



PFAS-Konzentrationen in Schweizer Böden eine Übersicht

Version vom 24.02.2026

Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU)
Sur mandat de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV)
Su mandato dell'Ufficio federale dell'ambiente (UFAM)
Commissioned by the Federal Office for the Environment (FOEN)

Impressum

Auftraggeber

Bundesamt für Umwelt (BAFU), Abt. Boden und Biotechnologie,
CH-3003 Bern

Diese Studie wurde im Auftrag des BAFU verfasst. Für den Inhalt
ist allein der Auftragnehmer verantwortlich.

Auftragnehmer

ETH Zürich, Institut für Biogeochemie und Schadstoffdynamik
(IBP), CH-8092 Zürich
Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften (ZHAW),
Institut für Umwelt und Natürliche Ressourcen IUNR, CH-8820
Wädenswil

Autorinnen und Autoren

Juliane Glüge, ETH Zürich
Elvira Rudin*, ETH Zürich und ZHAW
Basilus Thalmann, ZHAW
Martin Scheringer, ETH Zürich
*Kontakt: ETH Zürich, Universitätstrasse 16, 8092 Zürich,
elvira.rudin@usys.ethz.ch

**Begleitende
Expertengruppe:****AG PFAS Boden Motion Maret**

Alice Badin, BAFU
Claudia Blaser, AfU SO
Dörte Carstens, uwe LU
Sarah Chékifi, ALN ZH
Francesco Danza, DT SPAAS TI
Bastien Guex, OCEV GE
Harry Ilg, AfU UR
Aline Loher, AfU SG
Mireia Martí Roura, BAFU
Elisabeth Papazoglou, AUE BL
Stéphane Westermann, SEN VS
Michael Zimmermann, BLW

Zusammenfassung

Um einen Überblick über die PFAS-Situation in Schweizer Böden zu erhalten, wurden über tausend PFAS-Bodenmessungen gesammelt und analysiert. Die meisten Daten stammen aus kantonalen Messkampagnen, wobei in den Kampagnen unterschiedliche Ziele verfolgt wurden. Ein Teil diente beispielsweise der genaueren Untersuchung belasteter Standorte, während andere Kampagnen dazu dienten, Fragestellungen zur Belastung von Böden in Siedlungsgebieten oder zur Grundbelastung innerhalb eines Kantons zu beantworten. Zudem wurden Daten von Thalmann et al. (2022) hinzugefügt, welche die PFAS-Grundbelastung in Schweizer Böden zeigen. Der jetzige Datensatz setzt sich damit aus Konzentrationsmessungen von belasteten Flächen, Verdachtsflächen und Messungen der Grundbelastung zusammen. Es handelt sich also nicht um eine zufällige Stichprobe über alle Böden der Schweiz. Mit über 1000 Proben und einer breiten geografischen Abdeckung ergänzt der vorliegende Datensatz den bisherigen Kenntnisstand über PFAS-Konzentrationen in Böden wesentlich. Der Datensatz erlaubt einen vertieften Einblick in die Ursachen von PFAS-Belastungen in Schweizer Böden und die Bandbreite der Belastungen zwischen ganz unterschiedlichen Standorten.

Der Median für die Summe aller über Bestimmungsgrenze gemessenen PFAS im Oberboden beträgt für die aggregierten Standorte 2.4 µg/kg Trockensubstanz (TS) und ist damit höher als der von Thalmann et al. (2022) bestimmte Median von 1.4 µg/kg TS für die Summe von 32 PFAS. Auch das 95te Perzentil ist mit 23.2 µg/kg TS für die hier aggregierten Standorte deutlich höher als der von Thalmann et al. (2022) ermittelte Wert von 5.0 µg/kg TS. Dies ist höchstwahrscheinlich darauf zurückzuführen, dass in dieser Studie mehr Böden mit einer vermuteten PFAS-Quelle erfasst wurden (z. B. die Ausbringung von belastetem Klärschlamm oder dem Einsatz von Feuerlöschschaum). Es ist davon auszugehen, dass die durchschnittliche PFAS-Belastung von Schweizer Böden zwischen diesen beiden Studien liegt.

Werden die aggregierten Standorte nach Flächennutzung unterteilt, zeigt sich eine sehr unterschiedliche Datenverfügbarkeit. Während für landwirtschaftliche Flächen am meisten Werte verfügbar waren, waren bei vielen Nutzungsarten weniger als zwanzig aggregierte Standorte verfügbar (Industrie- und Gewerbeflächen, Städtische (Grün)flächen, Familiengarten/Gemüseanbau, Spezialkulturen). Vor allem Standorte mit Löschschaumeinsatz weisen eine erhöhte Belastung auf (Median: 20 µg/kg TS, 95tes: 113 µg/kg TS). Andere Nutzungen mit einem erhöhten Median sind Industrieflächen (Median: 4.4 µg/kg TS, 95tes: 10.07 µg/kg TS) sowie städtische (Grün)flächen (Median: 3.8 µg/kg TS, 95tes: 15 µg/kg TS). Grasland über 1000 m weist die niedrigsten Konzentrationen auf (Median: 1.02 µg/kg TS, 95tes: 6.75 µg/kg TS).

Flächen mit einer vermuteten Quelle weisen eine höhere mittlere Konzentration (11.5 µg/kg TS, 95tes: 96 µg/kg TS) auf als Flächen mit unbekannter Quelle (Median: 2.0 µg/kg TS, 95tes: 8.2 µg/kg TS). Die höchsten Konzentrationen wurden auf Flächen mit Einsatz von Feuerlöschschaum (Median: 20 µg/kg TS, 95tes: 113 µg/kg TS) und Ausbringung von Klärschlamm (Median: 14.3 µg/kg TS, 95tes: 51 µg/kg TS) beobachtet. Es gibt jedoch auch Flächen ohne vermutete Quelle mit Belastungen mit mehr als 100 µg/kg TS oder Flächen, bei welchen eine vermutete Quelle angegeben wird, mit weniger als 1 µg/kg für der Summe aller nachgewiesenen PFAS.

Die Untersuchung der Belastungsmuster von elf perfluorierten Alkylsäuren (PFBA, PFPeA, PFHxA, PFHpA, PFOA, PFNA, PFDA, PFUnDA, PFBS, PFHxS, PFOS) ergab, dass es typische Muster für vermutete Quellen wie Klärschlamm und Löschschaum sowie für Standorte mit diffusen Quellen (Waldstandorte) zu geben scheint.

PFAS-Konzentrationen in Schweizer Böden – eine Übersicht

An 113 Probenahmestellen wurde sowohl der Oberboden (0 – 20 cm) als auch der Unterboden (20 – 40 cm) beprobt. Bis auf vereinzelte Ausnahmen war die Belastung im Oberboden höher (Median: 5.9 µg/kg TS, 95tes: 86.2 µg/kg TS) als im Unterboden (Median: 3.3 µg/kg TS, 95tes: 61.4 µg/kg TS).

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung.....	i
1 Einleitung.....	1
2 Methoden.....	2
3 Resultate.....	2
3.1 Überblick über die Daten	2
3.1.1 Probennahme Standorte und Zeitpunkte	2
3.1.2 Gemessene PFAS-Einzelsubstanzen	3
3.1.3 Aggregation der Probenahmestellen.....	5
3.2 Auswertung nach Einzelsubstanzen	7
3.3 Auswertung nach Flächennutzung.....	8
3.4 Auswertung nach vermuteter Quelle.....	11
3.5 Einfluss von Klärschlamm auf landwirtschaftliche Flächen.....	12
3.6 PFAS-Einzelsubstanzmuster nach Flächennutzung	12
3.7 Konzentrationen im Unterboden	17
4 Diskussion.....	20
5 Referenzen.....	23
6 Anhang A	24
6.1 Datenanfrage.....	24
6.2 Datenauswertung.....	24
7 Anhang B	27

1 Einleitung

Per- und polyfluorierte Alkylverbindungen (PFAS) sind aufgrund ihrer hohen Persistenz (oder der Persistenz ihrer Abbauprodukte) und ihrer Auswirkungen auf die Gesundheit von Menschen und Umwelt besorgniserregend, auch hinsichtlich des Status und dem Erhalt der Bodenfruchtbarkeit.

Die Arbeitsgruppe (AG) PFAS Boden der Motion 22.3929 Maret¹ hat die Autorinnen und Autoren damit beauftragt, Messungen von PFAS-Bodenkonzentrationen in der Schweiz zusammenzutragen und auszuwerten. Dieser Bericht bietet einen allgemeinen Überblick über die PFAS-Belastung in der Schweiz. Eine Einordnung der bodenbezogenen Grenzwerte innerhalb der PFAS-Bodenbelastung in der Schweiz ist jedoch nicht Gegenstand dieses Berichts. Daher werden die Stoffkonzentrationen und keine gewichteten Toxizitätswerte (TEQ) dargestellt.

Hauptziel der Auswertung ist, den aktuellen Kenntnisstand zu PFAS-Belastungen in Schweizer Böden abzubilden. Bisher wurden nur Daten zur Grundbelastung der Schweizer Böden publiziert (Thalmann et al. 2022). Diese enthielten Messungen von 146 Oberböden und 49 Unterböden, wobei 107 Böden aus der Nationalen Bodenbeobachtung (NABO) stammten. Die weitere Belastungssituation in der Schweiz ist jedoch nicht bekannt. Um diese Wissenslücke zu schliessen, wurden die kantonalen Bodenfachstellen nach Daten angefragt, welche anschliessend standardisiert und ausgewertet wurden. Die Daten von den Kantonen wurden mit den Daten aus der Publikation von Thalmann et al. (2022) ergänzt. Die Originaldaten unterliegen teilweise strikten Datennutzungsvereinbarungen und werden deshalb nicht publiziert.

Der Datensatz ist eine Zusammenführung zahlreicher Messkampagnen mit unterschiedlichen Zielen, weshalb die Daten entsprechend heterogen sind. So haben einige Kantone speziell nach Belastungen und Quellen gesucht, während andere eher Siedlungsböden oder Flächen ohne Belastungsverdacht beprobt haben. Der Datensatz setzt sich aus Konzentrationsmessungen der Grundbelastung, belasteten Flächen und Verdachtsflächen zusammen. Weiter waren auch Probenahme- oder Messprotokolle sowie die Substanzwahl nicht einheitlich oder systematisch. Diese Heterogenität stellt eine Herausforderung für die Datenanalyse dar und wurde deshalb beispielsweise mittels Aggregation der Standorte ein Stück weit vermindert.

Insgesamt konnten Messwerte von über tausend Proben gesammelt werden. Dieser Bericht erlaubt einen tieferen Einblick in Vorkommen und Verteilung von PFAS-Konzentrationen und PFAS-Verbindungen im Boden und gibt Hinweise zu relevanten PFAS-Quellen. Zusätzlich zeigt eine Musteranalyse, ob gewisse PFAS-Anwendungen oder Quellen typische Konzentrationsmuster aufweisen. Die vorliegenden Resultate sind eine wichtige Basis, um PFAS-Konzentrationen in Böden besser zu verstehen.

¹ [22.3929 | Festlegung von PFAS-spezifischen Werten in Verordnungen | Geschäft | Das Schweizer Parlament](#)

2 Methoden

Im Februar 2025 wurden alle Kantone angeschrieben, mit der Bitte Messdaten von kantonalen Kampagnen bereitzustellen. Abgefragt wurden Informationen zu Konzentrationen von 46 PFAS-Einzelsubstanzen, Metadaten zu Probenahme und Analytik sowie zu den Probenahmestellen. Diese Daten wurden anschliessend standardisiert. Dies beinhaltete einerseits die Standardisierung der Metadaten (z.B. Nutzung, Quellen oder Einteilung in Ober- und Unterboden) wie auch der Messdaten (z.B. Messungen kleiner Bestimmungsgrenze). Die Auswertungen wurden mit MS Excel und Python durchgeführt. Eine genaue Beschreibung der Methoden ist in Anhang A zu finden.

3 Resultate

3.1 Überblick über die Daten

Auf die Datenabfrage antworteten 25 Kantone, davon stellten 15 PFAS-Daten zur Verfügung. Insgesamt wurden Messwerte im Oberboden für 923 Probenahmestellen übermittelt. Zusammen mit den Probenahmestellen, für welche Thalmann et al. (2022) bereits Konzentrationen publiziert hatten, sind somit für 1070 Probenahmestellen PFAS-Konzentrationen im Oberboden vorhanden. Für 125 dieser Probenahmestellen gibt es auch Daten für den Unterboden.

3.1.1 Probennahme Standorte und Zeitpunkte

Die Anzahl der im Datensatz vorhandenen Probenahmestellen pro Kanton ist in Abbildung 1 zu sehen. Von den 15 Kantonen, von welchen Messungen zur Verfügung standen, kamen die meisten Daten aus den Kantonen St. Gallen, Zürich, Wallis und Tessin.

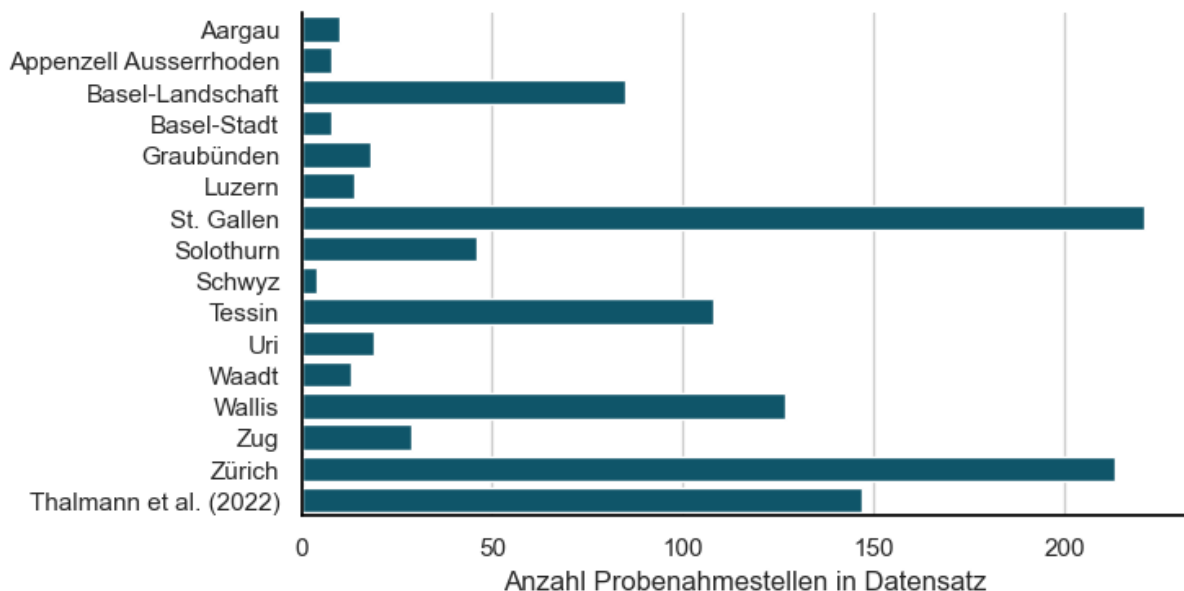


Abbildung 1: Anzahl Probenahmestellen je Kanton sowie von Thalmann et al. (2022).

