
Immobilien Stadt Bern

Quartierentwicklung Viererfeld / Mittelfeld

BERICHT ZUR ERGÄNZENDEN BELASTUNGSUNTERSUCHUNG PFAS

OBER- UND UNTERBODEN INKL. UNTERGRUND UND DEPOTS

Bern, 28. August 2025



QM-Vermerke:

Objekt	Nr. 11'287
Berichtsnummer	Nr. 11'287-B003
Verfasserin	
Geprüft	
Freigegeben	
Berichtablage	
1. Fassung Datum	05.06.2025
2. Fassung Datum	28.08.2025 (Ergänzung mit Untersuchung von Untergrund und Depots)
3. Fassung Datum	

Änderungen:

Index	Datum	Verfasser	Geprüft	Freigegeben	
A					
B					
C					

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	3
Zusammenfassung	5
1. Einleitung	7
1.1 PFAS-Problematik im Boden	7
1.2 Ausgangslage	7
1.3 Auftrag und Ziel	8
1.4 Rechtliche Grundlagen und Vorgaben	9
1.4.1 Allgemein	9
1.4.2 Stand der Rechtsgrundlagen zu PFAS	9
1.4.3 Empfehlung für abfallrechtliche Grenzwerte	10
2. Standort und Umgebung	11
2.1 Projektperimeter	11
2.2 Hydrogeologische Verhältnisse	11
3. Vorgehen PFAS-Untersuchung	11
3.1 Belastungshypothese	11
3.2 PFAS-Beprobungskonzept für Ober- und Unterboden	12
3.2.1 Analyse-Programm (Ober- und Unterboden)	13
3.2.2 Aufbereitungsmethodik VBBo vs. VVEA	15
3.2.3 Massnahmen zur Verhinderung der PFAS-Verschleppung bei Bodenprobenahme	15
3.3 PFAS-Beprobungskonzept für Untergrund und Materialdepots	16
3.3.1 Analyseprogramm (Untergrund und Materialdepots)	18
3.3.2 Rückstellproben Untergrund	18
3.3.3 Massnahmen zur Verhinderung der PFAS-Verschleppung bei Baggersondagen	18
4. Ergebnisse zur PFAS-Belastungssituation im Boden (Mai 2025)	19
4.1 Organoleptische Beobachtungen / Fremdstoffe im Boden	19
4.2 Laborergebnisse mit Aufbereitung nach VBBo	19
4.2.1 Oberboden-Analysen (Aufbereitung nach VBBo)	19
4.2.2 Unterboden-Analysen (Aufbereitung nach VBBo)	21
4.3 Gemischtes Depot nv (Aufbereitung nach VVEA)	21
4.4 Resultate der Aufbereitung VBBo vs. VVEA	22
5. Ergebnisse zur PFAS-Belastungssituation im Untergrund (Juli 2025)	24
5.1 Organoleptische Beobachtungen / Fremdstoffe im Untergrund	24
5.2 Laborergebnisse mit Aufbereitung nach VVEA	24
6. Ergebnisse zur PFAS-Belastungssituation der Depots (Juli 2025)	25
6.1 Organoleptische Beobachtungen / Fremdstoffe	25
6.2 Laborergebnisse mit Aufbereitung nach VVEA	25
6.3 Korngrößenverteilung der Depots	26
7. Diskussion der Ergebnisse	27

7.1 Boden mit Aufbereitung nach VBBo.....	27
7.2 Untergrund mit Aufbereitung nach VVEA.....	27
7.3 PFAS-Abnahme mit der Tiefe	28
7.4 Depot-Beprobungen (Aufbereitung nach VVEA).....	28
7.5 Vergleich der Aufbereitungsmethoden VBBo vs. VVEA	29
7.6 PFOS-Dominanz	29
7.7 PFDA und PFUnDA.....	30
8. Aussicht und weiteres Vorgehen	31
9. Schlussbemerkungen	31
Anhang A1: Grundlagen	I
Anhang A2: Begriffe und Abkürzungen	III
Anhang A3: Fotodokumentation der PFAS-Probenahmen 2025	IV
Anhang A4: Auszug aus der Gewässerschutzkarte Kanton Bern.....	XXIV
Anhang A5: Probenahmeprotokolle der Feststoffproben	XXV
Anhang A6: Mail vom 14.04.2025 betreffend Klärschlammdatenbank (AWA Kt. Bern).....	XXVIII
Anhang A7: Mail vom 24.04.2025 mit Bestätigung des Boden-Beprobungskonzepts	XXIX
Anhang A8: Mail vom 24.04.2025 mit Bestätigung des Untergrund-Beprobungskonzepts	XXX
Anhang A9: Sondierprofile der Baggersondagen	XXXI
Anhang A10: Laborberichte der Bachema AG	XXXVIII
Anhang A11: Konzeptplan und Bodenbelastungspläne	XXXIX

Zusammenfassung

Im Rahmen der Quartierentwicklung Viererfeld / Mittelfeld führte die Bächtold & Moor AG bereits im Jahr 2022 Untersuchungen der Bodenbelastung innerhalb der Landwirtschaftsflächen des Projektperimeters durch [25]. Dabei zeigte sich, dass eine schwache bis starke Bodenbelastung insbesondere mit den Schadstoffen Summe PAK (polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe), Benzo(a)pyren und Quecksilber im Projektperimeter vorliegt.

In Anbetracht der stetig steigenden Relevanz der PFAS-Thematik in den letzten Jahren und der daraus potenziell entstehenden Projektrisiken, wurde durch die Emch & Berger AG anfangs 2025 eine Befragung von Zeitzeugen (ehem. Bewirtschafter des Vierer- und Mittelfelds) zum Einsatz von Klärschlamm durchgeführt sowie eine Anfrage betreffend Klärschlamm-Datenbank durch das AWA Kt. Bern gestartet. Dabei zeigte sich, dass zwischen 1970 bis 2004 jährlich Klärschlamm von der ARA Neubrück (Herrenschwanden BE) im Projektperimeter flächig und gleichmässig ausgebracht wurde. Aufgrund dieser neuen Belastungshypothese wurde die Bächtold & Moor AG von der Immobilien Stadt Bern am 29.04.2025 mit der ergänzenden PFAS-Bodenbeprobung im Viererfeld und Mittelfeld beauftragt.

In einem **ersten Schritt** erfolgte im **Mai 2025** die Probenahme des Oberbodens (0 – 20 cm Tiefe) und des Unterbodens (30 – 50 cm Tiefe) durch eine Boden- und Altlasten-Fachperson der Bächtold & Moor AG. Dabei wurden insgesamt zehn Flächenmischproben nach VBBo sowie zusätzlich drei bestehende Bodendepots mittels Pürckhauer (ca. 20 - 25 Einzelproben innerhalb von 300 m²) durchgeführt. Die Feststoffmischproben wurden im Anschluss durch das Labor Bachema AG auf die relevanten 11 PFAS-Einzelparameter mit Aufbereitung nach VBBo sowie nach VVEA chemisch analysiert (einzige Ausnahme: nv-Depot: nur nach VVEA aufbereitet).

Die Laborergebnisse der vorliegenden **Boden-Untersuchung** zeigen, dass die **Oberboden**-Proben des Mittelfelds eine PFAS-Belastung von 1.5 bis 2.5 µg/kg Σ11PFAS aufweisen, während im Viererfeld eine erhöhte PFAS-Belastung bis maximal 8.8 µg/kg Σ11PFAS im Oberboden vorliegt. Im mittleren Bereich des Viererfelds variiert die Oberboden-Belastung zwischen 2.5 – 5 µg/kg Σ11PFAS. Weiter konnte im **Unterboden** des Mittelfelds sowie auch im Viererfeld eine Abnahme der PFAS-Belastung gegenüber der Oberbodenbelastung nachgewiesen werden. So zeigen die Unterboden-Proben des Mittelfelds PFAS-Gehalte von <0.5 µg/kg Σ11PFAS auf, während diese im Viererfeld zwischen 0.9 bis maximal 3.7 µg/kg Σ11PFAS variieren.

Aufgrund der im Mai 2025 nachgewiesenen PFAS-Belastungen im Ober- und Unterboden, war in einem **zweiten Schritt** eine potenzielle Schadstoff-Verfrachtung von PFAS in den **Untergrund** mittel Baggersondagen zu prüfen. Die Probenahme erfolgte dazu im Juli 2025 bis in eine max. Tiefe von max. 3.3 m (je nach technischer Machbarkeit) und vorzugsweise direkt aus der Profilwand. Die Untergrund-Proben wurden im Anschluss auf die vom BAFU empfohlenen 9 PFAS-Verbindungen analysiert (Aufbereitung nach VVEA). Auf eine zusätzliche Analyse des Einzelstoffs PFDA und PFunDA wurde verzichtet, da diese im Unterboden zwischen 30 – 50 cm Tiefe nicht mehr nachgewiesen werden konnten.

Für eine abfallrechtliche Klassierung waren im Juli 2025 zudem die vor Ort vorhandenen **Depots** zu beproben, um eine ausreichende Repräsentativität auf die jeweiligen Grossmengen zu erhalten. Hier war nebst den vom BAFU empfohlenen 9 PFAS-Verbindungen zusätzlich der Einzelstoff PFDA zu analysieren, da dieser im Rahmen der durchgeführten Untersuchungen im Mai 2025 im Oberboden nachgewiesen wurde. Da es sich beim Untergrundmaterial sowie bei den Depots um abfallrechtliche Fragestellungen handelte (keine Verwertung vor Ort gemäss aktuellem Stand der Kenntnisse), erfolgte die Aufbereitung in beiden Fällen nach VVEA. Zusätzlich wurden insgesamt sechs Proben für Kornverteilungsanalysen (1 – 2 Siebkurven pro Depot) entnommen, um den Feinkornanteil für eine potenzielle Behandlung in einer Bodenwaschanlage zu prüfen.

Die Laborresultate der Untergrund-Analysen (Σ PFAS mit Aufbereitung nach VVEA) zeigen, dass nur bei den nördlichen zwei Untergrund-Sondagen BS7/25 und BS8/25 leicht erhöhte PFAS-Gehalte über 0.5 $\mu\text{g/kg}$ Σ PFAS gemessen wurden. Die restlichen Sondagen (BS1/25 bis BS6/25) weisen ab 0.5 m Tiefe weniger als 0.5 $\mu\text{g/kg}$ Σ PFAS auf. Basierend auf diesen Ergebnissen ist somit davon auszugehen, dass einzig im nördlichen Bereich des Viererfelds eine schwache PFAS-Belastung bis in max. 2 m Tiefe vorliegt. Die hier nachgewiesenen PFAS-Belastungen halten jedoch den vom BAFU empfohlene T-Wert von 1.5 $\mu\text{g/kg}$ (ungewichtete Σ PFAS) ein und gelten als verwertbar nach VVEA. Somit bestätigt sich mit vorliegender Untersuchung eine Schadstoffabnahme mit der Tiefe, was unter der Belastungshypothese des oberflächlichen Klärschlamm-Austrags naheliegend ist.

Weiter zeigen die Kornverteilungsanalysen, dass der Feinkornanteil (Ton und Silt) mehrheitlich zwischen 16 bis 19 % variiert. Einzig beim nv-Depot wurden leicht erhöhte Feinkornanteile zwischen 21 bis 29 % nachgewiesen. Gemäss dem heutigen Stand der Technik (Angabe Ebiox AG vom 21.08.2025 per Mail) ist eine Behandlung in einer Bodenwaschanlage bis maximal 40 % Feinkornanteil (Ton und Silt) noch wirtschaftlich. Mit einem Feinkornanteil von maximal 29 % liegt im vorliegenden Projekt somit keine Limitierung betreffend Feinkornanteil für eine potenzielle Behandlung in einer Bodenwaschanlage vor.

Weiter zeigt die Gegenüberstellung der Aufbereitungsmethoden der Bodenproben nach VBBo (Feinanteil <2 mm) versus VVEA (Gesamtgehalt), dass erwartungsgemäss geringere PFAS-Gehalte im Bodenmaterial gemessen werden, wenn die Aufbereitung nach VVEA erfolgt, gegenüber der Aufbereitung nach VBBo. Der durchschnittliche Faktor zwischen den beiden Aufbereitungsmethoden aus elf Oberboden-Proben liegt bei 0.92. Als grobe Faustregel ist im Oberboden folglich mit rund 10 % geringeren PFAS-Gehalten mit Aufbereitung nach VVEA gegenüber der Aufbereitung nach VBBo zu rechnen.

Die vorliegende Untersuchung zeigt weiter, dass innerhalb der Summe der analysierten 11 PFAS-Einzelstoffe jeweils in allen untersuchten Ober- und Unterbodenproben der Anteil des Einzelstoffs PFOS dominierend ist. Dieser wurde bis zu dessen Verbot am 01.08.2011 vorwiegend in Löschschäumen, aber auch in diversen Industrie- sowie Alltagsprodukten eingesetzt.

Die vorliegenden Erkenntnisse über die PFAS-Bodenbelastungssituation im Projektperimeter sind im Rahmen der weiteren Projektplanung (insb. betreffend Materialbewirtschaftung und Bodenschutzkonzept) zu berücksichtigen. Da allerdings noch keine rechtsverbindlichen Grenzwerte betreffend Umgang mit PFAS-belastetem Boden auf Vollzugsebene existieren, sind projektspezifische Richt- und Prüfwerte gemeinsam mit dem LANAT Kt. Bern unter Einbezug des BAFU festzulegen und zu definieren.

1. Einleitung

1.1 PFAS-Problematik im Boden

In den letzten Jahren ist die Thematik der PFAS (poly- und perfluorierte Alkylverbindungen) stark in den Fokus der Wissenschaft, Behörden und Politik gelangt. Obschon PFAS durch ihre hohe Persistenz als «ewige Chemikalien» gelten und teils eine erhebliche Toxizität aufweisen, werden PFAS aufgrund ihrer wasser-, fett- und schmutzabweisenden Eigenschaften seit den 1970er bis heute vielseitig in der Chemie-Industrie und in diversen Alltagsprodukten verwendet. Über verschiedene Ausbreitungspfade gelangen so seit über 50 Jahren PFAS in die Umwelt, wo sie sich aufgrund ihrer Persistenz kaum abbauen und folglich anreichern konnten. So spricht man heute gemäss der vom BAFU initiierten nationalen Studie von 2022 [16] von einer ubiquitären (überall verbreiteten) PFAS-Grundbelastung im Oberboden. Diese liegt gemäss der vom BAFU initiierten nationalen Studie von 2022 [16] im Median bei 1.4 µg/kg (Σ 30 PFAS). Zur Unterscheidung ubiquitärer PFAS-Grundbelastungen im Oberboden wird gemäss PFAS-Ergebnisbericht [15] ein Wert von 5 µg/kg (ungewichtete Summe der Σ 9 PFAS) bestimmt.

Als Ausbreitungspfad und Ursache starker PFAS-Bodenbelastungen steht insbesondere der landwirtschaftliche Austrag von Klärschlamm im Verdacht. So wird vermutet, dass über mehrere Jahrzehnte eine Ausbreitung über stark PFAS-haltige Industrieabwässer und Löschschäume in die Kläranlagen erfolgte, von wo aus diese in Form von PFAS-belasteten Klärschlämmen bis 2004 als Dünger auf Landwirtschaftsflächen gelangten. Dieser Ausbreitungspfad ist auch im Kanton St. Gallen für die hohen PFAS-Bodenbelastungen (Werte zwischen 1.1 bis 100 µg PFOS/kg TS) mit grosser Wahrscheinlichkeit verantwortlich, da hier der Schadstoff-Eintrag von oben nach unten erfolgt ist und Landwirtschaftsflächen stärker betroffen sind als Waldflächen [19]. Allerdings wurde die Belastungshypothese des Klärschlammes bis anhin noch nicht bestätigt oder widerlegt.

1.2 Ausgangslage

Im Rahmen der Quartierentwicklung Viererfeld / Mittelfeld führte die Bächtold & Moor AG bereits im Jahr 2022 Untersuchungen der Bodenbelastung innerhalb der Landwirtschaftsflächen des Projektperimeters durch [25]. Dabei zeigte sich, dass eine schwache bis starke Bodenbelastung insbesondere mit den Schadstoffen Summe PAK (polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe), Benzo(a)pyren und Quecksilber im Projektperimeter vorliegt. Gemäss damaligem Kenntnisstand wurde vermutet, dass die Bodenbelastungen (insb. betreffend Summe PAK) auf die schweizerische Landesausstellung von 1914 und auf die schweizerische Ausstellung für Frauenarbeit von 1928 zurückzuführen sind.

