zumindest einem Standort in Salzburg nachgewiesen:

- Hexachlorbenzol (HCB) (Nr. 1, Nr. 2, Nr. 3, Nr. 4, Nr. 5, Nr. 6, Nr. 7, Nr. 8, Nr. 11, Nr. 15),
- Pentachlorbenzol (Nr. 1, Nr. 2, Nr. 3, Nr. 4, Nr. 5, Nr. 6, Nr. 7, Nr. 8, Nr. 10, Nr. 12, Nr. 14, Nr. 15).

Die Summe der Pestizide wird in Abbildung 121 dargestellt.

Die nicht nachgewiesenen Pestizide werden nicht dargestellt: Aclonifen, Aldrin, cis-Chlordan, trans-Chlordan, oxy-Chlordan, Dieldrin, Dichlobenil, p,p'-Dichlordiphenyl-dichlorethen (p,p'-DDE), p,p'-Dichlordiphenyl-trichlorethan (p,p'-DDT), o,p'-Dichlordiphenyltrichlorethan (o,p'-DDT), 2,4'-Dichlordiphenyl-dichlorethen (2,4'-DDE), alpha-Endosulfan, beta-Endosulfan, Endrin, Fluroxypyr-meptyl, Heptachlor, cis-Heptachlorepoxyd, trans-Heptachlorepoxyd, alpha-Hexachlorcyclohexan, beta-Hexachlorcyclohexan, gamma-Hexachlorcyclohexan (Lindan), Methoxychlor, Mirex, Pendimethalin, Pentachlorbenzol, Pentachlorphenol (PCP).

Hexachlorbenzol (HCB) (Abbildung 122) wurde an einem Grünlandstandort (Nr. 11) mit 1,2 µg/kg TM bestimmt. An neun Waldstandorten konnte HCB bestimmt werden und zeigt am Waldstandort Nr. 4 den höchsten Gehalt mit 1,5 µg/kg TM (Median: 0,52 µg/kg TM). Das Maximum ist ca. doppelt so hoch wie das Maximum der ORAPOP-Studie (n=50) mit 0,64 µg/kg TM (Kreuzeder et al. 2018). Ergebnisse einzelner Standorte weisen in der vorliegenden Studie das Zwei- bis Vierfache der Werte der Analysen der ORAPOP-Studie auf. Diese voneinander abweichenden Werte sind einerseits auf die Messunsicherheiten der analysierenden Institutionen sowie andererseits auf mögliche Inhomogenitäten zurückzuführen. Für Salzburg kann empfohlen werden, eine Wiederholungsbeprobung und Analyse von HCB bei ausgewählten Standorten durchzuführen, um die Ergebnisse zu verifizieren.

Pentachlorbenzol (Abbildung 123) wurde nur am Grünlandstandort (Nr. 11) unter der Bestimmungsgrenze (< BG) von 0,21 µg/kg TM nachgewiesen und am Grünlandstandort Nr. 12 mit 0,49 µg/kg TM bestimmt. Pentachlorbenzol konnte an allen Waldstandorten nachgewiesen werden und zeigt einen Median von 0,5 µg/kg TM und ein Maximum von 1,3 µg/kg TM. Der Median entspricht ca. dem Median der ORAPOP-Studie (n=50) von 0,45 µg/kg TM (Maximum: 2,2 µg/kg TM) (Kreuzeder et al. 2018).

Auch beim Pentachlorbenzol weichen Ergebnisse einzelner Standorte von jenen der ORAPOP-Studie um den Faktor zwei bis vier ab, liegen aber fast durchgehend innerhalb der Messwertunsicherheit von +/- 50 % (vgl. Pestizidverordnung⁵³).

⁵³ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/ALL/?uri=CELEX%3A32005R0396>

Abbildung 121: Summe Pestizide (li) und untersuchte Standorte in Salzburg (re). Die Chlorpestizide sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.

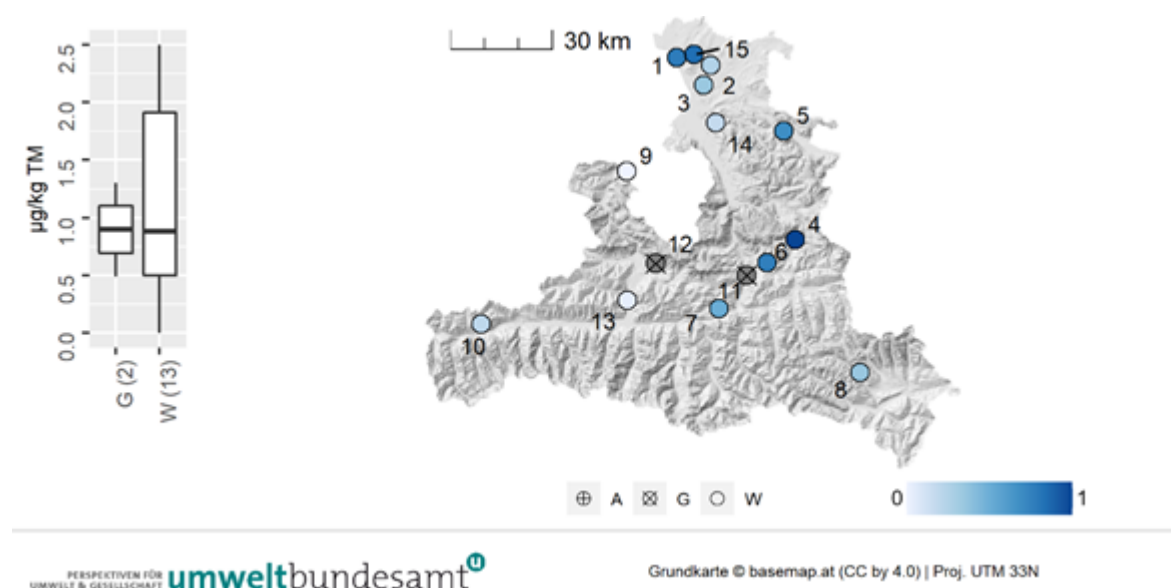


Abbildung 122: Hexachlorbenzol (HCB) (li) und untersuchte Standorte in Salzburg (re). HCB-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.

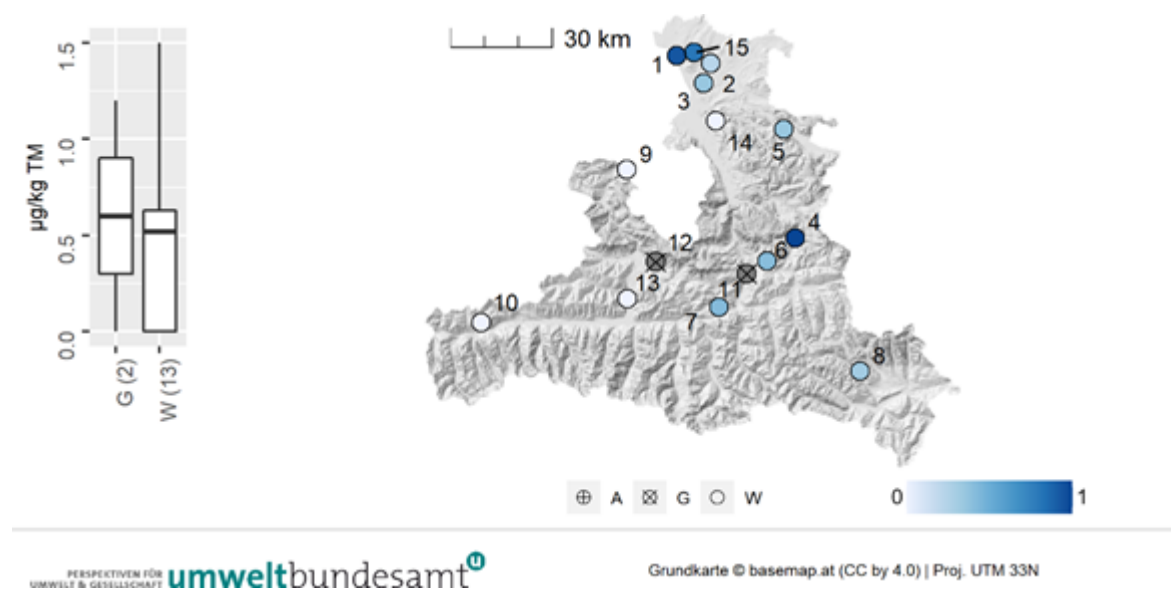
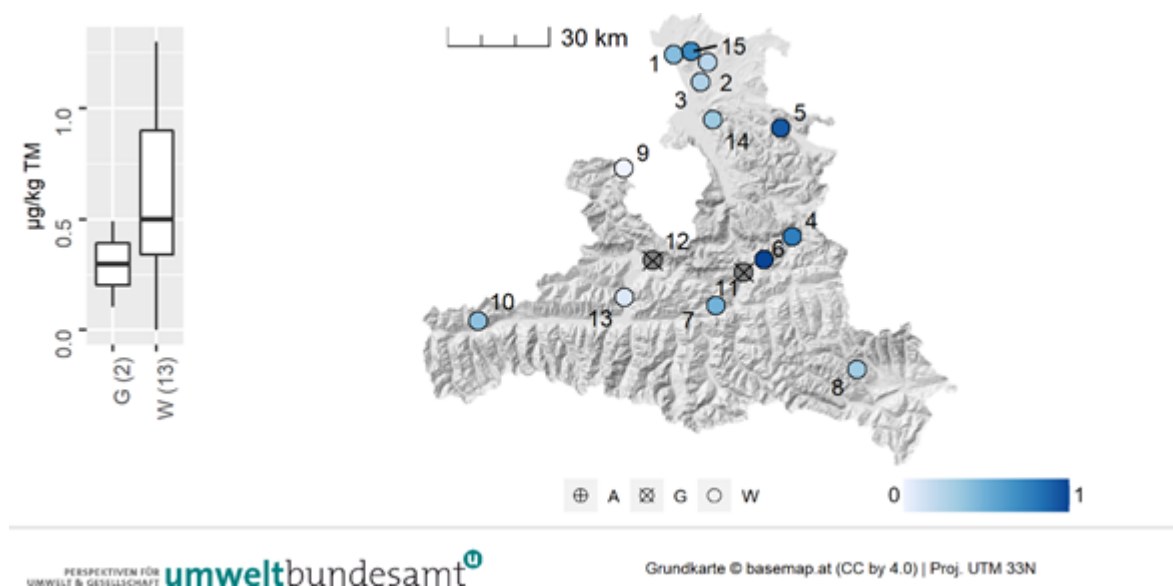


Abbildung 123: Pentachlorbenzol (li) und untersuchte Standorte in Salzburg (re). Pentachlorbenzol-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.



Schadstoffgruppe der Flammschutzmittel – Polybromierte Diphenylether – PBDE (Summe PBDE(20), Summe BDE(6); Summe Flammhemmer))

Die Schadstoffgruppe der untersuchten Flammschutzmittel wird durch drei Summen unterschiedlicher chemischer Verbindungen dargestellt:

Die Summe der 20 PBDE umfasst 20 polybromierte Diphenylether-Verbindungen: BDE 28, BDE 47, BDE 49, BDE 66, BDE 77, BDE 85, BDE 99, BDE 100, BDE 118, BDE 126, BDE 139, BDE 153, BDE 154, BDE 181, BDE 183, BDE 196, BDE 197, BDE 203, BDE 207 und BDE 209.

Die Summe der 6 BDE umfasst sechs polybromierte Diphenylether-Verbindungen: BDE 28, BDE 47, BDE 99, BDE 100, BDE 153 und BDE 154.