Aus Abbildung 2 wird ersichtlich, dass die meisten Standorte der Kantone nach 2020 beprobt wurden. Die ersten Probenahmen stammen aus dem Jahr 2001. Daten für 2025 wurden lediglich bis Februar erfasst, es ist davon auszugehen, dass die tatsächliche Anzahl höher ist.

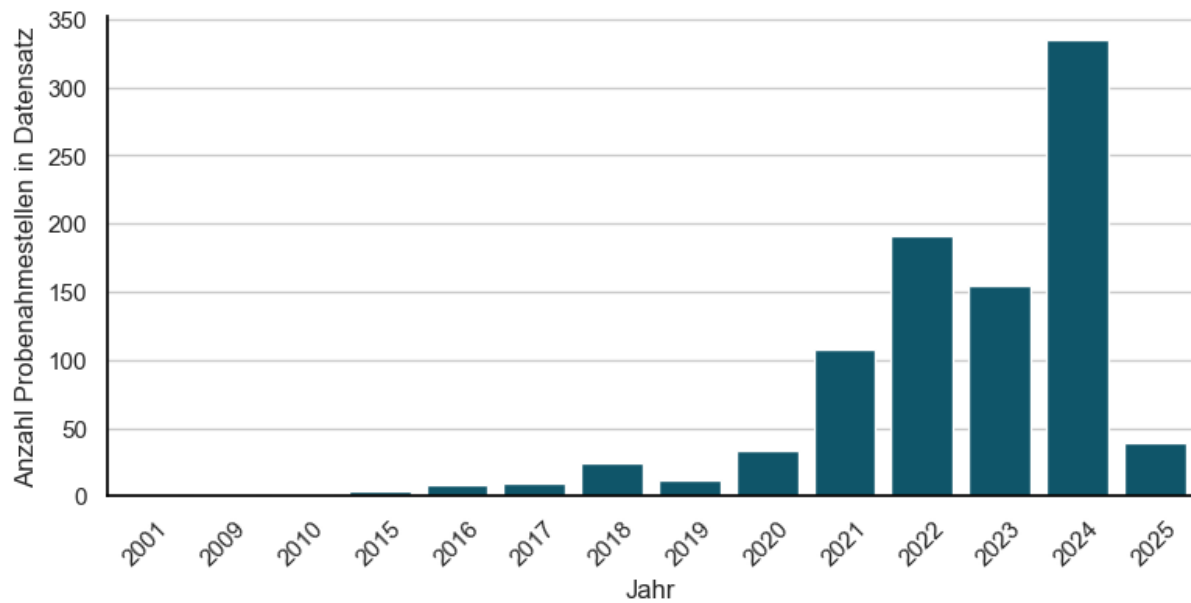


Abbildung 2: Anzahl der Probenahmestellen pro Jahr (Daten aus Thalmann et al. (2022) wurden nicht berücksichtigt). Daten für 2025 wurden bis Februar 2025 erfasst.

3.1.2 Gemessene PFAS-Einzelsubstanzen

Aus Abbildung 3A ist ersichtlich, welche von den 46 PFAS-Einzelsubstanzen, die hier von Interesse waren, gemessen und detektiert wurden. Die Auswertung der Konzentrationen, wird sich im Folgenden entweder auf die Summe aller nachgewiesenen PFAS oder auf elf Einzelsubstanzen fokussieren. Die elf Einzelsubstanzen beinhalten sechs perfluorierte Carbonsäuren (PFBA, PFPeA, PFHxA, PFHpA, PFOA, PFNA, PFDA, PFUnDA) und drei perfluorierte Sulfonsäuren (PFBS, PFHxS, PFOS). Die oben genannten Substanzen wurden fast alle bei über 20 % der Probenahmestellen detektiert (mit Ausnahme von PFBS, die in 10 % der Fälle nachgewiesen wurde), bei welchen sie auch im Messpaket enthalten waren (Abbildung 3B). Weitere Substanzen, welche bei über 10 % der Probenahmestellen nachgewiesen wurden, bei welchen sie auch im Analyseprogramm enthalten waren, sind (P)FOSA, Et-FOSAA und PFDoDA. Die Substanzen PFNS, PFHpS und PFTrDA wurden in über 5% der Probenahmestellen nachgewiesen, bei welchen sie auch im Messpaket enthalten waren.

PFAS-Konzentrationen in Schweizer Böden – eine Übersicht

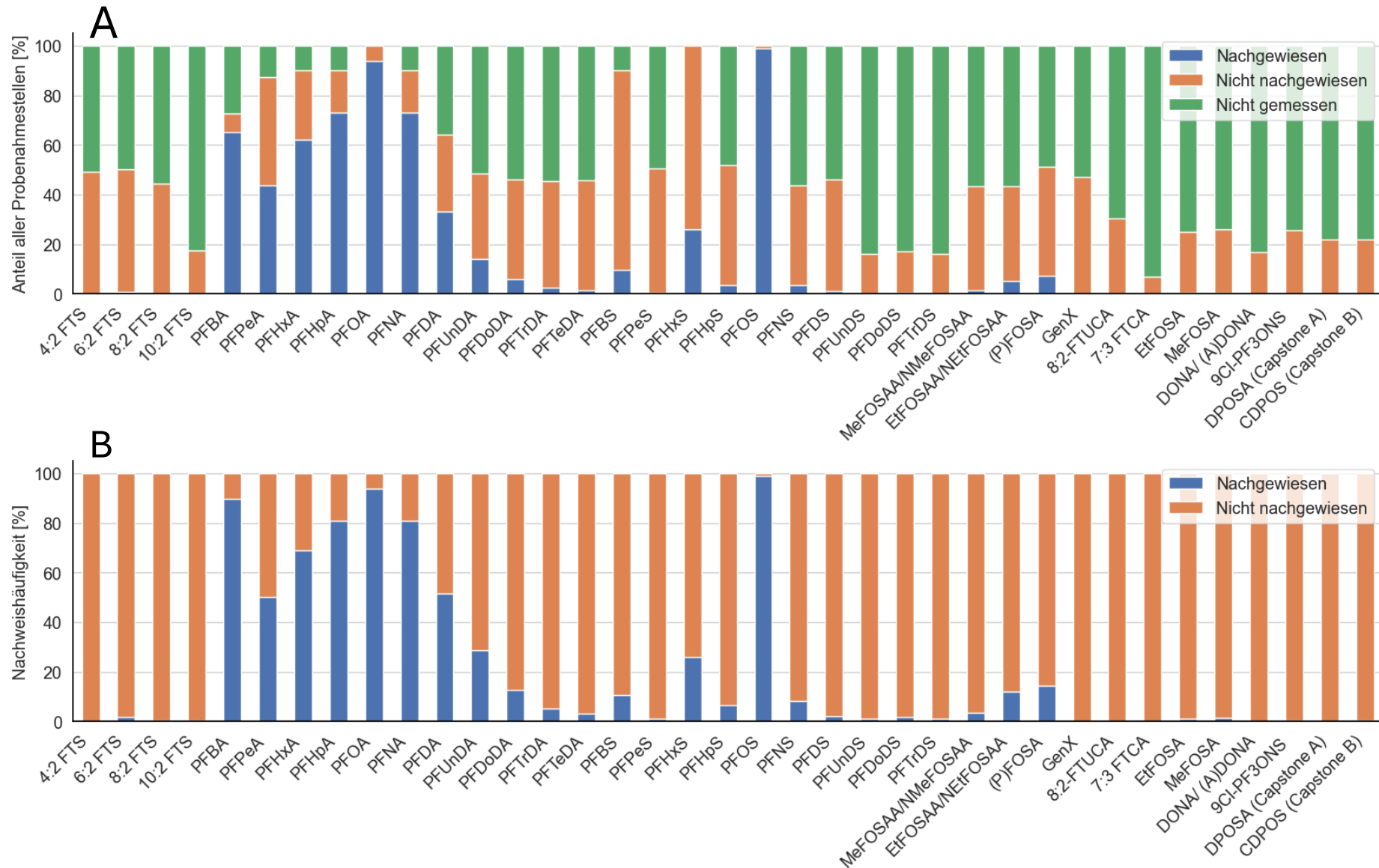


Abbildung 3: Überblick über die in der Datenanalyse beachteten PFAS-Einzelsubstanzen. A) Anteil der gemessenen und nachgewiesenen PFAS für alle Probenahmestellen (1070). B) Nachweishäufigkeit, wenn die Einzelsubstanz in Messprogramm enthalten war. Die Bestimmungsgrenze lag für alle Substanzen, ausser DPOSA (Capstone A) und CDPOS (Capstone B), bei 0.1 µg/kg TS. Für DPOSA (Capstone A) und CDPOS (Capstone B) lag es bei 1 µg/kg TS. NFDHA, PFEESA, PFMPA, PFMBa, HQ-115, 11CI-PF3OUdS, 5:3 TFCA und 6:2 FTUCA waren bei keiner der Proben im Messprogramm enthalten und sind deshalb hier nicht mit aufgeführt.

3.1.3 Aggregierung der Probenahmestellen

Wie aus Abbildung 4 ersichtlich, ist die Anzahl Probenahmestellen pro Gemeinde sehr unterschiedlich. Bei Gemeinden mit vielen Probenahmestellen kann davon ausgegangen werden, dass die Messungen entweder risikobasiert erfolgten oder hinsichtlich einer spezifischen Fragestellung (bspw. Siedlungsböden). Diese Standorte sind im Datensatz dementsprechend überrepräsentiert. Im Datensatz standen nur reduzierte Informationen zu den Standorten zur Verfügung, weshalb entschieden wurde, die Überrepräsentation mittels einer funktionalen Standortaggregierung zu reduzieren. Probenahmestellen wurden aggregiert, wenn sie in derselben Gemeinde lagen, die gleiche Flächennutzung, vermutete Quelle und den gleichen Status bzgl. Klärschlammeinsatz (ja vs. unbekannt) hatten. Pro aggregiertem Standort wurde jeweils der Mittelwert der Einzelsubstanzkonzentrationen berechnet. Summenwerte wurden anschliessend aus den Mittelwerten der Einzelsubstanzkonzentrationen berechnet.

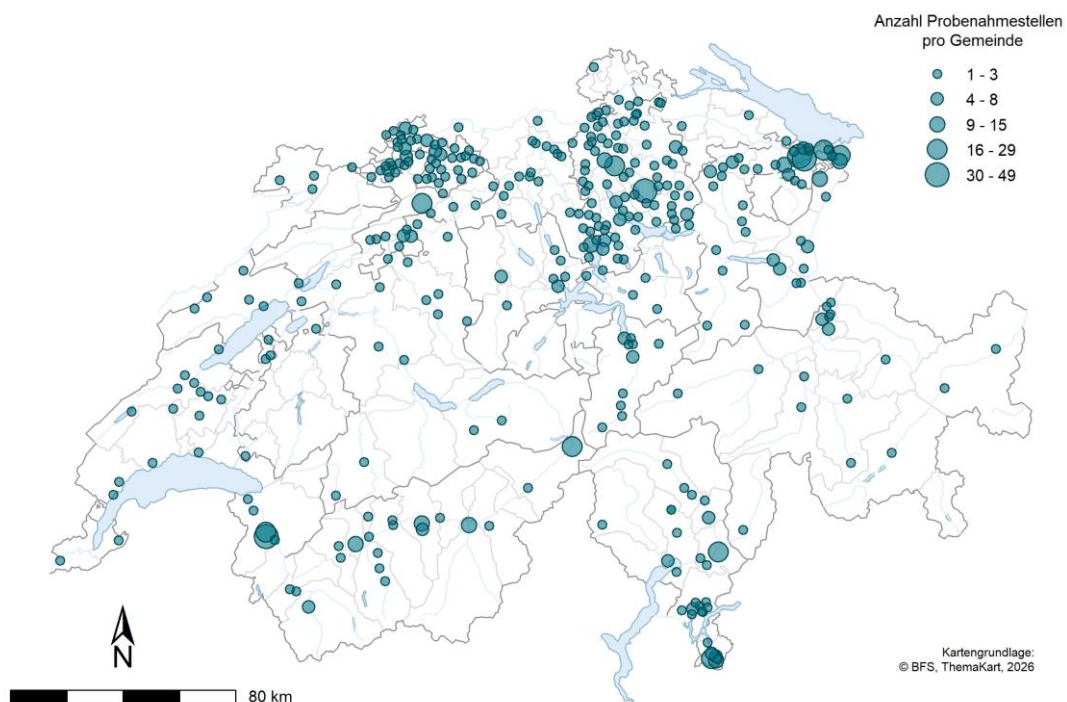


Abbildung 4: Probenahmestellen pro Gemeinde (inkl. Daten von Thalmann et al., (2022)). Die Grösse der Kreise gibt die Anzahl der Probenahmestellen pro Gemeinde an. Insgesamt sind es 1070 Probenahmestellen, aufgeteilt auf 350 Gemeinden.

Damit ergaben sich für die 350 Gemeinden 480 aggregierte Standorte mit PFAS-Daten. In Tabelle 1 wird gezeigt, wie viele Probenahmestellen jeweils pro funktionellem Standort zusammengerechnet wurden. Die Mehrheit (70 %) der aggregierten Standorte besteht aus einer Probenahmestelle, weitere 22 % aus zwei bis fünf und weniger als 10 % wurden aus mehr als fünf Probenahmestellen aggregiert.

Tabelle 1: Probenahmestellen pro aggregiertem Standort

Anzahl aggregierter Standorte	Anzahl Probenahmestellen pro aggregiertem Standort
341	1
64	2
43	3 - 5
18	6 - 10
8	11 - 20
6	> 20

In Tabelle 2 wird der Zusammenhang zwischen der Summe aller nachgewiesenen PFAS und Anzahl Probenahmestellen pro Gemeinde gezeigt. Von den 10 Gemeinden mit besonders vielen Proben zeigt sich, dass bei 8 Gemeinden die Summe aller nachgewiesenen PFAS (Σ PFAS) im Mittel deutlich über dem Median von 2.1 $\mu\text{g/kg}$ Trockensubstanz (TS) aus allen Gemeinden liegt. Zum Teil wird dieser Median um das 20-fache überschritten. Dies liegt vor allem daran, dass bei Verdachtsfällen mehr Proben genommen werden als in anderen Fällen. Zusätzlich gab es eine Probenahmekampagne, welche (städtische) Siedlungsgebiete im Fokus hatte. Diese Siedlungsgebiete weisen eine bis doppelt so hohe Konzentration auf, als der Median aller Gemeinden.

Tabelle 2: Anzahl der Probenahmestellen und Mittelwert für die Summe aller nachgewiesenen PFAS für die 10 Gemeinden mit den meisten Probenahmestellen.