Basierend auf den damaligen Kenntnissen wurden im Rahmen der 2022 durchgeführten Boden-Untersuchungen im Vierer- und Mittelfeld seitens LANAT Kt. Bern keine PFAS-Analysen von Boden gefordert, da kein Verdacht auf eine potenzielle PFAS-Belastung vorlag. Dies änderte sich in den Folgejahren, insbesondere, als 2024 im Kanton St. Gallen die oben erwähnten Ergebnisse zu PFAS-Bodenbelastungen publiziert wurden und Verkaufsverbote von PFAS-belastetem Fleisch folgten.

In Anbetracht der stetig steigenden Relevanz der PFAS-Thematik und der daraus potenziell entstehenden Projektrisiken, war daher der Belastungsverdacht betreffend Klärschlamm im Vierer- und Mittelfeld abzuklären. Dazu wurde Anfang 2025 eine Befragung von Zeitzeugen (ehem. Bewirtschafter des Vierer- und Mittelfelds) durchgeführt und eine Anfrage betreffend Klärschlamm-Datenbank durch das AWA Kt. Bern gestartet. Hierbei zeigte sich, dass im Projektperimeter zwischen 1970 bis 2004 jährlich Klärschlamm von der ARA Neubrücke (Herrenschwanden) flächig und gleichmässig ausgebracht wurde. Aufgrund dieser neuen Belastungshypothese bestand die Notwendigkeit, die potenzielle PFAS-Belastungssituation im Projektperimeter zu prüfen, um die Projektauswirkungen und -risiken möglichst frühzeitig abschätzen zu können.

1.3 Auftrag und Ziel

Die Immobilien Stadt Bern beauftragte die Bächtold & Moor AG am 29.04.2025 und am 07.08.2025 mit der PFAS-Untersuchung im Viererfeld und Mittelfeld in Bern. Mit der vorliegenden Untersuchung soll die vorhandene Belastungshypothese der potenziellen PFAS-Ausbreitung über das Ausbringen von Klärschlamm untersucht werden, um eine erste Datengrundlage für die weitere Projektbearbeitung und für das noch zu erarbeitende Bodenschutzkonzept zu erhalten. Ziel der Untersuchung ist zudem, die Diskussionsgrundlage für altlasten- und abfallrechtliche Fragestellungen zu schaffen, um allfällige Projektrisiken betreffend Umgang mit PFAS-belastetem Bodenabtrag und Aushubmaterial für die Bauphase abschätzen zu können. Die Beauftragung zur PFAS-Untersuchung im Projektperimeter Vierer- und Mittelfeld erfolgte in zwei Schritten wie folgt:

Schritt 1: PFAS-Untersuchung von Ober- und Unterboden mittels Pürckhauer

In einem ersten Schritt wurden im Mai 2025 folgende Beprobungen des Ober- und Unterbodens mittels Pürckhauer (ca. 20 - 25 Einzelproben innerhalb von 300 m² pro Standort) umgesetzt:

- **Mittelfeld:**
 - **2 Flächenmischproben** (jeweils 300 m²) des Oberbodens aus 0 – 20 cm Tiefe und des Unterbodens aus 30 – 50 cm Tiefe
- **Viererfeld**
 - **8 Flächenmischproben** (jeweils 300 m²) des Oberbodens aus 0 – 20 cm Tiefe und des Unterbodens (30 – 50 cm Tiefe)
 - **3 Depot-Flächenmischproben** (jeweils 300 m²) mit Bodenabtrag aus dem UKR-Containerdorf

Die Feststoffmischproben waren auf die relevanten Parameter (11 PFAS-Einzelparameter) mit Aufbereitung nach VBBo und VVEA chemisch zu analysieren.

Schritt 2: PFAS-Untersuchung von Untergrund und Materialdepots mittels Baggersondagen

Aufgrund der im Rahmen von Schritt 1 nachgewiesenen PFAS-Belastungen im Ober- und Unterboden, war in einem zweiten Schritt eine allfällige Schadstoff-Mobilisierung von PFAS in den Untergrund zu prüfen. Für eine abfallrechtliche Klassierung waren zudem zusätzliche Probenahmen der vor Ort vorhandenen Depots notwendig, um eine ausreichende Repräsentativität auf die jeweiligen Grossmengen zu erhalten. Nach vorgängiger Rücksprache mit dem AWA Kt. Bern (Fachbereich Abfall) fanden daher in einem zweiten Schritt im Juli 2025 zusätzliche Probenahmen zur PFAS-Untersuchung des Untergrunds und der bestehenden Materialdepots mittels Baggersondagen wie folgt statt:

- **Mittelfeld:**
 - **1 Baggersondage** mit Probenahme bis in max. 2.5 m Tiefe
- **Viererfeld**
 - **6 Baggersondagen** mit Probenahmen aus verschiedenen Tiefen bis in max. 3.3 m Tiefe
 - **nv-Depot (gemischt):** Entnahme von 9 Proben mittels Bagger bis in 2 m Tiefe inkl. Entnahme von 2 Proben für Kornverteilungsanalysen
 - **ev-Depot Oberboden:** Entnahme von 1 Proben mittels Bagger bis in 1.6 m Tiefe inkl. Entnahme von 1 Probe für Kornverteilungsanalyse
 - **ev-Depot Unterboden:** Entnahme von 2 Proben mittels Bagger bis in 1.6 m Tiefe inkl. Entnahme von 2 Proben für Kornverteilungsanalysen
 - **Pumptrack-Depot:** Entnahme von 2 Proben mittels Bagger bis in max. 1.8 m Tiefe inkl. Entnahme von 1 Probe für Kornverteilungsanalyse

Der vorliegende Bericht soll die Ergebnisse der PFAS-Beprobungen (Schritt 1 und Schritt 2) und die entsprechenden Analysen aus dem Labor dokumentieren, um eine Beurteilung der PFAS-Belastungssituation zur Definierung des weiteren Vorgehens zu ermöglichen.

1.4 Rechtliche Grundlagen und Vorgaben

1.4.1 Allgemein

Die im Anhang A1 aufgeführten Gesetze, Normen und Richtlinien gelten als verbindlich. Die wichtigsten werden wie folgt kurz zusammengefasst:

- **USG** Umweltschutzgesetz, Bundesgesetz über den Umweltschutz vom 7. Oktober 1983. [1]
- **VBBo** Verordnung über Belastungen des Bodens vom 1. Juli 1998. [2]
- **VVEA** Abfallverordnung, Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen vom 4. Dezember 2015. [3]
- **VHVB** Vollzugshilfe "Beurteilung von Boden im Hinblick auf seine Verwertung", BAFU 2021. [8]

Für die Probenahme im Rahmen von Schadstoffuntersuchungen von Böden gelten zudem die Vorgaben gemäss "Handbuch Bodenprobenahme VBBo" [11]. Ergänzend dazu ist im Umgang mit Boden die Vollzugshilfe "Bodenschutz beim Bauen" des BAFU [6] zu berücksichtigen.

1.4.2 Stand der Rechtsgrundlagen zu PFAS

Aktuell existieren betreffend PFAS weder Richt- oder Grenzwerte in der VBBo [2], noch in der VVEA [3] oder in der AltIV [4]. Im Einzelfall ist dementsprechend die Zustimmung des BAFU zu Grenzwerten nach Anhang 3 Ziffer 3 und Anhang 5 Ziffer 6 VVEA erforderlich.

Der Ergebnisbericht PFAS [15] widerspiegelt den Stand des Wissens Anfang 2024 mit den bisherigen Erfahrungen zum Umgang mit PFAS-belasteten Standorten und Abfällen. Bei dessen Inhalte handelt es sich um Vorschläge und Empfehlungen der Arbeitsgruppen, welche nicht denselben rechtlichen Stellenwert wie eine Vollzugshilfe des BAFU haben [15]. Dennoch stellt der Ergebnisbericht PFAS [15] eine wichtige erste Grundlage dar, um eine PFAS-Belastung einordnen zu können.

Beim vorliegenden Untersuchungsgegenstand handelt es sich um Boden im Sinne der VBBo, welcher prioritär anhand von Richt-, Prüf- und Sanierungswerten nach VBBo zu beurteilen wäre. Wie erwähnt, wurden bis anhin jedoch noch keine Richt-, Prüf- und Sanierungswerte in der VBBo festgelegt. Die zuständige Behörde hat nach Art. 5 VBBo im Einzelfall zu beurteilen, ob die Bodenfruchtbarkeit langfristig gewährleistet ist. Mit der Revision von Artikel 5 der VBBo (per 1.8.2025 in Kraft getreten) müssen die Kantone zudem das BAFU miteinbeziehen, um bei Fehlen von Richt- und Prüfwerten diese - mit Zustimmung des BAFU - projektspezifisch und rechtsverbindlich festzulegen.

Um die nachgewiesenen PFAS-Summenwerte trotz fehlender Rechtsgrundlage vorläufig einordnen zu können, werden diese im vorliegenden Bericht in den Kapiteln 4 bis 7 mit der vom BAFU empfohlenen abfallrechtlichen Grenzwerten verglichen. Die damit einhergehende Beurteilung nach VVEA (siehe Grenzwerte in Kap. 1.4.3) und Richtigkeit ist jedoch zu überprüfen, sobald seitens der zuständigen Behörden projektspezifische Richt-, Prüf- und Sanierungswerte nach VBBo festgelegt wurden.

1.4.3 Empfehlung für abfallrechtliche Grenzwerte

Wie bereits erwähnt, erfordert die Anwendung von abfallrechtlichen Grenzwerten eine Zustimmung des BAFU im Einzelfall, bis die aktuell diskutierten Grenzwerte definitiv in der VVEA festgelegt werden [15]. Ab August 2025 kommen voraussichtlich folgende ungewichtete Grenzwert-Empfehlungen für Feststoffe in die Vernehmlassung, welche im Rahmen der vorliegenden Berichterstattung für die Interpretation der PFAS-Ergebnisse beigezogen werden:

- A-Wert: 0.5 µg/kg (ungewichtete ΣPFAS)
- T-Wert: 1.5 µg/kg (ungewichtete ΣPFAS)
- B-Wert: 2.5 µg/kg (ungewichtete ΣPFAS)
- E-Wert: 5 µg/kg (ungewichtete ΣPFAS)

Jeder PFAS-Grenzwert soll mindestens die Summe der 9 PFAS-Einzelsubstanzen umfassen, die auch dem Summen-Konzentrationswert nach Anhang 1 AltIV zugrunde liegen (PFBA, PFPeA, PFHxA, PFHpA, PFOA, PFNA, PFBS, PFHxS und PFOS). Bei konkretem Verdacht auf weitere relevante PFAS sind diese zusätzlich in den Feststoff-Summenwert aufzunehmen. Gemäss Notiz BAFU [14] fliessen Messwerte unterhalb der Bestimmungsgrenze als Nullwerte in die Summenberechnung ein.

Weiter wird Ergebnisbericht PFAS [15] festgehalten, dass Werte, denen das BAFU zugestimmt hat, für den betreffenden Standort denselben rechtlichen Stellenwert haben wie ein Wert, der in einer Verordnung aufgeführt ist. Dabei ist der von der Behörde angeordnete Wert für den entsprechenden Einzelfall rechtlich verbindlich. [15]

2. Standort und Umgebung

2.1 Projektperimeter

Der Projektperimeter ist im Plan Nr. 11287-05 im Anhang A11 dargestellt und umfasst das Viererfeld (Parzellen GB Bern Nrn. 2750, 1192) sowie das Mittelfeld (Parzelle GB Bern Nr. 2341). Der Untersuchungsperimeter ist zudem aufgrund der vorliegenden Belastungshypothese auf die zwischen 1970 bis 2004 landwirtschaftlich bewirtschafteten Flächen begrenzt. Dies schliesst somit die Flächen der nördlichen und südlichen Familiengärten aus, da diese bereits vor 1970 angelegt wurden.

Einzig der mittlere der drei Familiengärten erscheint erst ab 1993 auf den Luftbildern von SWISSIMAGE [20]. Dieser Familiengarten wird im Rahmen der vorliegenden Untersuchung jedoch noch nicht beprobt, sondern erst im Falle einer nachweislich erhöhten Belastungssituation im angrenzenden Landwirtschaftsland in einem nächsten Schritt bei Bedarf näher untersucht.

2.2 Hydrogeologische Verhältnisse

Der Projektperimeter liegt gemäss Geoportal des Kantons Bern im Gewässerschutzbereich üB («übriger Bereich»), wobei kein nutzbarer zusammenhängender Grundwasserleiter vorliegt [32]. Gemäss dem Bericht «Geologisch-geotechnische Archivrecherche» vom 22.02.2024 (Geotechnisches Institut AG [32]) sind unterhalb der Bodenhorizonte Moränen-Ablagerungen im Untergrund zu erwarten, gefolgt von glazial vorbelasteten Lockergesteinsablagerungen und der Unteren Süsswassermolasse. Die Schichten im Untergrund wirken entsprechend als Geringleiter resp. Stauer [32].

Weiter liegen gemäss Gewässerschutzkarte des Kantons Bern (siehe Auszug im Anhang A4) östlich zum Viererfeld drei gefasste Quellen resp. Sickerleitungsfassungen im Bereich des Aarehangs vor. Zwei davon weisen mittlere Schüttraten von bis zu 40 l/min auf, während zur dritten Quelle keine Angaben zur Schüttung vorliegen [21]. Gemäss der oben erwähnten Archivrecherche [32] kann eine Verbindung des Schichtwassers im nordöstlichen Bereich des Viererfelds mit den oben erwähnten Quellen im Aarehang gegen Osten nicht ausgeschlossen werden. Jedoch sind die drei Quellen nicht an das Trinkwassernetz der Stadt angeschlossen [32].

3. Vorgehen PFAS-Untersuchung

3.1 Belastungshypothese

Gemäss telefonischer Befragung der ehemaligen Bewirtschafter des Vierer- und Mittelfelds vom 03.04.2025 durch die Emch & Berger AG zeigte sich, dass im Zeitraum von 1970 bis 2004 jährlich Klärschlamm von der ARA Neubrücke (Herrenschwanden BE) auf den Landwirtschaftsflächen des Projektperimeters flächig und gleichmässig ausgebracht wurde. Gemäss Bewirtschafter wurde der Klärschlamm seltener auch ins Gülleloch gepumpt, mit Kuhgülle vermischt und zusammen mit hofeigenem Dünger ausgebracht. Die maximalen Mengen an ausgebrachtem Klärschlamm variierten je nach Kultur (durchschnittlich ca. 40 m³/ha) und richteten sich an den Vorgaben eines Landwirtschaftsberaters von der Rütli Zollikofen. Die Lieferungen erfolgten gemäss Bewirtschafter via Salzmann-Transporte und wurden von demselben via Traktor mittels Schleppschlauch verteilt.

Weiter bestätigte auch die Abfrage der KlärschlammDatenbank durch das AWA Kt. Bern (Herr Marc Häni, E-Mail vom 14.04.2025, Anhang A6), dass die erwähnten Bewirtschafter in der Zeitspanne zwischen 1995 bis 2006 Klärschlamm von der ARA Neubrücke bezogen haben. Die angenommenen Klärschlamm-Kubaturen variierten dabei je nach Landwirtschaftsbetrieb im zwei bis dreistelligen Tonnenbereich (max. 2'410 t Klärschlamm). Allerdings lassen die vorhandenen Daten keine Rückschlüsse über

die konkreten Mengen zu, welche im Projektperimeter abgelagert wurden, da die Daten ausschliesslich betriebspezifisch und nicht parzellenscharf erhoben wurden.

Gemäss Marc Häni des AWA Kt. Bern wurden die während den Jahren 1991 bis 2008 in der Landwirtschaft eingesetzten Klärschlämme nie auf PFAS untersucht (E-Mail vom 14.04.2025, Anhang A6). Somit liegen bis heute keine Grundlagen vor, welche auf eine allfällige PFAS-Bodenbelastung durch die ausgebrachten Klärschlämme schliessen lassen. Auch aufgrund Erfahrungen anderer Kantone (bspw. St. Gallen) besteht jedoch der Verdacht, dass mit dem Klärschlamm auch PFAS in die Umwelt gelangt sind, weshalb das Risiko einer PFAS-Belastung im Projektperimeter erhöht ist.