Die Summe der Flammhemmer umfasst folgende zehn Substanzen: HBB (Hexabrombenzol), PBB 153 (2,2',4,4',5,5'-Hexabrombiphenyl), PBT (Pentabromtoluol), PBEB (Pentabromethylbenzol), p-TBX (para-Tetrabromxylyl), syn-DP (Dechlorane Plus syn), anti-DP (Dechlorane Plus anti), alpha-HBCDD (Hexabromcyclododecan), beta-HBCDD (Hexabromcyclododecan) und gamma-HBCDD (Hexabromcyclododecan).

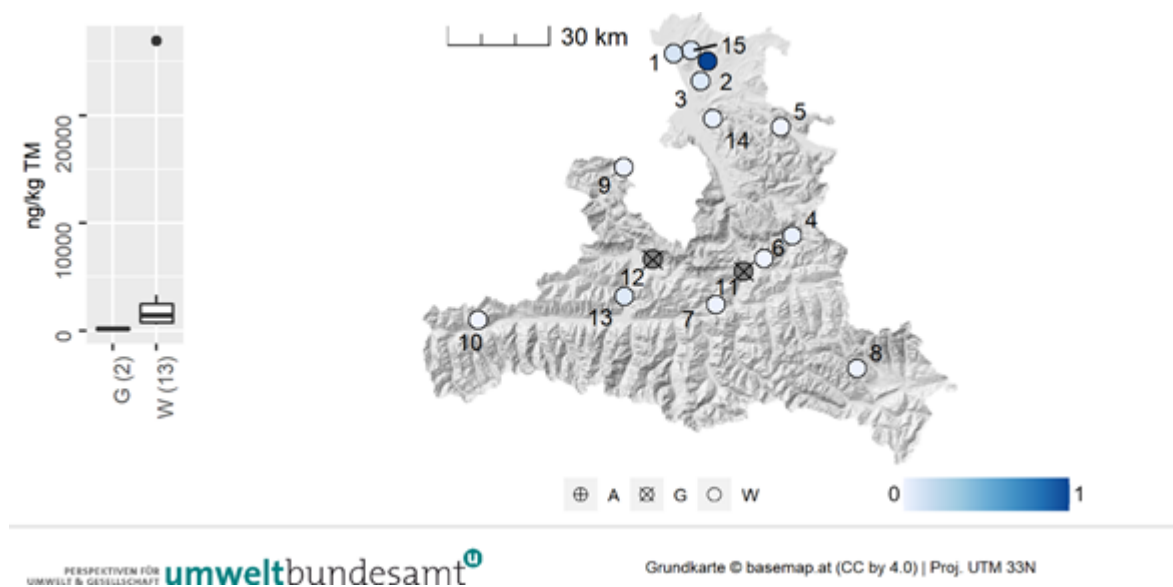
Summen der 20 PBDE

Die zwei Grünlandstandorte weisen Gehalte zwischen 0,14 µg/kg TM und 0,18 µg/kg TM auf. Der Median der Waldstandorte liegt bei 1,4 µg/kg TM und der Höchstwert bei

26,9 µg/kg TM (Nr. 2). Von diesem Höchstwert stellt den größten Anteil der BDE-209 (Decabromdiphenyl-ether) mit 25 µg/kg TM dar.

Die vorliegenden Gehalte (Summe PBDE20; Abbildung 124) der Grünlandstandorte liegen unter den Werten der Grünlandstudie von industriefernen Standorten mit einem Median von 0,36 µg/kg TM und dem Maximum von 5,3 µg/kg TM (Summe PBDE25) (Umweltbundesamt 2008).

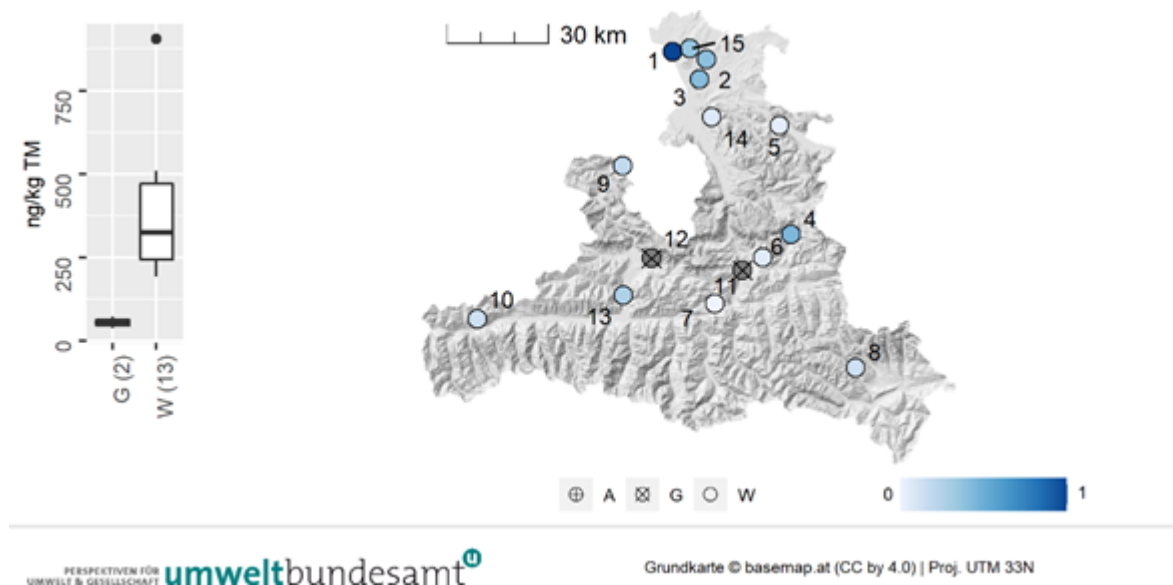
Abbildung 124: Summe PBDE (20) (li) und untersuchte Standorte in Salzburg (re). Die PBDE sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.



Summen der 6 BDE

Die Summen der sechs BDE sind in Abbildung 125 dargestellt, wobei BDE-47 und BDE-99 dabei den größten Mengenanteil ausmachen. Interessanterweise liegt hier die höchste Summe am Standort Nr. 1 mit 0,9 µg/kg TM (vgl. Summe PBDE (20) mit hohem BDE-209 Gehalt am Standort Nr. 2) vor.

Abbildung 125: Summen BDE (6) (li) und untersuchte Standorte in Salzburg (re). Die BDE6-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.

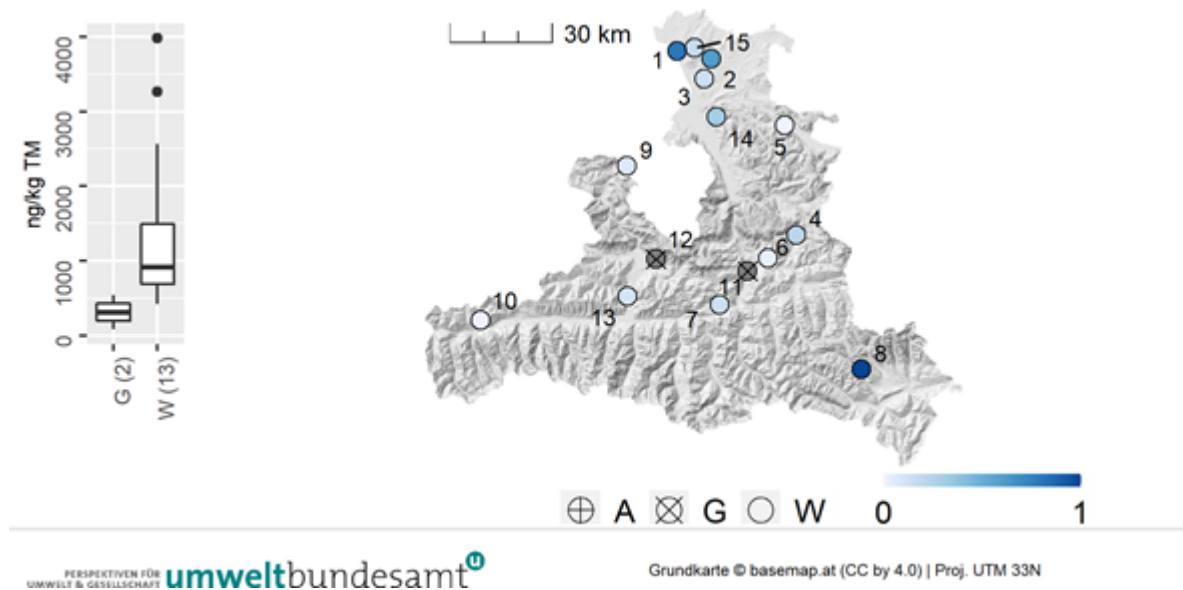


Summe der Flammhemmer

Die zwei Grünlandstandorte weisen Gehalte zwischen 0,08 µg/kg TM und 0,54 µg/kg TM auf. Die 13 Waldstandorte zeigen einen Median von 0,91 µg/kg TM und ein Maximum von 3,89 µg/kg TM. Der höchste Wert liegt am Standort Nr. 8 vor. Die Summen der Flammhemmer sind in Abbildung 126 dargestellt. Den größten Anteil davon machen die Dechlorane (syn-DP, anti-DP) mit nahezu 100 % aus. Eine Verifizierung der Daten der Standorte Nr. 1, Nr. 2 und Nr. 8 kann empfohlen werden.

Hexabromcyclododecan (HBCDD) wurde an keinem Standort über der Bestimmungsgrenze von 1 µg/kg TM bestimmt (nicht als eigene Abbildung dargestellt).

Abbildung 126: Summen der Flammhemmer (li) und untersuchte Standorte in Salzburg (re). Die Flammhemmer sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.



Schadstoffgruppe – Per- und polyfluorierte Substanzen – PFAS (PFOS, PFOA)

Aus der Schadstoffgruppe der Perfluorierten Alkylsubstanzen (PFAS) wurden 20 Verbindungen gemessen: PFBA (Perfluorbutanoat), PFPA (Perfluorpentanoat), PFHxA (Perfluorhexanoat), PFHpA (Perfluorheptanoat), PFOA (Perfluoroctanoat, Perfluoroktansäure), PFNA (Perfluornonanoat), PFDA (Perfluordecanoat), PFUnA (Perfluorundecanoat), PFDoA (Perfluordodecanoat), PFBS (Perfluorbutansulfonat), PFPeS (Perfluorpentansulfonat), PFHxS (Perfluorhexansulfonat), PFHpS (Perfluorheptansulfonat), PFOS (Perfluoroctansulfonat, Perfluoroktansulfonsäure), PFDS (Perfluordecansulfonat), PFOSA (Perfluoroctansulfonsäureamid), PF8S_A (N-Ethyl-Perfluoroctansulfonamid), PFTrA (Perfluortridecanoat), PFTA (Perfluortetradecanoat) und PFNS (Perfluornonasulfonat).

Von diesen wurden auf den Salzburger Grünlandstandorten zwei und auf den Waldstandorten zehn nachgewiesen. Im Folgenden werden Perfluoroktansäure (PFOA, PF8A) und Perfluoroktansulfonsäure (PFOS, PF8S) als Vertreter dargestellt.