Anzahl Probenahmestellen	Mittelwert Σ PFAS [$\mu\text{g/kg}$ TS]	Anzahl Probenahmestellen	Mittelwert Σ PFAS [$\mu\text{g/kg}$ TS]
49	3.4	25	16
47	27.4	23	4.2
43	5.3	21	1.6
39	43.0	20	11.4
29	2.4	20	14.8

Die Anzahl der Standorte je Flächennutzung nach der Aggregation ist in Abbildung 5 zu sehen. Die Mehrheit der Standorte umfasst Ackerbauflächen oder Grasland unter 1000 m, gefolgt von Wald, ausserstädtischen Siedlungsflächen und Grasland über 1000 m. Flächen mit Löschschaumeinsatz wurden als eigene Kategorie definiert, da Löschschaumeinsatz mit hohen PFAS-Einträgen verbunden ist und diese Einträge nichts mit der eigentlichen Flächennutzung zu tun haben. Es handelt sich dabei um Flächen mit einem Verdacht auf PFAS-haltigen Löschschaumeinsatzes. Dies können beispielsweise Feuerwehrrübungsplätze oder Grossbrandstandorte sein, aber auch angrenzende Flächen wurden teilweise beprobt (z.B. potenzielle Abdrift von Löschschaum) und entsprechend als Flächen mit Löschschaumeinsatz ausgewiesen.

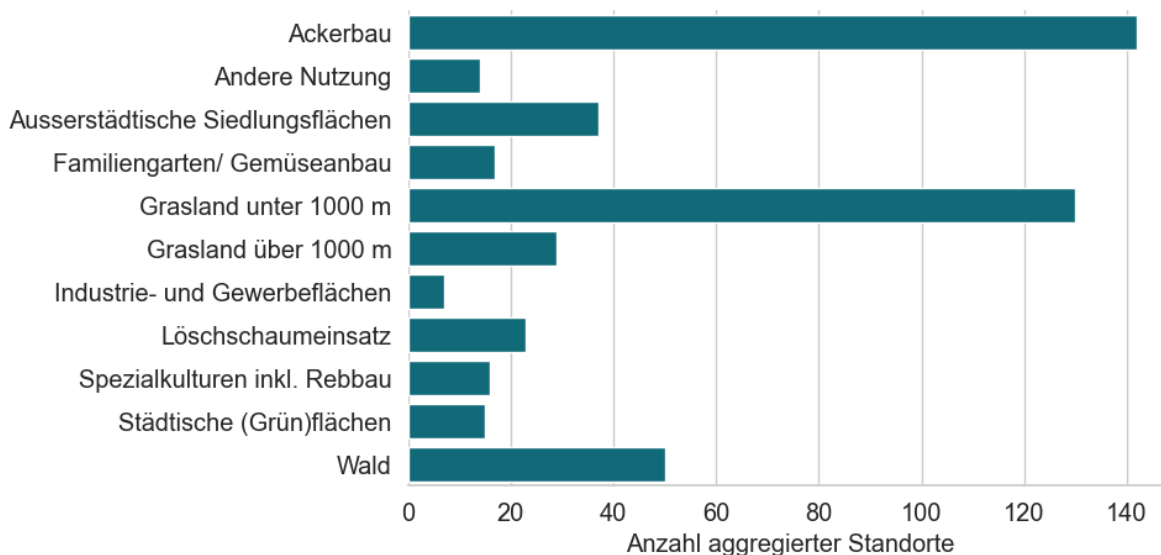


Abbildung 5: Anzahl der verbleibenden Standorte nach der Aggregation.

3.2 Auswertung nach Einzelsubstanzen

Abbildung 6 zeigt die Verteilung der Konzentrationen der PFAS-Einzelsubstanzen PFBA, PFPeA, PFHxA, PFHpA, PFOA, PFNA, PFDA, PFUnDA, PFBS, PFHxS und PFOS sowie der Summe aller nachgewiesenen PFAS im Oberboden. Typischerweise dominiert PFOS die Summe aller nachgewiesenen PFAS, mit einem Median von über 1 µg/kg TS und einigen Messwerten von über 100 µg/kg TS. Andere Substanzen sind in der Regel einen Faktor zehn tiefer, können aber auch Konzentrationen über 1 µg/kg TS oder vereinzelt über 10 µg/kg TS erreichen. Eine tiefergehende deskriptive Statistik nach Flächennutzung ist in Tabelle 3 ersichtlich. Hier ist es wichtig zu erwähnen, dass in der deskriptiven Statistik Messungen unterhalb der Bestimmungsgrenze als null miteingerechnet wurden, während in Abbildung 6 Messpunkte unterhalb der Bestimmungsgrenze nicht berücksichtigt wurden.

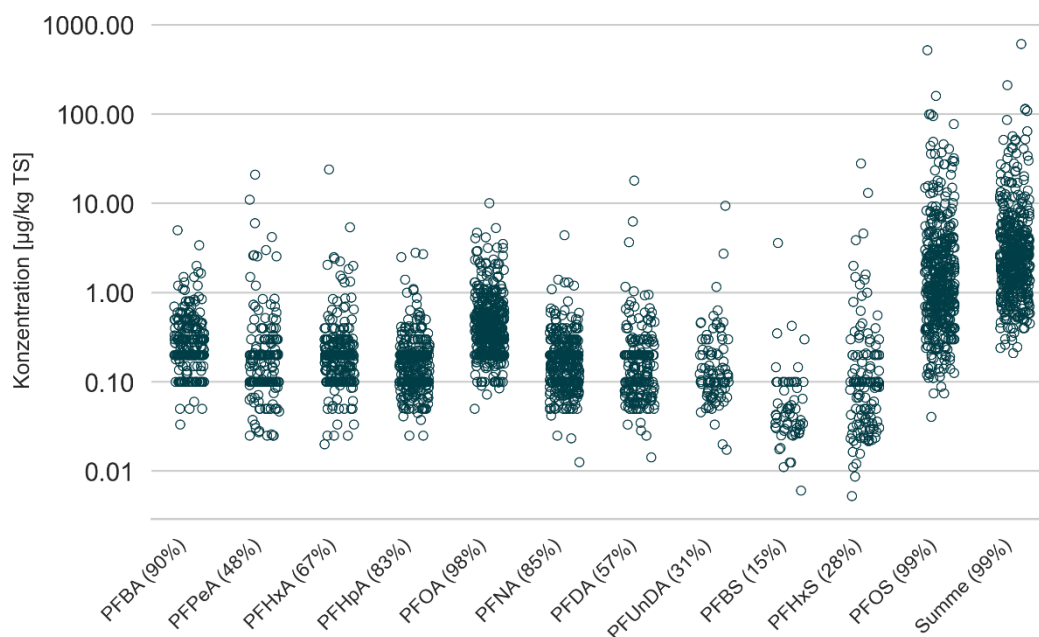


Abbildung 6: PFAS-Einzelsubstanzkonzentrationen und PFAS-Summenwert aller nachgewiesenen PFAS. Verwendet wurden die aggregierten Standorte. Messpunkte unterhalb der Bestimmungsgrenze wurden für die Abbildung nicht berücksichtigt. Die Nachweisfrequenz ist in Klammern angegeben.

Der Median für die Summe aller nachgewiesenen PFAS liegt bei 2.36 µg/kg TS. In Tabelle 3 ist der Prozentsatz jener Standorte gezeigt, welche bestimmte Konzentrationen überschreiten. Bei 104 beziehungsweise 22 % der Standorte wurde eine Konzentration über 5 µg/kg gemessen. 18 % der aggregierten Standorte liegen zwischen 5 und 30 µg/kg und 4 % sind über 30 µg/kg.

Tabelle 3: Überblick über die Anzahl und den Prozentsatz der aggregierten Standorte, die für die Summe aller nachgewiesenen PFAS über einer bestimmten Konzentration liegen. Gesamthaft sind 483 aggregierte Standorte im Datensatz vorhanden.

Σ PFAS [µg/kg TS]	Anzahl aggregierte Standorte	Prozentsatz aggregierte Standorte
über 0.1	477	99%
über 0.5	455	95%
über 1	386	80%
über 2	264	55%
über 3	189	39%
über 4	142	30%
über 5	104	22%
über 10	56	12%
über 15	36	8%
über 20	28	6%
über 25	23	5%
über 30	20	4%
über 40	15	3%
über 50	12	3%

3.3 Auswertung nach Flächennutzung

In Abbildung 7 sind die gemessenen Konzentrationen pro Flächennutzungskategorien für die Summe aller nachgewiesenen PFAS als Boxplot grafisch dargestellt. Die höchsten Konzentrationen wurden bei Standorten mit Löschschaumeinsatz gemessen. Bei Grasland über 1000 m ist der Median am tiefsten. In Anhang B sind die Boxplots für die elf Einzelsubstanzen zusätzlich grafisch dargestellt.

Bei der Auswertung nach Flächennutzung wurden der Median sowie das 75te und 95te Perzentil herangezogen (Tabelle 4). Da nicht für alle Kategorien und Substanzen 20 Datenpunkte zur Verfügung standen, wurde das 95ste Perzentil teilweise interpoliert und ist mit entsprechenden Unsicherheiten verbunden. Das 95te Perzentil für die Summe aller PFAS liegt bei 23.2 µg/kg TS für alle Flächen. In Anhang B sind die Quantile für die Summe noch zusätzlich grafisch dargestellt.

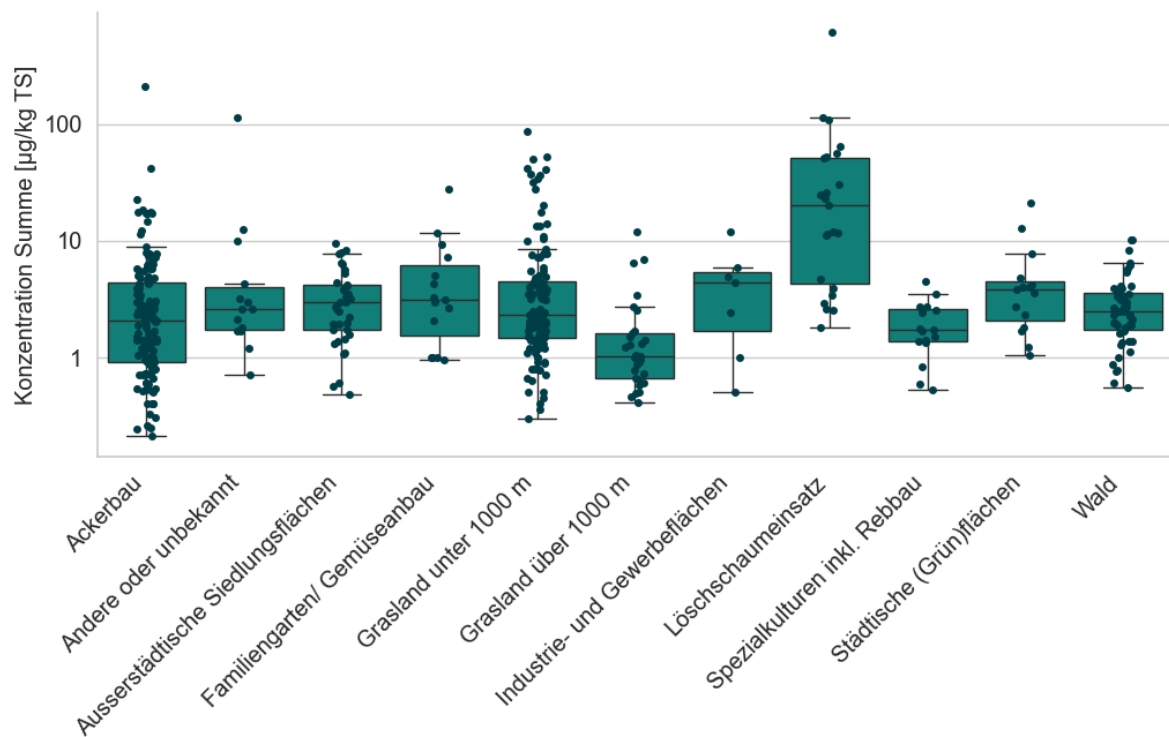


Abbildung 7: Boxplot für die Summenkonzentration aller nachgewiesenen PFAS nach Flächennutzung. Aggregierte Standorte mit Summenkonzentrationen unterhalb der Bestimmungsgrenze wurden für die Abbildung nicht berücksichtigt (n=3).

Tabelle 4: Median, 75tes Perzentil und 95tes Perzentil für die PFAS-Einzelverbindungen und die Summe aller nachgewiesenen PFAS für alle Flächen wie auch die verschiedenen Nutzungsarten in µg/kg TS.