Weiter wurden insbesondere im Norden des Viererfelds im Rahmen der vergangenen Belastungsuntersuchungen der Bächtold & Moor AG unter anderem Belastungen mit Quecksilber, Kupfer, Blei und Zink nachgewiesen [25]. Dabei handelt es sich um Schwermetalle, welche gemäss VHV [8] als weitere Schadstoffe bei Böden vorkommen, auf denen Klärschlamm ausgebracht wurde. Cadmium, welches als relevanter Schadstoff bei Klärschlamm gemäss VBHB [8] gilt, wurde zwar flächig nachgewiesen, jedoch unterhalb des Richtwerts nach VBBo ($< 0.8 \text{ mg/kg Cd}$). Die erwähnten Schwermetallbelastungen, welche insbesondere im Norden des Viererfelds vorliegen, können daher als Belastungshinweis betreffend PFAS in diesem Bereich betrachtet werden. Auch aufgrund der abfallrechtlichen und kostentechnischen Projektrelevanz liegt zudem ein Untersuchungsbedarf des aktuell noch zwischengelagerten Bodenabtrags im Bereich des Containerdorfs UKR sowie beim Pumptrack vor.

3.2 PFAS-Beprobungskonzept für Ober- und Unterboden

Die Untersuchung der PFAS-Belastungssituation innerhalb des Projektperimeters Vierer- und Mittelfeld erfolgte am 01., 06. und 08. Mai 2025 mittels Beprobung des Ober- und Unterbodens durch eine Boden- und Altlasten-Fachperson der Bächtold & Moor AG. Die Lage der Beprobungsstandorte ist im beigelegten Plan Nr. 11287-03 ersichtlich. In der Tabelle 3-1 wird das Beprobungskonzept zusammengefasst und in den folgenden Kapiteln näher erläutert.

Für die Lagebestimmung wurden die Probenahme-Standorte mit den bewirtschafteten Kulturen von 1970 – 2004 gemäss Luftbildanalyse abgeglichen. Zusätzlich wurden auch die Bodenverschiebungen im Bereich des Neufeldtunnels (Erstellung 2006 - 2009 im Tagebau) sowie die Erdarbeiten im Rahmen der Erstellung des UKR-Containerdorfs von 2022 berücksichtigt. Die Lage der Probenahme-Standorte wurde zudem möglichst mit der zukünftigen Nutzung abgestimmt, um Flächen ohne Abtrag (Gartenland: gefährdungs- und altlastenrechtliche Fragestellungen) und Flächen mit Abtrag (Baufelder: verwertungs- und abfallrechtliche Fragestellungen) in der späteren Beurteilung unterscheiden zu können.

Die Bodenprobenahme erfolgt gemäss «Handbuch Bodenprobenahme VBBo» [11] sowie gemäss den Empfehlungen des Kapitels 9.1 im Bericht «Entscheidungsgrundlagen für den Vollzug bei PFAS-belasteten Standorten» (Arcadis Schweiz AG, 2021). Während der Probenahme wurde zudem ein Augenmerk auf kritische Materialien mit potenziellem direktem Bodenkontakt (z. B. Schuhe, Regenjacke, Probenbehälter etc.) gelegt (siehe auch Kapitel 3.2.3). Das Probematerial wurde zudem vor Ort jeweils organoleptisch auf Anteile von mineralischen Bauabfällen (Belagsreste, Ziegelbruch etc.) und auf weitere Auffälligkeiten (Geruch, Farbe) hin beurteilt.

Die Probenahme erfolgte innerhalb der Landwirtschaftsflächen an insgesamt 10 Standorten. Davon befanden sich zwei innerhalb des Mittelfelds (PFAS-1/25 und PFAS-2/25) und deren acht innerhalb des Viererfelds (PFAS-3/25 bis PFAS-10/25). Zusätzlich wurden die drei bestehenden Materialdepots (nv-Mischmaterial, ev-Oberboden und ev-Unterboden), welche den 2022 abgetragenen Boden des nördlichen Viererfelds (Containerdorf UKR) enthalten, mittels je einer Flächenmischprobe (300 m^2 pro Standort, aus 0 – 20 cm Tiefe) beprobt.

Die Probenahme erfolgte anhand von Flächenmischproben (ca. 20 - 25 Einzelproben innerhalb von 300 m^2 pro Standort) und wurde mittels Pürckhauer (Hohlkern-Bodenhauer mit Schlagkopf) durchgeführt. Dazu wurde ein zweiteiliges Pürckhauer-Set mit unterschiedlichen Durchmesser ($\varnothing 30 \text{ mm}$ und

Ø 40 mm, teleskopiert) für eine stufenweise Probenentnahme verwendet, um eine Vermischung von Ober- und Unterboden zu vermeiden (Vorsondierung des Oberbodens mit grösserem Durchmesser, anschliessend Nachsondierung des Unterbodens mit geringerem Durchmesser). Die Entnahme-Tiefen entsprachen den bereits durchgeführten Untersuchungen und dem bekannten Bodenaufbau (Oberboden aus 0 – 20 cm Tiefe und Unterboden aus 30 – 50 cm Tiefe).

Im Anschluss wurden die Feststoff-Mischproben dem Labor Bachema AG zur chemischen Analyse in Auftrag gegeben. Die Unterboden-Proben wurden zuerst als Rückstellproben behandelt und erst nach Vorliegen einer nachweislich relevanten Oberbodenbelastung nachträglich analysiert. Das Analyse-Programm wird im folgenden Kapitel diskutiert.

Das vorliegende Beprobungskonzept wurde dem LANAT Kt. Bern vorgängig zur Prüfung eingereicht und vom LANAT per Mail vom 24.04.2025 durch Herrn Michael Howald bestätigt (Anhang A7).

3.2.1 Analyse-Programm (Ober- und Unterboden)

Nach aktuellem Kenntnisstand wird seitens BAFU [14] für die Beurteilung von PFAS in Feststoffen empfohlen, mindestens die folgenden 9 PFAS-Verbindungen zu messen: PFBA, PFPeA, PFHxA, PFHpA, PFOA, PFNA, PFBS, PFHxS, PFOS (BAFU-Notiz zur Herleitung eines PFAS-Summenwertes als Grenzwert nach VVEA für die Ablagerung von Abfällen, Stand: 20.08.2024 [14]). Zudem sind bei konkretem Verdacht auf weitere relevante PFAS diese in den Feststoff-Summenwert ebenfalls aufzunehmen.

Gemäss Merkblatt der ZHAW und ETH Zürich «Wissenschaftliche Empfehlungen für die Untersuchung von PFAS in Böden sowie darauf produzierten Lebensmitteln» vom 18.07.2024 [18] wird darauf hingewiesen, dass folgende zwei längere Carbonsäuren ebenfalls häufig in Schweizer Böden nachgewiesen wurden: PFDA und PFUnDA (Thalmann et al. unveröffentlicht). Es besteht die Annahme, dass diese zwei Verbindungen eine längere Verweilzeit im Boden aufweisen (stärkere Absorption an Bodenorganik) und zudem toxischer als PFOA wirken. Aus diesen Gründen wird gemäss oben genanntem Merkblatt [18] empfohlen, zusätzlich PFDA und PFUnDA in das Analyseprogramm aufzunehmen.

Basierend auf den erwähnten Analyse-Empfehlungen wurde im vorliegenden Projekt folgendes Vorgehen gewählt:

1. Oberboden (Analyse-Programm: 9 + 2 PFAS-Verbindungen)

Die insgesamt 12 Oberboden-Mischproben (inkl. Probe «Depot-nv») wurden auf die vom BAFU [14] empfohlenen 9 PFAS-Verbindungen sowie auf die zwei zusätzlichen Verbindungen PFDA und PFUnDA chemisch analysiert (Bachema-Programm «PFASWBafu9» + PFDA und PFUnDA).

2. Unterboden-Rückstellproben (Analyse-Programm: je nach Belastungssituation)

Die 11 Unterboden-Rückstellproben (inkl. Probe «Depot-UB») wurden in Abhängigkeit der Belastungssituation im Oberboden in einem zweiten Schritt chemisch analysiert. Dieser zweite Schritt wurde in vorliegender Untersuchung aufgrund der nachgewiesenen erhöhten PFAS-Belastung im Oberboden bereits umgesetzt.

Tabelle 3-1: PFAS-Beprobungskonzept zur Untersuchung der chemischen PFAS-Bodenbelastung des Oberbodens in 0 – 20 cm Tiefe und des Unterbodens in 30 – 50 cm Tiefe, SM = Schwermetalle, OB = Oberboden, UB = Unterboden.

	Sondier-Nr.	Entnahmetiefe pro Standort	Sondierungstyp, Beprobungsfläche	Belastungshypothese	Aufbereitung Labor	Analyse-Parameter
Mittelfeld	PFAS-1/25	0 – 20 cm (OB) 30 - 50 cm (UB)	Flächenprobe nach VBBo mit Pürckhauer, 300 m ²	Klärschlamm	- nach VBBo (Feinerde <2 mm) - nach VVEA	9+2 PFAS-Verbindungen:
	PFAS-2/25	0 – 20 cm (OB) 30 - 50 cm (UB)	Flächenprobe nach VBBo mit Pürckhauer, 300 m ²	Klärschlamm	- nach VBBo (Feinerde <2 mm) - nach VVEA	
Viererfeld	PFAS-3/25	0 – 20 cm (OB) 30 - 50 cm (UB)	Flächenprobe nach VBBo mit Pürckhauer, 300 m ²	Klärschlamm	- nach VBBo (Feinerde <2 mm) - nach VVEA	PFBA, PFPeA, PFHxA, PFHpA, PFOA, PFNA, PFBS, PFHxS, PFOS + PFDA, PFUnDA (= Bachema-Programm PFASBBafu9» + PFDA und PFUnDA)
	PFAS-4/25	0 – 20 cm (OB) 30 - 50 cm (UB)	Flächenprobe nach VBBo mit Pürckhauer, 300 m ²	Klärschlamm	- nach VBBo (Feinerde <2 mm) - nach VVEA	
	PFAS-5/25	0 – 20 cm (OB) 30 - 50 cm (UB)	Flächenprobe nach VBBo mit Pürckhauer, 300 m ²	Klärschlamm	- nach VBBo (Feinerde <2 mm) - nach VVEA	
	PFAS-6/25	0 – 20 cm (OB) 30 - 50 cm (UB)	Flächenprobe nach VBBo mit Pürckhauer, 300 m ²	Klärschlamm	- nach VBBo (Feinerde <2 mm) - nach VVEA	
	PFAS-7/25	0 – 20 cm (OB) 30 - 50 cm (UB)	Flächenprobe nach VBBo mit Pürckhauer, 300 m ²	Klärschlamm	- nach VBBo (Feinerde <2 mm) - nach VVEA	
	PFAS-8/25	0 – 20 cm (OB) 30 - 50 cm (UB)	Flächenprobe nach VBBo mit Pürckhauer, 300 m ²	Klärschlamm	- nach VBBo (Feinerde <2 mm) - nach VVEA	
	PFAS-9/25	0 – 20 cm (OB) 30 - 50 cm (UB)	Flächenprobe nach VBBo mit Pürckhauer, 300 m ²	Klärschlamm, SM-Belastung	- nach VBBo (Feinerde <2 mm) - nach VVEA	
	PFAS-10/25	0 – 20 cm (OB) 30 - 50 cm (UB)	Flächenprobe nach VBBo mit Pürckhauer, 300 m ²	Klärschlamm, SM-Belastung	- nach VBBo (Feinerde <2 mm) - nach VVEA	
	Depot-nv 11/25	0 – 20 cm (OB+UB gemischt) (Depotbeprobung)	Flächenprobe nach VBBo mit Pürckhauer, 300 m ²	Klärschlamm, SM-Belastung	nach VVEA	
	Depot-OB 12/25	0 – 20 cm (OB) (Depotbeprobung)	Flächenprobe nach VBBo mit Pürckhauer, 300 m ²	Klärschlamm, SM-Belastung	- nach VBBo (Feinerde <2 mm) - nach VVEA	
	Depot-UB 13/25	0 – 20 cm (UB) (Depotbeprobung)	Flächenprobe nach VBBo mit Pürckhauer, 300 m ²	Klärschlamm, SM-Belastung	- nach VBBo (Feinerde <2 mm) - nach VVEA	

3.2.2 Aufbereitungsmethodik VBBo vs. VVEA

Basierend auf der aktuellen Projektplanung sind im Projektperimeter diverse Nutzungen (Baufelder mit Bodenabtrag, Familiengärten sowie Spielwiesen) geplant. Dementsprechend stellen sich für die spätere Beurteilung der Ergebnisse unter anderem verwertungs- und abfallrechtliche sowie auch altlastenrechtliche Fragestellungen.

Aus diesem Grund wurden sämtliche Ober- und Unterbodenproben (Ausnahme: Depot-nv) einerseits nach VBBo (nur Analyse der Feinerde <2 mm¹) sowie nach VVEA (Analyse der Gesamtfraktion) aufbereitet. Nur das Depot-nv, welches gemischten Bodenabtrag (Ober- und Unterboden) aus dem Bereich des UKR-Containerdorfs enthält und gemäss heutigem Kenntnisstand ohnehin aufgrund dessen Quecksilber-Belastung nicht verwertet werden kann (abfallrechtliche Fragestellung), wurde nur nach VVEA aufbereitet.

Da der vorliegende Schadstoff PFAS primär in der Feinerde (Anteil <2 mm) vermutet wird, ist mittels Aufbereitung nach VBBo von einem leicht höheren nachgewiesenen Summenwert auszugehen, als dies in der Gesamtfraktion mit Aufbereitung nach VVEA der Fall ist.

3.2.3 Massnahmen zur Verhinderung der PFAS-Verschleppung bei Bodenprobenahme

Bei der Probenahme wurden grundsätzlich die Richtlinien gemäss geltender Vollzugshilfen (Handbuch Probenahme [12] und Modul «Probenahme fester Abfälle» [12]) angewendet. Da PFAS jedoch in diversen Alltagsprodukten vorkommen, wurden zusätzlich folgende Massnahmen zur Verhinderung der Schadstoffverschleppung zwischen den Probenahme-Standorten und zwischen Ober- und Unterboden umgesetzt:

- Verwendung eines zweiteiligen Pürckhauer-Sets mit unterschiedlichen Durchmessern (ø 30 mm und ø 40 mm, teleskopiert) für eine stufenweise Probenentnahme, um eine Vermischung von Ober- und Unterboden zu vermeiden.
- Verwendung zweier verschiedener Spachtel für Ober- und Unterboden.
- Regelmässige Reinigung sämtlicher Probenahmegeräte (zweiteiliges Pürckhauer-Set inkl. beider Spachtel) bei jedem Wechsel der Probenahme-Standorte: bei Brunnen vor Ort, gespiesen mit Wasser aus Trinkwasserversorgung (nicht mit Wasser aus Untersuchungsgebiet).
- Verwendung von Handschuhen und Sonnencreme, welche nachweislich keine PFAS enthalten (geprüft mit ToxFox-App).
- Wechsel der Handschuhe zwischen den Bewirtschaftungseinheiten.
- Arbeit bei trockenen Bedingungen (kein Regen).
- Keine Verwendung von Bekleidung mit PFAS-Imprägnation (z. B. PFC-freie Regenjacke).

Eine Schadstoff-Verschleppung kann unter Berücksichtigung dieser Massnahmen zwar nicht gänzlich ausgeschlossen werden, da beim Pürckhauer-Vortrieb nach wie vor ein gewisses Risiko einer Verschleppung von Oberboden-Material in die Unterboden-Probe vorhanden ist. Allerdings wird das Kontaminationsrisiko mit der «teleskopierten» Probenahme (zweiteiliges Pürckhauer-Set) wesentlich reduziert und als gering eingestuft.

¹ Die Bodenproben werden in Umluft von 40 °C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet und auf die Kornfraktion von 2 mm abgesiebt, gemäss VBBo [2].

3.3 PFAS-Beprobungskonzept für Untergrund und Materialdepots

Das Beprobungskonzept zur PFAS-Untersuchung des Untergrunds und der Materialdepots vom 16.07.2025 wurde vorgängig Herrn Martin Moser (AWA Kanton Bern) zur Prüfung eingereicht, welcher dieses mit der E-Mail vom 22.07.25 schriftlich bestätigte (siehe Anhang A8).