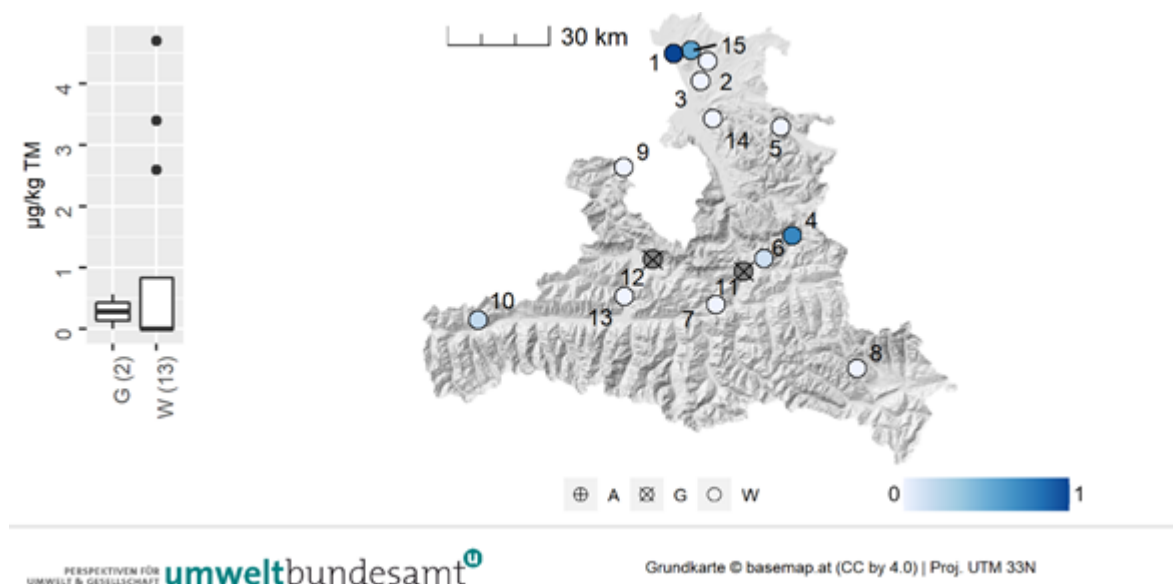
Perfluoroktansäure (PFOA, PF8A)

PFOA konnte nur an einem Grünlandstandort (Nr. 11) mit 0,57 µg/kg TM bestimmt werden. Von den 13 Waldstandorten konnte PFOA an fünf bestimmt werden, mit dem höchsten Wert am Standort (Nr. 1) im Auflagehumus mit 4,7 µg/kg TM. Auch die

Standorte Nr. 4 und Nr. 15 weisen erhöhte Werte auf. In Abbildung 127 sind die PFOA-Gehalte abgebildet.

Die vorliegenden PFOA-Gehalte der Grünlandstandorte liegen unter den Werten der Grünlandstudie von industriefernen Standorten (Median: 1,8 µg/kg TM; Maximum 3,7 µg/kg TM) (Umweltbundesamt 2008). Der höchste PFOA-Gehalt befindet sich am Waldstandort (Nr. 1) mit 4,7 µg/kg TM und liegt sowohl über dem Median als auch über dem Maximum der MONARPOP-Studie (Median: 0,77 µg/kg TM; Maximum 1,45 µg/kg TM) (BMLFUW 2009).

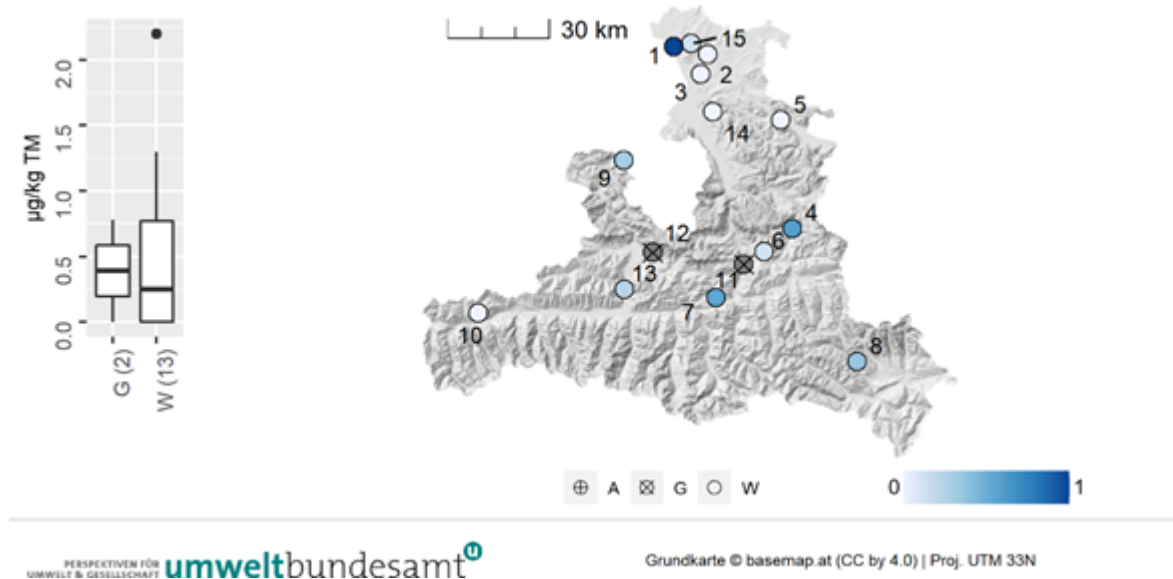
Abbildung 127: PFOA-Gehalte (li) und untersuchte Standorte in Salzburg (re). Die PFOA-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.



Perfluoroktansulfonsäure (PFOS, PF8S)

PFOS konnte ebenso wie PFOA auf einem Grünlandstandort (Nr. 11) bestimmt werden. Von den 13 Waldstandorten konnte PFOS auf acht nachgewiesen werden. Der Median der Waldstandorte liegt bei 0,25 µg/kg TM. Der höchste PFOS-Gehalt befindet sich am Waldstandort (Nr. 1) mit 2,2 µg/kg TM und liegt damit unter dem Median der MONARPOP-Studie für Wald (Auflagehumus: Median 2,59 µg/kg TM) (BMLFUW 2009). In Abbildung 128 sind die PFOS-Gehalte abgebildet.

Abbildung 128: PFOS-Gehalte (li) und untersuchte Standorte in Salzburg (re). Die PFOS-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.



Zusammenfassung Salzburg

In Salzburg gibt es auffällige Konzentrationen an einem Grünlandstandort bei folgendem Schadstoff:

- Hexachlorbenzol (HCB)

In Salzburg gibt es auffällige Konzentrationen an einzelnen Waldstandorten bei folgenden Schadstoffen:

- Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAH)
- polychlorierte Dibenzo-*p*-Dioxine und Dibenzofurane (PCDD/F)
- Polychlorierte Biphenyle (PCB6)
- Hexachlorbenzol (HCB)
- Pentachlorbenzol
- Summe polybromierte Diphenylether (PBDE)
- Summe Dichloran-Plus (DP)
- Perfluoroktansäure (PFOA)
- Perfluoroktansulfonsäure (PFOS).

Die gemessenen Konzentrationen übersteigen keine derzeit in Österreich vorliegenden gesetzlich festgelegten Grenzwerte.

Es wird empfohlen durch Wiederholungsbeprobung und Analyse an folgenden Standorten die jeweiligen Schadstoffkonzentrationen zu verifizieren:

Grünlandstandort Nr. 11; Waldstandort: Nr. 1, Nr. 2, Nr. 4, Nr. 6, Nr. 8, Nr. 15.

7.4 Methodenvergleich – Ergebnisse der Arbeitsgruppe „Organische Schadstoffe im Boden“

Die Arbeitsgruppe „Organische Schadstoffe im Boden“ des Fachbeirates für Bodenfruchtbarkeit und Bodenschutz hat einen „Leitfaden für die Analytik von organischen Schadstoffen im Boden“ zusammengestellt. Ziele des Leitfadens waren neben dem Informationsaustausch zwischen Laboren die Erstellung einer Methodensammlung und Erarbeitung von Empfehlung bezüglich der entsprechenden Analysenmethoden. Im Zuge der Erstellung des Leitfadens wurden zwei Ringversuche zur Harmonisierung der angewendeten Analysemethoden durchgeführt. Dabei wurden 25 (PAH), 18 (PCB) und 13 (OCP bzw. HCB) Verfahren jeweils miteinander verglichen.

Die Ringversuche bezüglich PAH, PCB, OCP sowie HCB haben bestätigt, dass die in AUSTROPOPs angewendeten Methoden vergleichbar sind.

Für weitere Informationen kann auf den „Leitfaden für die Analytik von organischen Schadstoffen im Boden“ verwiesen werden (BMLRT 2021)⁵⁴.

⁵⁴ BMLRT, 2021 (in Fertigstellung): Leitfaden für die Analytik von organischen Schadstoffen im Boden, Methodensammlung und Empfehlung, Arbeitsgruppe des Fachbeirates für Bodenfruchtbarkeit und Bodenschutz.

8 Möglichkeiten für ein Monitoring von organischen Schadstoffen in Österreich

Die im Rahmen des Projektes AustroPOPs gewonnenen Erfahrungen sowie Fachexpertisen können dazu herangezogen werden, um für Österreich Möglichkeiten zur Durchführung von Bodenuntersuchungen zu organischen Schadstoffen im Sinne eines Monitorings aufzuzeigen. Die beprobten Standorte sowie die gemessenen Parameter bieten einen Überblick für eventuelle künftige Erhebungen von organischen Schadstoffen bzw. POPs in Österreich.

In Österreich liegt Bodenschutz in der Kompetenz der Bundesländer. Somit obliegen allfällige Initiativen zur Beobachtung von Schadstoffen im Boden den jeweiligen Landesstellen. Für Waldböden hat auch der Bund über das Forstgesetz die Kompetenz Erhebungen zu Schadstoffen durchzuführen.

Ein (abgestimmtes) „Bodenmonitoring“ in diesem Sinne liegt für Österreich derzeit nicht vor. Im Zuge von Bodendauerbeobachtung und Bodenzustandserhebung (Bodenzustandsinventur) werden in den Bundesländern verschiedene Ansätze, zum Teil parallel, verfolgt. Das Spektrum an analysierten Stoffen im Rahmen der jeweiligen Programme in den einzelnen Bundesländern ist heterogen.

In einigen Bundesländern erfolgt bereits die regelmäßige Erhebung von organischen Schadstoffen (vgl. Kap. 3.1), vorwiegend an wenigen Punkten im Rahmen von Bodendauerbeobachtungen. Vorarlberg, Tirol, Salzburg, Oberösterreich und Niederösterreich verfügen über eingerichtete Bodendauerbeobachtungsflächen.

Vorarlberg untersucht an zwei Standorten monatlich die Schadstoff-Depositionen mittels Depositionssammler. Die Messung der atmosphärischen Schadstoffeinträge auf Böden wurde als Frühwarnsystem etabliert. Im Vorarlberger *Gesetz zum Schutz der Bodenqualität* (BSchG) ist ein Bodenmonitoring im Sinne der Bodenüberwachung vorgesehen. Derzeit erfolgt ein risikobasiertes Bodenmonitoring. Es werden stichprobenartig sowohl standorttypisch bewirtschaftete Böden als auch extensiv genutzte Hintergrundstandorte

auf die in der Vorarlberger Bodenqualitätsverordnung festgelegten Schadstoffe untersucht. Darüber hinaus erfolgt die Erhebung von prioritären Schadstoffen im Rahmen von Schwerpunktprojekten.

In Oberösterreich werden acht Bodendauerbeobachtungsflächen untersucht. Diese sind charakteristische/repräsentative Flächen unter üblicher Bewirtschaftung (Acker, Grünland, Almweide, keine Waldstandorte).

In Tirol erfolgt an zehn Standorten (fünf Flächenpaare bestehend aus je einer forst- und einer landwirtschaftlichen Fläche) im Zehnjahresrhythmus die Untersuchung von Bodenparametern, Schwermetallen und ausgewählten organischen Schadstoffen. Die Bodendauerbeobachtungsflächen umfassen sowohl Hintergrundstandorte als auch schadstoffquellennahe Standorte (potenzielle Belastungsstandorte) (vgl. Tabelle 19).

In Niederösterreich werden derzeit 38 Bodendauerbeobachtungsflächen nach dem Konzept von Blum et al. (1996) vorgehalten und wurden zum Teil, u. a. im Zuge des Austro-POPs Projekts, schon mehrfach wieder beprobt. Hier erfolgten wiederholt auch Untersuchungen zu organischen Schadstoffen. Darüber hinaus gibt es weitere neun Dauerbeobachtungsflächen, die mit geringerem Aufwand beprobt werden.