Perzentil	PFBA	PFPeA	PFHxA	PFHpA	PFOA	PFNA	PFDA	PFUnDA	PFBS	PFHxS	PFOS	Summe
Alle Flächen												
0.50	0.20	0.00	0.10	0.12	0.40	0.13	0.06	0.00	0.00	0.00	1.10	2.36
0.75	0.36	0.13	0.20	0.20	0.60	0.20	0.16	0.07	0.00	0.02	2.80	4.50
0.95	0.8	0.49	0.5	0.41	1.8	0.41	0.5	0.3	0.06	0.3	16.11	23.18
Ackerbau												
0.50	0.15	0.00	0.05	0.07	0.30	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	1.25	2.03
0.75	0.20	0.10	0.13	0.10	0.50	0.13	0.10	0.00	0.00	0.00	3.18	4.38
0.95	0.36	0.2	0.21	0.2	1.3	0.3	0.45	0.31	0	0.1	13.32	17.02
Andere Nutzung												
0.50	0.40	0.05	0.16	0.19	0.50	0.30	0.44	0.34	0.00	0.00	1.45	2.60
0.75	0.52	0.28	0.22	0.22	0.79	0.44	1.41	0.64	0.03	0.16	1.93	4.03
0.95	0.74	0.37	0.29	0.32	1.98	0.91	3.22	1.06	0.21	0.53	40.79	48.26
Ausserstädtische Siedlungsflächen												
0.50	0.32	0.10	0.17	0.19	0.48	0.17	0.09	0.00	0.00	0.00	1.30	2.95
0.75	0.45	0.20	0.21	0.20	0.62	0.20	0.15	0.07	0.00	0.04	2.50	4.19
0.95	0.62	0.43	0.42	0.4	0.92	0.34	0.3	0.15	0.04	0.12	4.2	7.98
Familiengarten/ Gemüseanbau												
0.50	0.30	0.21	0.25	0.20	0.50	0.15	0.20	0.00	0.00	0.00	1.15	3.00
0.75	0.59	0.35	0.32	0.29	0.80	0.20	0.27	0.05	0.01	0.02	2.20	5.02
0.95	0.75	0.69	0.49	0.48	1.38	0.43	0.64	0.21	0.12	0.1	11.42	14.95
Grasland unter 1000 m												
0.50	0.20	0.06	0.10	0.15	0.40	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	1.13	2.30
0.75	0.30	0.15	0.20	0.20	0.60	0.20	0.13	0.00	0.00	0.00	2.96	4.50
0.95	0.5	0.25	0.3	0.3	2.16	0.4	0.4	0.27	0.01	0.15	29.74	35.37
Grasland über 1000 m												
0.50	0.20	0.00	0.00	0.13	0.28	0.16	0.07	0.05	0.00	0.00	0.26	1.02
0.75	0.23	0.00	0.10	0.18	0.38	0.19	0.10	0.08	0.00	0.00	0.54	1.62
0.95	0.29	0.16	0.24	0.3	0.74	0.36	0.23	0.14	0.04	0.03	4.68	6.75
Industrie- und Gewerbeflächen												
0.50	0.30	0.10	0.20	0.20	0.50	0.10			0.00	0.10	1.83	4.40
0.75	0.35	0.10	0.20	0.20	0.65	0.20			0.00	0.10	2.90	5.40
0.95	0.71	0.48	1.35	0.44	1.5	0.2			0.3	2.74	3.94	10.07
Löschschaumeinsatz												
0.50	0.75	0.80	0.80	0.42	0.86	0.21	0.20	0.13	0.00	0.45	7.91	19.99
0.75	1.45	2.63	1.49	0.94	1.20	0.52	0.47	0.40	0.00	1.45	32.37	51.85
0.95	3.33	10.75	5.11	2.39	3.48	1.25	1.04	0.51	0.1	12.25	99.5	112.53
Spezialkulturen inkl. Rebbau												
0.50	0.30	0.00	0.13	0.08	0.35	0.09	0.09	0.00	0.00	0.00	0.77	1.71
0.75	0.35	0.00	0.23	0.12	0.51	0.12	0.16	0.00	0.00	0.02	1.33	2.57
0.95	0.39	0.13	0.43	0.21	0.63	0.24	0.28	0.08	0.11	0.1	2.25	3.74
Städtische (Grün)flächen												
0.50	0.40	0.16	0.21	0.22	0.50	0.18	0.08	0.00	0.01	0.01	1.95	3.84
0.75	0.50	0.20	0.24	0.23	0.60	0.25	0.20	0.02	0.03	0.04	3.80	4.46
0.95	0.57	0.43	0.44	0.34	1.03	0.3	0.26	0.1	0.07	0.36	11.27	15.24
Wald												
0.50	0.50	0.00	0.20	0.16	0.50	0.20	0.12	0.09	0.00	0.00	0.81	2.47
0.75	0.60	0.10	0.26	0.20	0.61	0.30	0.19	0.14	0.03	0.03	1.20	3.59
0.95	0.9	0.3	0.46	0.41	1.11	0.42	0.33	0.3	0.09	0.1	2.81	7.45

3.4 Auswertung nach vermuteter Quelle

Abbildung 8 zeigt die Boxplots für die Summe aller nachgewiesenen PFAS nach der vermuteten Quelle. Die Anzahl der aggregierten Standorte pro vermuteter Quelle ist: unbekannt (408); Klärschlamm, Skilift (1); Deponie (5); Feuerlöschschaum (24); Klärschlamm (30); Galvanische und Chemische Industrie (4); Industrie (3); Wintersport (4); KVA (1). Die höchsten Konzentrationen wurden durch den vermutlichen Einsatz von Feuerlöschschaum und die Ausbringung von Klärschlamm erzeugt. Es ist aber auch deutlich zu sehen, dass nicht an allen Stellen, an denen Feuerlöschschaum oder Klärschlamm als Quelle vermutet wurde, hohe Konzentrationen gefunden wurden. Dies kann einerseits daran liegen, dass zum Teil auch Flächen beprobt wurden, welche an eine kontaminierte Fläche angrenzen, um die Ausbreitung der Kontamination einzugrenzen. Andererseits ist es auch möglich, dass nicht PFAS-haltiger Löschschaum verwendet wurde oder dass der ausgebrachte Klärschlamm nicht mit PFAS kontaminiert war.

Die Mediane liegen bei: unbekannt: 2.0 µg/kg TS; Klärschlamm, Skilift: 10.4 µg/kg TS; Deponie: 3.9 µg/kg TS; Feuerlöschschaum: 20 µg/kg TS; Klärschlamm: 14.3 µg/kg TS; Galvanische und Chemische Industrie: 7.2 µg/kg TS; Industrie: 3.00 µg/kg TS; Wintersport: 5.3 µg/kg TS, KVA: 3.6 µg/kg TS.

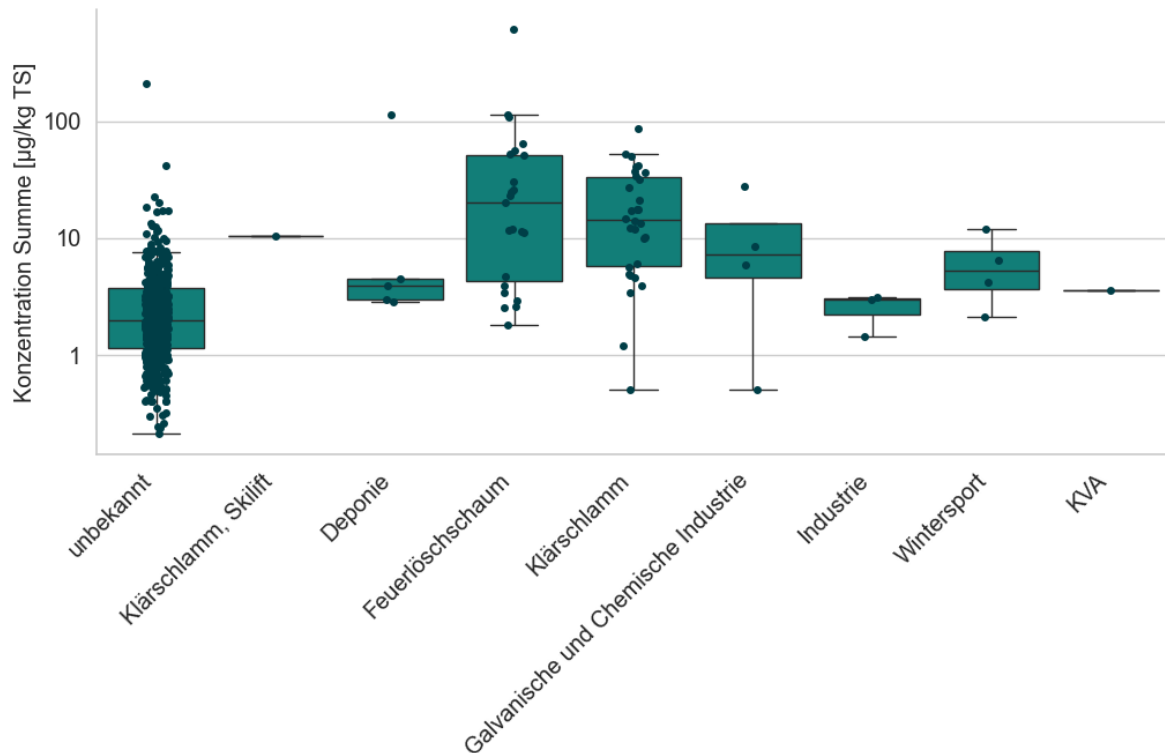


Abbildung 8: Boxplot für die Summe aller nachgewiesenen PFAS nach vermuteter Quelle. Aggregierte Standorte mit Summenkonzentrationen unterhalb der Bestimmungsgrenze wurden für die Abbildung nicht berücksichtigt (n=3).

3.5 Einfluss von Klärschlamm auf landwirtschaftliche Flächen

Abbildung 9 zeigt die Boxplots für die Summe der PFAS für Ackerflächen und Grasland unter 1000 m, bei denen ein früherer Klärschlammeintrag vermutet wurde. Flächen, für welche eine abweichende Quelle als Klärschlamm angegeben waren, wurden ausgeschlossen. Von den 263 Flächen wurden 27 wahrscheinlich mit Klärschlamm gedüngt, bei den anderen 236 Flächen ist die Ausbringung unbekannt. Für die aggregierten Standorte, die mit Klärschlamm gedüngt wurden, liegen der Median, das 75te Perzentil und das 95te Perzentil für die Summe aller nachgewiesenen PFAS bei 10, 25 bzw. 73 $\mu\text{g/kg TS}$. Bei den Flächen, bei welchen unbekannt war, ob Klärschlamm ausgebracht wurde, liegen Median, 75tes Perzentil und 95tes Perzentil bei 1.9, 3.9 und 14 $\mu\text{g/kg TS}$.

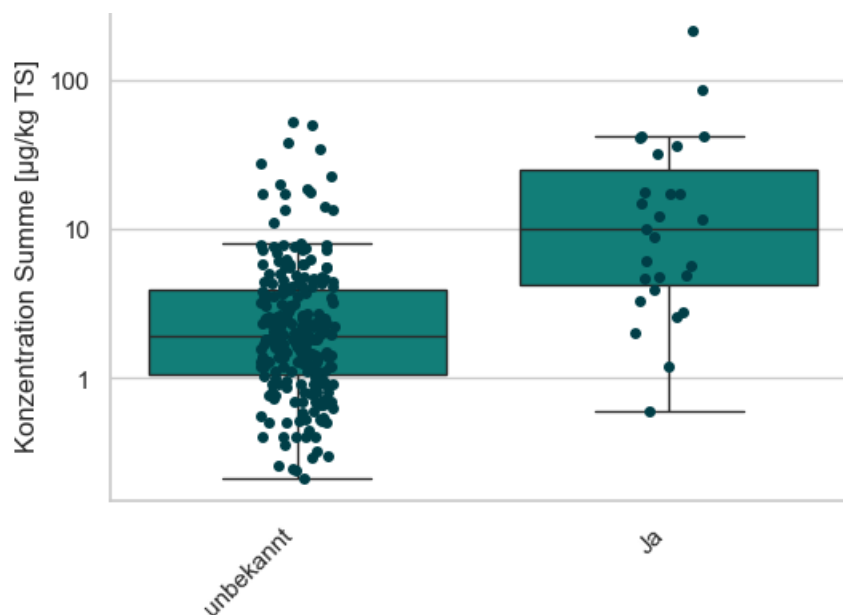


Abbildung 9: Boxplots für die Summe aller nachgewiesenen PFAS nach Eintrag von Klärschlamm auf Ackerflächen und Grasland unter 1000 m. Unbekannt = Klärschlammausbringung unbekannt. Ja = Klärschlamm als vermutete PFAS-Quelle. Aggregierte Standorte mit Summenkonzentrationen unterhalb der Bestimmungsgrenze wurden für die Abbildung nicht berücksichtigt (n=3).

3.6 PFAS-Einzelsubstanzmuster nach Flächennutzung

Abbildung 10 zeigt das PFAS-Einzelsubstanzmuster für Ackerbau und Grasflächen (unter und über 1000 m) mit Klärschlammeintrag. Für das Substanzmuster wurden 11 PFAS-Einzelsubstanzen beachtet. Es wurden nur aggregierte Standorte betrachtet, bei welchen alle 11 PFAS-Einzelsubstanzen auch Teil des Messpakets waren. Auffallend ist, dass der Anteil von PFOS stets über 60 % und bis zu über 90 % beträgt. PFOA wird ebenfalls in allen Proben nachgewiesen mit einem Anteil zwischen 5 und 25 %. Alle anderen Carbonsäuren wurden ausschliesslich im einstelligen Prozentbereich nachgewiesen. Die kurzkettigen Sulfonsäuren wurden nie (PFBS) bzw. nur in drei Proben (PFHxS) nachgewiesen.

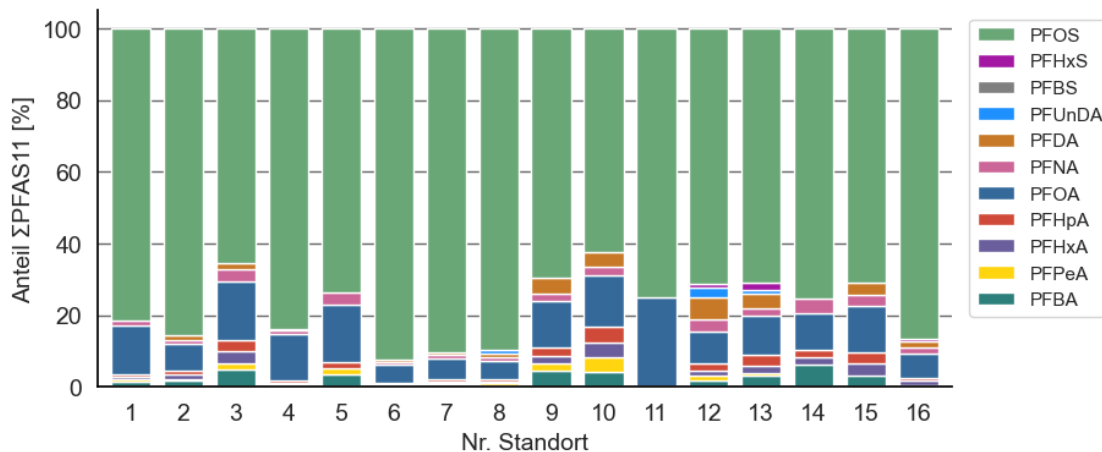


Abbildung 10: PFAS-Einzelsubstanzmuster für 11 PFAS für Ackerbau und Grasflächen (unter und über 1000 m) mit Klärschlamm als vermutete Quelle.

Vergleicht man das Substanzmuster dieser Standorte mit Standorten mit Löschschaumeinsatz, so sind Unterschiede erkennbar. Bei Standorten mit Löschschaumeinsatz ist PFOS weiterhin die dominierende Substanz. Der Mittelwert des Anteiles liegt jedoch mit 65 % niedriger als die 77 %, die bei Flächen mit Klärschlammexposition gefunden wurden. Während beim Klärschlamm nach PFOS PFOA die klar dominierende Substanz ist, sind bei Flächen mit Löschschaumeintrag auch weitere Substanzen relevant. So wird in 9 von 10 Standorten PFHxS nachgewiesen, welches bis zu 25 % der Summe ausmacht. Ebenfalls wurden die kurzkettigen Carbonsäuren in höheren Anteilen nachgewiesen zum Beispiel PFBA mit bis zu 20 % oder PFPeA mit bis zu 10 %.