In der Tabelle 3-2 wird das PFAS-Beprobungskonzept für den Untergrund und in der Tabelle 3-3 für die die Materialdepots zusammengefasst. Die Probenahme-Standorte sind im Plan Nr. 11287-05 im Anhang A11 ersichtlich. Infolge der vor Ort angetroffenen Verhältnisse erfolgten hierbei leichte Anpassungen (insb. betreffend Tiefe und Rückstellproben) gegenüber dem ursprünglichen Beprobungskonzept, welche in den folgenden Tabellen mit blauer Schrift markiert sind.

Tabelle 3-2: PFAS-Beprobungskonzept zur Untersuchung der PFAS-Belastung des Untergrunds (BS = Baggersondage).

Beprobungskonzept: PFAS-Untersuchung im Aushubmaterial	
Anzahl Baggersondagen innerhalb der Baugebiete (Bausteine)	7 Baggersondagen bis in max. 3.3 m Tiefe (6 BS im Viererfeld, 1 BS im Mittelfeld)
Entnahme-Tiefe pro Baggersondage	BS1/25: 0.5 – 0.8 m (chem. Analyse) 1 – 1.5 m (chem. Analyse) 2 – 2.5 m (Rückstellprobe*)
	BS2/25: Auf BS2/25 wurde verzichtet, da eine Sondage im Mittelfeld aufgrund der vorliegenden Belastungssituation als ausreichend beurteilt wurde.
	BS3/25: 0.5 – 0.8 m (chem. Analyse) 1 – 1.5 m (chem. Analyse) 2 – 2.5 m (Rückstellprobe*) 3 – 3.1 m (Rückstellprobe*)
	BS4/25: 0.5 – 0.8 m (chem. Analyse) 1 – 1.5 m (chem. Analyse) 2 – 2.5 m (Rückstellprobe*)
	BS5/25: 0.5 – 0.8 m (chem. Analyse) 1 – 1.5 m (chem. Analyse) 2 – 2.5 m (Rückstellprobe*)
	BS6/25: 0.5 – 0.8 m (chem. Analyse) 1 – 1.5 m (chem. Analyse) 2 – 2.5 m (Rückstellprobe*)
	BS7/25: 0.5 – 0.8 m (chem. Analyse) 1 – 1.5 m (chem. Analyse) 2 – 2.5 m (Rückstellprobe*) 3 – 3.3 m (Rückstellprobe*)
	BS8/25: 0.5 – 0.8 m (chem. Analyse) 1 – 1.5 m (chem. Analyse) 2 – 2.5 m (chem. Analyse) 3 – 3.1 m (chem. Analyse)
Anzahl Proben für chem. Analyse	16 Feststoffproben *Die 7 Rückstellproben waren nur nach Befund einer relevanten PFAS-Belastung in den oberen Schichten chemisch zu analysieren.
Analyse-Parameter	9 PFAS-Verbindungen gemäss BAFU: PFBA, PFPeA, PFHxA, PFHpA, PFOA, PFNA, PFBS, PFHxS, PFOS
Aufbereitungsmethodik	Aufbereitung nach VVEA (Gesamtfraktion)

Tabelle 3-3: PFAS-Beprobungskonzept zur Untersuchung der PFAS-Belastung der vor Ort vorhandenen **Materialdepots** (BS = Baggersondage). *Die Sondagen wurden jeweils auf den Depots bis zur jeweiligen Depotsohle (resp. bis zur Oberkante des natürlichen Terrains) ausgeführt.

Beprobungskonzept: PFAS-Untersuchung Material-Depots	
nv-Depot (11'101 m ³ _{lose} mit gemischtem Ober- und Unterboden) mit Bodenabtrag aus dem Bereich des Containerdorfs UKR	Annahme: Materialgemisch ist nicht vor Ort verwertbar und muss entsorgt / gewaschen werden (Prüfwert-Überschreitungen mit >10 mg/kg PAK und >0.5 mg/kg Quecksilber). - Entnahme von 9 Proben mittels Bagger bis in 2 m Tiefe*. - Unter Berücksichtigung der bereits durchgeführten Probe (Depot-nv11/25) ergibt dies ca. 1 Probe / 1'100 m³ Material. Zusätzliche Entnahme von 2 Proben für Kornverteilungsanalysen.
ev-Depot OB (1'764 m ³ _{lose}) mit Oberboden-Abtrag aus dem Bereich des Containerdorfs UKR	Annahme TP14: Depotmaterial wird trotz eingeschränkter Verwertbarkeit aufgrund der aktuellen Materialbilanz (Überschuss) nicht vor Ort verwertet und daher entsorgt / gewaschen. - Entnahme von 1 Probe mittels Bagger bis in 1.6 m Tiefe*. - Unter Berücksichtigung der bereits durchgeführten Probe (Depot-OB12/25) ergibt dies ca. 1 Probe / 880 m³ Material. Zusätzliche Entnahme von 1 Probe für Kornverteilungsanalyse.
ev-Depot UB (2'391 m ³ _{lose}) mit Unterboden-Abtrag aus dem Bereich des Containerdorfs UKR	Annahme TP14: Depotmaterial wird trotz eingeschränkter Verwertbarkeit aufgrund der aktuellen Materialbilanz (Überschuss) nicht vor Ort verwertet und daher entsorgt / gewaschen. - Entnahme von 2 Proben mittels Bagger bis in 1.6 m Tiefe*. - Unter Berücksichtigung der bereits durchgeführten Probe (Depot-UB13/25) ergibt dies ca. 1 Probe / 800 m³ Material. Zusätzliche Entnahme von 2 Proben für Kornverteilungsanalysen.
Pumptrack-Depot (Grobschätzung ca. 800 m³ Oberboden, nv)	Annahme: Nicht verwertbar (nv) und fachgerecht zu entsorgen, da eine Belastung von >10 mg/kg PAK vorliegt (>Prüfwert nach VBBo). - Entnahme von 2 Proben mittels Bagger bis in 1.6 – 1.8 m Tiefe*. - Ergibt ca. 1 Probe / 400 m³ Material. Zusätzliche Entnahme von 1 Probe für Kornverteilungsanalyse.
Anzahl Proben für PFAS-Analyse	Total 14 Proben (davon 9 Proben aus nv-Depot, 1 Probe aus ev-Depot OB, 2 Proben aus ev-Depot UB und 2 Proben aus Pumptrack-Depot)
PFAS-Analyse-Parameter	10 PFAS-Verbindungen (PFDA + 9 Einzelstoffe gemäss BAFU): PFBA, PFPeA, PFHxA, PFHpA, PFOA, PFNA, PFBS, PFHxS, PFOS + PFDA
Aufbereitungsmethodik	Aufbereitung nach VVEA (Gesamtfraktion)
Anzahl Proben für Siebkurven	Total 6 Proben (1 – 2 Proben pro Depot) für Kornverteilungsanalysen (zur Bestimmung des Feinanteils bez. Behandlung in Bodenwaschanlage).

Gemäss Bestätigung des AWA Kt. Bern (Anhang A8) wird hiermit davon ausgegangen, dass die Anzahl der Proben für die PFAS-Untersuchung der Materialdepots gemäss dem vorliegenden Beprobungskonzept in der Tab. 3-3 für die spätere Beantragung und Bewilligung von Entsorgungsgenehmigungen (EGI) ausreichend ist.

3.3.1 Analyseprogramm (Untergrund und Materialdepots)

Bei den Bodenproben der bestehenden Depots war - nebst den standardmässigen 9 PFAS-Verbindungen gemäss BAFU [14] - zusätzlich der Einzelstoff PFDA zu analysieren, da dieser im Rahmen der durchgeführten Untersuchungen im Mai 2025 im Oberboden nachgewiesen wurde (siehe Kap. 7.7). Auf die Analyse des Einzelstoffs PFUnDA wurde hingegen verzichtet, da dieser in keiner der untersuchten Bodenproben nachgewiesen werden konnte.

Weiter wurde für die Untersuchung der Untergrund-Proben auf eine zusätzliche Analyse des Einzelstoffs PFDA verzichtet, da dieser im Unterboden zwischen 30 – 50 cm Tiefe nicht mehr nachgewiesen werden konnte (Untergrund: nur chem. Analyse von 9 PFAS gemäss Empfehlung BAFU [14]).

Da bei den bestehenden Bodendepots südlich des Containerdorfs und nördlich des Pumptracks der Feinkornanteil für eine potenzielle Behandlung in einer Bodenwaschanlage limitierend sein, wurden auf Empfehlung seitens AWA Kanton Bern zusätzlich sechs Kornverteilungsanalysen (1 – 2 Siebkurven pro Depot) durchgeführt.

Weiter erfolgte die Aufbereitung sämtlicher Proben nach VVEA (Gesamtgehalt), da es sich beim Untergrundmaterial und beim zwischengelagerten Depot-Material um abfallrechtliche Fragestellungen handelt (keine Verwertung vor Ort gemäss aktuellem Stand der Kenntnisse).

3.3.2 Rückstellproben Untergrund

Die Rückstellproben aus den tieferen Schichten der Baggersondagen (unterhalb 2 m Tiefe) wurden im Rahmen der vorliegenden Untersuchung mit Ausnahme von BS8/25 nicht chemisch analysiert. Die Entnahme und Einlagerung als Rückstellproben erfolgten, damit bei einer nachweislichen Belastung der oberen Schichten eine chemische Analyse der Rückstellproben zu einem späteren Zeitpunkt möglich wäre. Dieser Fall trat bei BS8/25 auch ein, wobei hier aufgrund der Belastungssituation bis in 1.5 m Tiefe auch die darunterliegenden Schichten bis in 3.1 m Tiefe nachträglich noch analysiert wurden.

3.3.3 Massnahmen zur Verhinderung der PFAS-Verschleppung bei Baggersondagen

Bei der Probenahme wurden grundsätzlich die Richtlinien gemäss geltender Vollzugshilfen «Probenahme fester Abfälle» [12] angewendet. Da PFAS jedoch in diversen Alltagsprodukten vorkommen, wurden zusätzlich folgende Massnahmen zur Verhinderung der Schadstoffverschleppung zwischen den Probenahme-Standorten umgesetzt:

- Regelmässige Reinigung der Probenahmegeräte bei jedem Wechsel der Standorte.
- Verwendung von Handschuhen und Sonnencreme, welche nachweislich keine PFAS enthalten (geprüft mit ToxFox-App).
- Arbeit bei trockenen Bedingungen (kein Regen).
- Keine Verwendung von Bekleidung mit PFAS-Imprägnation (z. B. PFC-freie Regenjacke).

Bei der Probenahme wurden sämtliche Proben bis in 1.5 m Tiefe direkt aus der Profilwand entnommen, um eine allfällige Materialvermischung aus unterschiedlichen Tiefen zu verhindern. Haufwerksbeprobungen wurden nur bei den tieferen Schichten durchgeführt, bei denen eine direkte Beprobung aus der Profilwand aus Sicherheitsgründen (Einsturzgefahr) nicht möglich gewesen wäre.

4. Ergebnisse zur PFAS-Belastungssituation im Boden (Mai 2025)

4.1 Organoleptische Beobachtungen / Fremdstoffe im Boden

Die Feldbeobachtungen der organoleptischen Beurteilung des Ober- und Unterbodens sind im Anhang A5 a) aufgelistet. Im Oberboden und etwas geringfügiger im Unterboden wurden vereinzelt Anteile von 1 - 2 % mineralischen Bauabfällen wie Ziegelbruchstücke und schlackenähnliche Reste festgestellt. Auf dem Mittelfeld (Standorte PFAS-1/25 und PFAS-2/25) war oberflächlich ein blaues Dünger-Substrat ausgebracht (siehe Abb. A3-5 im Anhang A3). Im Viererfeld wurde die Landwirtschaftsfläche bei den Standorten PFAS-5/25 bis PFAS-8/25 einige Tage vor der Probenahme (06.05.2025) mit Mist gedüngt.

4.2 Laborergebnisse mit Aufbereitung nach VBBo

Die Laborberichte der Bachema AG vom 23.05.2025 sind im Anhang A10 beigelegt. Zur besseren räumlichen Übersicht wird die Belastungssituation zusätzlich in den Plänen im Anhang A11 (Oberboden: Plan Nr. 11287-06 und Unterboden: Plan Nr. 11287-07) dargestellt. Folgend werden die Laborergebnisse der Summe der 11 PFAS (kurz: $\Sigma 11\text{PFAS}$) mit Aufbereitung nach VBBo (nur Anteil < 2 mm) beschrieben. Da bislang noch keine rechtsverbindlichen Richt- und Prüfwert für PFAS vorliegen, werden zur ersten Einordnung der Laborwerte die im Kap. 1.4.3 erwähnten VVEA-Grenzwert-Empfehlungen beigezogen. Die Ergebnisse mit Aufbereitung nach VVEA werden in den Kap. 4.3 und 4.4 näher erörtert.

4.2.1 Oberboden-Analysen (Aufbereitung nach VBBo)

Die Abbildung 4-1 stellt pro Probenahme-Standort die kumulierten Einzelstoffe der Summe von 11 PFAS im Oberboden (0 – 20 cm Tiefe) mit Aufbereitung nach VBBo (nur Anteil < 2 mm) graphisch dar. In allen untersuchten Oberbodenproben zeigt sich, dass der Anteil des Einzelstoffs PFOS innerhalb der Summe der 11 PFAS dominierend ist. An zweiter Stelle folgt der Anteil des Einzelstoffs PFOA.

In 9 von 11 Oberbodenproben kann zudem der Einzelstoff PFDA (zusätzlicher Einzelstoff nebst den vorgegebenen 9 BAFU-Analyten) über der Nachweisgrenze bestimmt werden (max. 0.4 µg/kg PFDA bei «PFAS-10/25»). Der zusätzliche Einzelstoff PFUnDA konnte hingegen in keiner der Proben nachgewiesen werden. Die konkreten Ergebnisse fürs Mittel- und Viererfeld werden wie folgt zusammengefasst:

a) Mittelfeld

Die zwei linken Säulen des Diagramms in Abbildung 4-1 zeigen die aufsummierten Analyse-Resultate der Probenahme-Standorte im Mittelfeld («PFAS-1/25» und «PFAS-2/25»). Die nachgewiesenen PFAS-Gehalte im Oberboden liegen im Mittelfeld beim Standort «PFAS-1/25» bei **1,7 µg/kg $\Sigma 11\text{PFAS}$** und beim Standort «PFAS-2/25» bei **2,0 µg/kg $\Sigma 11\text{PFAS}$** . Somit wird im Mittelfeld der vom BAFU empfohlene B-Wert von 2.5 µg/kg (ungewichtete ΣPFAS) im Oberboden eingehalten.

b) Viererfeld

Der südliche Teil des Viererfelds zeigt, dass beim Standort «PFAS-3/25» mit **7,2 µg/kg $\Sigma 11\text{PFAS}$** und beim Standort «PFAS-4/25» mit **5,9 µg/kg $\Sigma 11\text{PFAS}$** erhöhte PFAS-Gehalte vorliegen.

Ähnliches gilt für den Norden des Viererfelds. Hier wurden beim Standort «PFAS-9/25» mit **5,8 µg/kg $\Sigma 11\text{PFAS}$** und beim Standort «PFAS-10/25» mit **8,8 µg/kg $\Sigma 11\text{PFAS}$** ebenfalls erhöhte Gehalte über dem vom BAFU empfohlene E-Wert von 5 µg/kg (ungewichtete ΣPFAS) nachgewiesen. Dies gilt auch für das beprobte Oberboden-Depot beim Standort «Depot-OB12/25» (mit 1'764 m³_{lose} Oberboden aus dem Bereich des UKR-Containerdorfs [25]), bei welchem ein Summenwert von **8,6 µg/kg $\Sigma 11\text{PFAS}$** gemessen wurde. Inmitten des Viererfelds (Standorte «PFAS-5/25» bis «PFAS-8/25» gemäss Plan Nr. 11'278-06) liegen die nachgewiesenen Summen der 11 PFAS zwischen **3,4 bis 4,5 µg/kg**. Der vom BAFU empfohlene E-Wert von 5 µg/kg (ungewichtete ΣPFAS) wird hier somit nicht überschritten.