In der Steiermark werden im Rahmen des Bodenschutzprogramms 1000 Standorte in allen Kategorien im Zehnjahresintervall beprobt.

Im Rahmen der Bundesland-flächendeckend (Raster) durchgeführten Bodenzustandsinventuren erfolgt i. d. R. eine Wiederholung von Analysen, wobei hier zum Teil lange Zeitintervalle (20 Jahre u. m.) vorliegen.

Aktuell wird die oberösterreichische Bodenzustandsinventur wiederholt (2012–2023), im Rahmen derer auch jene Stoffe, die bereits bei der Bodenzustandsinventur 1993 untersucht wurden, analysiert werden.

In Niederösterreich werden die 1149 Standorte der niederösterreichischen Bodenzustandsinventur unter Acker- und Grünlandnutzung (Erstaufnahme 1990–1992) nach Regionen zeitversetzt wieder beprobt, auf ausgewählte Kennwerte analysiert und archiviert. Eine ähnliche Vorgangsweise wird an den ca. 600 niederösterreichischen Profilstandorten der österreichischen Bodenkartierung verfolgt, für die noch Archivproben vorliegen. Aktuell (2016–2020) wurden ca. 300 Bodenzustandsinventur-Standorte im

pannonischen Raum sowie ca. 600 Bodenkartierungsstandorte verteilt über ganz NÖ einer Wiederbeprobung und einem umfangreichen Analytikprogramm zugeführt.

In Salzburg wurden im Rahmen des Projektes ORAPOP (Kreuzeder et al. 2018)⁵⁵ organische Schadstoffe flächendeckend erhoben und ausgewertet (Waldstandorte). Dies ist als Einzelstudie gedacht, eine Wiederholung ist derzeit nicht vorgesehen.

Mögliche Anknüpfungspunkte durch Initiativen in Nachbarländern

Im Zuge von AustroPOPs gab es einen Austausch mit den zuständigen Fachexperten und -expertinnen aus der Schweiz, um sich über die fachliche Herangehensweise im Nachbarland sowie dort entwickelte und in der Praxis erprobte Konzepte zu informieren.

In der Schweiz hat der Bundesrat am 6. September 2017 den Aktionsplan zur Risikoreduktion und nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln verabschiedet⁵⁶.

Die Risiken sollen halbiert und Alternativen zum chemischen Pflanzenschutz gefördert werden. Im Zeitraum von 2017–2027 erfolgt die Umsetzung federführend durch das Bundesamt für Landwirtschaft und das Bundesamt für Umwelt.

Die im Aktionsplan festgeschriebenen acht Leitziele und zwölf konkreten Zwischenziele sollen durch die Umsetzung von 50 Maßnahmen in drei verschiedenen Bereichen erreicht werden: Anwendung (z. B. Reduktion der Anwendungen und Emissionen), spezifische Risiken (z. B. Oberflächengewässer) und begleitende Instrumente (z. B. Monitoring).

Die Ergebnisse der Diskussion wurden in die im gegenständlichen Kapitel dargestellten Überlegungen eingearbeitet.

⁵⁵ Kreuzeder, A/ Moche W./Scharf, S. (2018): Organische Schadstoffe in Grünland- und Waldböden. Land Salzburg, Salzburg: <https://www.salzburg.gv.at/themen/umwelt/abfall/fachinformationen/persistente-organische-schad>

⁵⁶ <https://www.blw.admin.ch/blw/de/home/nachhaltige-produktion/pflanzenschutz/aktionsplan.html>

Folgende Aspekte scheinen aus fachlicher Sicht als Voraussetzung für künftige Erhebungen zu organischen Schadstoffen in Österreich sinnvoll:

- Bestehende „Monitoringprogramme“ für künftigen (zusätzlichen) Erhebungsbedarf nutzen: Bodendauerbeobachtung, Bodenzustandsinventuren

Das Dauerbeobachtungskonzept nach Blum et al. (1986) ist eine in Österreich etablierte und in der Praxis erprobte Vorgangsweise zur Einrichtung und Durchführung von Bodenmonitoring, wie die eingerichteten Bodendauerbeobachtungsflächen in z. B. Tirol oder Niederösterreich zeigen. Gerade im Hinblick auf die Auswertung von Daten im zeitlichen Verlauf (Zeitreihen) scheint eine Beibehaltung des Konzeptes wesentlich, um relevante Unterschiede absichern zu können. Ob im Einzelfall eine vereinfachte Form der Erhebung (geringere Anzahl an Parallelproben oder geringere Anzahl an Einstichen je Probe) durchgeführt werden kann/soll, ist in Fachkreisen noch zu diskutieren. Hinsichtlich der **Standortauswahl** obliegt es den zuständigen Bundesländern und für den Wald auch dem BFW, Standorte in Abstimmung mit bereits bestehenden Monitoringprogrammen auszuwählen. Als Kriterien können dafür die Größe, die Aufteilung nach Acker/Grünland/Wald – Auflagehumus/Mineralboden oder die Art des Standortes (z. B. Hintergrund- oder Belastungsstandort) herangezogen werden.

Aus fachlicher Sicht wäre es sinnvoll, **Nachuntersuchungen** an bereits beprobten Standorten durchzuführen (z. B. den AustroPOPs-Standorten). Dies ermöglicht die Auswertung von Zeitreihen und die Beobachtung der Dynamik von Schadstoffen. Für gezielte Fragestellungen kann auch ein Subset der Standorte beprobt und ausgewertet werden. In AustroPOPs waren die von den Bundesländern ausgewählten Standorte je nach Intention der eigenen Bodenerhebungsansätze zum Teil sehr unterschiedlich (Auswahl von sowohl Belastungs- als auch Hintergrundstandorten; AustroPOPs war eine Pilotstudie ohne Vorwissen zu Belastungen). Für eine bessere Vergleichbarkeit der Daten kann es sinnvoll sein, eine Homogenisierung der Standortauswahl bei weiteren Überlegungen in Betracht zu ziehen. Die Detailgestaltung und Adaption an die jeweiligen Gegebenheiten (z. B. vorzugsweise Waldstandorte in Salzburg bzw. landwirtschaftliche Flächen in Oberösterreich etc.) entsprechend den etablierten Programmen (z. B. Bodendauerbeobachtung, Bodenzustandsinventur) hat jedenfalls bei den Bundesländern zu liegen, in deren Kompetenz der Bodenschutz fällt.

Betreffend die **zu analysierenden Parameter** können beispielsweise bei den Bodendauerbeobachtungen bzw. Bodenzustandsinventuren zusätzliche Schadstoffe in das Analyseprogramm aufgenommen werden. Dies betrifft insbesondere „neue Stoffe“ wie PFAS oder bisher im Standard-Set nicht untersuchte Stoffe.

Unterstützend bei der **Auswahl der zu untersuchenden Schadstoffe** kann – (in Anlehnung an das Modell für das Pflanzenschutzmittel-Monitoring in der Schweiz) – die Berücksichtigung folgender Aspekte sinnvoll sein:

- Unterscheidung zwischen Schadstoffen, die ausgebracht werden und jenen, die unabhängig davon in die Umwelt gelangen
- Wiederholte Beprobung nur von Parametern, die zuvor positiv nachgewiesen werden konnten
- Welche Parameter sind besonders relevant?
 - Häufigkeiten von Anwendungen der Stoffe (v. a. bei Pflanzenschutzmitteln)
 - Umweltverhalten (Halbwertszeit, Mobilität)
 - Ökotoxikologie (Bioakkumulation, Toxizität)
 - Aktualität („neue“ Stoffe; alte, aber immer noch die Umwelt belastende Stoffe)
- Anzahl der Stoffe und Standorte nach spezifischen Fragestellungen: Bei der weiteren Entwicklung einer konkreten Vorgangsweise ist abzuwägen, ob der Ansatz, mehr Stoffe zu analysieren oder weniger ausgewählte Stoffe an mehr Standorten zu erheben, gewählt wird. Beide Vorgangsweisen haben fachlich ihre Berechtigung. AustroPOPs hat als Pilotstudie bei der Erhebung gezeigt, dass die Anzahl von 109 Standorten für Aussagen zu Schadstoffen in ganz Österreich nicht repräsentativ ist, jedoch einen Überblick über die Auffindbarkeit der analysierten, breit gefächerten Stoffpalette gibt. Somit kann es Sinn machen, nur einen Teil der Schadstoffe gezielt für bestimmte Fragestellungen in Folge weiter zu analysieren. Man könnte ein reduziertes Analytikprogramm (Standardparameter plus Stoffe, die immer wieder auffällige Werte gezeigt haben) an einer größeren Zahl von Standorten untersuchen und neue bzw. spezielle Schadstoffgruppen bzw. ein umfangreiches Programm an wenigen ausgewählten Standorten. Damit würde man einerseits Richtung Repräsentativität gehen, andererseits auch in die Tiefe.
- Verbote gemäß Stockholm-Übereinkommen (UNEP, UN; 2001), Berücksichtigung von Ersatzstoffen, Zulassungen von Stoffen

Gemäß den Ergebnissen aus den Erhebungen in AustroPOPs (zu diesen Stoffen wurden aus dem Analysenspektrum auffällige Gehalte im Boden gefunden) bzw. **aus heutiger Sicht erscheinen folgende Stoffe im Zuge eines Monitorings fachlich interessant**, wobei

diese Liste unter den o. g. Aspekten vor tatsächlichen Untersuchungen evaluiert werden soll:

- polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAH),
- polychlorierte Dibenzo-*p*-Dioxine und Dibenzofurane (PCDD/F),
- Perfluoroktansäure (PFOA), Perfluoroktansulfonsäure (PFOS), Perfluorbutansulfonat (PFBS), Perfluorhexansulfonsäure (PFHxS),
- Hexachlorbenzol (HCB),
- Pentachlorbenzol,
- polychlorierte Biphenyle (PCB/PCB6/dioxinähnliche polychlorierte Biphenyle - dl-PCB),
- polybromierte Diphenylether (PBDE),
- p,p'-Dichlordiphenyldichlorethen (p,p'-DDE),
- p,p'-Dichlordiphenyltrichlorethan (p,p'-DDT),
- cis-Chlordan,
- Pentabromtoluol (PBT),
- para-Tetrabromxylol (p-TBX),
- Pendimethalin,
- Aclonifen,
- Dechloran-Plus (syn-, anti-DP),
- Hexabromcyclododekan (HBCDD),
- Pentabrommethylbenzol (PBEB),
- neue Parameter, die im Rahmen dieses Projektes aus Budgetgründen nicht erhoben werden konnten (nur nach Maßgabe der verfügbaren finanziellen Mittel bei allfälligen künftigen Erhebungen) wie Pentachloranisol, PBDD/F, Ersatzstoffe wie SCCPs, Decabromdiphenylethan (DBDPE), erweitertes Spektrum an Pflanzenschutzmitteln.