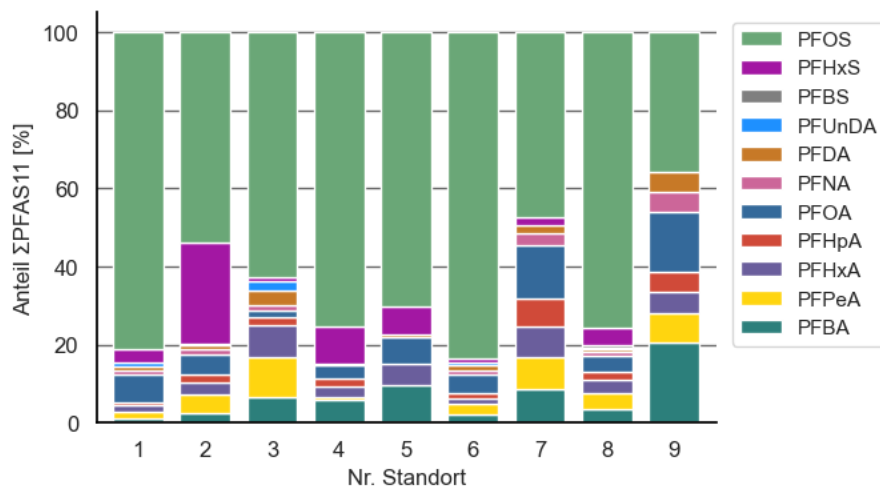


Abbildung 11: PFAS-Einzelsubstanzmuster für 11 PFAS für Flächen mit Löschschaumeintrag als vermutete Quellen

Für das PFAS-Einzelsubstanzmuster für Wald mit unbekannter Quelle (Abbildung 12) ist der Anteil von PFOS zwischen 15 % und 50 % und damit nochmals geringer als bei Flächen mit Klärschlammeintrag oder Löschschaumeinsatz. PFBA und PFOA und haben teilweise Anteile bis zu 20 % und die anderen Carbonsäuren liegen im einstelligen Prozentbereich bis maximal 10 %. Die beiden Sulfonsäuren PFBS und PFHxS wurden nur in einer Probe mit je einem Anteil von 1 % nachgewiesen.

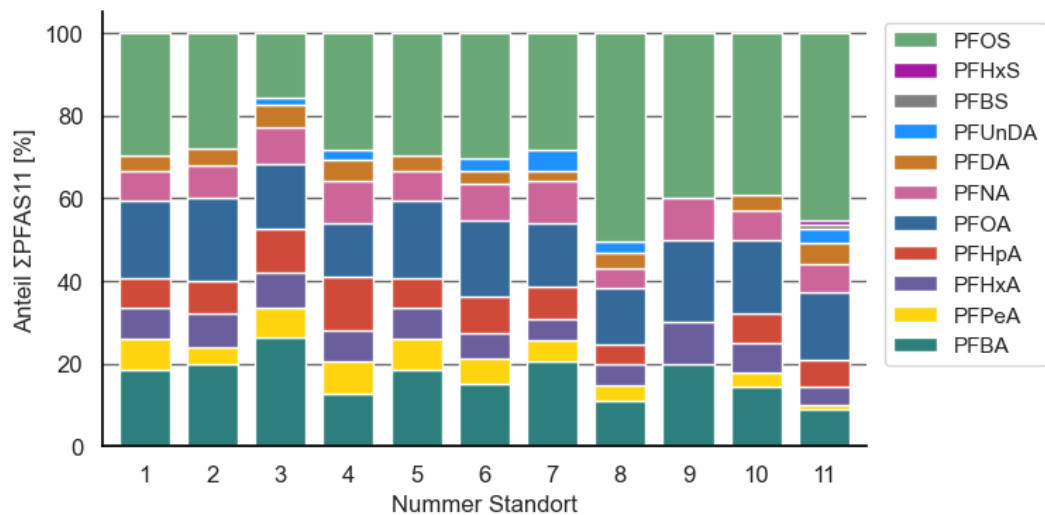


Abbildung 12: PFAS-Einzelsubstanzmuster für 11 PFAS für Wald mit unbekannter Quelle.

Bei Wald ist der Eintrag von Klärschlamm, Löschschaum oder andere PFAS-Punktquellen unwahrscheinlich. Es kann daher davon ausgegangen werden, dass die oben abgebildeten Muster diffusen (unspezifischen) atmosphärischen Einträge entsprechen.

Bei ausserstädtischen Siedlungsflächen ist das Muster diverser (Abbildung 13). Der Anteil von PFOS liegt zwischen 30 % und 80 %. Dabei wurden auch alle anderen zehn Substanzen nachgewiesen mit den höchsten Anteilen von PFOA (5 – 15 %), gefolgt von kürzeren Carbonsäuren.

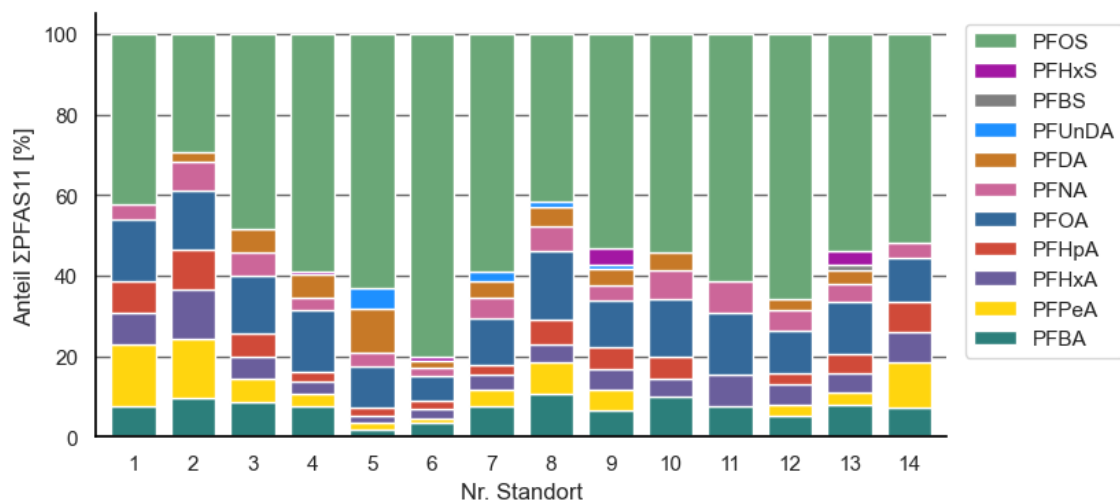


Abbildung 13: PFAS-Einzelsubstanzmuster für 11 PFAS für ausserstädtischen Siedlungsflächen mit unbekannter Quelle.

Für die städtischen Grünflächen gab es lediglich fünf Standorte, bei welchen alle 11 PFAS im Analyseprogramm enthalten waren. Aus Abbildung 14 ist ersichtlich, dass auch bei diesen Proben PFOS mit 50 bis 70 % Anteil an der Summenkonzentration, gefolgt von PFOA (6 – 14 %) und PFBA (4 – 11 %), dominant ist.

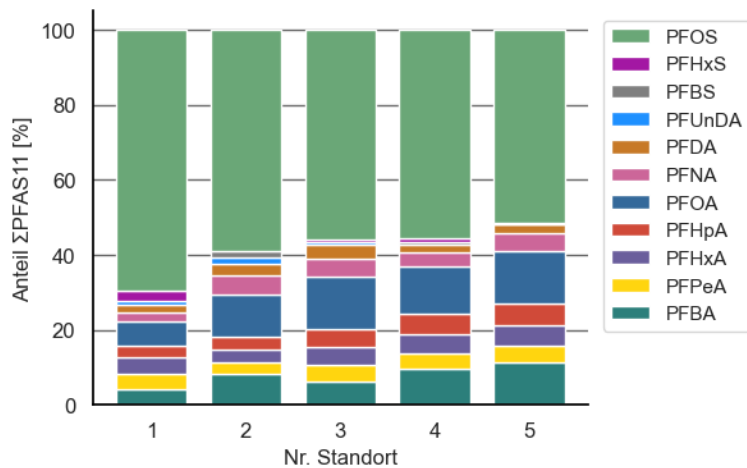


Abbildung 14: PFAS-Einzelsubstanzmuster für 11 PFAS für städtische (Grün)flächen mit unbekannter Quelle.

In Abbildung 15 ist das PFAS-Einzelsubstanzmuster von Ackerbauflächen und Grasland unter 1000 m mit unbekannter Quelle abgebildet. Bei beiden Nutzungsarten dominiert PFOS, wobei der Anteil beim Ackerbau durchschnittlich höher ist als im Grasland. Im Ackerbau liegt der Anteil zwischen 23 – 95 % und beim Grasland zwischen 17 – 80 %. Beim Ackerbau macht PFOS an 90 % der aggregierten Standorte mehr als die Hälfte der PFAS11-Konzentration aus, beim Grasland hingegen nur bei 30 % der Standorte. Beim Ackerbau gibt es verschiedene Muster. Bei einigen Standorten (Nr. 2, 3 und 4) haben kurzkettige Carbonsäuren über 40 % am Gesamtanteil, während bei anderer ein erhöhter Anteil der langkettigen Carbonsäuren PFNA, PFDA und PFUnDA auffällig ist (Nr. 19 bis 25 und Nr. 40). Beim Grasland unter 1000 m ist der hohe Anteil von PFBA auffällig (Median 13 %), dies ist ähnlich wie beim Wald (Median 19 %). Bei Waldstandorten sind jedoch die PFOS-Anteile tendenziell tiefer (Median 30 %).

Bei 40 der 42 Graslandstandorte unter 1000 m wurde PFNA nachgewiesen, mit einem Anteil von 1-12 %. Die kurzkettigen Sulfonsäuren wurden bei beiden Nutzungsarten nie (PFBS) oder vereinzelt gemessen (PFHxS).

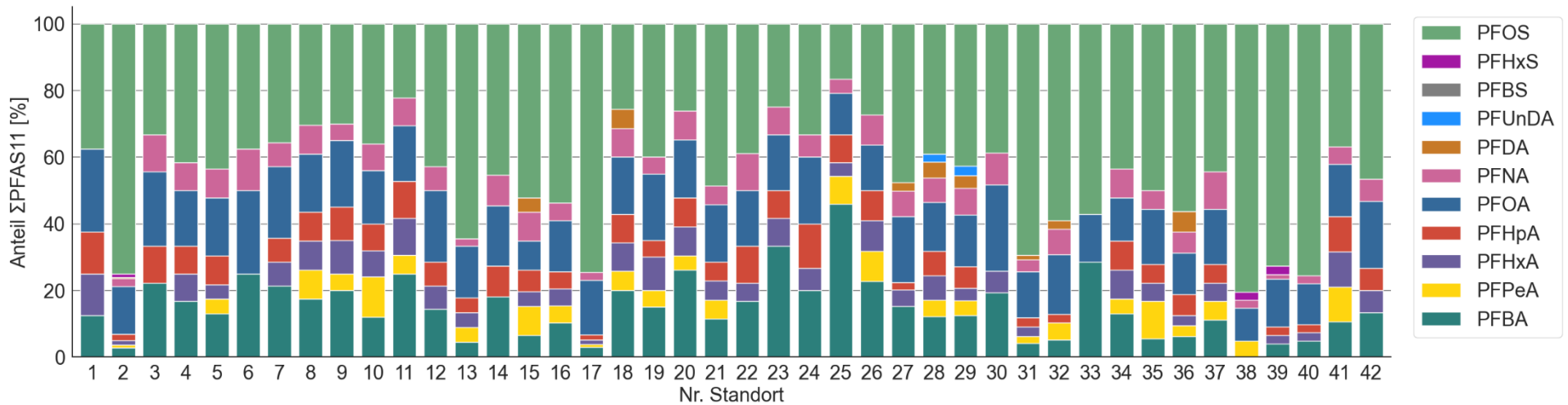
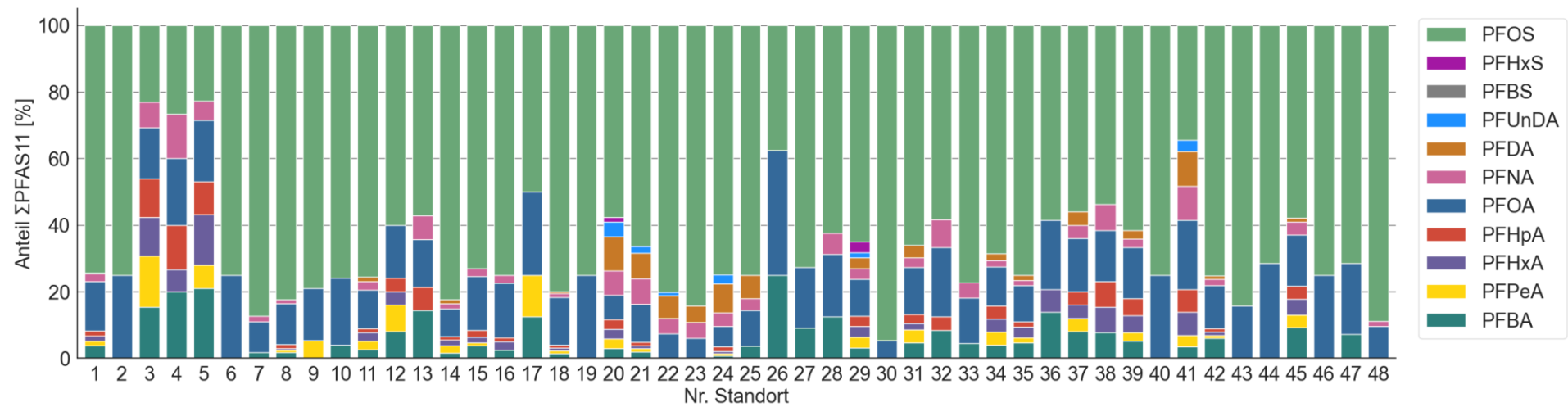


Abbildung 15: PFAS-Einzelsubstanzmuster für 11 PFAS für Ackerbau (oben) und Grasland unter 1000 m (unten) mit unbekannter Quelle.

3.7 Konzentrationen im Unterboden

Für den Vergleich der Konzentrationen im Unterboden mit denen im Oberboden wurden die unaggregierten Daten verwendet. Insgesamt sind für 126 der 1070 Probenahmestellen auch Messwerte für den Unterboden vorhanden. Davon weisen 113 Probenahmestellen sowohl Werte für die Bodentiefen 0 – 20 cm sowie für 20 – 40 cm auf. Die Konzentrationen für die Summe aller nachgewiesenen PFAS für die Bodentiefen 20 – 40 cm sind in Abbildung 16 im Vergleich zum Oberboden (0 – 20 cm) zu sehen. Angeschrieben sind jeweils die vermuteten Quellen. Probenahmestellen mit einem «A» vor der Quelle sind Ackerflächen.

Bei der Mehrheit der Proben sind die Konzentrationen in der oberen Bodenschicht höher als in der tieferen. Zum Teil ist diese Abnahme deutlich. Es gibt aber auch Probenahmestellen, an denen die Konzentration gleichbleibt oder höher ist als im Oberboden. Dies kann bei Probenahmestellen mit Feuerlöschschaum als vermuteter Quelle wie auch bei Probenahmestellen mit vermutlichem Klärschlammeintrag und Standorten der Galvanischen und Chemischen Industrie gesehen werden. Wie in Tabelle 5 aufgelistet, beträgt der Median für die unten abgebildeten Standorte 5.9 µg/kg TS für die Bodentiefe 0 – 20 cm und 3.3 µg/kg TS für die tieferen Bodenschichten. Auch die anderen Quantile sowie der Mittelwert sind für die tieferen Bodenschichten tiefer.