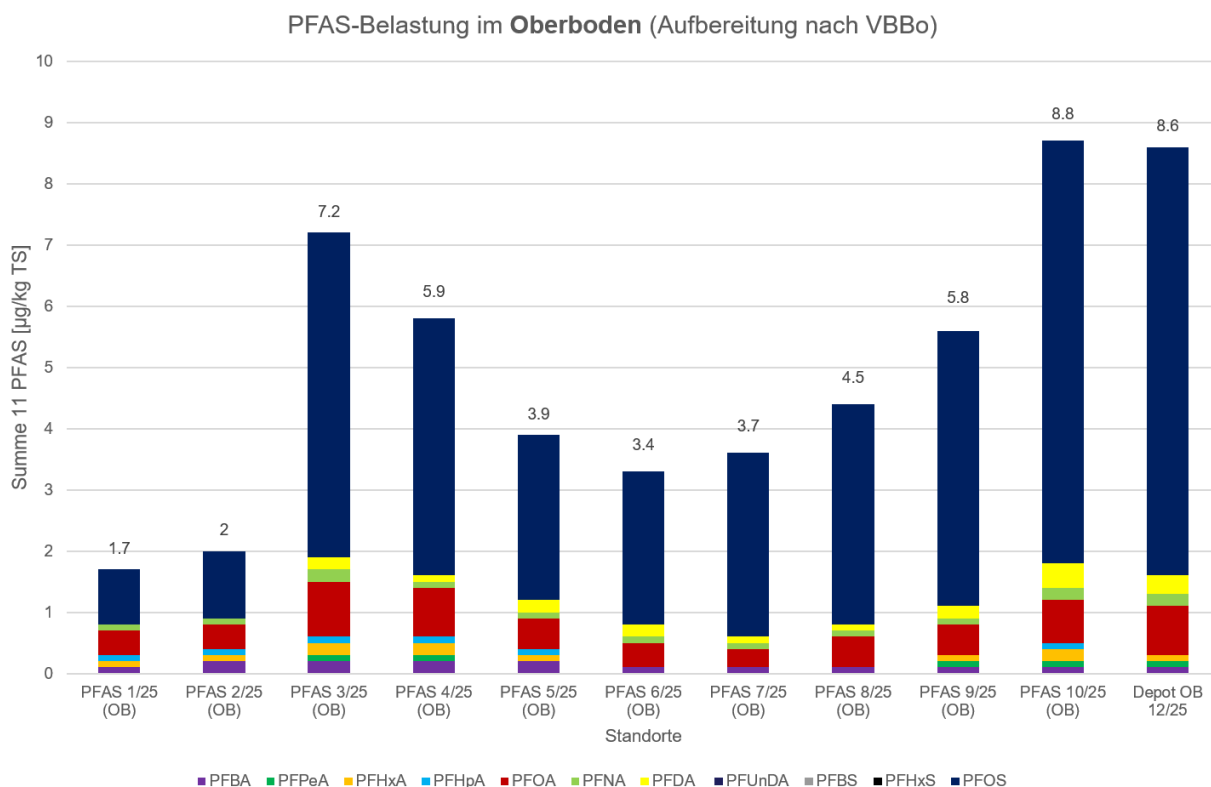


Abbildung 4-1: PFAS-Belastung im Oberboden (0 – 20 cm Tiefe) mit Aufbereitung nach VBBo, aufgeschlüsselt nach 11 PFAS-Einzelstoffen. Die PFOS-Belastung ist in jeder Probe dominierend, nebst der PFAO-Belastung an zweiter Stelle. Die Werte über den Balken stellen jeweils die gemäss Laborbericht verbindlichen Summenwerte ohne Rundung dar.

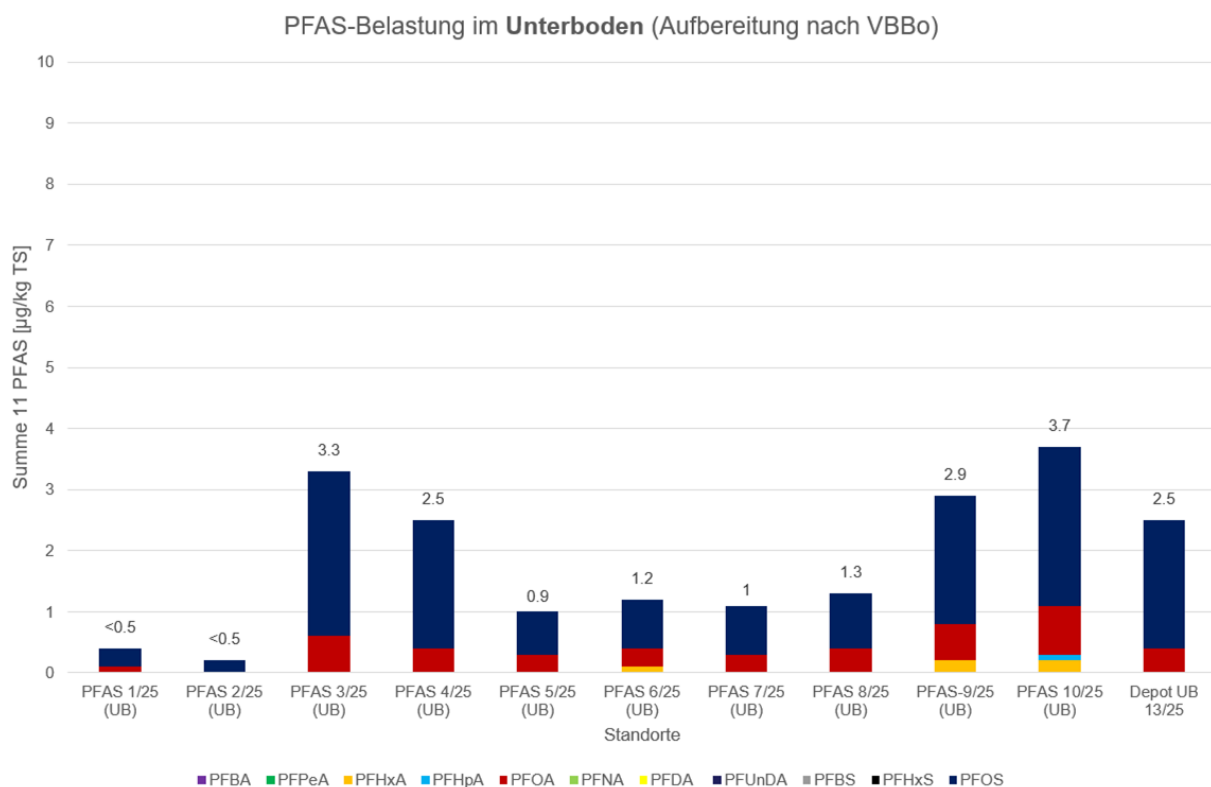


Abbildung 4-2: PFAS-Belastung im Unterboden (30 – 50 cm Tiefe) mit Aufbereitung nach VBBo, aufgeschlüsselt nach 11 PFAS-Einzelstoffen. Die PFOS-Belastung ist auch im Unterboden in jeder Probe dominierend, nebst PFAO-Belastung an zweiter Stelle. Die Werte über den Balken stellen jeweils die gemäss Laborbericht verbindlichen Summenwerte ohne Rundung dar.

4.2.2 Unterboden-Analysen (Aufbereitung nach VBBo)

Die Abbildung 4-2 stellt jeweils pro Probenahme-Standort die kumulierten Einzelstoffe der Summe von 11 PFAS im Unterboden (30 – 50 cm Tiefe) mit Aufbereitung nach VBBo (nur Anteil < 2 mm) graphisch dar. Dabei zeigt sich, dass auch im Unterboden der Anteil des Einzelstoffs PFOS innerhalb der Summe der 11 PFAS am höchsten vertreten ist, während an zweiter Stelle der Einzelstoff PFOA folgt.

Weiter zeigt sich, dass in keiner der 11 Unterbodenproben die Einzelstoffe PFDA oder PFUnDA über der Nachweisgrenze von 0.1 µg/kg nachgewiesen werden konnten (zusätzlich analysierte Einzelstoffe nebst den vorgegebenen 9 BAFU-Analyten). Die weiteren Ergebnisse für den Unterboden des Mittel- und Viererfelds werden wie folgt zusammengefasst:

a) Mittelfeld

Die Analyse-Ergebnisse der Summe von 11 PFAS zeigen im Mittelfeld bei beiden Standorten «PFAS-1/25» und «PFAS-2/25» Summenwerte von **weniger als 0.5 µg/kg Σ 11PFAS** im Unterboden auf. Allerdings konnte der Einzelstoff PFOS in beiden Unterboden-Proben über der Bestimmungsgrenze von 0.1 µg/kg PFAS gemessen werden. Der vom BAFU empfohlene A-Wert von 0.5 µg/kg (ungewichtete Σ PFAS) wird jedoch in beiden Unterboden-Proben des Mittelfelds eingehalten.

b) Viererfeld

Im Viererfeld zeigt sich, dass der beprobte Unterboden im Süden («PFAS-3/25» und «PFAS-4/25») sowie im Norden («PFAS-9/25» und «PFAS-10/25») Summenwerte zwischen **2.5 bis max. 3.7 µg/kg Σ 11PFAS** aufweist. Der vom BAFU empfohlenen E-Wert von 5 µg/kg (ungewichtete Σ PFAS) wird somit im Unterboden im Süden und im Norden des Viererfelds (siehe Plan Nr. 11'278-07) nicht überschritten. Dies betrifft ebenfalls den Standort «PFAS-4/25» im Bereich des ehemaligen Baufelds des Neufeldtunnels, bei dem ein Summenwert von genau 2.5 µg/kg Σ 11PFAS im Unterboden gemessen wurde. Der PFAS-Gehalt liegt hier somit genau auf dem vom BAFU empfohlenen B-Wert von 2.5 µg/kg (ungewichtete Σ PFAS), was bei der Beurteilung zu berücksichtigen ist (siehe Diskussion im Kap. 7).

Inmitten des Viererfelds bei den Standorten «PFAS-5/25» bis «PFAS-8/25» konnten (analog zur Oberboden-Belastungssituation) leicht tiefere Werte zwischen **0.9 bis max. 1.3 µg/kg Σ 11PFAS** gemessen werden. Der vom BAFU empfohlene T-Wert von 1.5 µg/kg (ungewichtete Σ PFAS) wird somit inmitten des Viererfelds (siehe Plan Nr. 11'278-07) im Unterboden eingehalten.

4.3 Gemischtes Depot nv (Aufbereitung nach VVEA)

Die Probenahme beim Standort «Depot-nv11/25» erfolgte auf dem Depot mit ca. 11'101 m³_{lose} gemischtem Ober- und Unterboden aus dem Bereich des UKR-Containerdorfs [25]. Die Probe wurde nach VVEA aufbereitet, da hier aufgrund der bereits nachgewiesenen Belastung mit Quecksilber (und ferner mit Σ PAK und Benzo(a)pyren [25]) ohnehin eine abfallrechtliche Fragestellung vorliegt.

Die chemischen Analysen zeigen, dass die Probe «Depot-nv11/25» einen Summenwert von **5 µg/kg Σ 11PFAS** aufweist. Der hier nachgewiesene Wert liegt somit genau auf dem vom BAFU empfohlenen E-Wert von 5 µg/kg (ungewichtete Σ PFAS). Da für eine abfallrechtliche Beurteilung nur eine analysierte Probe auf eine zwischengelagerte Menge von ca. 11'101 m³_{lose} nicht ausreichend repräsentativ ist, wurde in Absprache mit der zuständigen Behörde (AWA Kt. Bern) im Nachgang zusätzliche Depotbehebungen und Analysen durchgeführt (siehe Ergebnisse im Kapitel 6).

4.4 Resultate der Aufbereitung VBBo vs. VVEA

Wie bereits im Kap. 3.2.2 erwähnt, wurden die Boden-Proben (Entnahme im Mai 2025) für einen Vergleich der Analytik und für eine allfällige abfallrechtliche Abklärung zusätzlich nach VVEA aufbereitet. Der einzige Unterschied liegt hierbei in der Probenaufbereitung betreffend Fraktion (hingegen kein Unterschied bez. Extraktion im Falle von PFAS). Mit Aufbereitung nach VVEA wird die Gesamtfraktion untersucht, während nach VBBo nur der Feinanteil mit Korndurchmesser <2 mm chemisch analysiert wird.

a) Oberboden (0 – 20 cm Tiefe)

In der Abbildung 4-3 werden die Laborergebnisse von insgesamt 11 Oberboden-Proben (dargestellt als Klammer) mit Aufbereitung nach VBBo mit dem jeweiligen Analyseresultat mit Aufbereitung nach VVEA gegenübergestellt.

Dabei zeigt sich, dass mit Aufbereitung nach VVEA erwartungsgemäss geringere PFAS-Belastungen resultieren, als dies mit Aufbereitung nach VBBo der Fall ist. Die Differenz zwischen den beiden Aufbereitungsmethoden variiert im Oberboden zwischen **0,1 µg/kg Σ11PFAS** (Proben «PFAS-1/25» und «PFAS-7/25») bis maximal **0,9 µg/kg Σ11PFAS** (Probe «PFAS-4/25»).

Wird innerhalb der 11 Proben der durchschnittliche Faktor zwischen den beiden Aufbereitungsmethoden berechnet, zeigt sich, dass im Oberboden mit Aufbereitung nach VVEA rund 10 % geringere PFAS-Gehalte als mit Aufbereitung nach VBBo gemessen werden (Ø Faktor: 0,92).

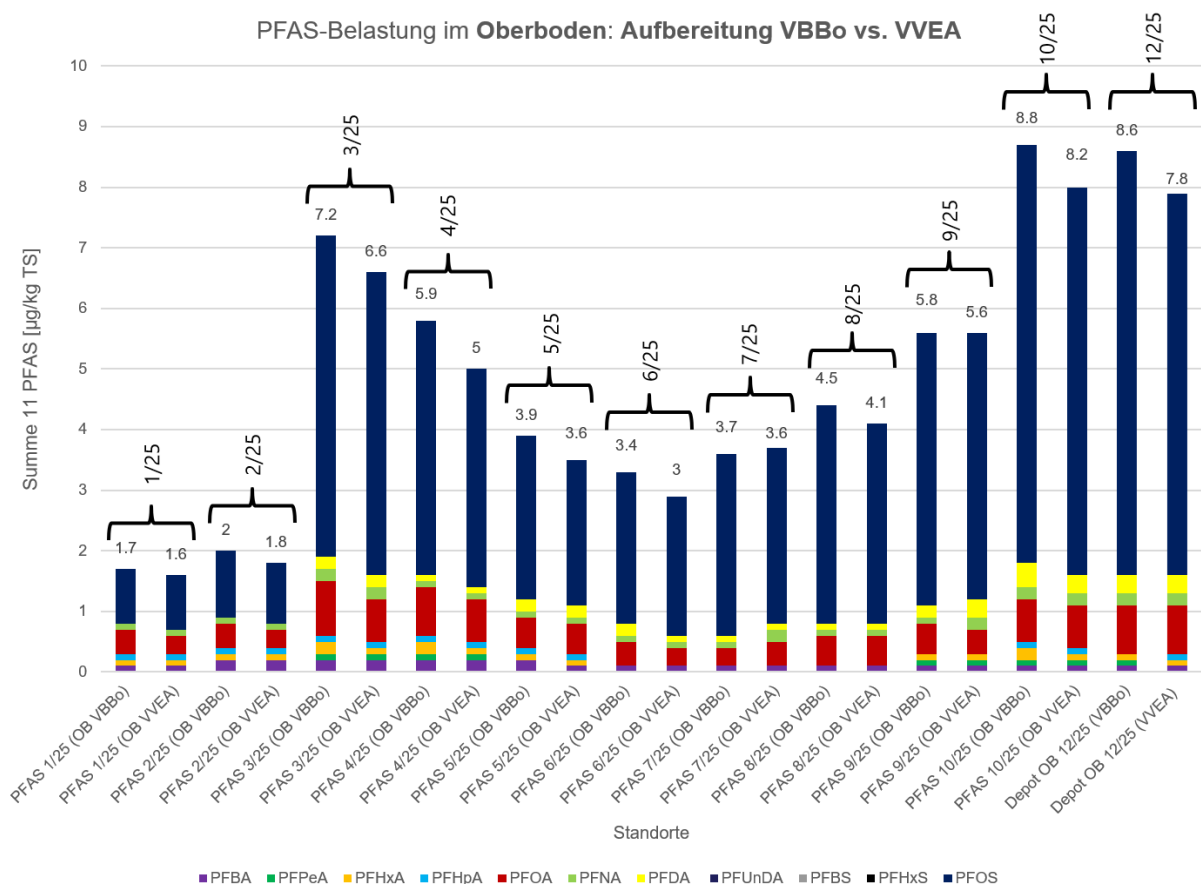


Abbildung 4-3: Aufbereitung VBBo vs. VVEA im Oberboden: Die Klammern zeigen jeweils Proben derselben Entnahme-Standorte auf, welche einmal nach VBBo (Analyse nur vom Feinanteil <2 mm) und einmal nach VVEA (Analyse der Gesamtfraktion) aufbereitet wurden. Die Aufbereitung nach VVEA zeigt dabei erwartungsgemäss leicht geringere PFAS-Summenwerte.

b) Unterboden (30 – 50 cm Tiefe)

Analog zum Oberboden, werden in der Abbildung 4-4 die Laborergebnisse von 11 Unterboden-Proben pro Standort (dargestellt als Klammer) jeweils mit dem Analyseresultat der Aufbereitung nach VBBo mit demjenigen der Aufbereitung nach VVEA gegenübergestellt.