- Weiterentwicklung von Methoden, Probenahme und Analytik, als Basis für hoch qualitative Daten in Österreich

Die Ergebnisse des Methodenvergleiches zeigen, dass durch die zuständigen Labore in Österreich die Analytik von ausgewählten organischen Schadstoffen, insbesondere von PAH, PCB und ausgewählten Pestiziden, methodisch abgesichert ist. Dies ist bedingt durch die vorliegende analytische Kompetenz, Expertise und Spezialisierung der jeweiligen Landes- und Bundeslabore, deren Akkreditierung sowie den bis 2020 durchgeführten Ringversuch (vgl. Ergebnisse Kapitel 7.4). Auf eine große Palette an organischen Schadstoffen sind jedoch nur einzelne Labore spezialisiert. Bedarf an der (Weiter-)Entwicklung

von analytischen Methoden, v. a. für „neue Stoffe“, ist daher jedenfalls gegeben, um die Kompetenz weiter auszubauen und zu sichern und Analysen zu sowohl bekannten als auch neuen organischen Schadstoffen durchzuführen. Für die Aufrechterhaltung der analytischen Kompetenz wird zudem die regelmäßige Teilnahme (einmal jährlich) an Laborvergleichstests mit realen Bodenproben dringend empfohlen. Bei künftigen Probenahmen kann und soll auf die in AustroPOPs zwischen den Fachexperten und -expertinnen von Bund und Ländern erarbeiteten Konzepte zurückgegriffen werden. Die weitere Zusammenarbeit zur (Weiter-)Entwicklung von Methoden zur Probenahme und Analytik von organischen Schadstoffen und POPs im Speziellen wird angestrebt. In Überlegung ist, z. B. die Arbeitsgruppe "Organische Schadstoffe im Boden" weiterzuführen.

- Datenbasis in Österreich

Wesentlich ist, eine für Österreich fachlich (Erhebung, Analytik) konsolidierte Datenbasis zur Verfügung zu haben, um darauf sowohl im Zuge von Berichtspflichten als auch nationalen und internationalen Fragestellungen zurückgreifen zu können.

Im Projekt AustroPOPs konnte eine akkordierte Vorgangsweise zur Beprobung und Analyse sowie Datenharmonisierung, Sicherung und Visualisierung (BORIS) gemäß dem Stand der Technik erarbeitet werden. Es wird als fachlich sinnvoll erachtet, diese Vorgangsweise bei künftigen Erhebungen zu berücksichtigen, um eine Vergleichbarkeit mit bisherigen Daten zu gewährleisten.

- Datensicherung und Visualisierung

Ein wesentlicher Faktor ist die Sicherung der erhobenen Daten sowie die Bereitstellung für Auswertungen. Bei künftigen Datenerhebungen ist es als sinnvoll zu erachten, die Erfassung, Harmonisierung und Sicherung der Daten sowie deren Visualisierung und Bereitstellung via BORIS anzudenken. Damit stehen auch künftig erhobene Daten gemeinsam mit den bisherigen Erhebungen für Auswertungen zentral und in harmonisierter Form zur Verfügung. Dies ist insbesondere für die Beobachtung von Veränderungen der Stoffgehalte im Boden (Zeitreihen) wesentlich. Zu berücksichtigen sind hier jedenfalls datenschutzrechtliche Aspekte bei der Datenerhebung (Zustimmungen der Grundstückseigentümer:innen) sowie Urheberrechte der Dateneigentümer:innen (im Falle von AustroPOPs: Bundesländer)

- Durchführung weiterer Untersuchungen

Eine nochmalige Beprobung erscheint aus heutiger fachlicher Sicht sinnvoll, um die Veränderungen von Stoffgehalten in Böden zu beobachten. Es bedarf jedoch einer sehr differenzierten Vorgangsweise, um die Ressourcen richtig einzusetzen. Eine Wiederholung an allen Standorten scheint nicht zielführend, da man damit die Variabilität in der Fläche, nicht aber die zeitliche Veränderung an den unbelasteten Standorten misst. Es scheint eher zielführend, hier auf die am stärksten belasteten Standorte zu fokussieren. Zu berücksichtigen ist auch, dass die Analytik jeweils nur an einer Mischprobe pro Fläche erfolgte und somit die Etablierung von Zeitreihen problematisch ist. Ein möglicher Zugang ist daher, an ausgewählten Standorten zunächst echte Dauerbeobachtungsflächen einzurichten bzw. wieder aufzusuchen und nach dem Konzept von Blum et al. (1996) zu beproben und zu analysieren. Allfällige Überlegungen in Richtung Implementierung eines Monitorings mit ausgewählten Leitverbindungen als Indikatoren könnten dabei im Bedarfsfall angestellt werden.

Bei weiteren Untersuchungen sind die bereits diskutierten Aspekte der Standortauswahl, Einbeziehung bestehender Datenerhebungskonzepte sowie der auszuwählenden Parameter zu berücksichtigen und je nach Fragestellung zu evaluieren.

- Durchführung weiterer Auswertungen, Potenzial

Auf Basis von AustroPOPs besteht die Möglichkeit, vertiefende Auswertungen aus den bereits erhobenen Daten durchzuführen. Dies umfasst die Auswertung unter Berücksichtigung standort-/bodenkundlicher Parameter wie verschiedener Tiefenstufen, Kohlenstoffgehalt, Erosionsgefährdung, Korngrößen/Bodenart etc.

Bei lipophilen Verbindungen sind Korrelationen mit Corg/TOC sehr wahrscheinlich. Zweckdienliche Fragestellungen müssten hier erarbeitet werden.

Weiters besteht die Möglichkeit für Standorte, die aufgrund der Belastungssituation oder anderer Faktoren besonders interessant sind, vertiefende Auswertungen unter Einbeziehung von Historie, Kontaminanten/möglichen Verursachern oder Eintragspfaden durchzuführen.

Im Rahmen dessen könnte auch eine Zusammenstellung von „erwarteten“ Belastungen (auffällige Stoffgehalte, die aufgrund von bekannten Eintragspfaden erwartet werden und sich bestätigen) oder „überraschenden“ Belastungen (unerwartet auffällige Werte an z. B. Hintergrundstandorten) an einzelnen Standorten erfolgen. Auch die Durchführung einer ökotoxikologischen Bewertung wäre möglich.

Weiters stehen mit den im Zuge von AustroPOPs in BORIS integrierten bisherigen Studien weitere noch nicht gemeinsam ausgewertete Informationen zu organischen Schadstoffen in Österreich zur Verfügung. Diese Datensätze mit den in AustroPOPs erhobenen Daten in Kontext zu setzen ermöglicht wertvolle weitere Aussagen für Österreich, insbesondere auch erste Auswertungen von Zeitreihen, da einige Standorte in AustroPOPs ebenfalls beprobt wurden. Weiters wäre zu überlegen, ob – analog zu den Auswertungen der Schwermetallgehalte aus BORIS (Schwarz et al. 2004)⁵⁷ – mögliche Referenzwerte für organische Schadstoffe abgeleitet werden könnten. Diese könnten künftig als Hilfe bei der Einordnung von Stoffgehalten im Boden im österreichischen Kontext dienen.

Im Rahmen dessen könnte auch eine Darstellung von Grundparametern als Zusatzinformation für Österreich erfolgen.

Die Referenzwerte-Auswertung für Schwermetalle hat beispielsweise Eingang gefunden in die OENORM L 1075 – Grundlagen für die Bewertung der Gehalte ausgewählter chemischer Elemente in Böden.

- Weiterentwicklung von Bewertungsgrundlagen

Zur Bewertung von organischen Schadstoffen in Böden liegen wenige gesetzliche Grundlagen vor, die auch gemäß Stand der Technik im Bericht zur Anwendung kommen (Deutsche Bundesbodenschutzverordnung (BBodSchV), Vorarlberger Bodenschutzgesetz). Tatsächlich liegen nur für einige wenige Schadstoffgruppen (PAHs, Dioxine, PCB7 (Vbg.), PAH, PCB6, Benzo(a)pyren (BBschVO)) Prüf- und Maßnahmenwerte (gemäß BBodSchV, die in Österreich nicht zur Anwendung zu bringen sind) bzw. Vorsorgewerte (Vbg.) vor. Bei einem Großteil der untersuchten Schadstoffe dienen ausschließlich Referenzstudien wie

⁵⁷ Schwarz, S./Freudenschuss, A. (2004): Referenzwerte für Schwermetalle in Oberböden. Auswertungen aus dem österreichweiten Bodeninformationssystem BORIS. Monographien M-170, Umweltbundesamt, Wien.

MONARPOP, ORAPOP oder „Schadstoffe in Grünlandböden“ zur Einstufung der Stoffgehalte. Deshalb scheint es aus fachlicher Sicht wesentlich, österreichweite Referenzwerte für organische Schadstoffe abzuleiten sowie durch weitere Auswertungen und gezielte Untersuchungen eine für Österreich heranzuziehende Grundlage zu schaffen. Eine wesentliche Basis für weitere Entwicklungen von möglichen Grenz-/Richtwerten ist die analytisch-methodische Harmonisierung bzw. Standardisierung. Dazu wurde im Rahmen der Arbeitsgruppe „Organische Schadstoffe im Boden“ des *Fachbeirates für Bodenfruchtbarkeit und Bodenschutz* ein erster Schritt für Österreich gesetzt. Wichtige Erkenntnisse daraus sind zum Teil bereits in die Analytik der im Zuge von AustroPOPs gezogenen Proben eingeflossen.

- Einbindung der aktuellen Anforderungen und Entwicklungen auf Europäischer Ebene bzw. darüber hinaus

Die Aktivitäten EU-weiter Netzwerke und Gremien (z. B. GLOSOLAN-Netzwerk – Global Soil Laboratory Network⁵⁸, NORMAN – Network of reference laboratories, research centres and related organisations for monitoring of emerging environmental substances⁵⁹), Strategien und Prozesse sind bei Bedarf einzubinden (vgl. Kap. 4.2).

Die POP-Verordnung (Verordnung (EU) 2019/1021 über persistente organische Schadstoffe) sieht in Art. 6 Abs. 1 vor, dass Verzeichnisse für die Freisetzung von POP gemäß Anhang III in Luft, Wasser und Böden regelmäßig erstellt werden. Diese Verzeichnisse sind im Rahmen der Berichterstattung über die Verordnung an die Europäische Kommission sowie an das Sekretariat des Stockholm-Übereinkommens (UNEP, UN; 2001) zu übermitteln.

Inwieweit sich der am 12. Mai 2021 verabschiedeten EU Action Plan “Towards Zero Pollution for Air, Water and Soil“ auf die weiteren Entwicklungen von Schadstofferhebungen in Österreich auswirkt, ist derzeit nicht abzusehen. Diese sind jedoch in künftige Überlegungen einzubeziehen.

⁵⁸ <http://www.fao.org/global-soil-partnership/glosolan/en/>

⁵⁹ <https://www.norman-network.net/>

Fazit

Bodenschutz liegt in Österreich in der rechtlichen Kompetenz der Bundesländer, somit obliegen allfällige Initiativen zur Beobachtung von Schadstoffen im Boden vor allem den jeweiligen Landesstellen. Für Waldböden hat auch der Bund über das Forstgesetz die Kompetenz, Erhebungen zu Schadstoffen durchzuführen.

Für ein allfälliges regelmäßiges Monitoring in Österreich bzw. bei künftigen Erhebungen zu organischen Schadstoffen in Österreich wäre die fachliche Zusammenarbeit der Bodenexperten und -expertinnen aus Bund und Ländern bzw. eine Abstimmung der Bundesländer untereinander betreffend eine gemeinsame Vorgehensweise vorteilhaft.

Im Projekt AustroPOPs konnte eine akkordierte Vorgangsweise zur Beprobung und Analyse sowie Datenharmonisierung, Sicherung und Visualisierung (BORIS) gemäß dem Stand der Technik erarbeitet werden. Es wird als fachlich sinnvoll erachtet, diese Vorgangsweise und die gemeinsam erarbeiteten Aspekte bei künftigen Erhebungen zu berücksichtigen, um Vergleichbarkeit mit Daten aus bisherigen Erhebungen zu gewährleisten.