Tabelle 5: Deskriptive Statistik für die 113 Probenahmestellen mit Messwerten in Bodentiefen 0 – 20 cm und 20 – 40 cm. Angegebene Werte sind für die Summe aller nachgewiesenen PFAS in [µg/kg TS].

	0 – 20 cm	20 – 40 cm
Mittelwert	17.94	13.95
Median	5.90	3.30
75tes Perzentil	15.30	10.60
95tes Perzentil	86.22	61.41

An einigen Probenahmestellen wurde die PFAS-Konzentration auch in tiefere Bodenschichten untersucht (Abbildung 17). Bei vielen Standorten sinkt die Konzentration mit der Bodentiefe. Bei vereinzelt Standorten sind bei Tiefen von mehr als 80 cm noch PFAS nachweisbar, zum Teil sogar über 10 µg/kg TS. Bei all diesen Flächen handelt es sich um Grasland oder Ackerbauflächen, bei welchen Klärschlamm als Quelle angegeben ist.

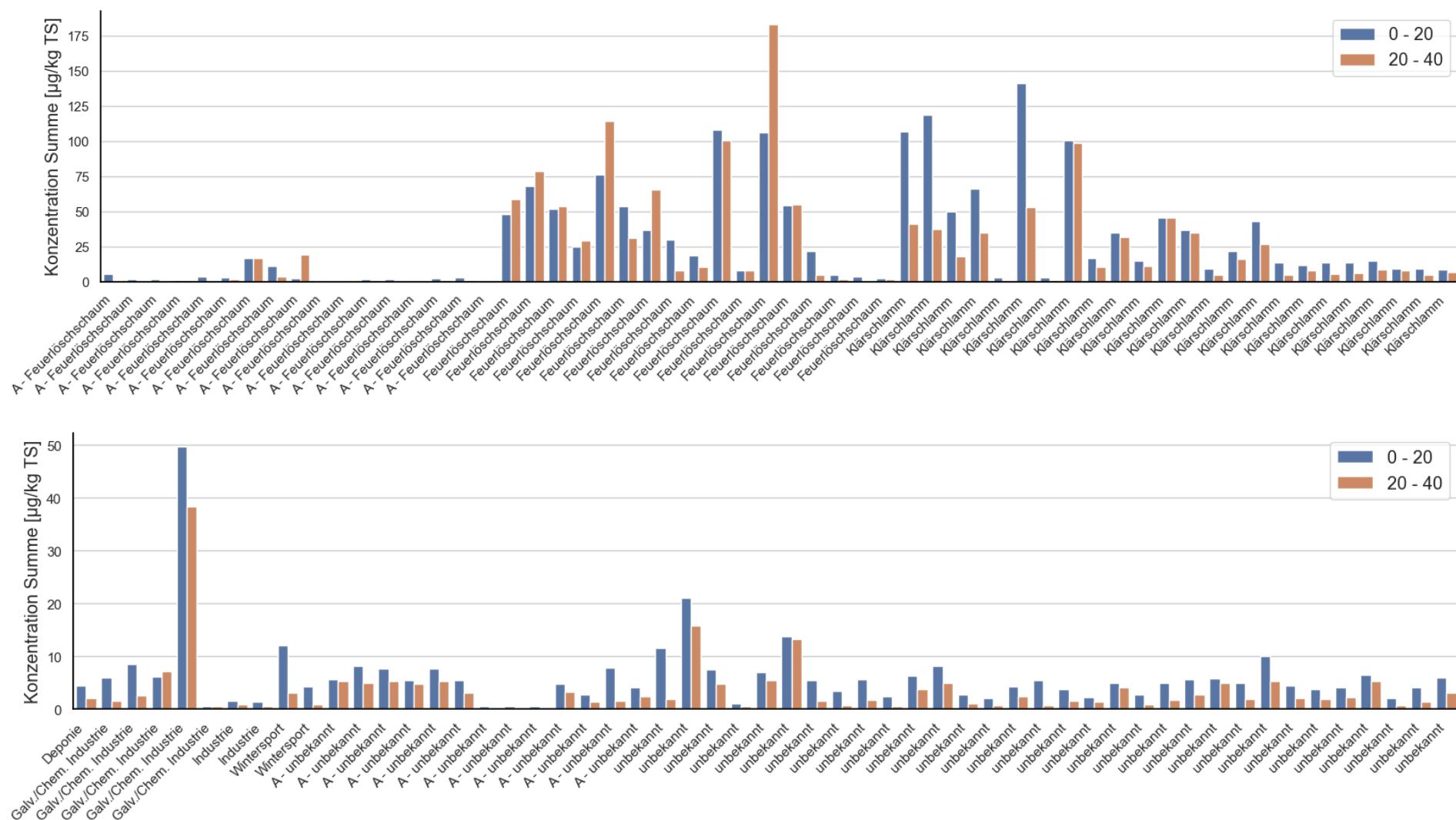


Abbildung 16: Bodenkonzentrationen für die Summe aller nachgewiesenen PFAS der Probenahmestellen, an denen im Oberboden (0 – 20 cm) wie auch in 20 – 40 cm Bodentiefe gemessen wurde. Angeschrieben sind jeweils die vermuteten Quellen. Probenahmestellen mit einem «A» vor der Quelle sind Ackerflächen.

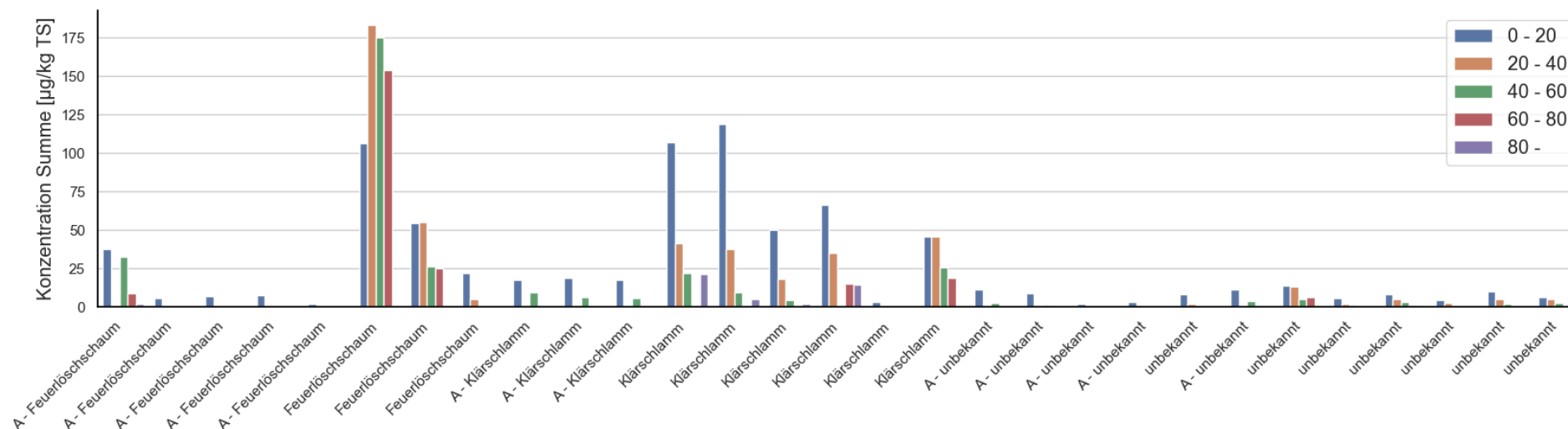


Abbildung 17: Bodenkonzentration für die Summe aller nachgewiesenen PFAS, wenn neben der Konzentration im Oberboden auch Konzentrationen in tieferen Bodenschichten vorhanden waren. Die Bodenschichten wurden in die Kategorien 0 – 20 cm, 20 – 40 cm, 40 – 60 cm, 60 – 80 cm und tiefer 80 cm eingeteilt. Die eigentlichen Bodentiefen können jedoch von diesen Werten abweichen. Angeschrieben sind jeweils die vermuteten Quellen. Standorte mit einem «A» vor der Quelle sind Ackerflächen.

4 Diskussion

Der in diesem Bericht verwendete Datensatz vereint die Messungen von über 1000 Probenahmestellen, welche aus Messungen von 15 Kantonen sowie aus einer schweizweiten Studie stammen (Thalmann et al., 2022). Der vorliegende Bericht ist somit die bisher umfassendste Analyse von PFAS-Konzentrationen in Schweizer Böden. Die Mehrheit der Daten wurde in den letzten fünf Jahren erhoben, sodass davon ausgegangen werden kann, dass der Bericht aktuelle Konzentrationen widerspiegelt. Weiter zeigt es, dass PFAS in den letzten Jahren zunehmend in den Fokus der kantonalen Behörden gerückt ist. Es ist davon auszugehen, dass die Anzahl der Probenahmen bzw. Messungen in den kommenden Jahren zunehmen wird.

Eine Analyse der gemessenen PFAS-Einzelsubstanzen zeigt, dass bei Messkampagnen ein besonderer Fokus auf perfluorierte Carbon- und Sulfonsäuren gelegt wurde. Dies ist erwartbar, da die Messungen dieser Substanzen als Grundpaket empfohlen wird.^{2,3,4} Andere Substanzen werden bei konkretem Verdacht auf weitere relevante PFAS, z. B. bei durch Feuerlöschschaum belasteten Böden empfohlen. In der Regel sind die Verbindungen dieses Grundpaketes auch jene, welche am häufigsten detektiert wurden. Weitere Verbindungen, deren Analyse bisher weniger ausdrücklich empfohlen wird, wurden jedoch auch regelmässig nachgewiesen, insbesondere PFDA und PFUnDA mit 51 und 29 % Nachweishäufigkeit. Weiter wurden Et-FOSAA, (P)FOSA, PFDoDA, PFTrDA, PFNS und PFHpS oft mit Nachweishäufigkeiten von 5 bis 15 % detektiert. Daher könnte es lohnend sein, die derzeit empfohlenen Grund-Analysepakete um die oben genannten Substanzen zu erweitern. Aufgrund der jüngsten Ergebnisse von Messungen aus Schweizer Kläranlagen könnte es zudem sinnvoll sein, künftig zusätzlich CDPOS (auch bekannt als 6:2 FTAB) und 5:3 FTCA im Boden zu analysieren, da diese Verbindungen zusammen mit PFOS die Klärschlammprofile dominierten.

Es war erwartbar, dass sich die Kennzahlen zu PFAS-Konzentrationen in dieser Studie im Vergleich zu Thalmann et al. (2022) erhöhen. Die Studie von Thalmann et al. hatte als Ziel, eine Übersicht über die Grundbelastung der Schweizer Böden zu liefern und hat deshalb möglichst unterschiedliche Standorte und nicht spezifisch belastete Böden beprobt. Dabei wurden keine Messungen von Standorten mit bekannten (Punkt)quellen miteinbezogen (mit Ausnahme von mit Klärschlamm gedüngten Flächen). Bei einigen kantonalen Messkampagnen wurde hingegen auf Grund eines PFAS-Verdachts gemessen. Insgesamt wurde nur bei 15 % der Standorte in der Studie eine vermutete Quelle angegeben. Der Median von Thalmann et al. (2022) lag bei 1.4 µg/kg TS, in der aktuellen Studie lag der Median bei 2.4 µg/kg TS. Das 95te Perzentil lag in Thalmann et al. (2022) bei 5.0 µg/kg TS, in der aktuellen Studie bei 23.2 µg/kg TS. Es ist davon auszugehen, dass die durchschnittliche PFAS-Belastung von Schweizer Böden zwischen diesen beiden Studien liegt.

Um die Umsetzbarkeit von PFAS-Grenzwerten zu prüfen, wurden bisher auf die Studiendaten von Thalmann et al. (2022) zurückgegriffen, wie das beispielsweise bei der Herleitung der vorgeschlagenen VVEA-Grenzwerte für Ablagerung abgetragener Böden der Fall ist (Hahn, 2024). Um die Auswirkungen der zukünftigen PFAS-Grenzwerte zu prüfen, erscheint es daher sinnvoll,

² Notiz zur Herleitung eines toxizitätsgewichteten PFAS-Summenwertes als Konzentrationswert nach Anhang 1 AltIV, Stand 22.04.2024

³ Notiz zur Herleitung eines PFAS-Summenwertes als Grenzwert nach VVEA für die Ablagerung von Abfällen, Stand 20.8.2024

⁴ Basilius Thalmann und Elvira Rudin. Wissenschaftliche Empfehlungen für die Untersuchung von PFAS in Böden sowie darauf produzierten Lebensmitteln, 18.07.2024

die Umsetzbarkeit erneut anhand der in dieser Studie gewonnenen Datengrundlage zu überprüfen.

Von allen nachgewiesenen Substanzen wird PFOS in der Regel in den höchsten Konzentrationen gemessen. So ist der Median von PFOS bei allen Nutzungsarten höher als für die anderen Substanzen. PFOS und dessen Vorläufersubstanzen sind seit 2011 in der Schweiz verboten (ChemRRV; SR 814.81). Es kann deshalb davon ausgegangen werden, dass PFOS-Emissionen in die Umwelt weitgehend gestoppt sind. Dasselbe gilt für andere langkettige perfluorierte Sulfon- und Carbonsäuren. Dennoch kann es punktuell zum Anstieg der Konzentrationen dieser PFAS kommen, zum Beispiel wenn der Boden mit Vorläufersubstanzen kontaminiert ist. Andere Verbindungen können weiterhin in die Umwelt gelangen und PFAS-Konzentrationen im Boden könnten in Zukunft steigen.

Der Datensatz beinhaltet Standorte mit verschiedenen Nutzungsarten. Über 50 der analysierten Standorte liegen in Siedlungsgebieten. Damit erweitert dieser Bericht, zusammen mit dem vor kurzem erschienenen Bericht der Baudirektion des Kantons Zürich (2025), das Wissen über PFAS-Konzentrationen in urbanen Gebieten. Zu der Nutzung mit den höchsten Konzentrationen gehören Standorte mit Löschschaumeinsatz als vermutete Quelle. Bei diesen Standorten handelt es sich in der Regel um Feuerwehrrübungsplätze oder Brandstandorte. Die hohen Konzentrationen waren erwartbar, da Löschschäume oftmals PFAS enthalten haben und teilweise eventuell auch noch enthalten (BAFU, 2024). Insgesamt wurden im Datensatz 24 Standorte mit Löschschaumeinsatz als vermutete Quelle eingetragen. An einigen Standorten wurde auch um den eigentlichen Löschschaumeinsatzort herum beprobt. Auch für solche Standorte ist Löschschaum als vermutete Quelle angegeben. Je nach Distanz von der direkten Quelle haben diese Flächen aber tiefere Konzentrationen als die Flächen, auf denen direkt Löschschaum gesprüht wurde. Diese Spannweite an Konzentrationen ist aus Abbildung 7 ersichtlich.

Für 30 weitere Standorte wird Klärschlamm als vermutete Quelle angegeben. Diese Flächen haben einen höheren Median als Flächen mit unbekannter Quelle. Allerdings ist die ehemalige Ausbringung von Klärschlamm nicht zwingend mit erhöhten PFAS-Konzentrationen verbunden. Zum einen wurde wahrscheinlich vor allem bei Flächen mit hohen Konzentrationen nach spezifischen Quellen gesucht. Andererseits gibt es auch Flächen mit Klärschlammausbringung, die tiefe Konzentrationen aufweisen, sowie landwirtschaftliche Flächen mit unbekannter Ausbringung, die hohe Konzentrationen aufweisen. Generell wurde vor der Jahrtausendwende auf vielen Feldern Klärschlamm ausgebracht, seit 2006 ist die Ausbringung jedoch verboten⁵. Weiter kann das PFAS-Muster je nach Einzugsgebiet der Kläranlage sehr unterschiedlich sein, wie eine Untersuchung im Kanton St. Gallen zeigt (Wüthrich et al., 2022). Die Frage nach dem Einfluss von Klärschlamm auf PFAS-Belastung ist sehr komplex und bedarf weiterer Untersuchungen.

Ausser für die Quellen Löschschaumeinsatz und Klärschlamm ist die Datenlage zu PFAS-Quellen sehr beschränkt. Für 408 der 480 aggregierten Standorte war die Quelle unbekannt. Für andere Quellen (z.B. KVA, Deponien oder Wintersport) sind nur fünf oder weniger Standorte angegeben. Teilweise gibt es auch Standorte mit hoher Belastung, bei welchen keine Quelle zugeordnet wurde. Um die zukünftige Identifikation von PFAS-belasteten Flächen zu vereinfachen, wäre es sinnvoll, potenzielle PFAS-Quellen von belasteten Standorten zu ermitteln. Da die Quellen von PFAS sehr unterschiedlich sein können, ist diese Nachverfolgung anspruchsvoll.

Die Identifikation von Einzelsubstanzmustern kann dabei helfen, PFAS-Quellen besser zu verstehen. So hat es sich gezeigt, dass es typische Muster für Klärschlammausbringung,

⁵ news.admin.ch/de/nsb?id=8416

Löschschaum und Standorte ohne direkte Quelle (Waldstandorte) zu geben scheint. Die Dominanz von PFOS und PFOA als zweitwichtigster Substanz wurde häufig bei Flächen mit Klärschlammeintrag beobachtet. Löschschaumeintrag zeichnet sich dagegen durch die Präsenz von weiteren Sulfonsäuren wie PFBS oder PFHxS aus. Bei Waldstandorten, bei denen die atmosphärische Deposition wahrscheinlich den wichtigsten Anteil hat, ist der Anteil von PFOS kleiner und es wurden oft verschiedene Carbonsäuren zu ähnlichen Anteilen gemessen.

Für die gemessenen Proben aus Bodenschichten von 20 – 40 cm beträgt der Median 3.3 µg/kg TS. Wurden die Tiefenprofile beachtet, ist eine Abnahme der Konzentrationen, mit vereinzelten Ausnahmen, ersichtlich. Bei den Ausnahmen ist es möglich, dass es an diesen Standorten zu Terrainveränderungen, Verlagerungen oder zu einer Durchmischung von Bodenschichten kam.

5 Referenzen

BAFU. (2024, November 12). *PFAS – was ist das?*

<https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/thema-chemikalien/chemikalien--dossiers/pfas-per-und-polyfluorierte-alkylverbindungen.html>

Hahn, B. (2024). *Lösungsansätze für den Umgang mit PFAS-belasteten Standorten—*

Ergebnisbericht der Altlasten- und Abfall-Arbeitsgruppen BAFU-Kantone 2022/2023.

Kanton Zürich Baudirektion. (2025). *PFAS-Gehalte in Böden im Siedlungsgebiet und um*

Punktquellen im Kanton Zürich.

Thalmann, B., Hofer, C., Wächter, D., & Kulli, B. (2022). Per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen

(PFAS) in Schweizer Böden. *Altlasten Spektrum*, 6, 176–179.

Wüthrich, J., Achermann, S., Leib, V., & Junghans, M. (2022). PFAS-Belastung im Kanton St.

Gallen. *Aqua&Gas*, 12. [https://www.sg.ch/umwelt-natur/wasser/eingetaucht--](https://www.sg.ch/umwelt-natur/wasser/eingetaucht--wasserwissen/pfas-eine-problematische-stoffgruppe/_jcr_content/Par/sgch_downloadlist_1775031436/DownloadListPar/sgch_download.ocFile/PFAS%20Belastung%20im%20Kanton%20St%20Gallen%20AQUA%20GAS%20Ndeg12%202022.pdf)

[wasserwissen/pfas-eine-problematische-](https://www.sg.ch/umwelt-natur/wasser/eingetaucht--wasserwissen/pfas-eine-problematische-stoffgruppe/_jcr_content/Par/sgch_downloadlist_1775031436/DownloadListPar/sgch_download.ocFile/PFAS%20Belastung%20im%20Kanton%20St%20Gallen%20AQUA%20GAS%20Ndeg12%202022.pdf)

[stoffgruppe/_jcr_content/Par/sgch_downloadlist_1775031436/DownloadListPar/sgch_d](https://www.sg.ch/umwelt-natur/wasser/eingetaucht--wasserwissen/pfas-eine-problematische-stoffgruppe/_jcr_content/Par/sgch_downloadlist_1775031436/DownloadListPar/sgch_download.ocFile/PFAS%20Belastung%20im%20Kanton%20St%20Gallen%20AQUA%20GAS%20Ndeg12%202022.pdf)

[ownload.ocFile/PFAS%20Belastung%20im%20Kanton%20St%20Gallen%20AQUA%20G](https://www.sg.ch/umwelt-natur/wasser/eingetaucht--wasserwissen/pfas-eine-problematische-stoffgruppe/_jcr_content/Par/sgch_downloadlist_1775031436/DownloadListPar/sgch_download.ocFile/PFAS%20Belastung%20im%20Kanton%20St%20Gallen%20AQUA%20GAS%20Ndeg12%202022.pdf)

[AS%20Ndeg12%202022.pdf](https://www.sg.ch/umwelt-natur/wasser/eingetaucht--wasserwissen/pfas-eine-problematische-stoffgruppe/_jcr_content/Par/sgch_downloadlist_1775031436/DownloadListPar/sgch_download.ocFile/PFAS%20Belastung%20im%20Kanton%20St%20Gallen%20AQUA%20GAS%20Ndeg12%202022.pdf)

6 Anhang A

6.1 Datenanfrage

Im März 2025 wurde alle 26 kantonalen Bodenfachstellen der Schweiz per E-Mail angeschrieben und gebeten, ihre bisher gemessenen Daten zu PFAS-Konzentrationen im Boden für das Projekt zur Verfügung zu stellen. Neben den Konzentrationen der Einzelsubstanzen, wurden auch andere Parameter wie die Gemeinde, die Nutzung, die vermutete Quelle, bekannte Einträge von Klärschlamm, die Grösse der kontaminierten Fläche, das Messlabor, die Probenahmetiefe, der pH-Wert und der TOC-Gehalt abgefragt. Für die Nutzung und vermuteten Quellen konnten Kategorien ausgewählt werden, alle anderen Felder waren Freitext.

Insgesamt wurden Konzentrationen für 46 PFAS-Einzelsubstanzen abgefragt. Die Substanznamen, die Chemical Abstract Service Registrierungsnummer® (CAS RN®), die hier im Bericht verwendete Abkürzungen und die Bestimmungsgrenzen, sind in Tabelle A1 zu sehen.

6.2 Datenauswertung

Die Datenanalyse wurde mittels Excel und Python durchgeführt. Es wurden die Daten aller Messlabore in die Auswertung mit einbezogen. Messwerte unter der Bestimmungsgrenze (no detects – ND) wurden durch den Wert 0 ersetzt. Ein statistischer Ansatz, wie zum Beispiel «Regression on Order Statistics» wurde nicht gewählt, da es die Empfehlungen für die Analyse der Arbeitsgruppen von Altlasten und Abfällen BAFU-Kantone (Hahn, 2024) wie auch die gängige Praxis der kantonalen Bodenschutzfachstellen ist, jeweils 0 für die NDs zu verwenden. Für die grafische Darstellung mittels Boxplot wurden NDs jedoch vom Datenset ausgeschlossen, da die Verteilung so besser dargestellt werden konnte.

Die Auswertung der Proben erfolgte getrennt nach Bodentiefe. Die Schicht in 0 – 20 cm auch als «Oberboden» bezeichnet, tiefere Schichten als «Unterboden», unabhängig von einer bodenkundlichen Ansprache. Beim Unterboden wurde unterschieden zwischen 20 – 40 cm, 40 – 60 cm, 60 – 80 cm und > 80 cm Bodentiefe. Diese Einteilung entsprach Grossteils den tatsächlichen Probenahmetiefen. Die Abweichung von den Tiefen durfte beim Oberboden maximal 10 cm, beim Unterboden maximal 5 cm betragen. Eine Probe aus 0 – 30 cm Tiefe wurde demnach mit zum Oberboden gezählt, eine Probe aus 0 – 40 cm wurde von der Analyse ausgeschlossen. Proben ohne Angabe der Tiefe wurden aus pragmatischen Gründen zum Oberboden gezählt.

Bei der Auswertung der Daten wurde meist der Median, das 75tes Perzentil und das 95tes Perzentil verwendet. Im Vergleich zum Mittelwert reagiert der Median weniger empfindlicher auf Ausreisser oder Messfehler. Für die Mittelung der Konzentrationen an den aggregierten Standorten wurde der Mittelwert verwendet. Hier wurde davon ausgegangen, dass es sich um denselben funktionalen Standort handelt und eine annähernd normale Datenverteilung vorliegt.

Tabelle A1: Substanznamen, CAS RN®, Abkürzung und Bestimmungsgrenze für die 46 PFAS-Einzelsubstanzen, für welche im Projekt Daten abgefragt wurden.

Substanzname	CAS RN®	Abkürzung	Bestimmungsgrenze [µg/kg]
4:2 Fluortelomersulfonsäure	757124-72-4	4:2 FTS	0.1
6:2 Fluortelomersulfonsäure	27619-97-2	6:2 FTS	0.1
8:2 Fluortelomersulfonsäure	39108-34-4	8:2 FTS	0.1
10:2 Fluortelomersulfonsäure	120226-60-0	10:2 FTS	0.1
Perfluorbutansäure	375-22-4	PFBA	0.1
Perfluorpentansäure	2706-90-3	PFPeA	0.1
Perfluorhexansäure	307-24-4	PFHxA	0.1
Perfluorheptansäure	375-85-9	PFHpA	0.1
Perfluoroctansäure	335-67-1	PFOA	0.1
Perfluornonansäure	375-95-1	PFNA	0.1
Perfluordecansäure	335-76-2	PFDA	0.1
Perfluorundecansäure	2058-94-8	PFUnDA	0.1
Perfluordodecansäure	307-55-1	PFDoDA	0.1
Perfluortridecansäure	72629-94-8	PFTTrDA	0.1
Perfluortetradecansäure	376-06-7	PFTeDA	0.1
Perfluorbutansulfonsäure	375-73-5	PFBS	0.1
Perfluorpentansulfonsäure	2706-91-4	PFPeS	0.1
Perfluorhexansulfonsäure	355-46-4	PFHxS	0.1
Perfluorheptansulfonsäure	375-92-8	PFHpS	0.1
Perfluoroctansulfonsäure	1763-23-1	PFOS	0.1
Perfluornonansulfonsäure	474511-07-4	PFNS	0.1
Perfluordecansulfonsäure	335-77-3	PFDS	0.1
Perfluorundecansulfonsäure	749786-16-1	PFUnDS	0.1
Perfluordodecansulfonsäure	79780-39-5	PFDoDS	0.1
Perfluortridecansulfonsäure	791563-89-8	PFTTrDS	0.1
N-Methylperfluoroctansulfonamido-essigsäure	2355-31-9	MeFOSAA	0.1
N-Ethylperfluoroctansulfonamido-essigsäure	2991-50-6	EtFOSAA	0.1
Perfluoroctansulfonamid	754-91-6	(P)FOSA	0.1
Propansäure, 2,3,3,3-Tetrafluor-2-(1,1,2,2,3,3,3-heptafluorpropoxy)-(ACI)	13252-13-6	GenX	0.1 oder 1
Propansäure, 2,2,3-Trifluor-3-[1,1,2,2,3,3,3-hexafluor-3-(trifluormethoxy)propoxy]-, Ammoniumsalz (1:1)	958445-44-8	(A)DONA	0.1 oder 1
5:3 Fluortelomer-Carbonsäure	914637-49-3	5:3 FTCA	0.1
6:2 Fluortelomer-ungesättigte Carbonsäure	161094-75-3	6:2 FTUCA	0.1
8:2 Fluortelomer-ungesättigte Carbonsäure	70887-84-2	8:2-FTUCA	0.1 oder 1
7:3 Fluortelomer-Carbonsäure	812-70-4	7:3 FTCA	0.1
N-Ethylperfluoroctansulfonamid	4151-50-2	EtFOSA	0.1

Substanzname	CAS RN®	Abkürzung	Bestimmungsgrenze [µg/kg]
N-Methylperfluorooctansulfonamid	31506-32-8	MeFOSA	0.1
Ethansulfonsäure, 2-[(6-Chlor-1,1,2,2,3,3,4, 4,5,5,6,6-dodecafluorhexyl)oxy]-1,1,2,2-tetrafluor- (9Cl, ACI)	756426-58-1	9Cl-PF3ONS	0.1
Ethansulfonsäure, 2-[(8-Chlor-1,1,2,2,3,3,4,4, 5,5,6,6,7,7,8,8-hexadecafluorooctyl)oxy]-1,1,2,2-tetrafluor- (9Cl, ACI)	763051-92-9	11Cl-PF3OUdS	0.1
Essigsäure, 2,2-Difluor-2-[1,1,2,2-tetrafluor-2-(trifluormethoxy)ethoxy]-(ACI)	151772-58-6	NFDHA	0.1
Ethansulfonsäure, 1,1,2,2-Tetrafluor-2-(1,1,2, 2,2-pentafluorethoxy)- (ACI)	113507-82-7	PFEESA	0.1
Propansäure, 2,2,3,3-Tetrafluor-3-(trifluor methoxy)- (9Cl, ACI)	377-73-1	PFMPA	0.1
Butansäure, 2,2,3,3,4,4-Hexafluor-4-(trifluor methoxy)- (9Cl, ACI)	863090-89-5	PFMBA	0.1
Lithiumbis(trifluormethansulfonyl)imid	90076-65-6	HQ-115	0.1
1-Octansulfonamid, N-[3-(Dimethyloxidoami no)propyl]-3,3,4,4,5,5,6,6,7,7,8,8,8-trideca fluor- (9Cl, ACI)	80475-32-7	DPOSA (Capstone A)	1
6:2-Fluortelomersulfonamidalkylbetain	34455-29-3	CDPOS (Capstone B)	1

7 Anhang B

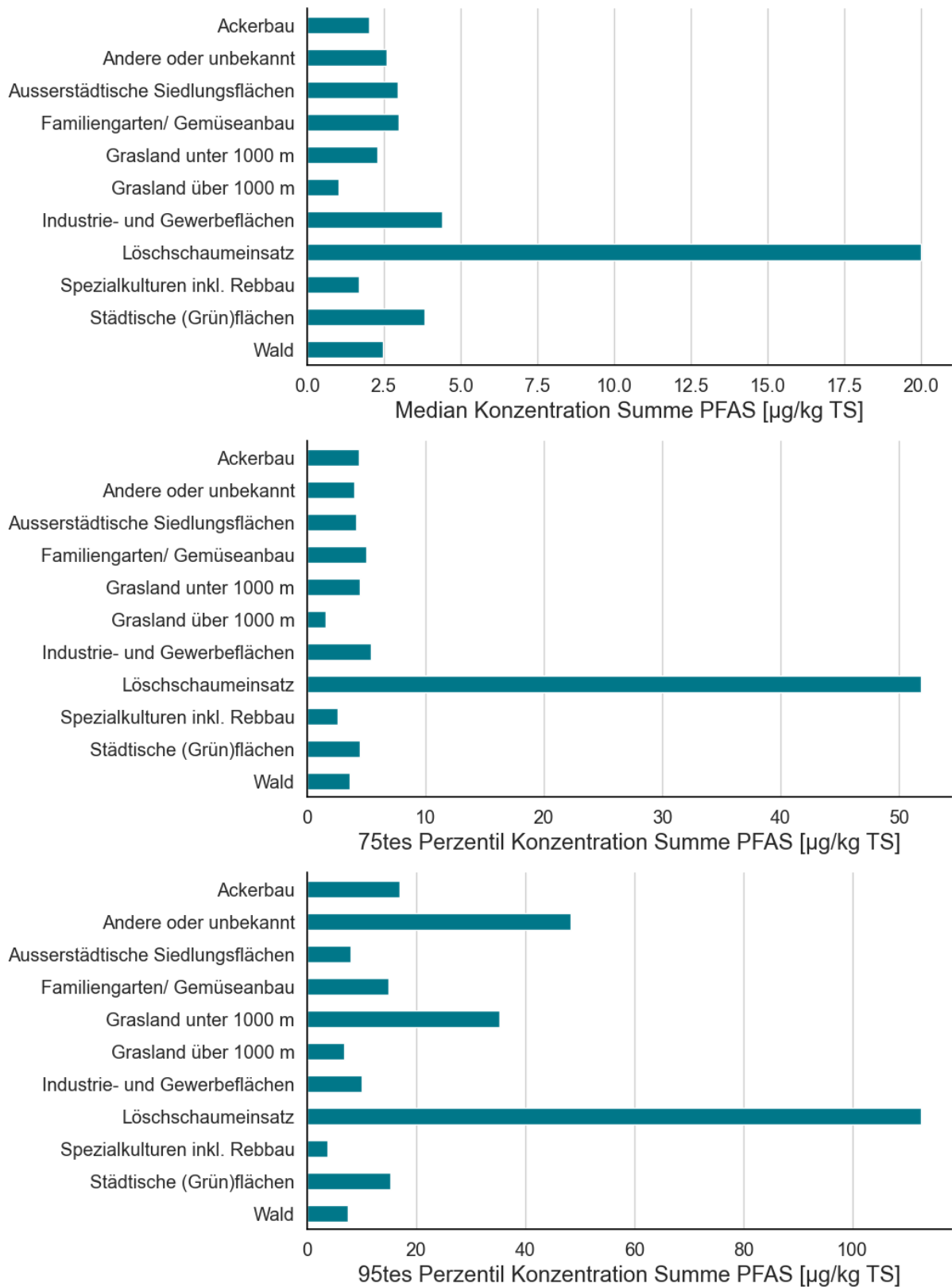
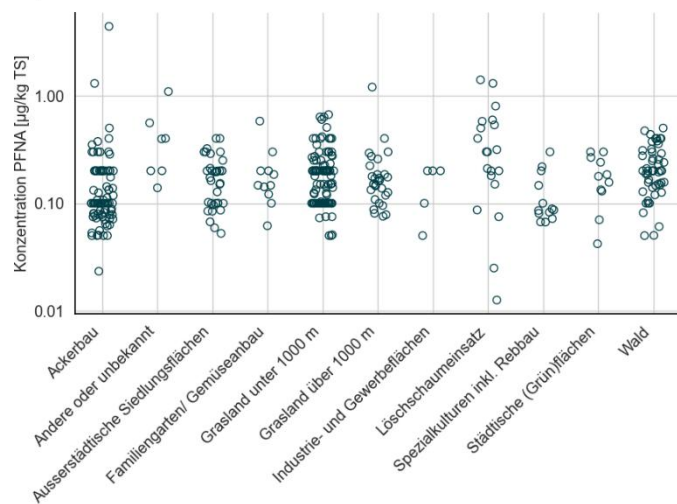
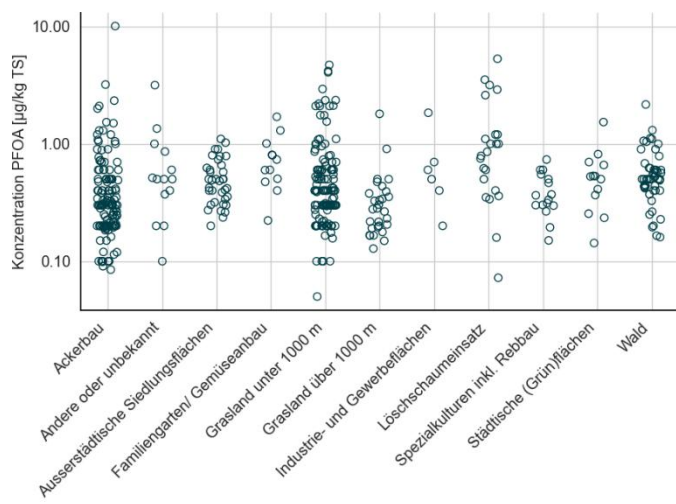
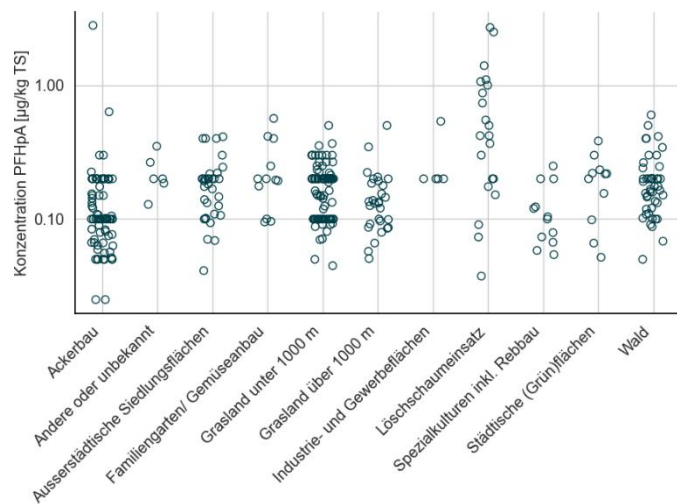
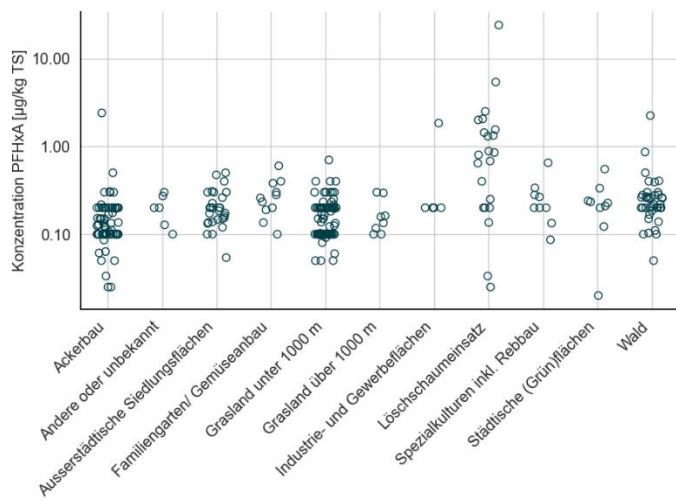
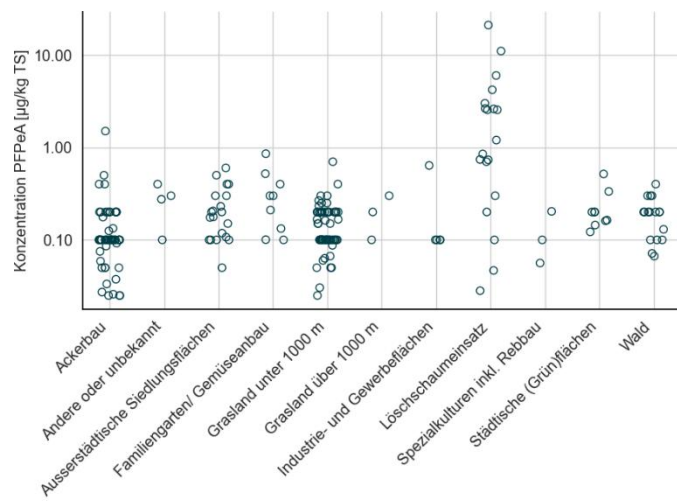
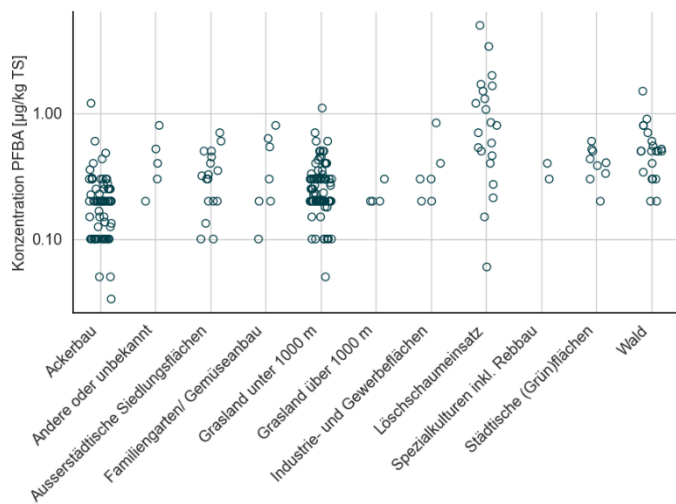


Abbildung B1: Summenkonzentration aller nachgewiesenen PFAS nach Flächennutzung für aggregierte Standorte. A) Median, B) 75tes Perzentil, C) 95tes Perzentil



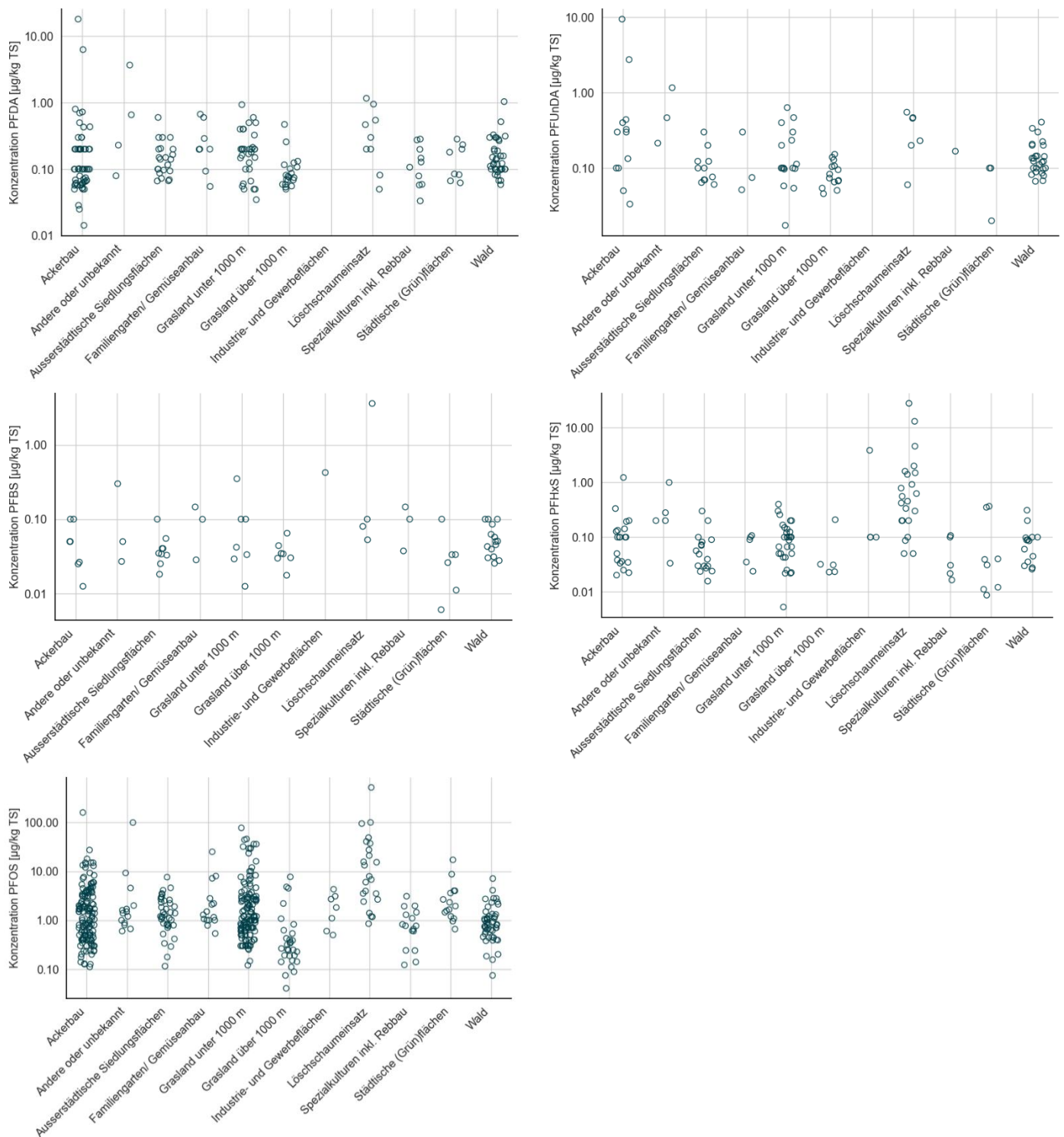


Abbildung B2: Konzentrationen pro aggregiertem Standort für PFBA, PFPeA, PFHxA, PFHpA, PFOA, PFNA, PFDA, PFUnDA, PFBS, PFHxS und PFOS nach Flächennutzung in µg/kg TS. Messpunkte unter Bestimmungsgrenze wurden für die Abbildung nicht berücksichtigt.