Dabei zeigt sich im Unterboden ein ähnliches Bild wie im Oberboden, wobei auch hier mit der Aufbereitung nach VVEA leicht geringere Summenwerte als mit Aufbereitung nach VBBo nachgewiesen wurden. Die maximale Differenz zwischen den beiden Aufbereitungsmethoden liegt im Unterboden bei **0.3 µg/kg Σ11PFAS** (Proben «PFAS-4/25», «PFAS-9/25» und «PFAS-10/25»). Im kieshaltigen Unterboden ist die Repräsentativität dieser Ergebnisse aufgrund der Probenahme-Methodik mittels Pürckhauer jedoch eingeschränkt (siehe Diskussion in Kap. 7.5).

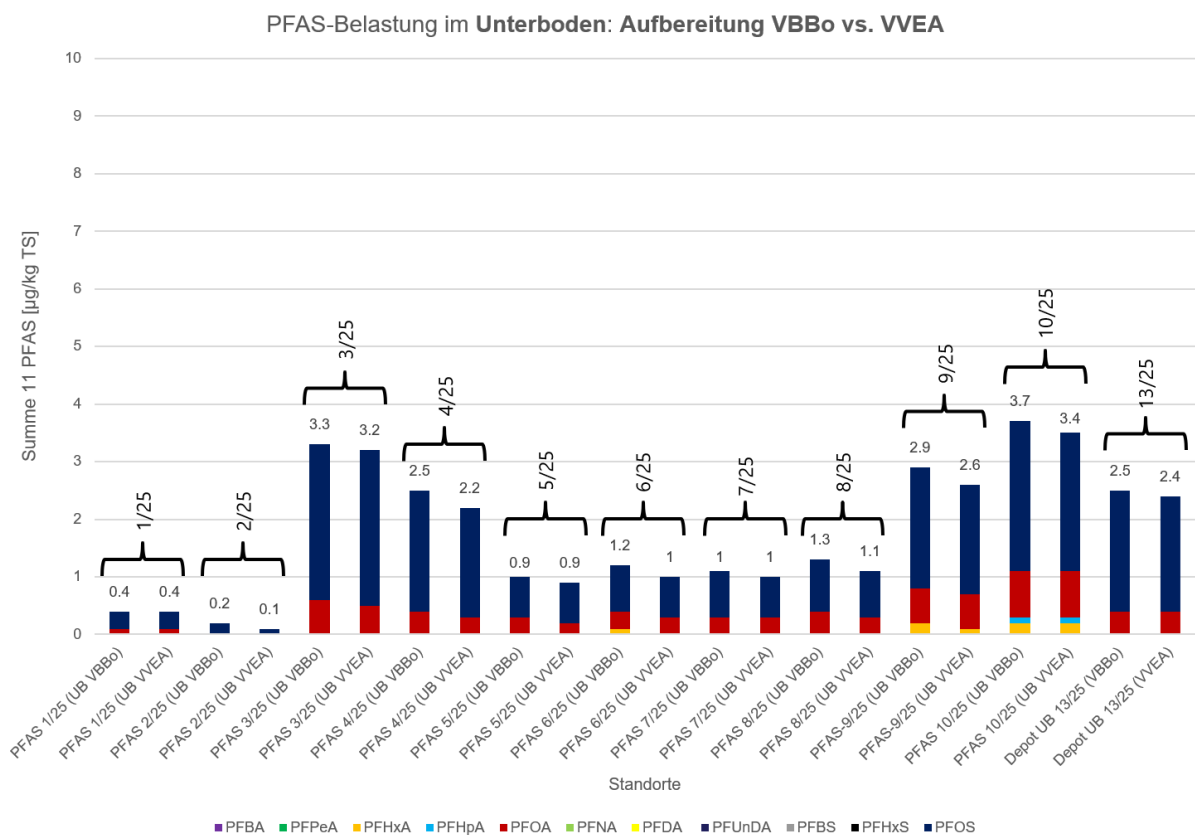


Abbildung 4-4: Aufbereitung VBBo vs. VVEA im Unterboden: Die Klammern zeigen jeweils Proben derselben Entnahme-Standorte auf, welche einmal nach VBBo (Analyse nur vom Feinanteil <2 mm) und einmal nach VVEA (Analyse der Gesamtfraktion) aufbereitet wurden. Die Aufbereitung nach VVEA zeigt dabei erwartungsgemäss leicht geringere PFAS-Summenwerte.

5. Ergebnisse zur PFAS-Belastungssituation im Untergrund (Juli 2025)

5.1 Organoleptische Beobachtungen / Fremdstoffe im Untergrund

Die beobachteten Fremdstoffe innerhalb der Baggersondagen BS1/25 bis BS8/25 sind den Sondierprofilen im Anhang A9 zu entnehmen (siehe auch Fotodokumentation im Anhang A3 b). Zusammengefasst konnten bis max. 0.8 m Tiefe vereinzelt weniger als 1 % mineralische Bauabfälle (Ziegelbruch) festgestellt werden. Der Baggersondage BS1/25 wurde zudem in rund 1.5 m Tiefe ein zugeschnittenes Stück Rundholz festgestellt, was auf eine künstliche Umlagerung dieser Schicht hinweisen könnte.

5.2 Laborergebnisse mit Aufbereitung nach VVEA

Die Ergebnisse der PFAS-Analyse der Baggersondagen BS1/25 bis BS8/25 sind den Laborberichten der Bachema AG im Anhang A10 zu entnehmen und werden in der Tabelle 5-1 zusammengefasst. Weiter wird die Belastungssituation im Untergrund im Plan Nr. 11287-08 (Anhang A11) dargestellt.

Die Laborresultate (Σ 9PFAS mit Aufbereitung nach VVEA) zeigen, dass die Mehrheit der Sondagen (BS1/25 bis BS6/25) ab 0.5 m Tiefe weniger als 0.5 $\mu\text{g/kg}$ Σ 9PFAS aufweisen, wobei hier einzig der Einzelstoff PFOS über der Bestimmungsgrenze von 0.1 $\mu\text{g/kg}$ Σ 9PFAS nachgewiesen wurde.

Bei BS7/25 und BS8/25 wurden hingegen leicht erhöhte PFOS- und PFOA-Gehalte gemessen, welche in der Summe über dem Grenzwert von 0.5 $\mu\text{g/kg}$ Σ 9PFAS liegen. So wurden bei BS7/25 bis in 0.8 m Tiefe insgesamt 1.4 $\mu\text{g/kg}$ Σ 9PFAS nachgewiesen, während bei BS8/25 eine PFAS-Belastung bis in 1.5 m Tiefe von 0.6 $\mu\text{g/kg}$ Σ 9PFAS festgestellt wurde. Die zur Absicherung zusätzlich analysierten Proben von BS8/25 wiesen hingegen in 2 bis 2.5 m und 3 bis 3.1 m Tiefe keine PFAS-Belastung über der Bestimmungsgrenze mehr auf.

Tabelle 5-1: Zusammenfassung der PFAS-Ergebnisse der Untergrund-Beprobung mittels Baggersondagen gemäss Laborberichte der Bachema AG im Anhang A10 mit Aufbereitung nach VVEA.

Sondage-Nr.	Entnahmetiefe [m]	PFBA [$\mu\text{g/kg}$]	PFPeA [$\mu\text{g/kg}$]	PFHxA [$\mu\text{g/kg}$]	PFHpA [$\mu\text{g/kg}$]	PFOA [$\mu\text{g/kg}$]	PFNA [$\mu\text{g/kg}$]	PFBS [$\mu\text{g/kg}$]	PFHxS [$\mu\text{g/kg}$]	PFOS [$\mu\text{g/kg}$]	Summe 9 PFAS [$\mu\text{g/kg}$]
BS1/25	0.5 - 0.8	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	<0.5
	1.0 - 1.5	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.5
BS3/25	0.5 - 0.8	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.2	<0.5
	1.0 - 1.5	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	<0.5
BS4/25	0.5 - 0.8	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.3	<0.5
	1.0 - 1.5	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.5
BS5/25	0.5 - 0.8	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.2	<0.5
	1.0 - 1.5	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.5
BS6/25	0.5 - 0.8	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	<0.5
	1.0 - 1.5	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	<0.5
BS7/25	0.5 - 0.8	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	1.4	1.4
	1.0 - 1.5	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.3	<0.5
BS8/25	0.5 - 0.8	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.2	<0.1	<0.1	<0.1	1.1	1.3
	1.0 - 1.5	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.5	0.6
	2.0 - 2.5	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.5
	3.0 - 3.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.5

6. Ergebnisse zur PFAS-Belastungssituation der Depots (Juli 2025)

6.1 Organoleptische Beobachtungen / Fremdstoffe

Die Feldbeobachtungen der Depot-Beprobung sind im Probenahmeprotokoll im Anhang A5 b) ersichtlich und werden in der Fotodokumentation im Anhang A3 c) dargestellt. Im Rahmen der Depotbeprobung wurden vereinzelt Anteile < 1 % mineralischen Bauabfällen wie Ziegelbruch- und Porzellanstücke sowie schlackenähnliche Reste festgestellt.

Ebenfalls zeigte sich, dass der gewachsene Boden unterhalb der Depots grau und faulig riechend war. Dessen Verwertungseignung wird aufgrund seiner physikalischen Eigenschaften (verdichtet, grau) als nicht verwertbar beurteilt. Diese Beurteilung wurde bereits durch die Projektplanung in der Massenbilanz berücksichtigt und die Bodenkubaturen unterhalb der Depots in der Bilanz entsprechend abgezogen (Stand vom 26.08.2025.)

6.2 Laborergebnisse mit Aufbereitung nach VVEA

Der Laborbericht der Bachema AG zur chemischen Analyse der Summe von 10 PFAS (Aufbereitung nach VVEA) ist im Anhang A10 dem vorliegenden Bericht beigelegt. In Tabelle 6-1 werden die Resultate der Depot-Analysen zusammengefasst. Für die abfallrechtliche Beurteilung wurde zusätzlich der jeweilige Mittelwert der $\Sigma 10$ PFAS pro Depot berechnet und die jeweiligen Depot-Kubaturen angegeben (rechte Spalten). Für die Mittelwertberechnung wurden die drei Depot-Analysen aus der Flächenbeprobung vom Mai 2025 (grau in Tabelle 6-1, Entnahme mittels Pürckhauer und nach VVEA aufbereitet) mitberücksichtigt.

Tabelle 6-1: Zusammenfassung der PFAS-Ergebnisse der Depot-Beprobung gemäss Laborberichte der Bachema AG im Anhang A10 mit Aufbereitung nach VVEA. In kursiver Schrift sind zudem die Flächenproben vom Mai 2025 (Aufbereitung nach VVEA) ergänzt, welche für die Berechnung des Mittelwerts pro Depot berücksichtigt wurden. Zusätzlich sind in der rechten Spalte zur Übersicht die zwischengelagerten Depotmengen dargestellt.

Proben-Name	Entnahmetiefe [m]	PFBA [µg/kg]	PFPeA [µg/kg]	PFHxA [µg/kg]	PFHpA [µg/kg]	PFOA [µg/kg]	PFNA [µg/kg]	PFDA [µg/kg]	PFBS [µg/kg]	PFHxS [µg/kg]	PFOS [µg/kg]	Summe 10 PFAS [µg/kg]	Ø pro Depot ($\Sigma 10$ PFAS) [µg/kg]	Kubatur [m³lose]
Nr. 1a, Depot-OB ev/25 Mischprobe	0 - 1.6	0.1	0.1	0.2	0.1	0.9	0.2	0.3	<0.1	<0.1	7.2	9.1	Ø 8.5	1'746
Depot OB 12/25	0 - 0.2	0.1	<0.1	0.1	0.1	0.8	0.2	0.3	<0.1	<0.1	6.3	7.8		
Nr. 1a, Depot-UB ev/25 Mischprobe	0 - 1.6	<0.1	<0.1	0.1	<0.1	0.8	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	2.6	3.5	Ø 3.2	2'391
Nr. 2a, Depot-UB ev/25 Mischprobe	0 - 1.6	<0.1	<0.1	0.1	<0.1	0.7	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	2.8	3.7		
Depot UB 13/25	0 - 0.2	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.4	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	2	2.4		
Nr. 1, Pumtrack Depot/25 Mischprobe	0 - 1.6	0.1	<0.1	<0.1	0.1	0.5	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	3.9	4.6	Ø 5.4	ca. 800
Nr. 2a, Pumtrack Depot/25 Mischprobe	0 - 1.8	<0.1	0.1	0.1	0.1	0.8	0.1	0.1	<0.1	<0.1	4.8	6.2		
Nr. 1, Depot-nv/25 Mischprobe	0 - 2.0	<0.1	<0.1	0.1	<0.1	0.9	0.1	0.2	<0.1	<0.1	6.5	7.8	Ø 6.6	11'101
Nr. 2, Depot-nv/25 Mischprobe	0 - 2.0	<0.1	<0.1	0.2	0.1	1.1	0.1	0.1	<0.1	<0.1	6.5	8.1		
Nr. 3, Depot-nv/25 Mischprobe	0 - 2.0	<0.1	<0.1	0.1	<0.1	0.7	<0.1	0.1	<0.1	<0.1	5.4	6.4		
Nr. 4, Depot-nv/25 Mischprobe	0 - 2.0	<0.1	<0.1	0.1	<0.1	0.8	0.1	0.1	<0.1	<0.1	5.3	6.5		
Nr. 5a, Depot-nv/25 Mischprobe	0 - 2.0	<0.1	<0.1	0.1	<0.1	0.6	0.1	0.2	<0.1	<0.1	4.7	5.7		
Nr. 6, Depot-nv/25 Mischprobe	0 - 2.0	<0.1	<0.1	0.2	<0.1	0.9	0.1	0.1	<0.1	<0.1	5.9	7.2		
Nr. 7, Depot-nv/25 Mischprobe	0 - 2.0	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.5	<0.1	0.1	<0.1	<0.1	4.7	5.3		
Nr. 8a, Depot-nv/25 Mischprobe	0 - 2.0	<0.1	0.1	0.2	<0.1	0.9	0.1	0.2	<0.1	<0.1	6.9	8.4		
Nr. 9, Depot-nv/25 Mischprobe	0 - 2.0	<0.1	<0.1	0.1	<0.1	0.6	<0.1	0.1	<0.1	<0.1	4.9	5.7		
Depot nv 11/25 (OB+UB gemischt)	0 - 0.2	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.5	0.1	0.1	<0.1	<0.1	4.3	5		

Die Laborergebnisse zeigen, dass die Oberboden-Depots (Depot OB-ev und Pumptrack-Depot) im Durchschnitt mehr als 5 µg/kg Σ9PFAS aufweisen (Depot-OB-ev: $\bar{x}$ 8.5 Σ10PFAS und Pumptrack-Depot: $\bar{x}$ 5.4 Σ10PFAS). Auch das nv-Depot mit 11'101 m³ Material weist im Mittelwert von 10 Einzelproben einen Σ10PFAS-Gehalt von 6.6 µg/kg auf. Einzig das Unterbodendepot (UB-Depot-ev) zeigt ein etwas tieferen Mittelwert mit 3.2 µg/kg Σ10PFAS und hält somit den Grenzwert von 5 µg/kg (ungewichtete ΣPFAS) ein.