9 Zuständige, Autorinnen und Autoren

Zuständigkeit	Organisation
Projektleitung:	
Monika Tulipan	Umweltbundesamt
Projektmanagement:	
Peter Tramberend	Umweltbundesamt
Christine Wurzing	Umweltbundesamt

Projektmitarbeiter:innen, Autorinnen und Autoren in alphabetischer Reihenfolge:	Organisation
Aust Günter	BFW
Baumgarten Andreas	AGES
Billiani Gertrude	Land Steiermark
Denner Monika	Umweltbundesamt
Dersch Georg	AGES
Fischer Elisabeth	BMLRT
Friesl-Hanl Wolfgang	Umweltbundesamt
Hauzenberger Ingrid	Umweltbundesamt
Herzberger Edwin	BFW
Humer Monika	Land Vorarlberg
Juritsch Georg	Land Salzburg
Kreuzeder Andreas	Land Salzburg
Leist Martin	Land Salzburg

Projektmitarbeiter:innen, Autorinnen und Autoren in alphabetischer Reihenfolge:	Organisation
Leitgeb Ernst	BFW
Marhold Sonja	Land Oberösterreich
Mayr Marlies	BMLRT
Mitterböck Nora	BMK
Moche Wolfgang	Umweltbundesamt
Offenthaler Ivo	Umweltbundesamt
Partl Christian	Land Tirol
Peham Thomas	Land Tirol
Perthen-Palmisano Barbara	BMK
Perthen-Palmisano Adriana	Umweltbundesamt (Praktikum)
Preinstorfer Claudia	Land Oberösterreich
Rabitsch Michael	Land Kärnten
Scharf Sigrid	Umweltbundesamt
Scharsching Vanessa	Land Tirol
Scheffknecht Christoph	Land Vorarlberg
Szlezak Erwin	Land Niederösterreich
Tramberend Peter	Umweltbundesamt
Tulipan Monika	Umweltbundesamt
Wenzel Walter	BOKU/IBF

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Liste der in den Anhängen der POP-VO aufgenommen POPs (Stand: März 2021).....	24
Tabelle 2: Fragebogen zu Block 1 Studien & Daten	34
Tabelle 3: Fragebogen zu Block 2 Datenverfügbarkeit	35
Tabelle 4: Fragebogen zu Block 3 Laborkompetenzen	35
Tabelle 5: Fragebogen zu Block 4 Anforderungen	36
Tabelle 6: Studien zu POPs bzw. organischen Schadstoffen in Böden in Österreich (deren Daten digital verfügbar sind)	37
Tabelle 7: Liste aller erhobenen POPs (inkl. Metabolite bzw. eng verwandter Stoffe).....	44
Tabelle 8: Liste aller weiteren erhobenen Organischen Schadstoffe (außer POPs)	48
Tabelle 9: Sonstige im Rahmen der Studien erhobenen (Schad-) Elemente	54
Tabelle 10: Studien, die in einem eigenen digitalen Informationssystemen verfügbar sind.	56
Tabelle 11: Kompetenzen der Labore der Bundesländer und Bundesinstitutionen inklusive der Universität für Bodenkultur (BOKU)	59
Tabelle 12: Analyse von Parametern aus dem Projekt ORAPOPS im Rahmen von AustroPOPs	71
Tabelle 13: Standortauswahl AustroPOPs für Vorarlberg.....	71
Tabelle 14: Standortauswahl AustroPOPs für Niederösterreich.....	72
Tabelle 15: Standortauswahl AustroPOPs für Kärnten	73
Tabelle 16: Standortauswahl AustroPOPs für Oberösterreich.....	74
Tabelle 17: Standortauswahl AustroPOPs für die Steiermark	75
Tabelle 18: Standortauswahl AustroPOPs für Salzburg	76
Tabelle 19: Standortauswahl AustroPOPs für Tirol	77
Tabelle 20: Liste der für die AustroPOPs-Standorte vom chemisch-analytischen Labor des Landes Oberösterreich analysierten Organochlorpestizide.....	84
Tabelle 21: Liste der für die AustroPOPs-Standorte vom Labor des Umweltbundesamtes analysierten Stoffe.....	86
Tabelle 22: Liste der für die AustroPOPs-Standorte vom Bodенlabor der A10 des Landes Steiermark analysierten PAHs	87
Tabelle 23: Liste der für die AustroPOPs-Standorte vom Labor der AGES analysierten Bodengrundparameter	89

Tabelle 24: Übersicht über in Österreich verfügbare Studien zu organischen Schadstoffen/POPs, die Anzahl der Standorte nach Bundesländern bzw. österreichweit sowie die Verfügbarkeit in BORIS nach Aufnahme der Daten (auf Basis der Auswertungen AP 1 vgl. Tabelle 6)	93
Tabelle 25: Gruppen von Organischen Schadstoffen und POPs, zu denen Parameter in BORIS erfasst sind	97

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Art der Erhebung und Anzahl der Studien.....	40
Abbildung 2: Häufigkeit der (im Rahmen der von den Projektpartnern und -partnerinnen bereit gestellten Studien) erhobenen POPs nach Hauptgruppen.....	43
Abbildung 3: Häufigkeit der (im Rahmen der von den Projektpartnern und -partnerinnen bereit gestellten Studien) erhobenen organischen Schadstoffen (außer POPs).....	47
Abbildung 4: %-Anteil und absolute Anzahl der Standorte mit Erhebung von Standortparametern (z. B. Bodentyp, Geologie, Lage der Standorte, Wasserhaushalt, Landnutzung etc.).	53
Abbildung 5: %-Anteil und absolute Anzahl der Standorte mit Erhebung von Profilparametern (Bodentiefe, Boden-Horizontbeschreibungen etc.).....	53
Abbildung 6: %-Anteil und absolute Anzahl der Standorte mit Bodeneigenschaften (Nähr- und Schadstoffanalysen, bodenphysikalische Messungen etc.).	54
Abbildung 7: %-Anteil und Anzahl der von den Projektpartnern und -partnerinnen angegebenen Studien, die über ein digitales Informationssystem verfügbar sind.....	56
Abbildung 8: %-Anteil der Daten und Anzahl der Studien, die in BORIS integriert sind. ..	58
Abbildung 9: Übersicht der Standorte, die im Rahmen von AustroPOPS beprobt und deren Daten ausgewertet wurden.	102
Abbildung 10: Beispiel-Boxplot als Lesehilfe.....	103
Abbildung 11: PAH-Gehalte (li) und untersuchte Standorte in Vorarlberg (re). Die PAH-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.	104
Abbildung 12: PCDD/F-Gehalte (I-TEQ (LB) PCDD/F) (li) und untersuchte Standorte in Vorarlberg (re). Die PCDD/F-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.....	106
Abbildung 13: Summen der Indikator-PCB6-Gehalte (LB) (li) und untersuchte Standorte in Vorarlberg (re). Die PCB6-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.....	108
Abbildung 14: Summen der dl-PCB (li) und untersuchte Standorte in Vorarlberg (re). Die dl-PCB sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.	108
Abbildung 15: TEQ (WHO05) der dl-PCB (LB) (li) und untersuchte Standorte in Vorarlberg (re). Die TEQ der dl-PCB sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.....	109

Abbildung 16: Summen der Pestizid-Gehalte (li) und untersuchte Standorte in Vorarlberg (re). Die Summen der Pestizid-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.....	111
Abbildung 17: p,p'-DDE-Gehalte (li) und untersuchte Standorte in Vorarlberg (re). Die p,p'-DDE-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.....	111
Abbildung 18: HCB-Gehalte (li) und untersuchte Standorte in Vorarlberg (re). HCB-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt...	112
Abbildung 19: Pentachlorbenzol-Gehalte (li) und untersuchte Standorte in Vorarlberg (re). Pentachlorbenzol-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.....	112
Abbildung 20: Summe PBDE (20) (li) und untersuchte Standorte in Vorarlberg (re). Die PBDE sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.	114
Abbildung 21: Summen BDE6 (li) und untersuchte Standorte in Vorarlberg (re). Die BDE6 sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt...	115
Abbildung 22: Summen der Flammhemmer(li) und untersuchte Standorte in Vorarlberg (re). Die Flammhemmer sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.....	116
Abbildung 23: Summen Dechlorane (syn-DP, anti-DP) (li) und untersuchte Standorte in Vorarlberg (re). Die Dechlorane sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.....	116
Abbildung 24: Summen Hexabromcyclododecane (alpha-, beta- und gamma-HBCDD) (li) und untersuchte Standorte in Vorarlberg (re). Die HBCDD-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.....	117
Abbildung 25: PFOA-Gehalte (li) und untersuchte Standorte in Vorarlberg (re). Die PFOA-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.....	118
Abbildung 26: PFOS-Gehalte (li) und untersuchte Standorte in Vorarlberg (re). Die PFOS-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.....	119
Abbildung 27: Beispiel-Boxplot als Lesehilfe.....	122
Abbildung 28: PAH16-Gehalte (li) und untersuchte Standorte in Tirol (re). Die PAH16-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.	123

Abbildung 29: PCDD/F (I-TEQ (LB) (li) und untersuchte Standorte in Tirol (re). Die PCDD/F-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.....	124
Abbildung 30: Summe der Indikator-PCB6-Gehalte (LB) (li) und untersuchte Standorte in Tirol (re). Die Summe der PCB6-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.....	126
Abbildung 31: Summen der dl-PCB (li) und untersuchte Standorte in Tirol (re). Die Summen der dl-PCB-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.....	126
Abbildung 32: TEQ (WHO) der dl-PCB (LB) (li) und untersuchte Standorte in Tirol (re). Die TEQ der dl-PCB-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.....	127
Abbildung 33: Summen der Pestizid-Gehalte (li) und untersuchte Standorte in Tirol (re). Die Pestizid-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.....	129
Abbildung 34: p,p'-DDE-Gehalte (li) und untersuchte Standorte in Tirol (re). Die p,p'-DDE-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.....	130
Abbildung 35: HCB-Gehalte (li) und untersuchte Standorte in Tirol (re). Die HCB-Gehalte ist auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.....	130
Abbildung 36: Pentachlorbenzol-Gehalte (li) und untersuchte Standorte in Tirol (re). Pentachlorbenzol-Gehalte ist auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.....	131
Abbildung 37: Pendimethalin-Gehalte (li) und untersuchte Standorte in Tirol (re). Pendimethalin-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.....	131
Abbildung 38: Summen der 20 PBDE-Gehalte (li) und untersuchte Standorte in Tirol (re). Die Summen der 20 PBDE-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.....	133
Abbildung 39: Summen der 6 BDE-Gehalte (li) und untersuchte Standorte in Tirol (re). Die Summen der 6 BDE-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.....	134
Abbildung 40: Summen der Flammschutzmittel (li) und untersuchte Standorte in Tirol (re). Die Summen der Flammschutzmittel sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.....	135

Abbildung 41: Summen Dechlorane (syn-DP, anti-DP) (li) und untersuchte Standorte in Tirol (re). Die Summen der Dechlorane sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.....	135
Abbildung 42: Summen HBCDD (alpha-, beta- und gamma-HBCDD) (li) und untersuchte Standorte in Tirol (re). Die Summen der HBCDD sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.	136
Abbildung 43: PFOA-Gehalte (li) und untersuchte Standorte in Tirol (re). Die PFOA-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt...	137
Abbildung 44: PFOS-Gehalte (li) und untersuchte Standorte in Tirol (re). Die PFOS-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt...	138
Abbildung 45: Beispiel-Boxplot als Lesehilfe.....	140
Abbildung 46: PAH-Gehalte (li) und untersuchte Standorte in Kärnten (re). Die PAH-Gehalte sind innerhalb der Nutzungsklasse normiert dargestellt.....	141
Abbildung 47: PCDD/F-Gehalte (I-TEQ (LB) (li) und untersuchte Standorte in Kärnten (re). Die PCDD/F-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.....	142
Abbildung 48: Summe der Indikator-PCB6-Gehalte (LB) (li) und untersuchte Standorte in Kärnten (re). Die PCB6-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.....	144
Abbildung 49: Summe der dl-PCB (li) und untersuchte Standorte in Kärnten (re). Die dl-PCB sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt...	144
Abbildung 50: TEQ (WHO) der dl-PCB (LB) (li) und untersuchte Standorte in Kärnten (re). Die TEQ der dl-PCB sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.....	145
Abbildung 51: Summe Pestizide (li) und untersuchte Standorte in Kärnten (re). Die Pestizide sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.	147
Abbildung 52: p,p'-DDT Dichlordiphenyldichlorethan (li) und untersuchte Standorte in Kärnten (re). p,p'-DDT-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.....	148
Abbildung 53: p,p'-DDE (li) und untersuchte Standorte in Kärnten (re). p,p'-DDE-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt...	148
Abbildung 54: Hexachlorbenzol (HCB) (li) und untersuchte Standorte in Kärnten (re). HCB-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.	149