Zur Übersicht werden in der rechten Spalte der Tabelle 6-1 die vor Ort zwischengelagerten Mengen pro Depot abgebildet. Beim Pumptrack-Depot mit 800 m³_{lose} handelt es sich um eine Grobschätzung anhand der vor Ort angetroffenen Depot-Höhen, welche im Rahmen einer Vermessung ggf. zu überprüfen ist. Die restlichen Kubatur-Angaben wurden bereits mit Vermessungen Dritter validiert.

6.3 Korngrößenverteilung der Depots

Die Ergebnisse der Sieb- und Schlämmanalysen zur Bestimmung der Korngrößenverteilung der Depots vor Ort sind in den Laborberichten im Anhang A10 ersichtlich und werden in der folgenden Tabelle zusammengefasst. Dabei zeigt sich, dass die zwei Oberbodendepots (Depot-OB-ev und Pumptrack-Depot) sowie das Unterbodendepot (Depot-UB-ev) zwischen 16 bis 19 % Feinkornanteil (Ton und Silt) enthalten (siehe rechte Spalte in Tabelle 6-2). Beim Depot-nv (Ober- und Unterboden gemischt) variiert der Feinanteil zwischen 21 bis 29 %.

Tabelle 6-2: Zusammenfassung der Sieb- und Schlämmanalyse-Resultate gemäss Laborberichte im Anhang A10 mit zusätzlicher Ausweisung des Feinkornanteils (Summe Ton und Silt) in der rechten Spalte.

Probenbezeichnung	Proben-Nr. Bachema	Entnahmetiefe [m]	Korngrößenverteilung (Sieb- und Schlämmanalyse)					Summe Feinkornanteil (Ton + Silt) [%]
			Ton Ø < 0.002 mm [%]	Silt 0.002 - 0.063 mm [%]	Sand 0.063 - 2 mm [%]	Kies 2 - 63 mm [%]	Steine Ø > 63 mm [%]	
Nr. 1b, Depot-OB ev/25 Mischprobe	45829	0 - 1.6 m	1	15	67	17	0	16
Nr. 1b, Depot-UB ev/25 Mischprobe	45831	0 - 1.6 m	3	16	39	42	0	19
Nr. 2b, Depot-UB ev/25 Mischprobe	45833	0 - 1.6 m	3	16	44	37	0	19
Nr. 2b, Pumptrack Depot/25 Mischprobe	45836	0 - 1.8 m	1	15	67	17	0	16
Nr. 5b, Depot-nv/25 Mischprobe	45822	0 - 2.0 m	3	26	25	30	16	29
Nr. 8b, Depot-nv/25 Mischprobe	45826	0 - 2.0 m	2	19	58	21	0	21

7. Diskussion der Ergebnisse

7.1 Boden mit Aufbereitung nach VBBo

Mittelfeld: Die Laborergebnisse der Bodenuntersuchung nach VBBo zeigen, dass die Oberbodenproben des Mittelfelds aus 0 - 20 cm Tiefe eine PFAS-Belastung zwischen 1.5 bis 2.5 µg/kg Σ11PFAS aufweisen. In den Unterbodenproben des Mittelfelds wird mit <0.5 µg/kg Σ11PFAS eine Abnahme der PFAS-Belastung nachgewiesen.

Viererfeld: Hier zeigen die chemischen Analysen weiter, dass in den Oberbodenproben eine geringe bis mittlere PFAS-Belastung vorliegt. So werden im südlichen und nördlichen Teil des Viererfelds Summenwerte von 5 bis max. 8.8 µg/kg Σ11PFAS gemessen, womit der vom BAFU empfohlene E-Wert von 5 µg/kg (ungewichtete ΣPFAS) überschritten wird. Im mittleren Bereich des Viererfelds (bei «PFAS-5/25» bis «PFAS-8/25») variiert die Oberboden-Belastung zwischen 2.5 – 5 µg/kg Σ11PFAS.

Weiter kann im Unterboden des Viererfelds ebenfalls eine Abnahme der PFAS-Belastung gegenüber der Oberbodenbelastung nachgewiesen werden. Diese ist im südlichen und nördlichen Viererfeld mit 2,5 bis 5 µg/kg Σ11PFAS leicht höher als im mittleren Bereich des Viererfelds mit 0.5 bis 1.5 µg/kg Σ11PFAS.

Wie erwähnt, liegt der Summenwert bei «PFAS-4/25» genau auf dem vom BAFU empfohlenen B-Wert von 2.5 µg/kg (ungewichtete ΣPFAS). Hier ist zu berücksichtigen, dass mit der Auswahl von 11 Analyten möglicherweise nicht alle tatsächlich vorhandenen PFAS-Einzelstoffe im Boden nachgewiesen wurden. Auch in Anbetracht dessen, dass der Oberboden im südlichen und nördlichen Viererfeld eine erhöhte Belastung von mehr als 5 µg/kg Σ11PFAS aufweist, werden die beiden Standorte in den Belastungsplänen im Anhang A11 im Sinne einer Worst-Case-Betrachtung als Grenzwert-Überschreitung betrachtet.

7.2 Untergrund mit Aufbereitung nach VVEA

Die Laborresultate der Untergrund-Analysen (Σ9PFAS mit Aufbereitung nach VVEA) zeigen, dass nur bei den nördlichen zwei Sondagen BS7/25 und BS8/25 leicht erhöhte PFAS-Gehalte über dem Grenzwert von 0.5 µg/kg Σ9PFAS gemessen wurden. Die restlichen Baggersondagen (BS1/25 bis BS6/25) weisen ab 0.5 m Tiefe weniger als 0.5 µg/kg Σ9PFAS auf.

Bei BS7/25 wurde in einer Tiefe von 0.5 bis 0.8 m eine Σ9PFAS-Konzentration von 1.4 µg/kg gemessen. Laut bodenkundlicher Erhebung [26] ist jedoch an dieser Stelle von einem Bodenaufbau bis in mindestens 0.6 m Tiefe auszugehen. Über die Versickerung und durch die Bioturbation der Bodenlebewesen kann hier eine PFAS-Verlagerung vom Ober- in den Unterboden nicht ausgeschlossen werden. Somit ist zu beachten, dass bei der Probenahme zwischen 0.5 – 0.8 m Tiefe mit grosser Wahrscheinlichkeit teilweise noch der PFAS-belastete Unterboden-Horizont mitbeprobt wurde. Die Wahl der Beprobungstiefe zwischen 0.5 und 0,8 m erfolgte dennoch gezielt in dieser Schichttiefe, um eine potenzielle vertikale Abnahme der PFAS-Konzentrationen zu erfassen. Diese wurde bei BS7/25 indes auch bestätigt, da hier zwischen 1 – 1.5 m Tiefe keine PFAS-Belastung über 0.5 µg/kg Σ9PFAS mehr nachgewiesen wurde.

Bei BS8/25 reicht die PFAS-Belastung hingegen bis in eine Tiefe von 1.5 m (zwischen 1 bis 1.5 m Tiefe wurde ein Gehalt von 0.6 µg/kg Σ9PFAS gemessen). Während den Sondierarbeiten konnten im Untergrund bei BS8/25 jedoch keine Hinweise auf eine anthropogene Umlagerung festgestellt werden, etwa durch Werkleitungen oder andere baulichen Eingriffe aus der Zeit der Landesausstellungen. Der Standort wurde zudem gezielt ausserhalb jener Bereiche gewählt, in denen Aushubarbeiten für den Bau des UKR-Containerdorfs im Jahr 2022 stattgefunden haben. Da im nördlichen Bereich des Viererfelds im Oberboden generell erhöhte PFAS- sowie Schwermetallgehalte nachgewiesen wurden, erscheint es plausibel, dass die PFAS-Belastung bei BS8/25 tatsächlich bis in 1.5 m Tiefe reicht. Ein möglicher Probenahmefehler als Ursache für die vorliegende Belastungstiefe kann weitgehend ausgeschlossen

werden, da die Proben bis in 1.5 m Tiefe direkt aus der Profilwand entnommen wurden und hier somit keine möglicherweise fehleranfällige Haufwerksbeprobung erfolgte.

Basierend auf diesen Ergebnissen ist somit davon auszugehen, dass einzig im nördlichen Bereich des Viererfelds eine schwache PFAS-Belastung bis in max. 2 m Tiefe vorliegt. Die hier nachgewiesenen PFAS-Belastungen halten jedoch den vom BAFU empfohlene T-Wert von 1.5 µg/kg (ungewichtete Σ PFAS) ein und gelten als verwertbar nach VVEA. Die betroffene Fläche wurde entsprechend auf dem Belastungsplan Plan Nr. 11287-08 (Anhang A10) ausgewiesen. Ein Teilbereich wurde zwar im Rahmen der Erstellung des Containerdorfs 2022 für den Niveau-Ausgleich bereits bis in rund 0.6 m Tiefe abgetragen (gemäss Mail-Aktennotiz vom 12.04.2022). Es muss jedoch damit gerechnet werden, dass unterhalb des heutigen Containerdorfs PFAS-Restbelastungen mit Typ T-Qualität bis in max. 2 m Tiefe vorliegen. Dieser Sachverhalt ist im Materialmanagement des betroffenen Baufelds und im entsprechenden Entsorgungskonzept zu berücksichtigen.

7.3 PFAS-Abnahme mit der Tiefe

Weiter bestätigt sich mit vorliegender Belastungsuntersuchung eine Schadstoffabnahme mit der Tiefe, was unter der Belastungshypothese des oberflächlichen Klärschlamm-Austrags naheliegend ist. Da PFAS jedoch über verschiedenste Wege in die Umwelt gelangen, kann die im Projektperimeter nachgewiesene PFAS-Belastung mit vorliegender Untersuchung nicht eindeutig dem Klärschlamm-Austrag zugewiesen werden. In Anbetracht der erhöhten PFAS-Werte von mehr als 5 µg/kg Σ 11PFAS im Viererfeld, welche somit klar über der ubiquitären Grundbelastung (im Median bei 1.4 µg/kg Σ 30 PFAS [16]) liegen, ist die Wahrscheinlichkeit jedoch gross, dass die jahrzehntelangen Klärschlamm-Austräge eine relevante Schadstoffquelle darstellen. Die von der Bächtold & Moor AG bereits 2022 nachgewiesenen Bodenbelastung [25] mit den für Klärschlamm typischen Schwermetallen Quecksilber, Zink und Blei kann als weiterer Hinweis für einen Schadstoffaustrag durch Klärschlamm betrachtet werden.

7.4 Depot-Beprobungen (Aufbereitung nach VVEA)

Die Laborergebnisse zeigen, dass die beiden Oberboden-Depots (Depot OB-ev und Pumtrack-Depot) durchschnittliche PFAS-Gehalte von mehr als 5 µg/kg Σ 10PFAS aufweisen. Beim Depot OB-ev liegt der mittlere Σ 10PFAS-Gehalt bei 8.5 µg/kg und beim Pumtrack-Depot bei 5.4 µg/kg. Dies ist insofern plausibel, da in der unmittelbaren Umgebung zu deren Abtragsflächen (Container-Dorf und Pumtrack) analoge PFAS-Gehalte im Rahmen der vorliegenden Bodenuntersuchung (siehe Plan Nr. 11287-06 im Anhang A11) festgestellt wurden.

Das nv-Depot mit 11'101 m³ Material weist im Mittelwert von 10 Einzelproben einen Σ 10PFAS-Gehalt von 6.6 µg/kg auf und zeigt somit leicht geringere PFAS-Gehalte als die direkte Umgebung im nördlichen Viererfeld auf (bis zu 8.8 µg/kg Σ 11PFAS beim Standort «PFAS-10/25»). Dies entspricht insofern der Erwartung, da es sich beim beprobten nv-Depot um gemischtes Material von abgetragenen Oberboden mit (weniger belastetem) Unterboden handelt.

Einzig das Unterbodendepots mit einer Kubatur von 2'391 m³_{locker} weist mit 3.2 µg/kg Σ 10PFAS einen etwas tieferen Mittelwert auf. Ferner zeigt dessen Bodenqualität auch nach dreijähriger Zwischenlagerung keine Einschränkung betreffend Bodenfruchtbarkeit auf und könnte nach heutigem Wissensstand (eingeschränkt verwertbar aufgrund von dessen PAK-Gehalt) vor Ort verwertet werden.

Im Rahmen der Bagger-Probenahme im Juli 2025 wurde zudem eine etwas grössere Probemenge mittels 15L-Kessel (zwischen 11 bis 16 kg Probemenge pro Standort) und Haufwerksbeprobungen entnommen, um den Skelettanteil möglichst repräsentativ im Gesamtvolumen erfassen zu können. Weiter ist die vorliegende Anzahl der analysierten Proben gemäss AWA Kanton Bern nun ausreichend repräsentativ, um die Depots abfallrechtlich beurteilen zu können und seitens Behörden die jeweiligen Entsorgungsgenehmigungen zu erhalten.

Weiter zeigen die Kornverteilungsanalysen, dass der Feinkornanteil (Ton und Silt) mehrheitlich zwischen 16 bis 19 % variiert. Einzig beim nv-Depot wurden leicht erhöhte Feinkornanteile zwischen 21 bis 29 % nachgewiesen. Gemäss dem heutigen Stand der Technik (Angabe Ebiox AG vom 21.08.2025 per Mail) ist eine Behandlung in einer Bodenwaschanlage bis maximal 40 % Feinkornanteil (Ton und Silt) noch wirtschaftlich. Mit einem Feinkornanteil von maximal 29 % liegt im vorliegenden Projekt somit keine Limitierung betreffend Feinkornanteil für eine potenzielle Behandlung in einer Bodenwaschanlage vor.

7.5 Vergleich der Aufbereitungsmethoden VBBo vs. VVEA

Weiter zeigt die Gegenüberstellung der Aufbereitungsmethoden nach VBBo vs. VVEA, dass erwartungsgemäss geringere PFAS-Gehalte im Probenmaterial gemessen werden, wenn die Aufbereitung nach VVEA und somit die Analyse des Gesamtgehalts (inkl. Bodenskelett) erfolgt. Wird hingegen nur der Feinanteil <2 mm nach VBBo chemisch analysiert, werden entsprechend höhere PFAS-Gehalte nachgewiesen, da PFAS-Moleküle vorwiegend am organischen Feinanteil des Bodens gebunden sind. Der durchschnittliche Faktor zwischen den beiden Aufbereitungsmethoden aus elf Oberboden-Proben liegt bei 0.92. Als grobe Faustregel ist im Oberboden folglich mit rund 10 % geringeren PFAS-Gehalten mit Aufbereitung nach VVEA gegenüber der Aufbereitung nach VBBo zu rechnen. Auch wenn die Differenz zwischen den Aufbereitungsmethoden nur gering scheint, kann dies für die abfallrechtliche Klassierung und die daraus entstehenden Entsorgungskosten durchaus relevant sein.

Allerdings ist zu berücksichtigen, dass durch die Probenahme mittels Pürckhauer nur bedingt Skelett beprobt werden konnte, da der Durchmesser des Probenhauers (30 - 40 mm) limitierend wirkte. Es ist somit davon auszugehen, dass die Differenz zwischen den beiden Aufbereitungsmethoden insbesondere beim Unterboden (mit tendenziell mehr Skelett-Gehalt) je nach Entnahme-Methode unterschiedlich ausfallen dürfte.

7.6 PFOS-Dominanz

Die vorliegende Untersuchung zeigt weiter, dass innerhalb der Summe der 11 PFAS-Einzelstoffe jeweils in allen untersuchten Ober- und Unterbodenproben der Anteil des Einzelstoffs PFOS dominierend ist. Dieser wurde früher vorwiegend in Löschschäumen, aber auch in diversen Industrie- und Alltagsprodukten eingesetzt. Gemäss Anhang 1.16 der ChemRRV [5] gilt seit dem 01.08.2011 ein Verbot für die Herstellung, das Inverkehrbringen und die Verwendung von PFOS sowie von Stoffen und Zubereitungen mit einem Massengehalt an PFOS von 0,001 Prozent oder mehr.

Der zweitgrösste Anteil bildet der Einzelstoff PFOA innerhalb der Summe der 11 Einzelstoffe, welcher früher insbesondere in Beschichtungen und Imprägnierungen angewendet wurde. Mit der Ergänzung der ChemRRV [5] sind am 1. Juni 2021 ebenfalls grundsätzliche Verbote der Herstellung, des Inverkehrbringens und der Verwendung von PFOA und PFOA-Vorläuferverbindungen in Kraft getreten.