Abbildung 55: Summen der PBDE (20) (li) und untersuchte Standorte in Kärnten (re). Die PBDE sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.....	150
Abbildung 56: Summe BDE (6) (li) und untersuchte Standorte in Kärnten (re). Die BDE6 sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt...	151
Abbildung 57: Summen der Flammhemmer(li) und untersuchte Standorte in Kärnten (re). Die Flammhemmer sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.....	152
Abbildung 58: Summen Dechlorane (syn-DP, anti-DP) (li) und untersuchte Standorte in Kärnten (re). Die Dechlorane sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.....	152
Abbildung 59: Summen Hexabromcyclododecane (alpha-, beta- und gamma-HBCDD) (li) und untersuchte Standorte in Kärnten (re). Die HBCDD sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.....	153
Abbildung 60: Perfluorooctanäure (PFOA) (li) und untersuchte Standorte in Kärnten (re). Die PFOA-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.	154
Abbildung 61: Perfluorbutansulfonsäure (PFBS) (li) und untersuchte Standorte in Kärnten (re). Die PFBS-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.....	155
Abbildung 62: Beispiel-Boxplot als Lesehilfe.....	156
Abbildung 63: PAH-Gehalte (li) und untersuchte Standorte in Oberösterreich (re). Die PAH-Gehalte sind innerhalb der Nutzungsklasse normiert dargestellt.....	157
Abbildung 64: PCDD/F-Gehalte (I-TEQ (LB) (li) und untersuchte Standorte in Oberösterreich (re). Die PCDD/F-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.....	159
Abbildung 65: Summe der Indikator-PCB6-Gehalte (LB) (li) und untersuchte Standorte in Oberösterreich (re). Die PCB6-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.....	160
Abbildung 66: Summe der dl-PCB (li) und untersuchte Standorte in Oberösterreich (re). Die dl-PCB sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.	161
Abbildung 67: TEQ (WHO) der dl-PCB (LB) (li) und untersuchte Standorte in Oberösterreich (re). Die TEQ der dl-PCB sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.....	162

Abbildung 68: Summe Chlorpestizide (li) und untersuchte Standorte in Oberösterreich (re). Die Chlorpestizide sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.....	164
Abbildung 69: p,p'-DDT Dichlordiphenyltrichlorethan (p,p'-DDT) (li) und untersuchte Standorte in Oberösterreich (re). p,p'-DDT-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.....	164
Abbildung 70: p,p'-Dichlordiphenyldichlorethen (p,p'-DDE) (li) und untersuchte Standorte in Oberösterreich (re). p,p'-DDE-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.....	165
Abbildung 71: Hexachlorbenzol (HCB) (li) und untersuchte Standorte in Oberösterreich (re). HCB ist auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.	165
Abbildung 72: Pentachlorbenzol (li) und untersuchte Standorte in Oberösterreich (re). Pentachlorbenzol ist auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.	166
Abbildung 73: cis-Chlordan (li) und untersuchte Standorte in Oberösterreich (re). cis- Chlordan ist auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.	166
Abbildung 74: Pendimethalin (li) und untersuchte Standorte in Oberösterreich (re). Pendimethalin ist auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.	167
Abbildung 75: Summen PBDE (20) (li) und untersuchte Standorte in Oberösterreich (re). Die PBDE-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.....	168
Abbildung 76: Summen BDE6 (li) und untersuchte Standorte in Oberösterreich (re). Die BDE6-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.	169
Abbildung 77: Summen der Flammhemmer(li) und untersuchte Standorte in Oberösterreich (re). Die Flammhemmer sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.....	170
Abbildung 78: Summen Dechlorane (syn-DP, anti-DP) (li) und untersuchte Standorte in Oberösterreich (re). Die Dechlorane sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.....	170
Abbildung 79: PFOA-Gehalte (li) und untersuchte Standorte in Oberösterreich (re). Die PFOA-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.	172

Abbildung 80: PFOS-Gehalte (li) und untersuchte Standorte in Oberösterreich (re). Die PFOS-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.....	173
Abbildung 81: Beispiel-Boxplot als Lesehilfe.....	174
Abbildung 82: PAH-Gehalte (li) und untersuchte Standorte in der Steiermark (re). Die PAH-Gehalte sind innerhalb der Nutzungsklasse normiert dargestellt.....	176
Abbildung 83: PCDD/F-Gehalte (I-TEQ (LB) (li) und untersuchte Standorte in der Steiermark (re). Die PCDD/F-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.....	177
Abbildung 84: Summe der Indikator-PCB6-Gehalte (LB) (li) und untersuchte Standorte in der Steiermark (re). Die PCB6-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.....	179
Abbildung 85: Summe der dl-PCB (li) und untersuchte Standorte in der Steiermark (re). Die dl-PCB sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.	179
Abbildung 86: TEQ (WHO) der dl-PCB (LB) (li) und untersuchte Standorte in der Steiermark (re). Die TEQ der dl-PCB sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.....	180
Abbildung 87: Summe Pestizide (li) und untersuchte Standorte in der Steiermark (re). Die Chlorpestizide sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.	182
Abbildung 88: p,p'-DDT Dichlordiphenyltrichlorethan (p,p'-DDT) (li) und untersuchte Standorte in der Steiermark (re). p,p'-DDT-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.....	182
Abbildung 89: p,p'-DDE (li) und untersuchte Standorte in der Steiermark (re). p,p'-DDE-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.	183
Abbildung 90: Hexachlorbenzol (HCB) (li) und untersuchte Standorte in der Steiermark (re). HCB-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.....	183
Abbildung 91: Pendimethalin (li) und untersuchte Standorte in der Steiermark (re). Pendimethalin-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.....	184
Abbildung 92: Summe PBDE (20) (li) und untersuchte Standorte in der Steiermark (re). Die PBDE sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.	185

Abbildung 93: Summen BDE (6) (li) und untersuchte Standorte in der Steiermark (re). Die BDE6 sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.....	186
Abbildung 94: Summen der Flammhemmer(li) und untersuchte Standorte in der Steiermark (re). Die Flammhemmer sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.....	187
Abbildung 95: Summen Dechlorane (syn-DP, anti-DP) (li) und untersuchte Standorte in der Steiermark (re). Die Dechlorane sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.....	187
Abbildung 96: PFOA-Gehalte (li) und untersuchte Standorte in der Steiermark (re). Die PFOA-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.....	189
Abbildung 97: PFOS-Gehalte (li) und untersuchte Standorte in der Steiermark (re). Die PFOS-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.....	190
Abbildung 98: Beispiel-Boxplot als Lesehilfe.....	192
Abbildung 99: PAH-Gehalte (li) und untersuchte Standorte in Niederösterreich (re). Die PAH-Gehalte sind innerhalb der Nutzungsklasse normiert dargestellt.	193
Abbildung 100: PCDD/F-Gehalte (I-TEQ (LB) (li) und untersuchte Standorte in Niederösterreich (re). Die PCDD/F-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.....	194
Abbildung 101: Summe der Indikator-PCB6-Gehalte (LB) (li) und untersuchte Standorte in Niederösterreich (re). Die PCB6-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.....	195
Abbildung 102: Summe der dl-PCB (li) und untersuchte Standorte in Niederösterreich (re). Die dl-PCB sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.....	196
Abbildung 103: TEQ (WHO05) der dl-PCB (LB) (li) und untersuchte Standorte in Niederösterreich (re). Die TEQ der dl-PCB sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.....	197
Abbildung 104: Summe Pestizide (li) und untersuchte Standorte in Niederösterreich (re). Die Pestizide sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.....	198
Abbildung 105: p,p'-DDE (li) und untersuchte Standorte in Niederösterreich (re). p,p'-DDE-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.....	199

Abbildung 106: Hexachlorbenzol (HCB) (li) und untersuchte Standorte in Niederösterreich (re). HCB-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.....	200
Abbildung 107: Aclonifen (li) und untersuchte Standorte in Niederösterreich (re). Aclonifen-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.....	200
Abbildung 108: Pendimethalin (li) und untersuchte Standorte in Niederösterreich (re). Pendimethalin-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.....	201
Abbildung 109: Summe PBDE (20) (li) und untersuchte Standorte in Niederösterreich (re). Die PBDE sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.	202
Abbildung 110: Summen BDE (6) (li) und untersuchte Standorte in Niederösterreich (re). Die BDE6-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.....	203
Abbildung 111: Summen der Flammhemmer(li) und untersuchte Standorte in Niederösterreich (re). Die Flammhemmer sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.....	204
Abbildung 112: Summen Dechlorane (syn-DP, anti-DP) (li) und untersuchte Standorte in Niederösterreich (re). Die Dechlorane sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.....	204
Abbildung 113: PFOA-Gehalte (li) und untersuchte Standorte in Niederösterreich (re). Die PFOA-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.	206
Abbildung 114: PFOS-Gehalte (li) und untersuchte Standorte in Niederösterreich (re). Die PFOS-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.	207
Abbildung 115: Beispiel-Boxplot als Lesehilfe.....	209
Abbildung 116: PAH-Gehalte (li) und untersuchte Standorte in Salzburg (re). Die PAH-Gehalte sind innerhalb der Nutzungsklasse normiert dargestellt.....	210
Abbildung 117: PCDD/F-Gehalte (I-TEQ (LB)) (li) und untersuchte Standorte in Salzburg (re). Die PCDD/F-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.....	211
Abbildung 118: Summe der Indikator-PCB6-Gehalte (LB) (li) und untersuchte Standorte in Salzburg (re). Die PCB6-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.....	213

Abbildung 119: Summe der dl-PCB (li) und untersuchte Standorte in Salzburg (re). Die dl-PCB sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.....	213
Abbildung 120: TEQ (WHO) der dl-PCB (LB) (li) und untersuchte Standorte in Salzburg (re). Die TEQ der dl-PCB sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.....	214
Abbildung 121: Summe Pestizide (li) und untersuchte Standorte in Salzburg (re). Die Chlorpestizide sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.....	216
Abbildung 122: Hexachlorbenzol (HCB) (li) und untersuchte Standorte in Salzburg (re). HCB-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.....	216
Abbildung 123: Pentachlorbenzol (li) und untersuchte Standorte in Salzburg (re). Pentachlorbenzol-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.....	217
Abbildung 124: Summe PBDE (20) (li) und untersuchte Standorte in Salzburg (re). Die PBDE sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt...	218
Abbildung 125: Summen BDE (6) (li) und untersuchte Standorte in Salzburg (re). Die BDE6-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.....	219
Abbildung 126: Summen der Flammhemmer (li) und untersuchte Standorte in Salzburg (re). Die Flammhemmer sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.....	220
Abbildung 127: PFOA-Gehalte (li) und untersuchte Standorte in Salzburg (re). Die PFOA-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.....	221
Abbildung 128: PFOS-Gehalte (li) und untersuchte Standorte in Salzburg (re). Die PFOS-Gehalte sind auf der Karte innerhalb der Nutzungsklassen normiert dargestellt.....	222

Literaturverzeichnis

Amt der Kärntner Landesregierung, Abteilung 15, Umweltschutz und Technik (1999): Bodenzustandsinventur Kärnten 1999. Eigenverlag, Klagenfurt

Amt der Niederösterreichischen Landesregierung, Abteilung VI/4 & Bundesanstalt für Bodenvirtschaft (1994): Niederösterreichische Bodenzustandsinventur. Amt der Niederösterreichischen Landesregierung, Wien

Amt der Steiermärkischen Landesregierung (1988-2014): Steiermärkische Bodenschutzberichte. Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Bd. 1-9, Eigenverlag, Graz.

ASOC- Österreichische Karte des organischen Bodenkohlenstoffs:

https://www.dafne.at/prod/dafne_plus_common/attachment_download/3dcfa05e0c958e40a92e31dc21a32885/ASOC_Endbericht.pdf

Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU) (2011): Hintergrundwerte von anorganischen und organischen Schadstoffen in Böden Bayerns; Vollzugshilfe für den vorsorgenden Bodenschutz mit Bodenausgangsgesteinskarte von Bayern 1:500 000; Bayerisches Landesamt für Umwelt. <https://www.lfu.bayern.de/boden/hintergrundwerte/index.htm>

Beprobung von Acker, Grünland- und Waldstandorten im Rahmen von AustroPOPs - Anleitungsvideo: <https://www.youtube.com/watch?v=Tlf1aQUb0ro&feature=youtu.be>

Beschluss Nr. 1386/2013/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 20. November 2013 über ein allgemeines Umweltaktionsprogramm der Union für die Zeit bis 2020 „Gut leben innerhalb der Belastbarkeitsgrenzen unseres Planeten: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2013:354:0171:0200:DE:PDF>

Betts, Kellyn (2008): Does a key PBDE break down in the environment? Environmental Science and Technology 42, 6781

Blum, Winfried E.H./Brandstätter, Anton/Riedler, Christian/Wenzel, Walter W. (1996): Bodendauerbeobachtung – Empfehlungen für eine einheitliche Vorgangsweise in Österreich. Umweltbundesamt und Österreichische Bodenkundliche Gesellschaft, 1996: <https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/DP003.pdf>

Bundesamt für Agrarbiologie (1993): Oberösterreichischer Bodenkataster - Bodenzustandsinventur 1993. Amt der Oberösterreichischen Landesregierung, Agrar- und Forstrechts-Abteilung, Linz

Bundesamt und Forschungszentrum für Wald: Digitale Bodenkarte eBOD.

<https://bfw.ac.at/rz/bfwcms2.web?dok=7049>

Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung vom 12. Juli 1999 (BBodSchV) (DE BGBl. I S. 1554), zuletzt durch Artikel 126 der Verordnung vom 19. Juni 2020 (BGBl. I S. 1328) geändert: <https://www.gesetze-im-internet.de/bbodschv/BJNR155400999.html>

Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW) (2009): Offenthaler Ivo/Weiss Peter/Uhl Maria et al. (2009): MONARPOP-Technical Report (Monitoring network in the Alpine region for persistent and other organic pollutants). Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW); ISBN 3-902338-93-8.

Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus (BMLRT) (2021) (in Fertigstellung): Leitfaden für die Analytik von organischen Schadstoffen im Boden, Methodensammlung und Empfehlung, Arbeitsgruppe des Fachbeirates für Bodenfruchtbarkeit und Bodenschutz

Bundesministerium für Soziales, Gesundheit, Pflege und Konsumentenschutz (BMSGPK): Gesundheitsziele für Österreich:
<https://www.gesundheit.gv.at/gesundheitsleistungen/gesundheitsfoerderung/gesundheitsziele>

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Nukleare Sicherheit (2017): Bericht zu perfluorierten Verbindungen; Reduzierung/Vermeidung, Regulierung und Grenzwerte, einheitliche Analyse- und Messverfahren für fluororganische Verbindungen. Bonn.
https://www.umweltministerkonferenz.de/umlbeschluesse/umlaufBericht2017_19.pdf

Bundesumweltministerium (BMU) (1993): Bericht der Bund/Länder-Arbeitsgruppe DIOXINE; Rechtsnormen, Richtwerte, Handlungsempfehlungen, Messprogramme, Messwerte und Forschungsprogramme.
<https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/481/dokumente/chemikali>

en dioxine forschungs-
und entwicklungsvorhaben 1 bericht bulaenarbeitsgruppe diox1992.pdf

Chemikaliengesetz 1996 – ChemG 1996 (BGBl. I Nr. 53/1997, zuletzt geändert durch BGBl. I Nr. 140/2020):

https://www.ris.bka.gv.at/Dokumente/BgblPdf/1997_53_1/1997_53_1.pdf,
<https://www.ris.bka.gv.at/eli/bgbl/i/2020/140>

Clara, Manfred/Hartmann, Christina/Scheffknecht, Christoph (2016): Klärschlamm und Boden - Eintrag von Spurenstoffen auf landwirtschaftlich genutzte Böden. Amt der Vorarlberger Landesregierung, Institut für Umwelt und Lebensmittelsicherheit des Landes Vorarlberg, 2016.

Europäische Kommission (2003): Eine europäische Strategie für Umwelt und Gesundheit (KOM (2003) 338): [https://ec.europa.eu/transparency/documents-register/detail?ref=COM\(2003\)338&lang=de](https://ec.europa.eu/transparency/documents-register/detail?ref=COM(2003)338&lang=de)

Europäische Kommission (2004): Der europäische Aktionsplan Umwelt und Gesundheit 2004-2010 (KOM(2004) 416 - Amtsblatt C 49 vom 28.2.2006) <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=LEGISSUM%3A128145>

Europäische Kommission (2007): Gemeinsam für die Gesundheit: Ein strategischer Ansatz der EU für 2008-2013 (KOM(2007) 630): <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:52007DC0630&from=EN>

Freudenschuß Alexandra/Obersteiner Erik/Uhl Maria (2008): Organische Schadstoffe in Grünlandböden. Umweltbundesamt, Wien

Freudenschuß Alexandra/Offenthaler Ivo (2010): Organische Schadstoffe in Grünlandböden, Teil 3 – Endbericht. Umweltbundesamt, Wien

Global Soil Laboratory Network: <http://www.fao.org/global-soil-partnership/glosolan/en/>

Hartmann Christina/Uhl Maria/Fallmann Katharina et al. (2018): Görtsschitztal – Untersuchungen an Mensch und Umwelt. Wien, 2018 Wien, Reports, Band 0652, ISBN: 978-3-99004-470-4: https://www.umweltbundesamt.at/studien-reports/publikationsdetail?pub_id=2245&cHash=81f04f613db1cdd73d21c8108408b541

Humer, Monika/Scheffknecht, Christoph (2021): Per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen (PFAS) in Vorarlberg. Umweltinstitut - Bericht UI-05/2021, <https://vorarlberg.at/-/drumherum-abwasser-abfall-schadstoffe>

Kreuzeder, Andreas/Moche Wolfgang/Scharf, Sigrid (2018): Organische Schadstoffe in Grünland- und Waldböden. Land Salzburg, Salzburg:
<https://www.salzburg.gv.at/themen/umwelt/abfall/fachinformationen/persistente-organische-schad>

Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV) (2018): Bewertungsmaßstäbe wichtiger Luftschadstoffe für Genehmigungsverfahren.
<https://www.lanuv.nrw.de/umwelt/umweltmedizin/genuehmigungsverfahren-uvp/bewertungsmassstaebe-wichtiger-luftschadstoffe/>

Litz, Norbert (2004): Organische Verbindungen. In: Blume H.P. (Hrsg.) Handbuch des Bodenschutzes. Bodenökologie und -belastung, vorbeugende und abwehrende Schutzmaßnahmen. Landsberg am Lech, ecomed Verlagsgesellschaft 2004, 3. Auflage, S. 416-492.

LUCAS – Land Use and Coverage Area frame Survey:
<https://esdac.jrc.ec.europa.eu/projects/lucas>

Luks, Ann-Katrin/Zegarski, Thordis/Nowak, Karolina/Miltner, Anja/Kästner, Matthias/Matthies, Michael/Schmidt, Burkhard/Schäffer, Andreas (2020): Fate of pendimethalin in soil and characterization of non-extractable residues (NER). Science of the Total Environment 753. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141870>

Nationaler Aktionsplan „Persistente Organische Schadstoffe“ (NAP):
<https://www.umweltbundesamt.at/umweltthemen/industrie/nationaleraktionsplan-pops>

NORMAN – Network of reference laboratories, research centres and related organisations for monitoring of emerging environmental substances:
<https://www.norman-network.net/>

Plattform Human-Biomonitoring: <https://www.umweltbundesamt.at/ueber-uns/partnernetzwerke/hbm-plattform>

Protokoll zur Durchführung der Alpenkonvention von 1991 im Bereich Bodenschutz
Protokoll „Bodenschutz“. StF: BGBl. III Nr. 235/2002 idF BGBl. III Nr. 111/2005 (VFB) (NR: GP XXI RV 1096 AB 1233 S. 110. BR: AB 6727 S. 690.):
<https://www.ris.bka.gv.at/eli/bgbl/iii/2002/235/P0/NOR30002495>

Schwarz, Sigrid/Freudenschuss, Alexandra (2004): Referenzwerte für Schwermetalle in Oberböden. Auswertungen aus dem österreichweiten Bodeninformationssystem BORIS. Monographien M-170, Umweltbundesamt, Wien.

Schwarz, Sigrid/Huber, Sigbert/Tulipan, Monika/ Dvorak, Andrea/Arzl, Norbert (1999): Datenschlüssel Bodenkunde. Empfehlung zur einheitlichen Datenerfassung in Österreich. Wien, 1999. Monographien, Band 113. ISBN: 3-85457-512-2.
Digitaler Datenschlüssel aktuell:
<https://www.umweltbundesamt.at/umweltthemen/boden/boris/boris-datenschluessel>

The 1998 Aarhus Protocol on Persistent Organic Pollutants (POPs):
<https://unece.org/environment-policyair/protocol-persistent-organic-pollutants-pops>

Umweltbundesamt (2008): Freudenschuß Alexandra/Obersteiner Erik/Uhl Maria: Organische Schadstoffe in Grünlandböden. Report REP-0158.

Umweltbundesamt (2010): Freudenschuß Alexandra/Offenthaler Ivo: Organische Schadstoffe in Grünlandböden. Teil 3, Endbericht Report REP-0268.

Umweltbundesamt, BORIS Bodeninformationssystem des Bundes und der Bundesländer: <http://www.borisdaten.at><http://www.borisdaten.at/>

Umweltinformation Steiermark: <https://www.umwelt.steiermark.at/>

UNEP; UN (2001): The Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants (2004):
<http://chm.pops.int/TheConvention/Overview/tabid/3351/Default.aspx>

Verordnung (EG) Nr. 396/2005 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Februar 2005 über Höchstgehalte an Pestizidrückständen in oder auf Lebens- und Futtermitteln pflanzlichen und tierischen Ursprungs und zur Änderung der Richtlinie 91/414/EWG des RatesText von Bedeutung für den EWR: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/ALL/?uri=CELEX%3A32005R0396>

Verordnung über persistente organische Schadstoffe (EU) 2019/1021 (POP-VO):

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/de/LSU/?uri=CELEX%3A32019R1021>

Verordnung der Landesregierung zur Durchführung des Gesetzes zum Schutz der Bodenqualität (Bodenqualitätsverordnung, LGBl. Nr. 77/2018), Land Vorarlberg:

<https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=LrVbg&Gesetzesnummer=20001457>

Verordnung über Belastungen des Bodens (VBBo 1998, Stand 2016) in der Schweiz:

https://www.fedlex.admin.ch/eli/cc/1998/1854_1854_1854/de

Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus

Stubenring 1, 1010 Wien

bmlrt.gv.at