Die überwiegende Belastung mit dem Einzelstoff PFOS im Viererfeld deckt sich mit den Ergebnissen der nationalen Studie von 2022, welche vom BAFU initiiert wurde [16] und wobei ebenfalls PFOS und PFOA der Hauptanteil der gemessenen Belastung bildete. Auch im Rahmen der PFAS-Bodenuntersuchung im Kanton St. Gallen [19] zeigte sich, dass die PFOS-Belastung in jeder Probe dominiert. Allerdings wurden St. Gallen mit Werten zwischen 1.1 bis 100 µg PFOS/kg TS [19] wesentlich stärkere PFAS-Bodenbelastungen als im Berner Vierer- und Mittelfeld gemessen. Verglichen mit den starken Bodenbelastungen im Kanton St. Gallen dürfte es sich daher im Viererfeld mit einem Maximalwert von 8.8 µg/kg Σ11PFAS (Standort «PFAS-10/25») im Oberboden eher um eine mittlere PFAS-Belastung handeln.

Weiter zeigt sich anhand der Untergrund-Untersuchung, dass der Einzelstoff PFOS in den meisten Untergrundproben teils bis in 1.5 m Tiefe immer noch über der Bestimmungsgrenze von 0.1 µg PFOS/kg

nachgewiesen werden konnte. PFOS gehört allerdings zu den eher langkettigen und tendentiell weniger mobilen perfluorierten Verbindungen. Somit kann die PFOS-Ausbreitung im Untergrund nicht per se mit einer erhöhten Mobilität von PFOS gegenüber anderen PFAS-Einzelstoffen begründet werden, sondern ist zu grosser Wahrscheinlichkeit vielmehr eine Folge der erhöhten PFOS-Konzentration im Oberboden.

7.7 PFDA und PFUnDA

Wie im Kapitel 3.2.1 erörtert und im Merkblatt der ZHAW und ETH Zürich empfohlen [18], wurden bei der vorliegenden Untersuchung von Ober- und Unterboden nebst den vom BAFU [14] vorgegebenen 9 PFAS-Verbindungen zusätzlich die Einzelstoffe PFDA und PFUnDA in das Analyseprogramm aufgenommen.

Die Verteilung der Einzelverbindungen zeigt, dass in 9 von 11 Oberbodenproben der Einzelstoff PFDA mit Werten bis zu 0.4 µg/kg PFDA (Standort bei «PFAS-10/25») gemessen werden konnte. Dies unterstützt die Annahme gemäss Merkblatt der ZHAW [18], dass die Verbindung PFDA aufgrund ihrer stärkeren Absorption an die Bodenorganik eine längere Verweilzeit im Boden aufweist.

Der zusätzliche Einzelstoff PFUnDA konnte hingegen weder im Ober- noch im Unterboden nachgewiesen werden. Aus diesem Grund wurde in Absprache mit den zuständigen Behörden im Rahmen der Untergrund- und Depot-Untersuchung auf die chemische Analyse des Einzelstoffs PFUnDA verzichtet.

8. Aussicht und weiteres Vorgehen

Die vorliegenden Erkenntnisse über die PFAS-Bodenbelastungssituation im Projektperimeter sind im Rahmen der weiteren Projektplanung (insb. betreffend Materialbewirtschaftung und Bodenschutzkonzept) zu berücksichtigen. Da allerdings noch keine rechtsverbindlichen Grenzwerte betreffend Umgang mit PFAS-belastetem Boden auf Vollzugsebene existieren, sind projektspezifische Richt- und Prüfwerte gemeinsam mit dem LANAT Kt. Bern unter Einbezug des BAFU festzulegen und zu definieren.

In Anbetracht der zukünftigen Nutzung des Vierer- und Mittelfelds als Familiengarten und Spielfelder stellen sich gefährdungs- und altlastenrechtliche Fragestellungen sowie verwertungs- und abfallrechtliche Themen im Bereich der neuen Baufelder mit Bodenabtrag. Die folgende Abbildung 8-1 soll dazu ein vereinfachender Überblick der notwendigen Abklärung mit den zuständigen Behörden geben.

Für die Verwertungsabklärung von PFAS-belastetem Boden im Projektperimeter dürfte dabei an erster Stelle die Festlegung projektspezifischer Richt- und Prüfwerte durch die Bodenfachstelle des LANAT Kt. Bern und das BAFU wegweisend sein. Zur Abschätzung möglicher Projektrisiken gilt es insbesondere auch abzuklären, inwiefern die projektspezifisch definierten Richt- und Prüfwerte in rund 5 - 10 Jahren immer noch rechtlich verbindlich sind.

Mit der vorliegenden Untersuchung sind die erforderlichen Grundlagen geschaffen, um das überschüssige Boden- und Untergrundmaterial abfallrechtlich zu klassieren, sobald die definitiven PFAS-Grenzwerte in der VVEA verankert sind. Aus altlastenrechtlicher Sicht wird seitens Fachbereich Altlasten des AWA Kanton Bern aktuell davon ausgegangen, dass in Anbetracht der vorliegenden Belastungssituation keine altlastenrechtliche Fragestellung vorliegt und keine baubedingte Gefährdungsabschätzung durchzuführen ist (Protokoll vom 22.07.2025).

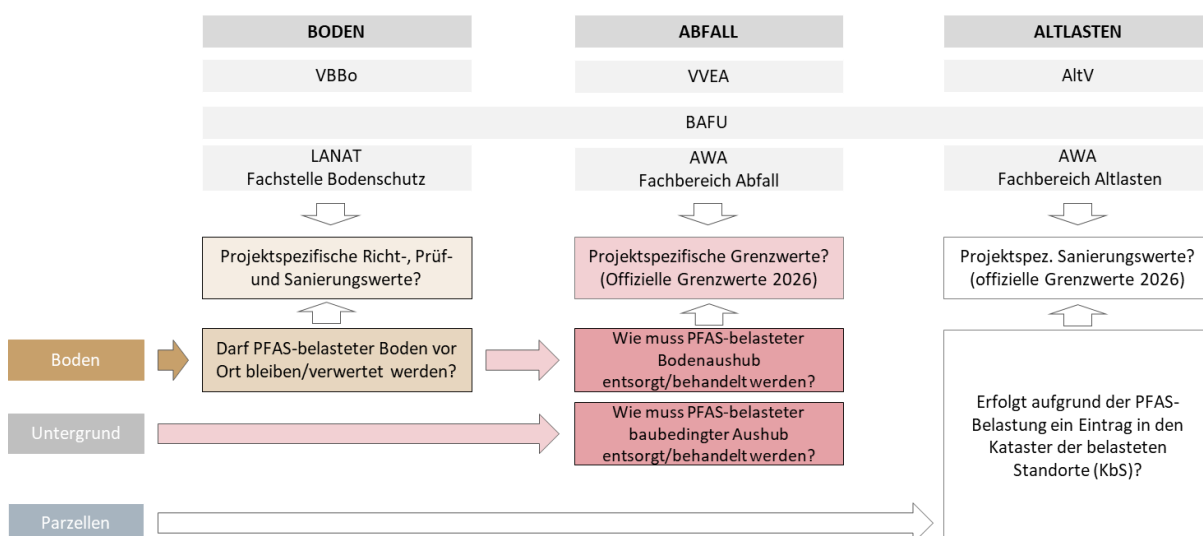


Abbildung 8-1: Flussdiagramm zur Übersicht der weiteren Abklärungen mit den zuständigen Behörden bez. PFAS-Problematik im Projekt Quartierentwicklung Viererfeld / Mittelfeld (Quelle: Emch & Berger AG vom 22.07.2025).

9. Schlussbemerkungen

Die Erkenntnisse und Schlussfolgerungen im Bericht stützen sich auf die der Bächtold & Moor AG zum Zeitpunkt der Berichtverfassung vorliegenden Grundlagen und beziehen sich ausschliesslich auf das vorliegende Projekt. Diese Erkenntnisse und Schlussfolgerungen können nicht ohne Überprüfung auf zukünftige Verhältnisse übertragen werden. Bedeutende Änderungen der vorliegenden Projekte erfordern eine Neubeurteilung.

Anhang A1: Grundlagen

Normenwerke und rechtliche Grundlagen

- [1] Bundesgesetz über den Umweltschutz (Umweltschutzgesetz, USG), 7. Oktober 1983 (Stand am 1. April 2025).
- [2] Verordnung über Belastungen des Bodens (VBBo) vom 1. Juli 1998 (Stand am 1. August 2025).
- [3] Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen (Abfallverordnung, VVEA) vom 4. Dezember 2015 (Stand vom 1. August 2025).
- [4] Verordnung über die Sanierung von belasteten Standorten (Altlasten-Verordnung, AltIV), vom 26. August 1998 (Stand vom 1. August 2025).
- [5] Verordnung zur Reduktion von Risiken beim Umgang mit bestimmten besonders gefährlichen Stoffen, Zubereitungen und Gegenständen (Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung, ChemRRV) vom 18. Mai 2005 (Stand am 2. Juni 2025)
- [6] Bundesamt für Umwelt BAFU (2022): Sachgerechter Umgang mit Boden beim Bauen. Bodenschutzmassnahmen auf Baustellen. Ein Modul der Vollzugshilfe Bodenschutz beim Bauen. Bern.
- [7] Bundesamt für Umwelt BAFU (2015): Stand der Technik und Praktiken: Boden und Bauen, Bern.
- [8] Bundesamt für Umwelt BAFU (2021): Beurteilung von Boden im Hinblick auf seine Verwertung. Verwertungseignung von Boden, Ein Modul der Vollzugshilfe Bodenschutz beim Bauen. Bern.
- [9] Bundesamt für Umwelt BAFU (2021): Verwertung von Aushub- und Ausbruchmaterial. Teil des Moduls Bauabfälle der Vollzugshilfe zur Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen. Bundesamt für Umwelt, Bern.
- [10] VSS-Norm 40 581 Erdbau, Boden: Bodenschutz und Bauen (Stand 28.02.2021).
- [11] Bundesamt für Umwelt BAFU, ehem. BUWAL (2003): Handbuch Probenahme und Probenvorbereitung für Schadstoffuntersuchungen im Boden, Bern.
- [12] Bundesamt für Umwelt BAFU (Hrsg.) 2019: Probenahme fester Abfälle. Ein Modul der Vollzugshilfe zur Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen. Bundesamt für Umwelt, Bern.
- [13] Bundesamt für Umwelt BAFU (2024): Notiz zur Herleitung eines toxizitätsgewichteten PFAS-Summenwertes als Konzentrationswert nach Anhang 1 AltIV 1, Stand: 22.04.2024, Bern.
- [14] Bundesamt für Umwelt BAFU (2024): Notiz zur Herleitung eines PFAS-Summenwertes als Grenzwert nach VVEA für die Ablagerung von Abfällen, Stand vom 20.08.2024, Bern.
- [15] Bernhold Hahn (2024): Lösungsansätze für den Umgang mit PFAS-belasteten Standorten, Ergebnisbericht der Altlasten- und Abfall-Arbeitsgruppen BAFU-Kantone 2022/2023, im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU), 23.10.2024, Bern.
- [16] Basilius Thalmann et al. Per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen (PFAS) in Schweizer Böden (<https://doi.org/10.21256/zhaw-26586>). Spektrum Altlasten 6/2022.
- [17] Arcadis (2021): Entscheidungsgrundlagen für den Vollzug bei PFAS-belasteten Standorten in der Schweiz. Expertenbericht im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU). 12.07.2021

- [18] ETH Zürich und ZHAW Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften (2024): Wissenschaftliche Empfehlungen für die Untersuchung von PFAS in Böden sowie darauf produzierten Lebensmitteln. Version: 18.07.2024.
- [19] Amt für Umwelt Kanton St. Gallen (Hrsg.) (Sept. 2024): Bericht zu den Bodenuntersuchungen zu Per- und polyfluorierte Alkylverbindungen (PFAS) in der Gemeinde Eggersriet im Kanton St. Gallen, St. Gallen.

Projektspezifische Grundlagen und Pläne

- [20] Geoportal des Bundes (<https://map.geo.admin.ch>): Landeskarte 1:25'000, Luftbilder von SWIS-SIMAGE.
- [21] Geoportal des Kantons Bern (<https://www.topo.apps.be.ch/pub/map>): Gewässerschutzkarte.
- [22] Bächtold & Moor AG (2024): Plan Nr. 11287-02B, Bodenabtragsplan inkl. Bodenbelastung – Oberboden, Tiefe 0 – 20 cm, Bodenerhebung Viererfeld Bern, Stand: 23.07.2024, Bern.
- [23] Bächtold & Moor AG (2024): Plan Nr. 11287-03A, Bodenabtragsplan inkl. Bodenbelastung – Unterboden, Tiefe 30 – 50 cm, Bodenerhebung Viererfeld Bern, Stand: 23.07.2024, Bern.
- [24] Bächtold & Moor AG (2024): Plan Nr. 11287-04, Bodenabtragsplan inkl. Bodenbelastung – Unterboden, Tiefe 60 – 80 cm, Bodenerhebung Viererfeld Bern, Stand: 23.07.2024, Bern.
- [25] Bächtold & Moor AG (18.08.2022): Belastungsuntersuchung Boden Viererfeld / Mittelfeld, Bern.
- [26] Bächtold & Moor AG (07.12.2023): Bodenkundliche Erhebung im Viererfeld und Mittelfeld, Bern.
- [27] Bächtold & Moor AG (15.08.2024): Kurzbericht Ergänzende Belastungsuntersuchung, Oberboden (0-20 cm) und Unterboden (60 – 100 cm), Bern.
- [28] Stadtplanungsamt Bern (Hrsg.) (20.05.2020): Masterplan Viererfeld/Mittelfeld, Bern.
- [29] Bächtold & Moor AG (2025): Plan Nr. 11287-05, Übersicht Beprobungsstandorte PFAS 2025, Bodenerhebung Viererfeld Bern, Stand: 21.08.2025, Bern
- [30] Bächtold & Moor AG (2025): Plan Nr. 11287-06, Beprobung PFAS 2025 - Oberboden nach VBBo (0 – 20 cm Tiefe), Bodenerhebung Viererfeld Bern, Stand: 21.08.2025, Bern.
- [31] Bächtold & Moor AG (2025): Plan Nr. 11287-07, Beprobung PFAS 2025 - Unterboden nach VBBo (30 – 50 cm Tiefe), Stand: Stand: 21.08.2025, Bern
- [32] Bächtold & Moor AG (2025): Plan Nr. 11287-08, Beprobungen PFAS 2025 - Untergrund + Depots, Stand: Stand: 21.08.2025, Bern.
- [33] Geotechnisches Institut AG (29.11.2023, rev. 22.02.2024): Geologisch-geotechnische Archiv-recherche, Viererfeld/Mittelfeld, Bern.

Anhang A2: Begriffe und Abkürzungen

Bodenspezifische Begriffe

A-Horizont / OB	Oberboden
B-Horizont / UB	Unterboden
C-Horizont	Ausgangsmaterial / Untergrund
vp	verwertungspflichtig
ev	eingeschränkt verwertbar
nv	nicht verwertbar

Abkürzungen

AltIV	Altlastenverordnung
AWA	Amt für Wasser und Abfall, Kanton Bern
B(a)P	Benzo(a)pyren
BAFU	Bundesamt für Umwelt (früher: BUWAL)
BBB	Bodenkundliche Baubegleitung
BSK	Bodenschutzkonzept
ChemRRV	Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung
EGI	Entsorgungsgenehmigung
FrSV	Freisetzungsverordnung
GschG/ GschV	Gewässerschutzgesetz/ Gewässerschutzverordnung
KW	Kohlenwasserstoffe
LANAT	Amt für Landwirtschaft und Natur, Kanton Bern
LVA	Abfall-Code-Liste gemäss Verordnung des UVEK über Listen zum Verkehr mit Abfällen
PAK	Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe
PFAS	Per- und polyfluorierten Alkylverbindungen
PFOA	Perfluorooctansäure
PFOS	Perfluorooctansulfonsäure
SIA/ SN	SIA-Normen (Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein) / Schweizer Norm
USG	Umweltschutzgesetz
UVB	Umweltverträglichkeitsbericht
UVPV	Verordnung über die Umweltverträglichkeitsprüfungspflicht
VBBo	Verordnung über Belastungen des Bodens
VeVA	Verordnung über den Verkehr mit Abfällen
VHVB	Vollzugshilfe Verwertungseignung von Boden "Beurteilung von Boden im Hinblick auf seine Verwertung", BAFU 2021
VVEA	Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen