

Veranstalter

CHYN

Das CHYN, eines der Kompetenzzentren der Universität Neuchâtel, ist eine internationale Referenz für die Forschung und Bildung in Hydrogeologie und Geothermie.

Das CHYN stellt sich massgeblichen gesellschaftlichen Herausforderungen: Verbesserung der Kenntnisse über erneuerbare Ressourcen von Wasser und Energie, Entwicklung von Strategien für ihre nachhaltige Nutzung und Weitergabe dieses Wissens. Das CHYN sichert die Ausbildung von Spezialisten durch einen innovativen Bachelor-Studiengang „Natürliche Systeme“, durch einen Master-Studiengang, ausgerichtet auf eine Vielzahl von grundlegenden und angewandten Aspekten der Hydrogeologie und Geothermie, durch eine Doktorandenschule und durch einzigartige Weiterbildungsprogramme.

www.unine.ch/chyn

Veranstaltungen Altlasten Schweiz

Wir würden uns freuen, Sie an unseren Veranstaltungen begrüßen zu dürfen.

ALTLASTEN SCHWEIZ

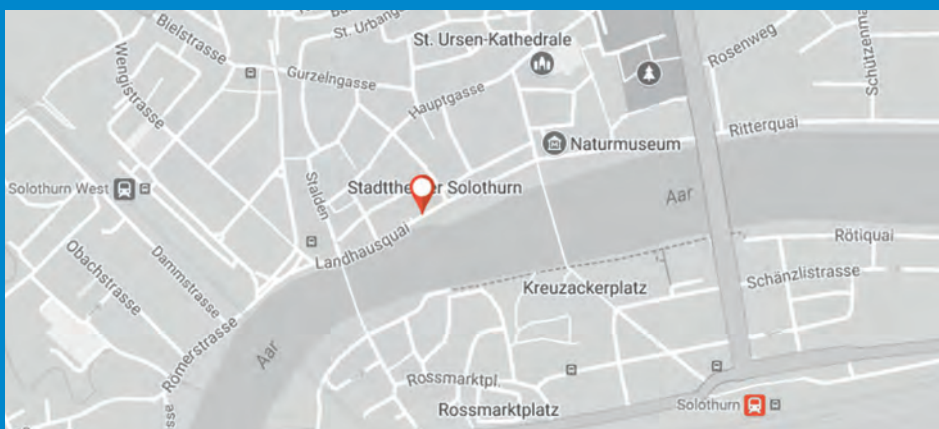
— Symposium 2023 —

Das Symposium Altlasten Schweiz soll als Austauschplattform für die Altlasten-Fachleute in der Schweiz dienen. Der Anlass findet normalerweise im Herbst statt und ist für alle Interessensvertreter offen: Behörden, Fachbüros, Inhaber, Sanierungsfirmen, Analytiklabors, Forschung, etc. Jedes zweite Jahr liegt der Fokus auf einem anderen aktuellen Thema.

ALTLASTEN SCHWEIZ

— Workshop 2024 —

Der Workshop Altlasten Schweiz findet alle zwei Jahre statt und bietet die Möglichkeit, sich in Gruppen zu einem aktuellen Thema auszutauschen. Die Teilnehmerzahl ist beschränkt.



ALTLASTEN SCHWEIZ

— Symposium 2023 —

3. Symposium Altlasten Schweiz | BAFU

Sanierung alter Siedlungsabfalldeponien

Mittwoch, 13. September 2023

Landhaus Solothurn, Landhausquai, 4500 Solothurn



unine
Université de Neuchâtel
Centre d'hydrogéologie
et de géothermie (CHYN)

 Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Umwelt BAFU

Sanierung alter Siedlungsabfalldeponien

3. Symposium Altlasten Schweiz | BAFU

Beschreibung

In der Schweiz gibt es rund 15'000 Ablagerungsstandorte wovon viele mit Siedlungsabfällen gefüllt sind.

Diese alten Siedlungsabfalldeponien sind nicht selten sanierungsbedürftig, weil die Abbauprodukte der organischen Abfälle Gewässer verunreinigen oder deren Deponiegase in Gebäude gelangen können.

Die Sanierung dieser Altlasten zeigt, dass es sehr schwierig ist, langfristig wirksame Sanierungsvarianten zu finden, welche nicht am Kriterium der Verhältnismässigkeit scheitern.

Ziel der Tagung

Die Tagung soll aufzeigen, was der Stand der Technik ist bei der Untersuchung und Sanierung alter Siedlungsabfalldeponien.

Zielpublikum

Fachleute, Behörden und Interessierte, die sich mit Fragen im Zusammenhang mit belasteten Standorten und Altdeponien beschäftigen.

Organisatorisches

Auskünfte

Reto Tietz, Projektleitung BAFU
T +41 (0)58 462 19 43
reto.tietz@bafu.admin.ch

Anmeldung

bis 22. August 2023

CHYN, Nathalie Challandes Badertscher,
Rue Emile Argand 11, 2000 Neuchâtel
T +41 (0)32 718 26 30

events.sipol@unine.ch

oder www.unine.ch/sites/pollues_suisse
(Online-Formular)

Kosten

CHF 230.- inklusive Mittagessen,
Pausenerfrischung, Apéro, e-Dokumentation
und MwSt.

Datum, Zeit

Mittwoch, 13. September 2023
9.30 - ca. 17.00 Uhr, anschliessend Apéro

Ort

Landhaus Solothurn, Landhausquai, 4500 Solothurn

www.solothurn-city.ch

T +41 (0)32 626 46 76

In der Altstadt, direkt an der Aare gelegen. Nur wenige Gehminuten vom Hauptbahnhof entfernt. (siehe Plan auf der Rückseite)

Unterlagen / Übersetzung

Die Unterlagen sind in Deutsch und Französisch verfügbar und können vor der Tagung heruntergeladen werden. Die Referierenden halten ihre Vorträge in Deutsch oder Französisch; eine Simultanübersetzung (d/f) wird vor Ort zur Verfügung gestellt.

Programm

Ab 8:45 *Ankunft und Kaffee*

9:30 **Stellung der Altlastenbearbeitung
in der aktuellen Umweltpolitik** (d)

K. Schneeberger, Direktorin BAFU

Einleitung: Sanierung alter Kehrichtabfalldeponien (d)

R. Tietz, BAFU

**Aerobisierung von Siedlungsabfalldeponien,
Methoden, Erfahrungen, Kosten, Klimarelevanz, Ökobilanz** (d)

R. Schuler, Sieber Cassina + Partner
M. Ritzkowski, HiiCCE
T. Kägi, Carbotech

Pause

**Passive Entlüftungsgräben: optimale Variante
bei sanierungsbedürftigen Kehrichtdeponien?**

Deponie am Finkenrain, Winterthur (d)

M. Hoffmann, Friedlipartner AG

**Anwendung eines multiplen Verfahrens zur Charakterisierung
der Schadstoffbelastung und ihrer Verbreitung in Schutzgütern**
Alte Deponie in Châtillon (f)

L. Thüler, Prona Romandie SA
R. Dalla Piazza, SEn FR

12:45 *Mittagessen*

14:25 **Förderprogramm zur Vermeidung von Deponiegasemissionen** (d)

D. Aepli, Stiftung KliK

Erfahrungen aus der Aerobisierung der Deponien
Sass Grand, Bever GR und Kehlhof, Berg TG (d)

W. Meier, Ingenias AG

Sanierung der Deponien im Stadtmist, Solothurn (d)

M. Brehmer, AfU SO
R. Dürrenmatt, BHG

Aerobisierung der Deponie Hardwald, Weiningen (d)

J. Egestorff, AWEL ZH

Der forensische Ansatz für gesunde Flüsse (f)

A.-L. Zufferey, Riverexpertise

Infoblock BAFU

Stand der Arbeiten betreffend mit PFAS belastete Standorte
und andere Aktualitäten (d)

M. Schwab-Wyssner, BAFU
R. Kettler, BAFU

Schlusswort (d)

B. Hitzfeld, Chefin Abteilung
Boden und Biotechnologie, BAFU

17:00 *Apéro*

Programm

Ab 8:45 *Ankunft und Kaffee*

9:30 **Stellung der Altlastenbearbeitung
in der aktuellen Umweltpolitik (d)**

K. Schneeberger, Direktorin BAFU

Einleitung: Sanierung alter Kehrrichtabfalldeponien (d)

R. Tietz, BAFU

**Aerobisierung von Siedlungsabfalldeponien,
Methoden, Erfahrungen, Kosten, Klimarelevanz, Ökobilanz (d)**

R. Schuler, Sieber Cassina + Partner
M. Ritzkowski, HiiCCE
T. Kägi, Carbotech

Pause

**Passive Entlüftungsgräben: optimale Variante
bei sanierungsbedürftigen Kehrrechtdeponien?**

Deponie am Finkenrain, Winterthur (d)

M. Hoffmann, Friedlipartner AG

**Anwendung eines multiplen Verfahrens zur Charakterisierung
der Schadstoffbelastung und ihrer Verbreitung in Schutzgütern**

Alte Deponie in Châtillon (f)

L. Thüler, Prona Romandie SA
R. Dalla Piazza, SEN FR

12:45 *Mittagessen*

14:25 **Förderprogramm zur Vermeidung von Deponiegasemissionen (d)**

D. Aepli, Stiftung KliK

Erfahrungen aus der Aerobisierung der Deponien

Sass Grand, Bever GR und Kehlhof, Berg TG (d)

W. Meier, Ingenias AG

Sanierung der Deponien im Stadtmist, Solothurn (d)

M. Brehmer, AfU SO
R. Dürrenmatt, BHG

Aerobisierung der Deponie Hardwald, Weiningen (d)

J. Egestorff, AWEL ZH

Der forensische Ansatz für gesunde Flüsse (f)

A.-L. Zufferey, Riverexpertise

Infoblock BAFU

Stand der Arbeiten betreffend mit PFAS belastete Standorte
und andere Aktualitäten (d)

M. Schwab-Wyssner, BAFU
R. Kettler, BAFU

Schlusswort (d)

B. Hitzfeld, Chefin Abteilung
Boden und Biotechnologie, BAFU

17:00 *Apéro*



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr,
Energie und Kommunikation UVEK
Bundesamt für Umwelt BAFU
Direktion

ALTLASTEN SCHWEIZ

— Symposium 2023 —

Die Altlastenbearbeitung in der aktuellen Umweltpolitik

Katrin Schneeberger, Direktorin BAFU



Solothurn



Quelle: www.solothurn-city.ch



Quelle: www.stadtmist.so.ch



Ziele des BAFU

- Bekämpfung des Klimawandels und Anpassung an die Veränderung des Klimas
- Langfristiger Schutz und nachhaltige Nutzung der natürlichen Ressourcen
- Stärkung der Kreislaufwirtschaft
- Schutz vor Naturgefahren für Menschen und Sachwerte
- Schutz von Menschen und Umwelt vor übermässiger Belastung



Schwerpunkte der Umweltpolitik

Klima



Vermeidung von Methangasemissionen durch die Belüftung von alten Siedlungsabfalldeponien



Schwerpunkte der Umweltpolitik

Ressourcenschonung und Kreislaufwirtschaft



Vermeidung von Abfällen bei Sanierungen (in-situ Massnahmen, wie Belüftung)

Verwertung von Abfällen bei Sanierungen (z.B. thermische Verwertung im Stadtmist SO)



Schwerpunkte der Umweltpolitik

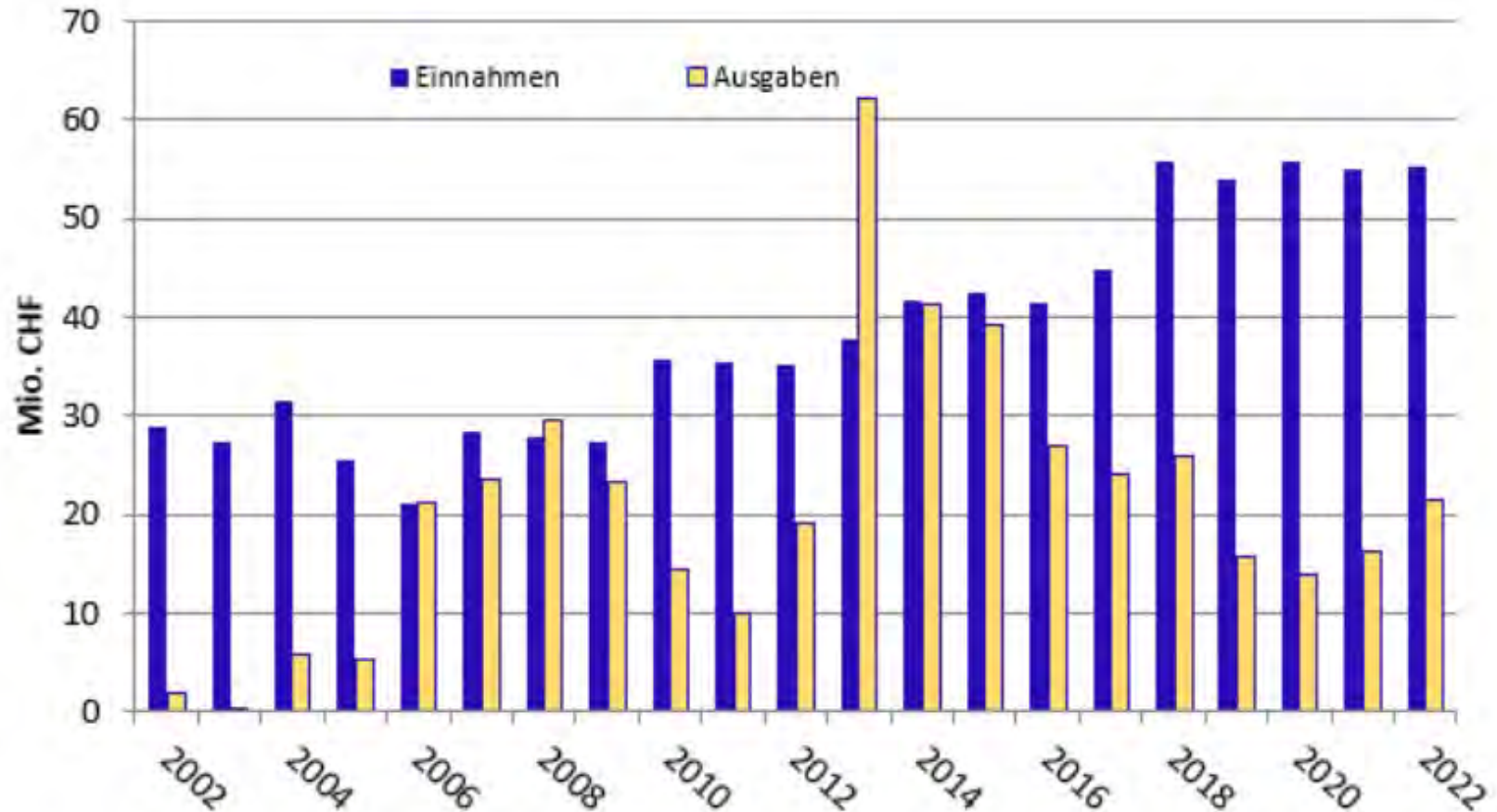
Biodiversität



**Ökologische Aufwertungsmassnahmen im
Rahmen von Altlastensanierungen (vgl. Stadtmist SO)**



Finanzierung durch den VASA-Fonds





Herausforderungen



Gestern bei der Josefweise: Die Stadt lässt Teile des Parks mit Holzschnitzeln und einem Vlies abdecken. Foto: Urs Javits

«Wir wollen hier die Kleinsten schützen»

Dioxin Die Stadt Zürich wird nächstens 6000 Quadratmeter Boden rund um die Josefweise wegen erhöhter Schadstoffwerte austauschen. Gestern wurden erste Sofortmassnahmen ergriffen.

Quelle: TA 1.2.2023

Alerte aux PFAS: Monthey aux avant-postes

ENVIRONNEMENT Pêche interdite, recommandations avant de manger des légumes: la pollution à ces substances chimiques impacte le quotidien d'habitants du Chablais. Mais cette problématique n'est pas spécifique à cette région et devrait prendre de l'ampleur



ENQUÊTE

L'étang des Mangettes est situé à proximité de l'ancienne raffinerie Tamoil de Collombey, aujourd'hui fermée. (MONTHEY, 14 MARS 2007 / MARTIN RUETSCH / KEYSTONE)

Quelle: Le Temps 13.12.2022



Erfolgsfaktoren der Altlastenbearbeitung in der Schweiz





Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr,
Energie und Kommunikation UVEK
Bundesamt für Umwelt BAFU
Abteilung Boden und Biotechnologie

ATLASTEN SCHWEIZ

—Symposium 2023—

Sanierung alter Kehrichtdeponien

Reto Tietz, Sektion Altlasten, BAFU



Stimmungsbild Stinkberg 1963



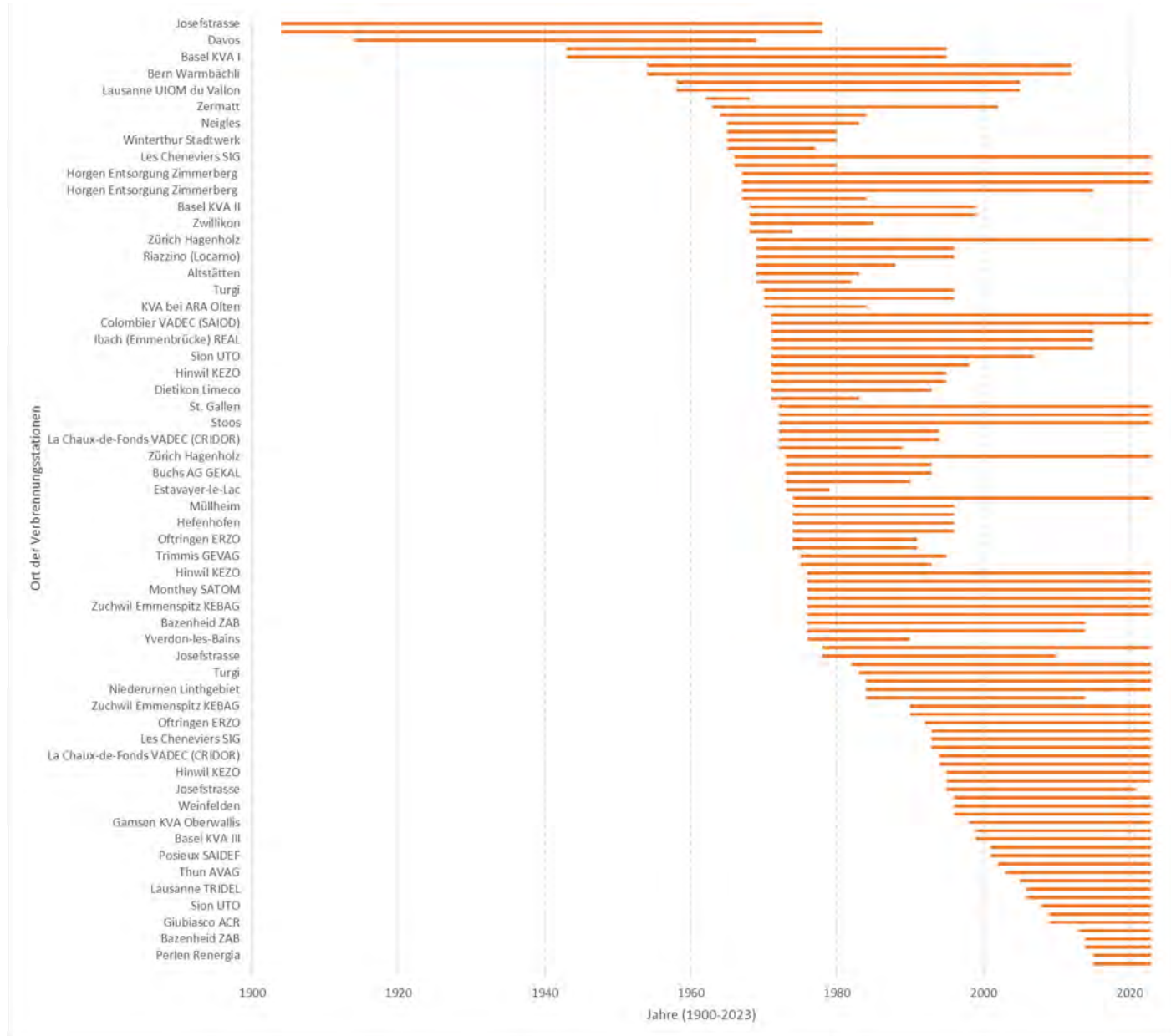


Gesetzgebung

- 1955: **Gewässerschutzgesetz**
→ keine gewässerverunreinigenden Stoffe in Gewässern
- 1971: Revision **Gewässerschutzgesetz**
→ Schliessung von gewässergefährdenden Deponien
- 1976: **Deponierichtlinie**
→ Zuweisung der Siedlungsabfälle auf Klasse III Deponien
- 1991: **Technische Verordnung über Abfälle (TVA)**
→ Bewilligungspflicht, Anforderungen an Standort, Technik, Betrieb und Abfälle
- 2000: Deponieverbot für brennbare Abfälle
- 2015 **Verordnung über die Vermeidung von Abfällen (VVEA)**

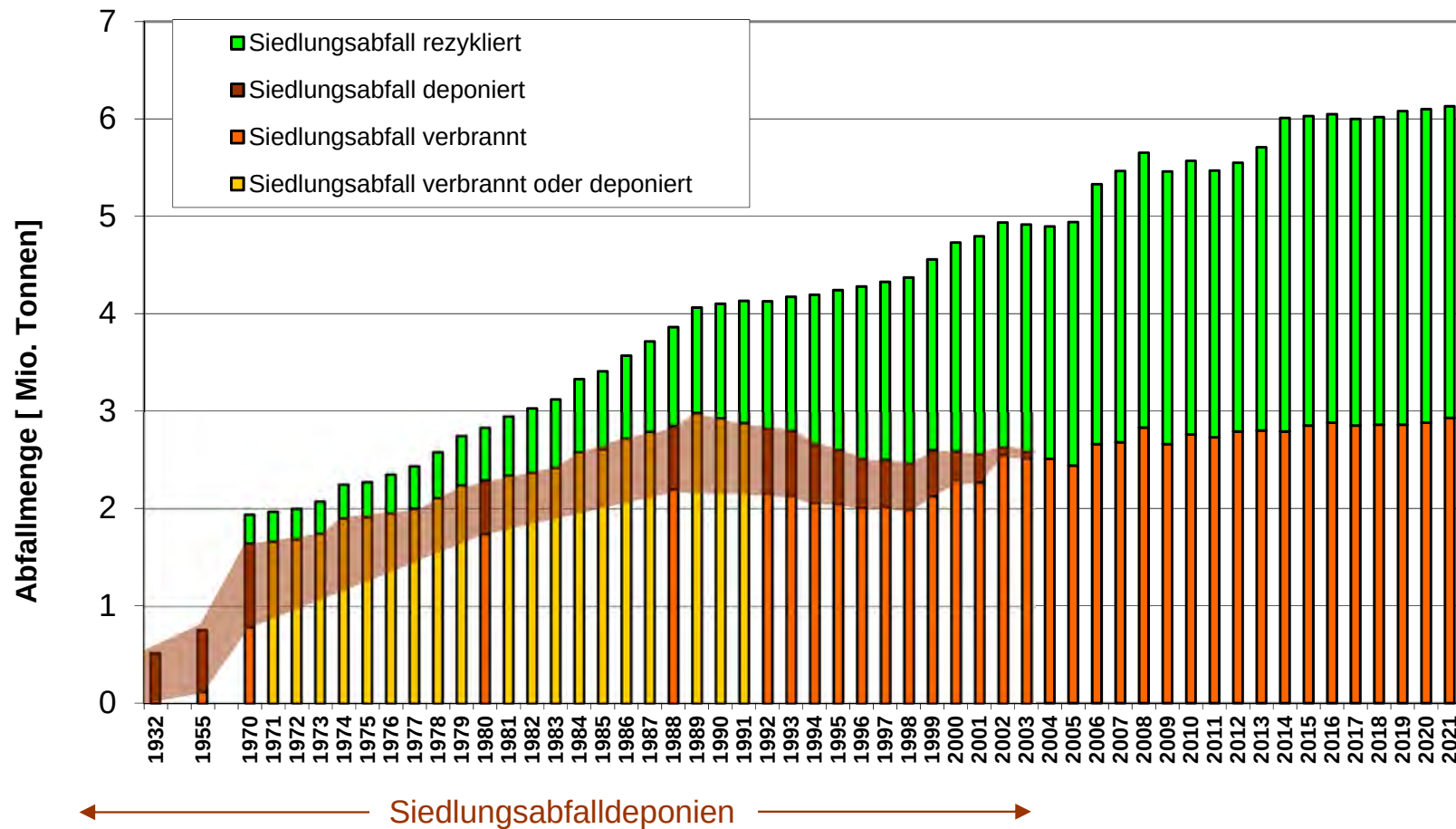


KVA's in der Schweiz



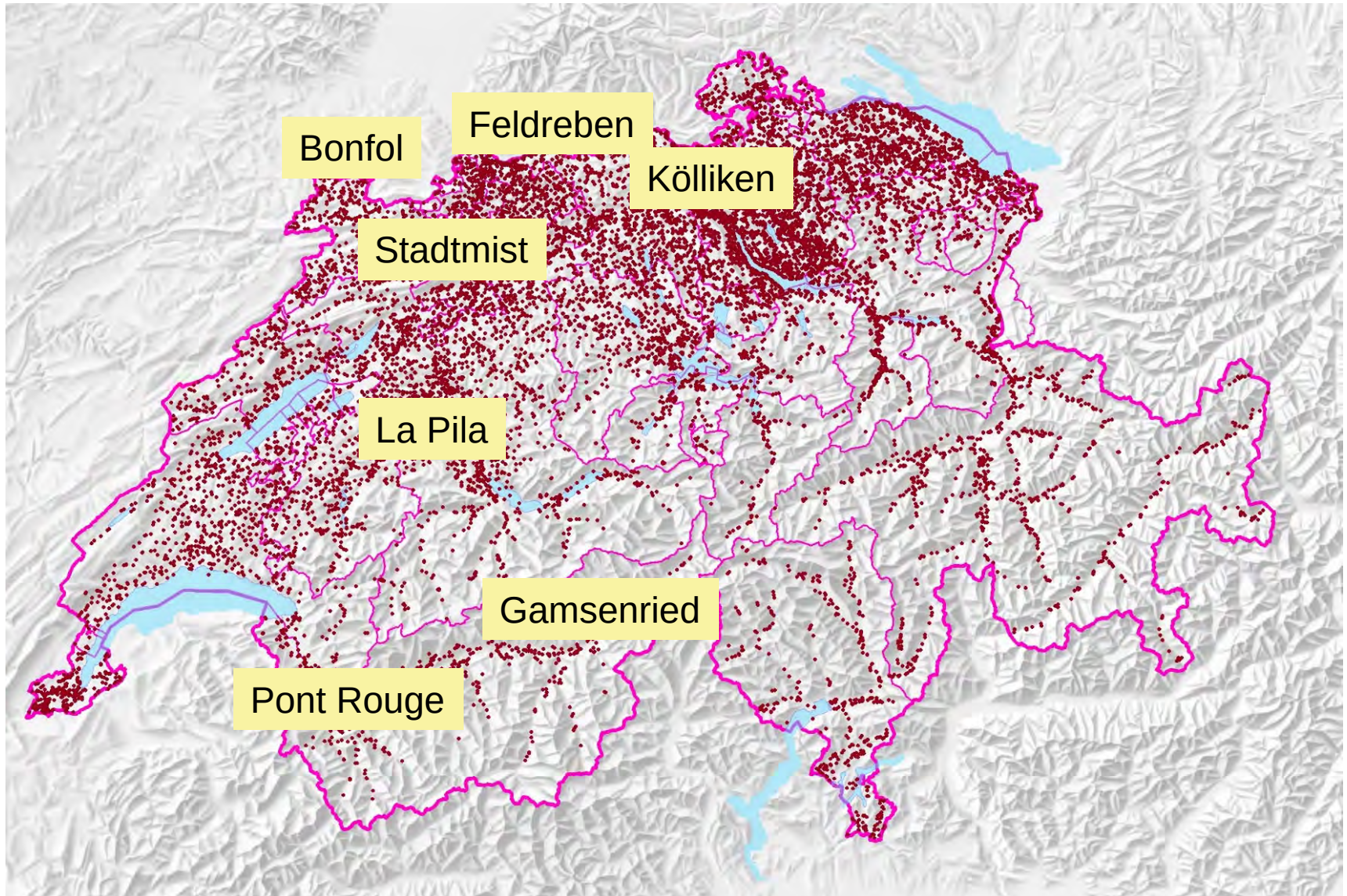


Entsorgung der Siedlungsabfälle in der Schweiz seit 1932



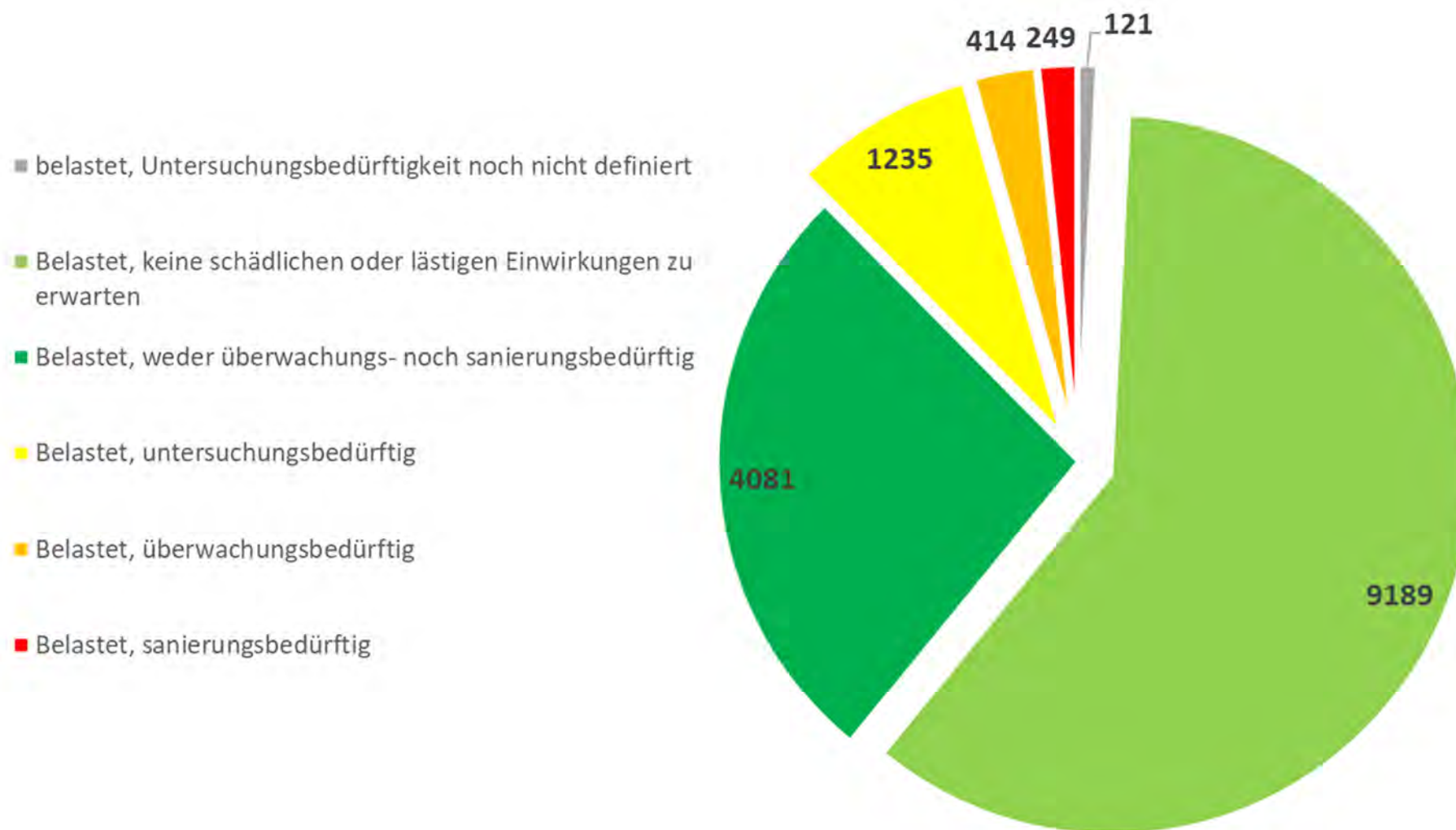


Belastete Ablagerungsstandorte der Schweiz





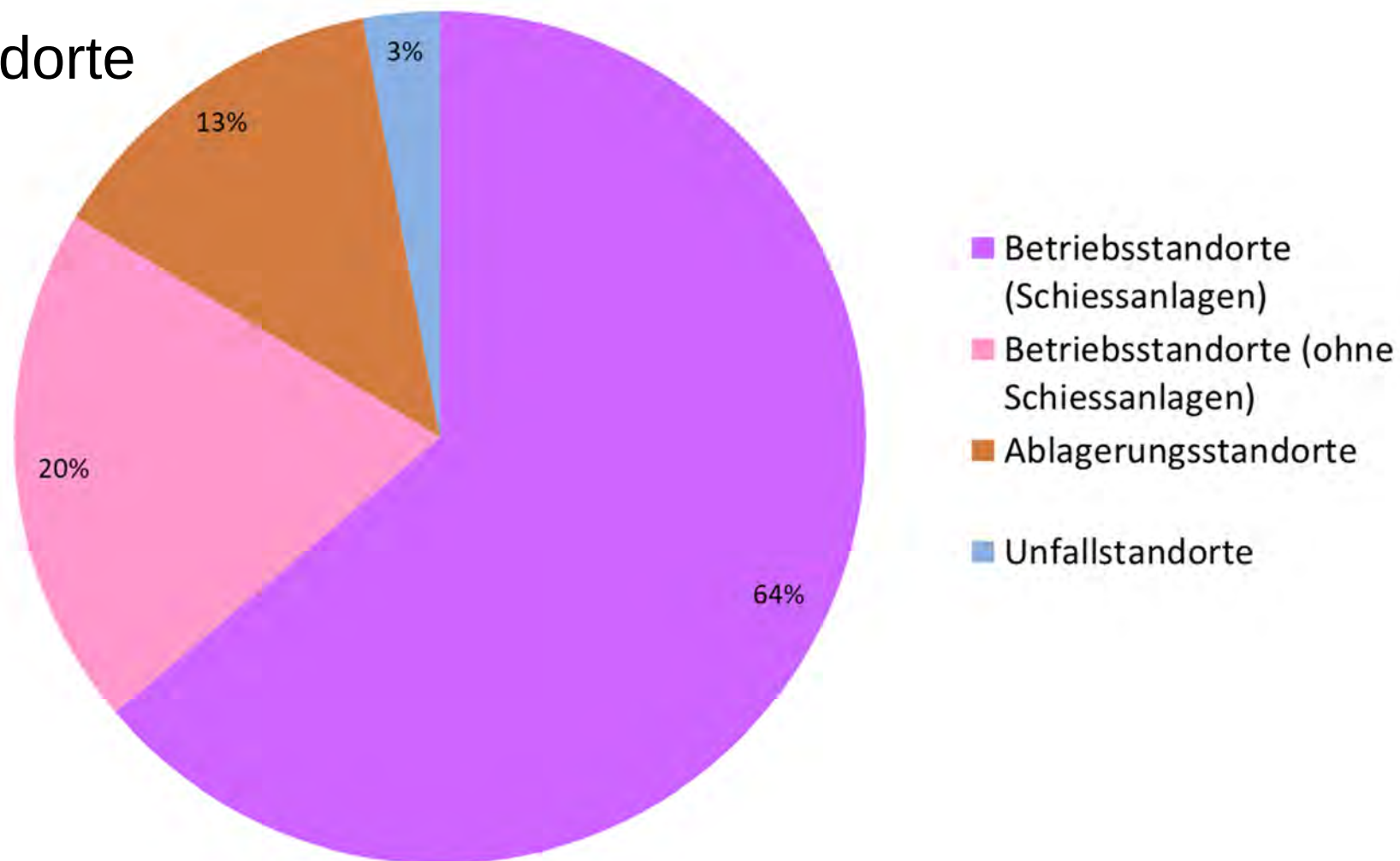
Status der Ablagerungsstandorte Ende 2022





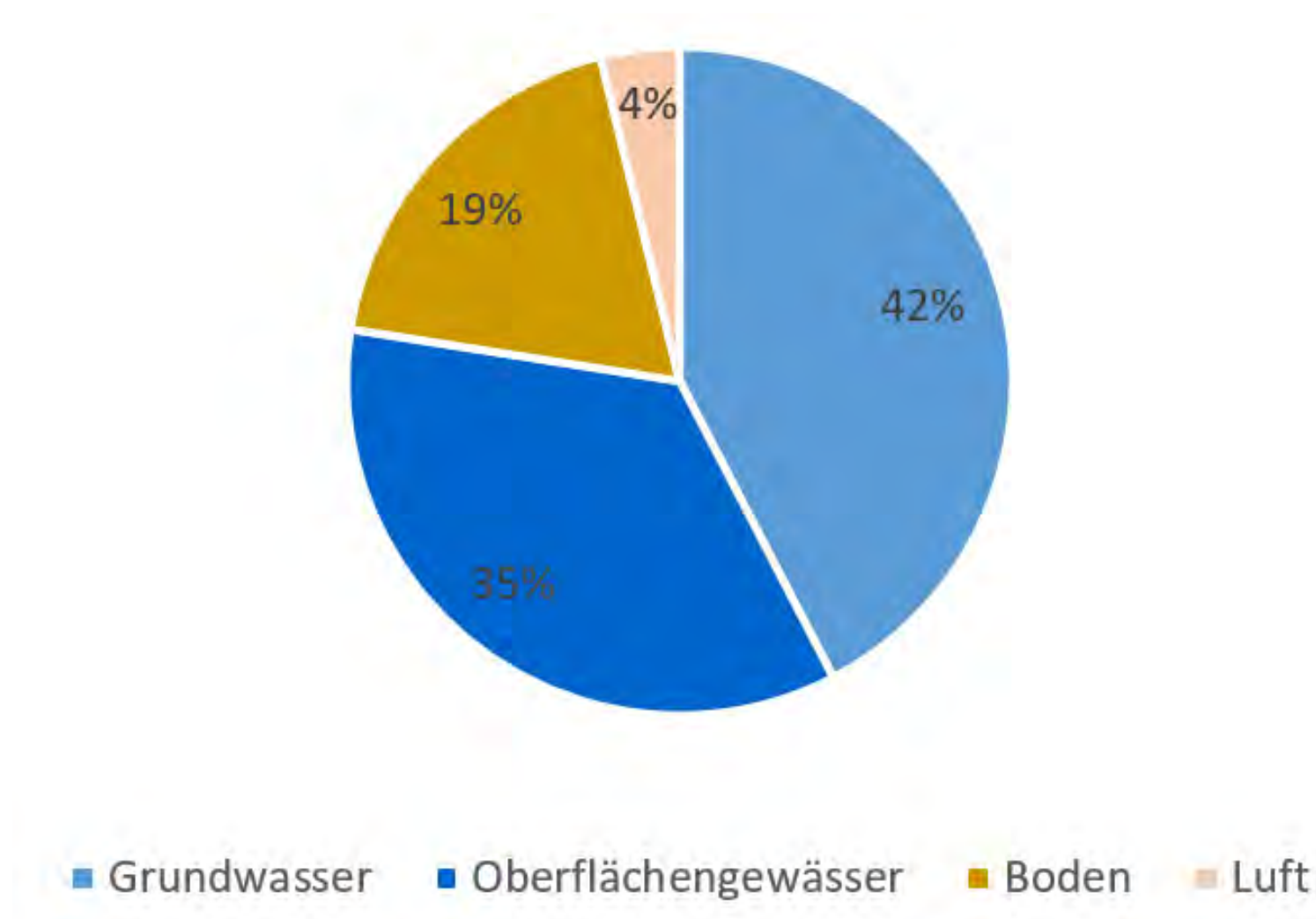
Sanierte Standorte nach Standorttyp Ende 2022

220 Standorte



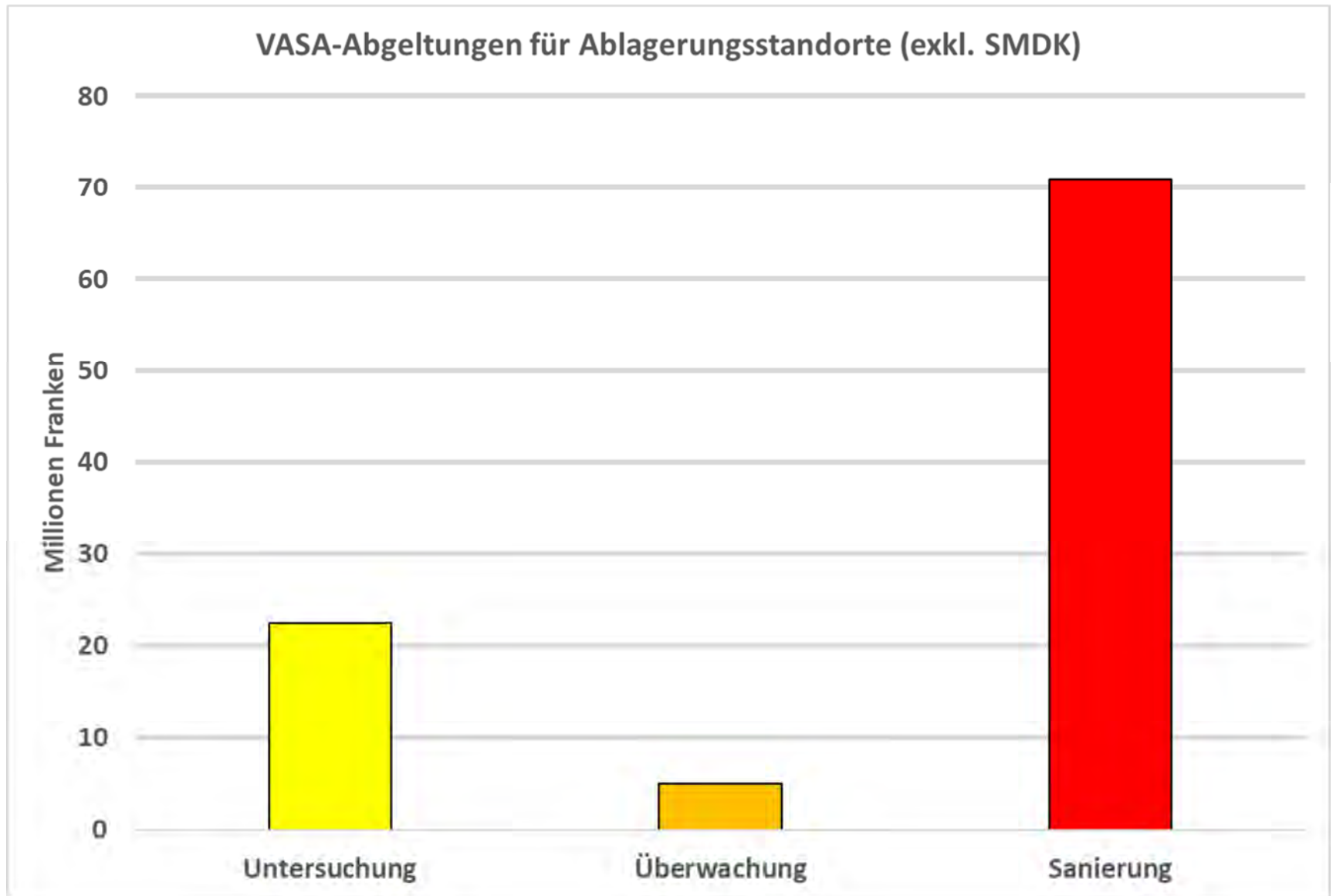


Betroffene Schutzgüter der sanierten Deponien (Ende 2022)





VASA-Abgeltungen





Häufigste Sanierungsauslöser und Sanierungsmassnahmen

Sanierungsauslöser	Angewandte Massnahmen
Einsturzgefährdete oder undichte Eindolungen	• Offenlegung des Gewässers um den Ablagerungsstandort • Offenlegung des Gewässers über den Ablagerungsstandort • Reparatur der Eindolung z.B. mittels Inliner
Erosion des Deponiekörpers an Uferböschungen und Freisetzung von Abfällen in die Gewässer	• Sicherung der Ufer durch Verbauungen • Dekontamination des Ablagerungsstandorts
Freisetzung von Schadstoffen in die Gewässer (Oberflächengewässer und Grundwasser)	• Fassung und Ableitung der Sickerwässer in eine ARA oder Pflanzenkläranlage • Aerobisierung des Ablagerungsstandorts • Dekontamination des Ablagerungsstandorts



Häufigste Sanierungsauslöser und Sanierungsmaßnahmen

Sanierungsauslöser	Angewandte Massnahmen
Freisetzung von Deponiegasen in Gebäude	• Fassung und Behandlung der Deponiegase (ggf. inkl. Aerobisierung) • Abdichtung der Gebäude
Belastung des Bodens durch Schadstoffe oder Fremdstoffe	• Abschälen des kontaminierten Bodens und Aufbau eines neuen Bodenhorizonts inklusive Rekultivierung.



Auslöser des Projekts und Publikationen

Umgang mit Sickerwasser- und Grundwasserbelastungen:
Welchen Beitrag kann die Aerobisierung leisten?

Geologische Beratungen
SCHENKER RICHTER GRAF AG

**Bauvorhaben auf alten
Siedlungsabfalldeponien**

Zum Abbau von organischem Material als Ursache von belastetem Sickerwasser, Deponiegas und Setzungen

Auftraggeber
BAFU
Abteilung Boden und Biotechnologie
Sektion Altlasten

Auftrags-Nr.
2019 - 0216

Bericht über Ursachen, Untersuchungen und über technische Lösungen
Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt BAFU

Titelbild:
Am Fuss einer grossen alten Siedlungsabfalldeponie sammelt sich Hang- und Sickerwasser in einem Teich. Bei der Wasser-Probennahme werden wir von einem hungrigen Karpfen beobachtet.

29. März 2021

HAUPTSTADT
Ruttenfabrikstr. 1
CH-4000 Kassel
T 061 575 61 00
info@ingestag.ch

PRAXIS
Königsplatz 4
CH-4051 Birsfelden
T 061 575 61 00
www.ingestag.ch

Sieber Cassina + Partner AG
Gesamtdienstleister Baugrund Umwelt

Aerobisierung von Siedlungsabfalldeponien

Expertise

Auftraggeber
BAFU Bundesamt für Umwelt
Waldenstrasse 68
3003 Bern

Fachgebiet Aerobisierung
IFAS Ingenieurbüro für
Altlastensanierung
Prof. Dr. Siegfried und Partner
Schillerstrasse 18 - 21
D-21079 Hamburg

Fachgebiet Geobotanik/LGA
Carbotech AG
Grossmattenstrasse 9
8009 Zürich

Datum
12.10.2022

Sachbearbeiter/-in
Rafael Schuler - SC+P AG
Enrico Cassina - SC+P AG
Kar-Usa Hoyer - IFAS
Marco Rothmann - HICCE
Thomas Klap - Carbotech

Projektnummer
BE 692A

Ort:
Weinfielden 10
CH-3007 Bern
031 382 08 35
info@sc-p.ch
www.sc-p.ch

INGENIAS

Erfahrungsbericht Aerobisierung

Erfahrungen aus der Aerobisierung der Deponien
Sass Grand, Bever GR und Kehlhof, Berg TG

Auftraggeber
Bundesamt für Umwelt (BAFU)
Abteilung Boden und Biotechnologie, Sektion Altlasten

Projekt-Nr.
2649

Datum
Weinfielden, 14. November 2022

Deponie Sass Grand (Bever GR)

Deponie Kehlhof (Berg TG)



Knacknüsse bei der Sanierung von SiedlungsabfalldPONen

- Beurteilung der Nachhaltigkeit und Verhältnismässigkeit der Massnahmen (1 bis 2 Generationen)
- Hochpumpen und Behandlung von Sickerwasser in einer Kläranlage
- Nachsorgemassnahmen nach TVA / VVEA vs Sanierungsmassnahmen nach AltIV
- Anrechenbarkeit von Unterhalts- und Betriebskosten



Bildquelle: Aargauer Zeitung

Aerobisierung
Siedlungsabfalldeponien

Symposium Altlasten

Solothurn, 13.09.2023

Folie 1



Bundesamt für
Umwelt BAFU

Aerobisierung von Siedlungsabfalldeponien

Methoden, Erfahrungen, Kosten, Klimarelevanz, Ökobilanz

Symposium Altlasten Schweiz 2023
Solothurn, 13.09.2023



Sieber Cassina + Partner AG
Gesamtdienstleister Baugrund Umwelt



carbotech 
Umweltprojekte und Beratung

Kurzvorstellung beteiligte Personen

Aerobisierung
Siedlungsabfalldeponien

Symposium Altlasten

Solothurn, 13.09.2023

Folie 2

Auftraggeberschaft: Bundesamt für Umwelt BAFU

- **Christiane Wermeille, Sektionschefin Altlasten**
- **Reto Tietz, Stv. Sektionschef Abteilung Boden und Biotechnologie**

Projektleitung und Projektkoordination Sieber Cassina + Partner AG

- **Projektleiter Rafael Schuler, dipl. Bauingenieur ETH**
- **Projektmitarbeit Enrico Cassina, dipl. Bauingenieur FH**

Fachspezialisten Aerobisierung

- **Kai Uwe Heyer, Dr.-Ing. Ingenieurbüro für Abfallwirtschaft IFAS**
- **Marco Ritzkowski, Dr.-Ing. Hamburg Institute for Innovation, Climate Protection, and Circular Economy**

Fachspezialist Ökobilanz

- **Thomas Kägi, carbotech AG**



Ziele unserer Expertise

Aerobisierung
Siedlungsabfalldeponien
Expertise
Ziele

Solothurn, 13.09.2023

Folie 3

- **Möglichkeiten und Grenzen der Aerobisierung zur Sanierung ehemaliger Hausmülldeponien darstellen**
- **Entscheidungsgrundlagen schaffen, um bei künftigen Variantenstudien für alte Siedlungsabfalldeponien einzelfallbezogen geeignete Verfahren wählen zu können**
- **Wirtschaftlichkeitsüberlegungen - gemäss AltIV kann vom Sanierungsziel abgewichen werden, wenn mit der Sanierungsvariante unverhältnismässige Kosten resultieren**



Inhalt

1. Methoden (R. Schuler, M. Ritzkowski)

- Grundlagen Deponiegas
- Angewandte Aerobisierungstechniken
- Planungsablauf
- Nachweiskriterien zum Sanierungsziel (Diskussion Gasemissionen, Deponiesickerwasser)

2. Erfahrungen (M. Ritzkowski)

- Einflussfaktoren auf die biologische Stabilisierung
- Erfahrungen Auswirkungen Gaspfad und Deponiesickerwasser

3. Expertise Aerobisierung von Siedlungsabfalldeponien (R. Schuler)

- Ziele
- Modellannahmen
- Betrachtete Sanierungsvarianten und Szenarien

4. Kosten (R. Schuler)

5. Klimarelevanz (R. Schuler)

6. Ökobilanz (T. Kägi)



Inhalt

1. Methoden

- **Grundlagen Deponiegas**
- **Angewandte Aerobisierungstechniken**
- **Planungsablauf**
- **Nachweiskriterien zum Sanierungsziel (Diskussion Gasemissionen, Deponiesickerwasser)**

2. Erfahrungen

- Einflussfaktoren auf die biologische Stabilisierung
- Erfahrungen Auswirkungen Gaspfad und Deponiesickerwasser

3. Expertise Aerobisierung von Siedlungsabfalldeponien

- Ziele
- Modellannahmen
- Betrachtete Sanierungsvarianten und Szenarien

4. Kosten

5. Klimarelevanz

6. Ökobilanz



Bilder aus der Vergangenheit

Aerobisierung
Siedlungsabfalldéponien

Grundlagen Deponiegas

Solothurn, 13.09.2023

Folie 6



Biologisch abbaubare Abfälle

Aerobisierung
Siedlungsabfalldeponien

Grundlagen Deponiegas

Solothurn, 13.09.2023

Folie 7



Lebensmittel-
abfälle

Grünabfall

(Alt-)Papier

etc.

Gaspotenzial = 185 – 225 m³ pro Tonne TS



Grundlagen

Aerobisierung
Siedlungsabfalldeponien

Grundlagen Deponiegas

Solothurn, 13.09.2023

Folie 8

Aerobisierung:



- Verfahren zur Belüftung von Deponiekörpern mit ansonsten mehrheitlich anaeroben Abbau von organischer Substanz. Die zugeführte Luft führt im Deponiekörper zu teilweise aeroben Bedingungen und aerobem Abbau. Durch den gezielten aeroben Abbau wird organischer Kohlenstoff in der Regel rascher abgebaut als durch anaeroben Abbau.
- C_{bio} : massgebender Kennwert zur Eruierung des Gesamtpotenzials an Kohlenstoff, welches noch hauptsächlich über den Gaspfad aus dem Deponiekörper emittieren kann.

Bedeutung der Deponiegase auf den Treibhauseffekt:



- Methan hat einen deutlich stärkeren Treibhauseffekt als Kohlendioxid:
 $GWP_{CH_4} = 28$
- Wird 1 Tonne Methan verbrannt, entstehen dabei 2.75 Tonnen Kohlendioxid



Deponiegasproduktion

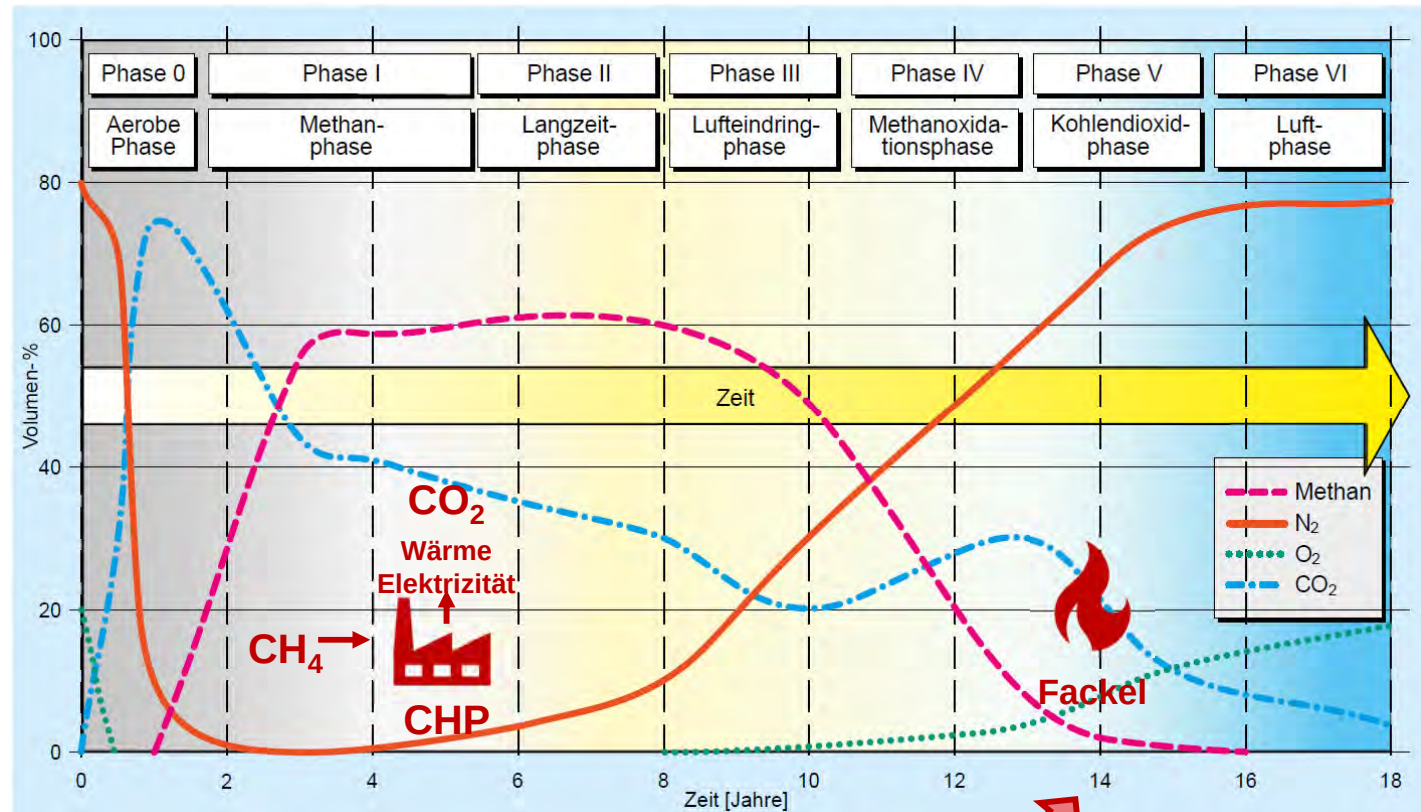
Aerobisierung
Siedlungsabfalldeponien

Begrüssung

Solothurn, 13.09.2023

Folie 9

Verlauf der Deponiegasproduktion über die Zeit



10 – 15% des C_{bio}
verbleibt in der Deponie

Aerobisierungstechniken – eine Vielzahl von Konzepten

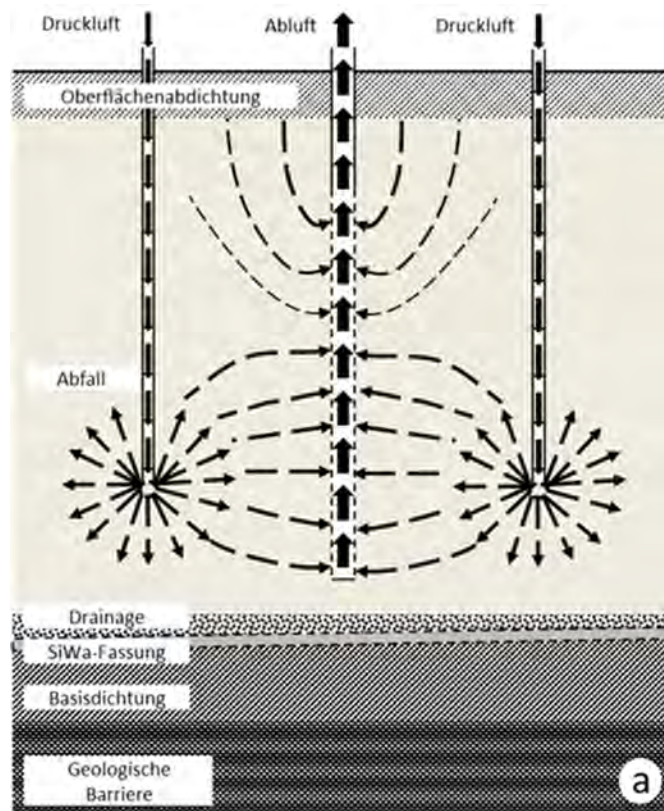
Aerobisierung
Siedlungsabfalldeponien

Methoden

Solothurn, 13.09.2023

Folie 10

a) Hochdruckbelüftung



- stossartige Druckabgabe bis zu 6 bar
- Die Lanzen sind mit einem Druckluftventil versehen
- Die Luft kann mit zusätzlichem Sauerstoff oder andere Nährstoffe angereichert werden
- Meistens in Deponierückbauprojekte, wo Geruchsvermeidung und Arbeitsschutzaspekte im Vordergrund standen.
- teuer

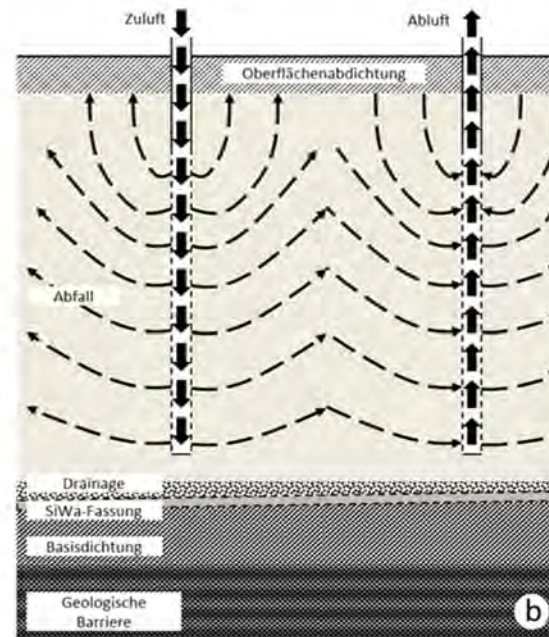
Aerobisierungstechniken

Aerobisierung
Siedlungsabfalldeponien

Methoden

Solothurn, 13.09.2023

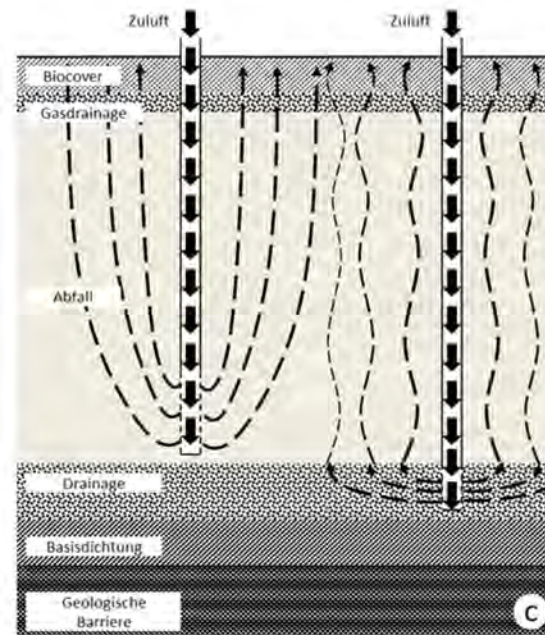
Folie 11



b) Niederdruckbelüftung mit
Ablufferfassung

c) Niederdruckbelüftung ohne
Ablufferfassung

- Ziel: beschleunigte und weitreichende biologische Abfallstabilisierung
- Drücke < 0.3 bar, meistens aber zwischen 20 und 80 mbar



- Die Umgebungsluft wird in den Deponiekörper eingeleitet.
- Eine parallel betriebene Ablufferfassung (b) erlaubt mehr Flexibilität der Betriebsführung
- Ohne Ablufferfassungssystem (c) kann die Abluftqualität weder gefasst noch überwacht werden.

Aerobisierungstechniken – eine Vielzahl von Konzepten

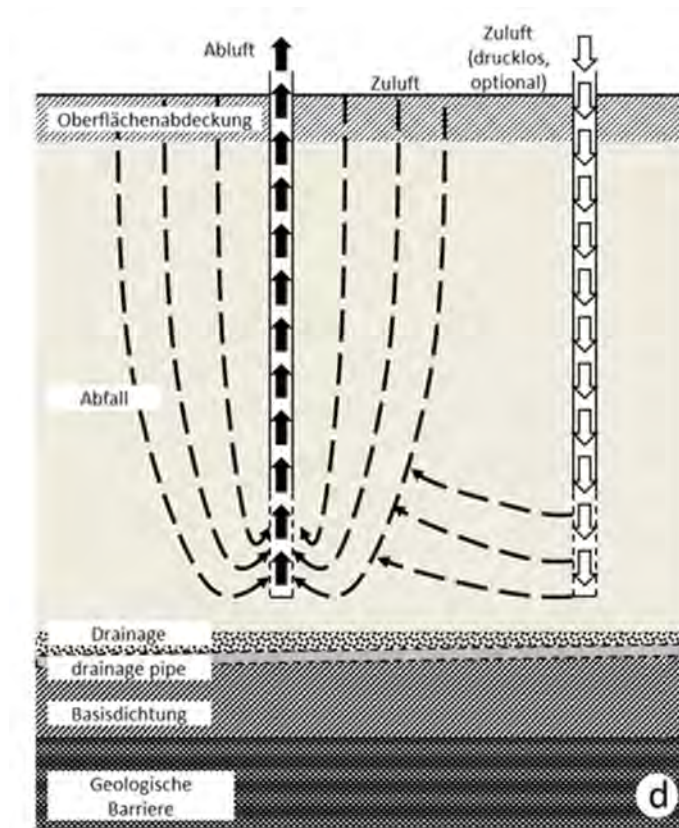
Aerobisierung
Siedlungsabfalldeponien

Methoden

Solothurn, 13.09.2023

Folie 12

d) Übersaugung



- Passive Luftzufuhr: die Umgebungsluft wird mittels Unterdruck, allenfalls durch offene Gasbrunnen, in den Deponiekörper eingesaugt
- Die Gasbrunnen erst in tieferen Abfallsschichten perforieren, um Kurzschlüsse nahe Deponieoberfläche zu vermeiden.
- Behandlung des Deponiegases mit Schwachgasfackel oder RTO

Aerobisierungstechniken eine Vielzahl von Konzepten

Aerobisierung
Siedlungsabfalldeponien

Methoden

Solothurn, 13.09.2023

Folie 13

Verfahren	Voraussetzungen	Vorteile	Nachteile
Hochdruck- belüftung	I.d.R. nur vor einem Deponierückbau	Einsatz sowohl in stark als auch in schwach verdichteten Abfällen Kontrollierte Fassung der Abluft	Kosten, hoher technischer Aufwand, kurzer Behandlungs- dauer wenig Einfluss auf Sickerwasserqualität
Niederdruck- belüftung mit Ablufterfassung (-> für Berechnung berücksichtigt)	Keine besonderen Voraussetzungen, sehr flexibel einsetzbar	Flexibilität der Betriebsführung (gezielte Lufteinleitung) Kontrollierte Fassung der Abluft	etwas höherer Aufwand in der Betriebsführung und Abluftreinigung (kürzere Behandlungs- dauer als bei Übersaugung)
Niederdruck- belüftung ohne Ablufterfassung	Nur einsetzbar, wenn unkontrollierte Gasmigration ausgeschlossen wird	Reduzierter technischer Aufwand, da keine aktive Ablufterfassung	Emissionsminderung i.d.R. geringer als Niederdruckbelüftung mit Ablufterfassung Emissionserfassung und -kontrolle schwierig
Übersaugung	Anwendung bevorzugt bei geringem Abbau- potential und geringer Mächtigkeit	Kontrollierte Fassung von Abluft	Massnahme dauert i.d.R. deutlich länger als bei aktiver Belüftung



Planungsablauf

Aerobisierung
Siedlungsabfalldeponien

Methoden

Solothurn, 13.09.2023

Folie 14

1. Bestandsaufnahme
2. Ermittlung des noch vorhandenen Emissionspotenzials mit ergänzenden Untersuchungen (Erkundungsbohrungen mit Abfallfeststoffuntersuchungen, Absaug- und Belüftungsversuche)
3. Planung geeigneter Massnahmen zur beschleunigten und kontrollierten Reduzierung des Restemissionspotenzials (Aerobe in situ Stabilisierung, ggf. ergänzend Befeuchtungsmaßnahmen), Angaben zu Technik und Betriebsführung
4. Überwachungsprogramm zur Optimierung und zum Nachweis der erfolgreichen Durchführung der Massnahme(n)



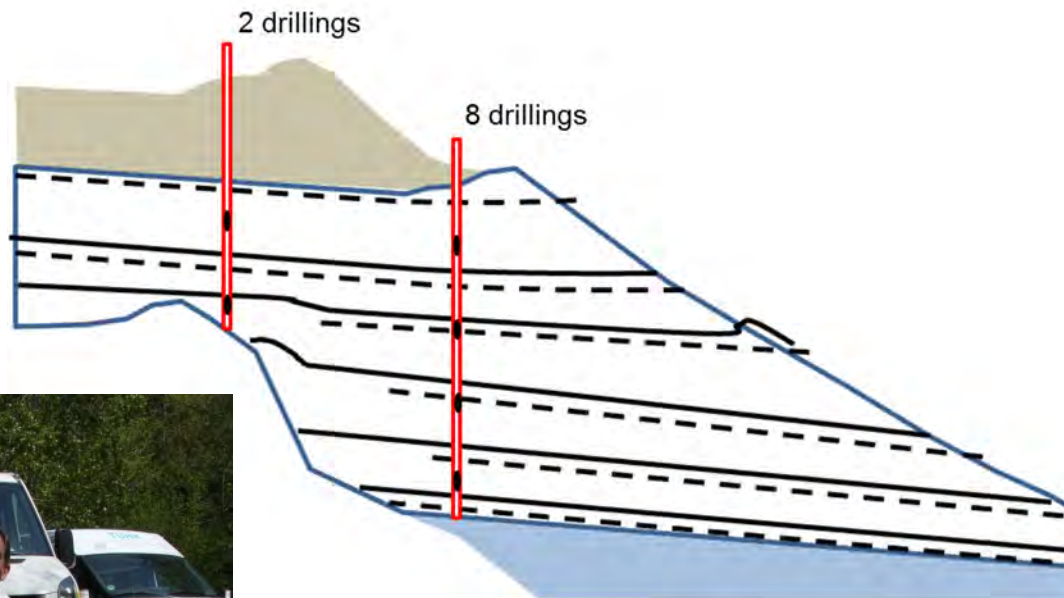
Entnahme von Abfallproben

Aerobisierung
Siedlungsabfalldeponien

Methoden

Solothurn, 13.09.2023

Folie 15



Nachweiskriterien zur Erreichung der Sanierungsziele 1/2

Aerobisierung
Siedlungsabfalldeponien

Methoden

Solothurn, 13.09.2023

Folie 16

Gashaushalt:

- Methan wird aufgrund von seinem hohen Treibhauseffekt als Indikator gewählt
- Methanvolumen $\leq 10 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/h$ im gesamten Standort und $\leq 2 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/(h \cdot ha)$
- Konzentration von CH_4 und CO_2 im Boden in der Porenluft nach AltIV, Anh. 2

Wasserhaushalt:

- Die Deponiebelüftung leistet einen Beitrag zur Verminderung der Sickerwasserbelastung (z.B. CSB, BSB₅ und Stickstoff). Trotz mittlerweile zahlreicher Projekten fehlen noch verallgemeinerbare Ergebnisse, in welchem Maße die Deponiebelüftung diese Entwicklung beschleunigt und welches Konzentrationsniveau sich zum Ende der Deponiebelüftung einstellen kann.
- Unterschreitung der 10-fachen Konzentrationswerte nach AltIV
- «Anforderungen an die Einleitung von Deponiesickerwasser» BAFU, 2012



Nachweiskriterien zur Erreichung der Sanierungsziele 2/2

Aerobisierung
Siedlungsabfalldeponien

Methoden

Solothurn, 13.09.2023

Folie 17

Nachweiskriterien zur Erreichung der Sanierungsziele

Temperatur:

- Während der Deponiebelüftung kommt es zu einer Erhöhung der Temperatur (die aeroben Reaktionen sind exotherm). Nehmen die Temperaturen wieder ab, sind die Abbauprozesse weitgehend abgeschlossen.
- Temperaturdifferenz im Vergleich zum Ausgangszustand $< 5 - 10\text{ }^{\circ}\text{C}$

Setzungen:

- Der Deponiekörper erfährt aufgrund der Abbauprozesse Setzungen. Deren Ausmass ist jedoch schwierig zu prognostizieren.
- Qualitatives Kriterium, erlaubt eine indirekte Beurteilung des Stabilisierungsfortschrittes



Inhalt

1. Methoden ✓

- Grundlagen Deponiegas
- Angewandte Aerobisierungstechniken
- Planungsablauf
- Nachweiskriterien zum Sanierungsziel (Diskussion Gasemissionen, Deponiesickerwasser)

2. Erfahrungen

- Einflussfaktoren auf die biologische Stabilisierung
- Erfahrungen Auswirkungen Gaspfad und Deponiesickerwasser

3. Expertise Aerobisierung von Siedlungsabfalldeponien

- Ziele
- Modellannahmen
- Betrachtete Sanierungsvarianten und Szenarien

4. Kosten

5. Klimarelevanz

6. Ökobilanz



Deponiebelüftung Einflussfaktoren

Aerobisierung
Siedlungsabfalldeponien

Erfahrungen

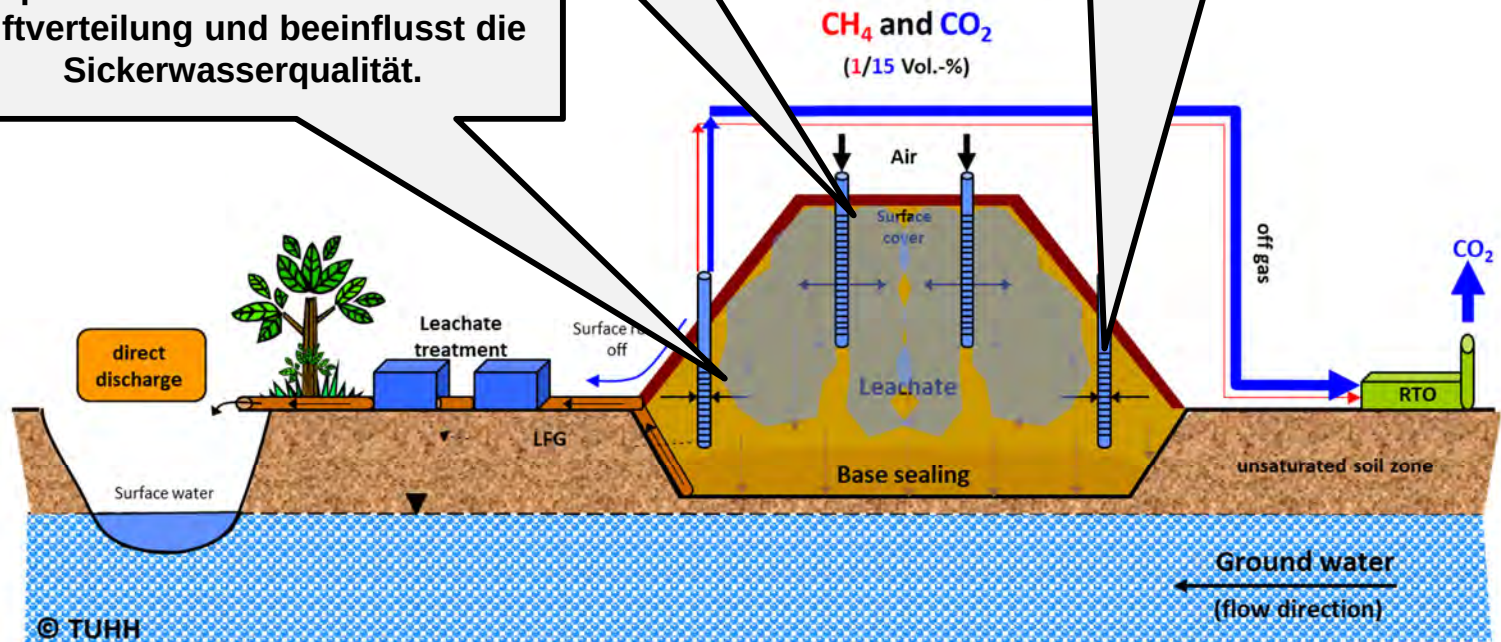
Solothurn, 13.09.2023

Folie 19

1) Freisetzung von Wärme im Zuge des mikrobiologischen Abbaus der organischen Substanz im aeroben Milieu.

2) Zugeführte Luftmenge bzw. Belüftungsvolumina bestimmen Ausmaß und Geschwindigkeit der Stoffumsetzung.

3) Sickerwassereinstau in tieferen Deponieschichten behindert die Luftverteilung und beeinflusst die Sickerwasserqualität.



zu 1: Wärmefreisetzung

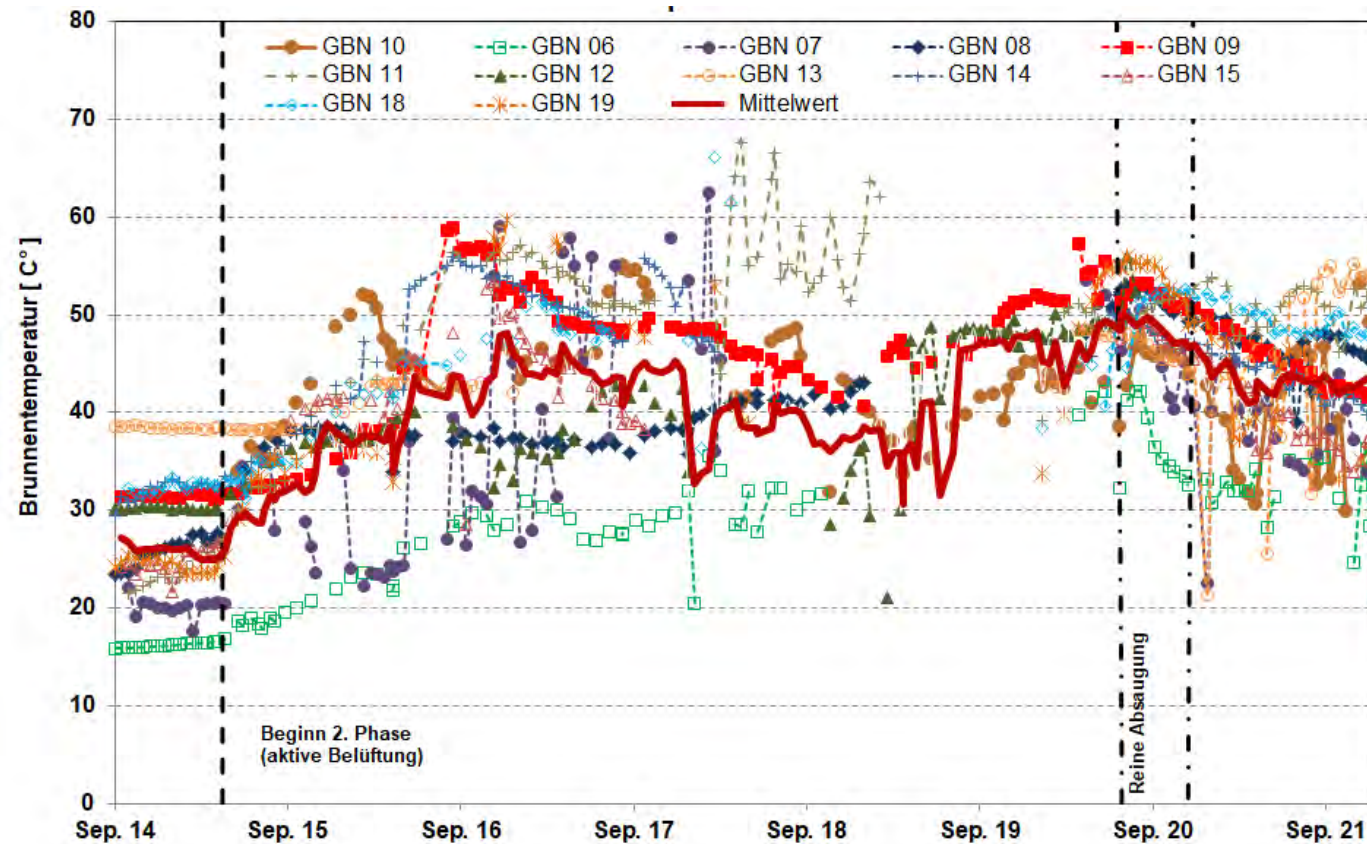
Aerobisierung
Siedlungsabfalldeponien

Erfahrungen

Solothurn, 13.09.2023

Folie 20

Temperaturentwicklung während der Belüftung



zu 1: Wärmefreisetzung

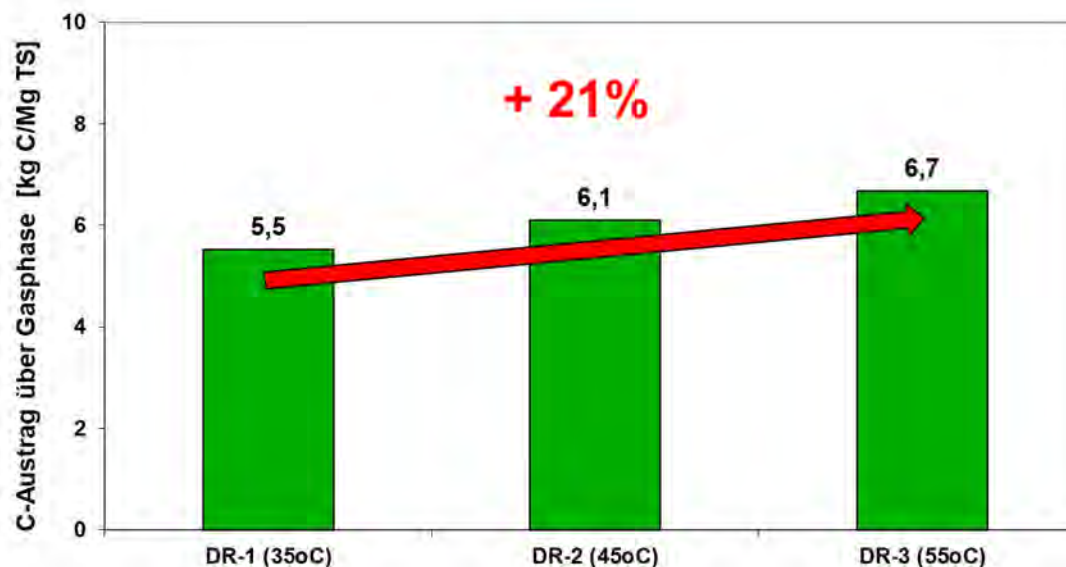
Aerobisierung
Siedlungsabfalldeponien

Erfahrungen

Solothurn, 13.09.2023

Folie 21

Steigende Temperaturen – steigender C-Austrag und steigende $\text{NH}_4\text{-N}$ -Sickerwasserbelastung



COD / CI	35°C	50°C	65°C
Start	100 %	100 %	100 %
Ende (belüftet)	28 %	42 %	56 %

NH ₄ -N / CI	35°C	50°C	65°C
Start	100 %	100 %	100 %
Ende (belüftet)	7 %	125 %	116 %



zu 2: Luftmenge

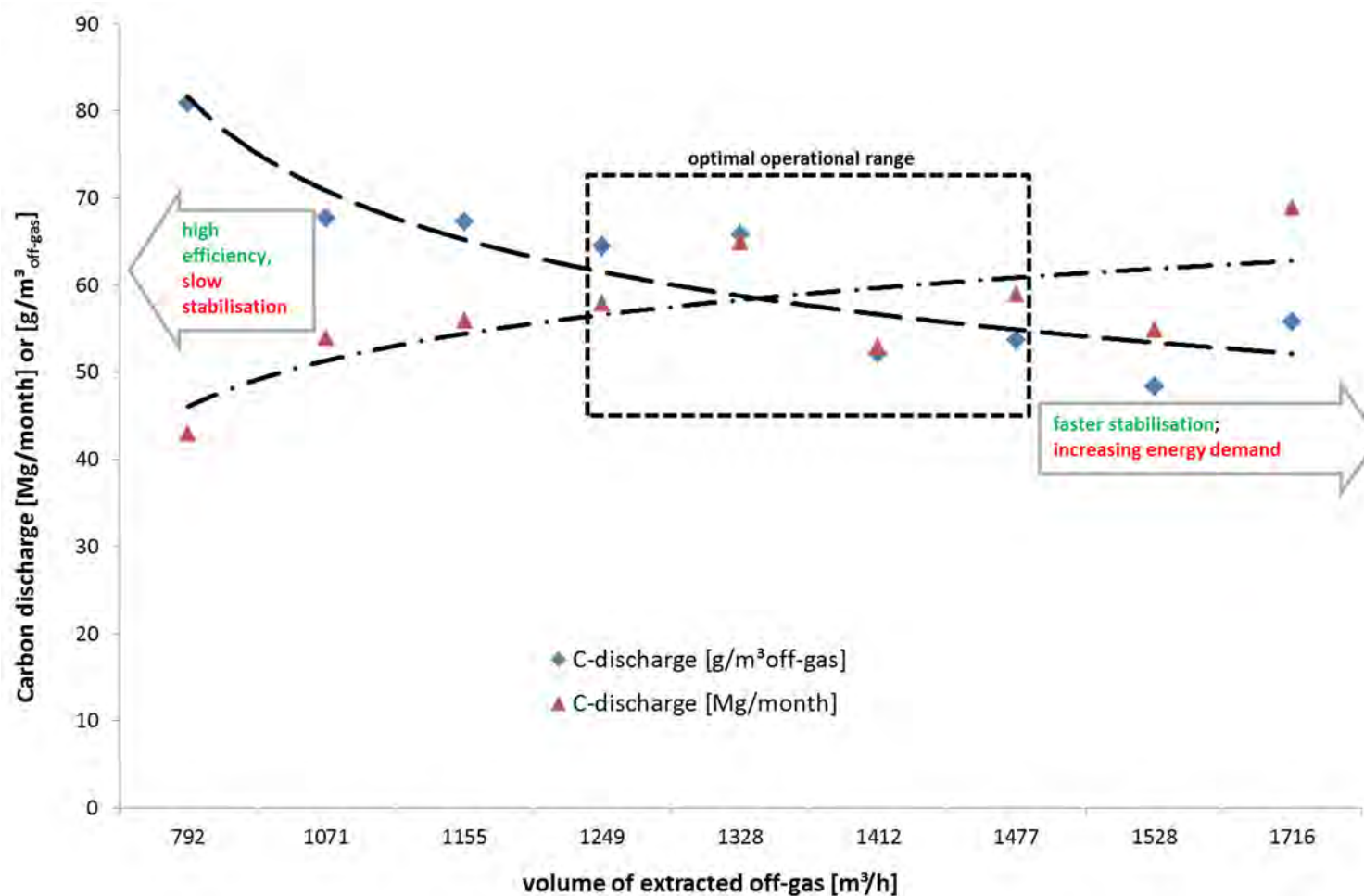
Aerobisierung
Siedlungsabfalldeponien

Erfahrungen

Solothurn, 13.09.2023

Folie 22

Einfluss auf den C-Austrag (Gasphase)



zu 2: Luftmenge

Aerobisierung
Siedlungsabfalldeponien

Erfahrungen

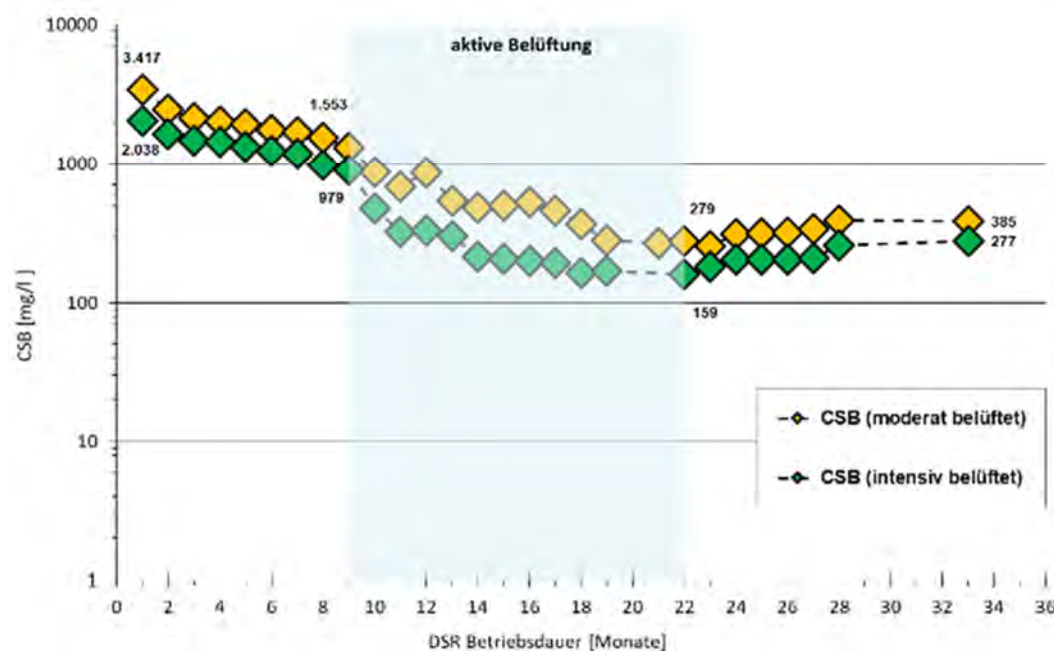
Solothurn, 13.09.2023

Folie 23

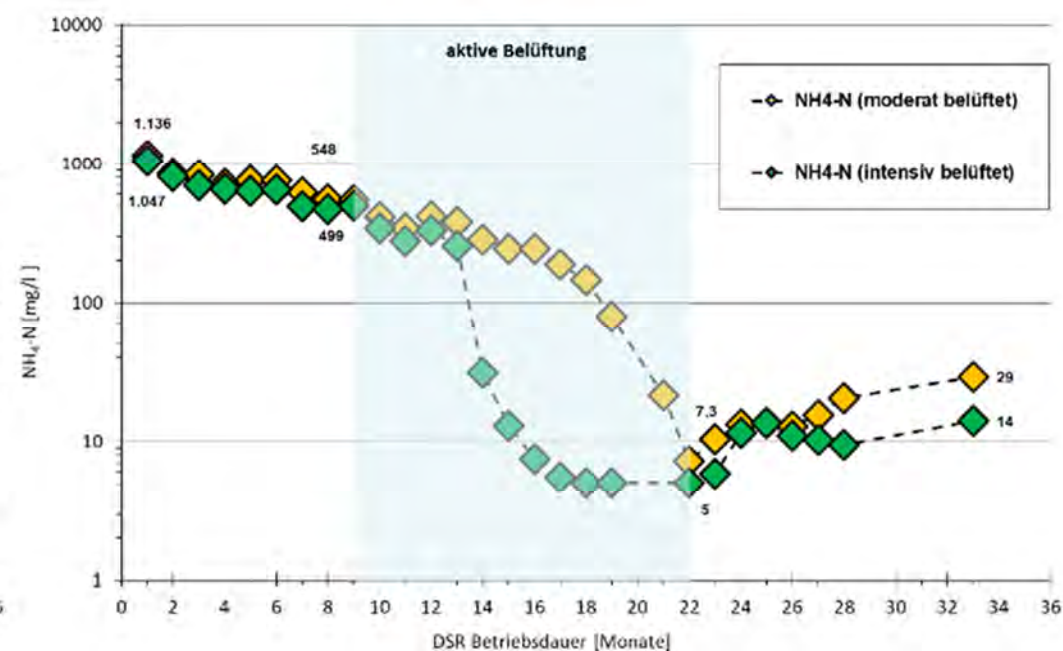
Einfluss auf die Sickerwasserqualität



CSB



NH₄-N



zu 3: Sickerwassereinstau

Aerobisierung
Siedlungsabfalldeponien

Erfahrungen

Solothurn, 13.09.2023

Folie 24

Einfluss auf die Sickerwasserqualität

- **Geringere Permeabilität in tiefen Deponiebereichen reduziert die Sickerwasserfließgeschwindigkeit und führt zu Einstau;**
- **Diese vollständig gesättigten Bereiche werden ggf. nicht / nicht ausreichend durch die Belüftung erreicht und verbleiben in einem (teilweise) anaeroben Zustand;**
- **Bei der (langsamen) Durchsickerung durch solche Zonen kann es zu einer quasi nachgelagerten Verschlechterung der Sickerwasserqualität durch Vermischung kommen, wodurch die positive Wirkung der Belüftung nicht mehr eindeutig nachvollzogen werden kann;**
- **Es kommt zu einer (signifikanten) Verzögerung der Abnahme an organischen und stickstoffhaltigen Verbindungen im Sickerwasser.**



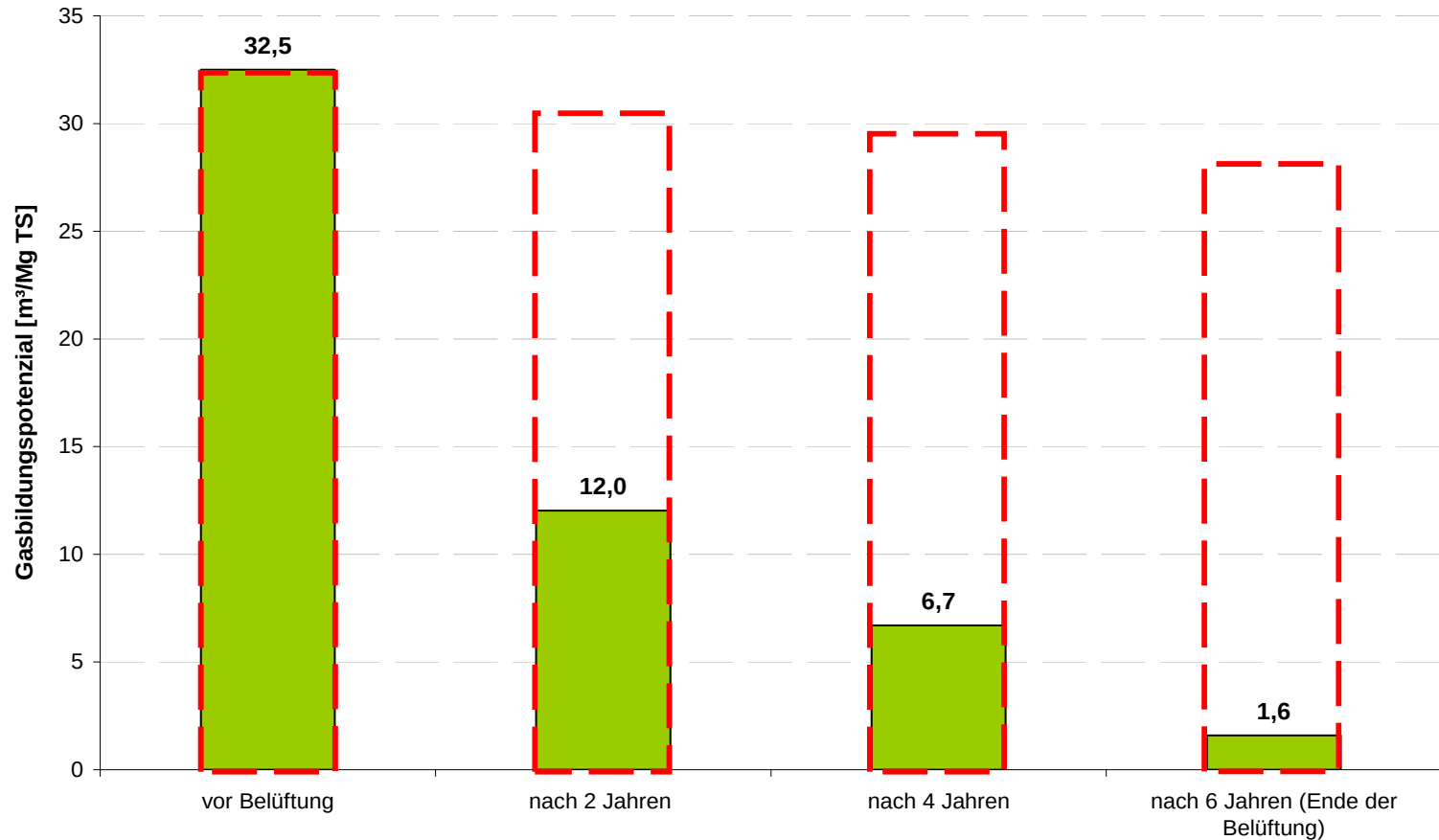
Reduktion des Gasbildungspotenzials

Aerobisierung
Siedlungsabfalldeponien

Erfahrungen

Solothurn, 13.09.2023

Folie 25



 Deponiebelüftung / Aerobisierung

 anaerobe Verhältnisse (baseline)



Auswirkungen auf die Sickerwasserqualität



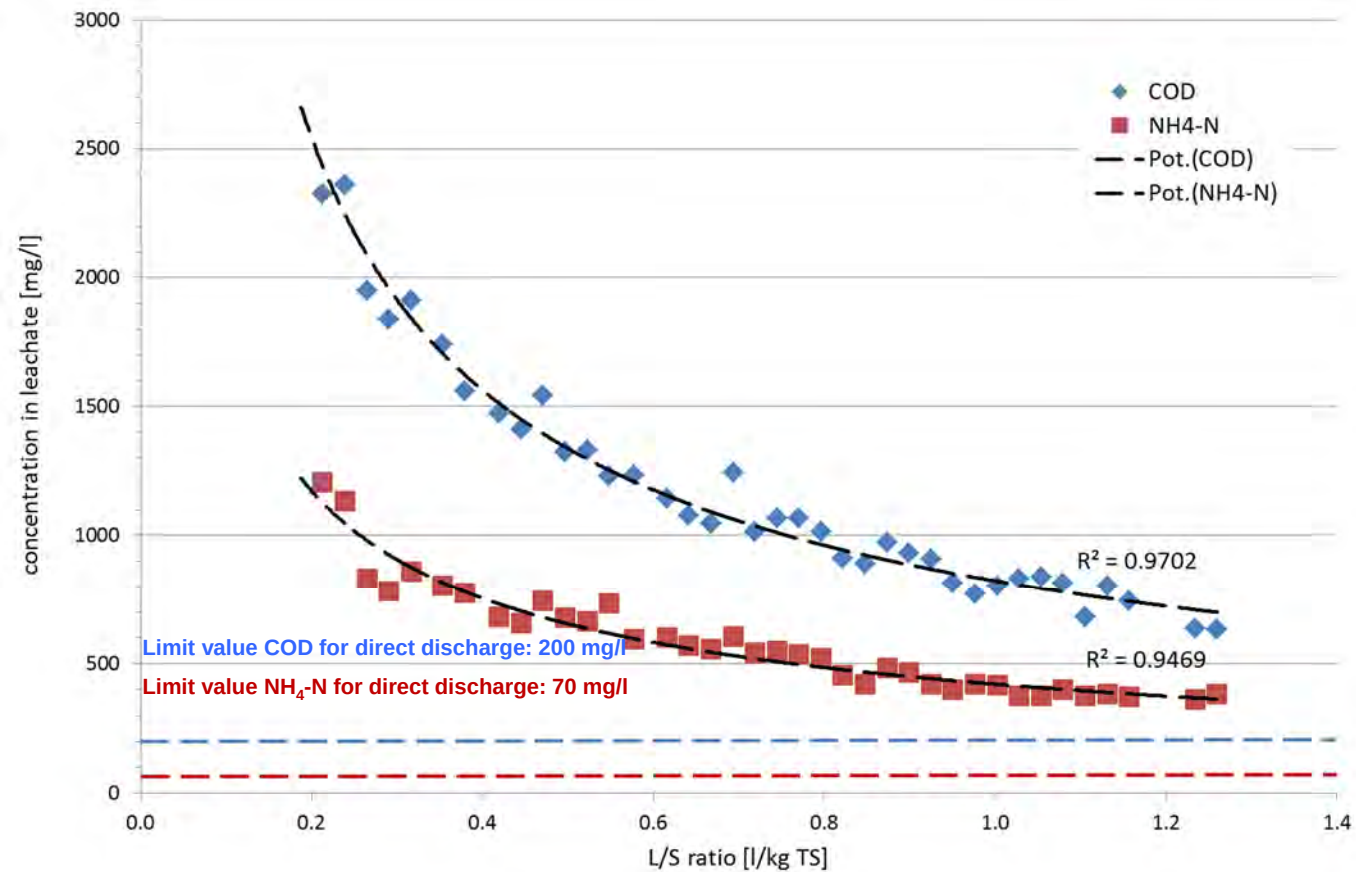
Aerobisierung
Siedlungsabfalldeponien

Erfahrungen

Solothurn, 13.09.2023

Folie 26

Anaerobe Bedingungen



Auswirkungen auf die Sickerwasserqualität

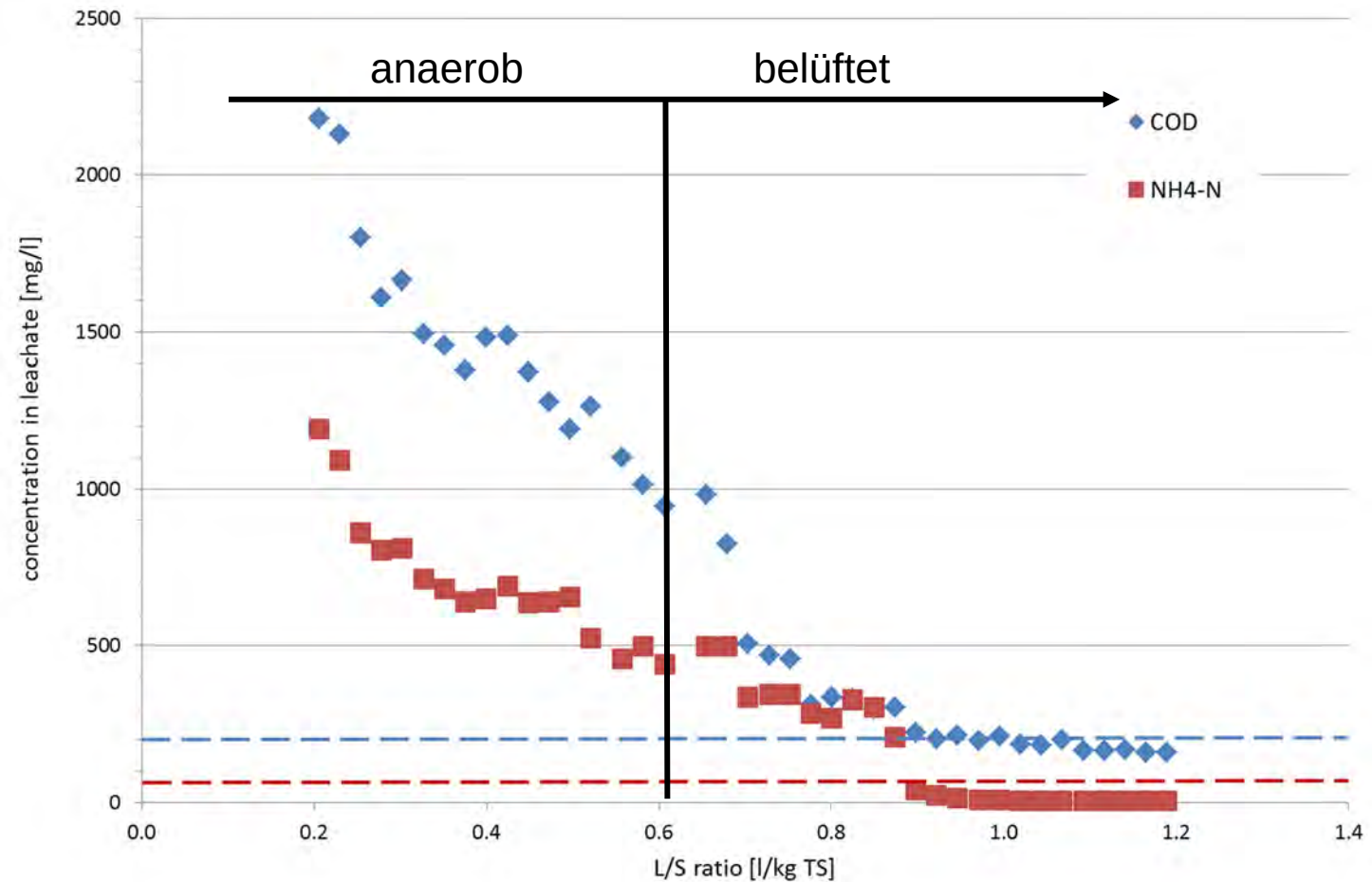
Aerobisierung
Siedlungsabfalldeponien

Erfahrungen

Solothurn, 13.09.2023

Folie 27

belüftete Bedingungen



Fazit Erfahrungen (I)

Aerobisierung
Siedlungsabfalldeponien

Erfahrungen

Solothurn, 13.09.2023

Folie 28

- Deponiesimulationsversuche liefern wichtige Hinweise auf die langfristig erreichbare Qualität des Deponiesickerwassers;
- Bezüglich der temporären Veränderungen während und unmittelbar nach der Belüftung sind die Ergebnisse aufgrund der deutlich unterschiedlichen Belüftungsraten jedoch nur bedingt aussagekräftig;
- Überwachungsdaten von realen, belüfteten Deponien deutet darauf hin, dass die Zeiträume bis zum Erreichen einer ausreichenden Sickerwasserqualität bei den gewählten Belüftungsraten voraussichtlich viele Jahre betragen können.



Fazit Erfahrungen (II)

Aerobisierung
Siedlungsabfalldeponien

Erfahrungen

Solothurn, 13.09.2023

Folie 29

- Zur Verbesserung der Sickerwasserbeschaffenheit belüfteter Altdeponien in überschaubaren Zeiträumen, wird empfohlen, eine angepasste Belüftungstechnik und –strategie hinsichtlich erhöhter Belüftungsvolumina zur intensiven Sauerstoffversorgung insbesondere auch der tieferen ggf. porenwassergessättigten Deponiehorizonte zu wählen.
- Hierzu könnten Pilotvorhaben mit einer qualifizierten wissenschaftlichen Begleitung durchgeführt werden.
- Eine Abschätzung der Wirksamkeit der Belüftung könnte auch indirekt über die Entnahme von Feststoffproben und deren Elution (Auslaugung) erfolgen.



Inhalt

1. Methoden ✓

- Grundlagen Deponiegas
- Angewandte Aerobisierungstechniken
- Planungsablauf
- Nachweiskriterien zum Sanierungsziel (Diskussion Gasemissionen, Deponiesickerwasser)

2. Erfahrungen ✓

- Einflussfaktoren auf die biologische Stabilisierung
- Erfahrungen Auswirkungen Gaspfad und Deponiesickerwasser

3. Expertise Aerobisierung von Siedlungsabfalldeponien

- Ziele
- Modellannahmen
- Betrachtete Sanierungsvarianten und Szenarien

4. Kosten

5. Klimarelevanz

6. Ökobilanz



Modellannahmen

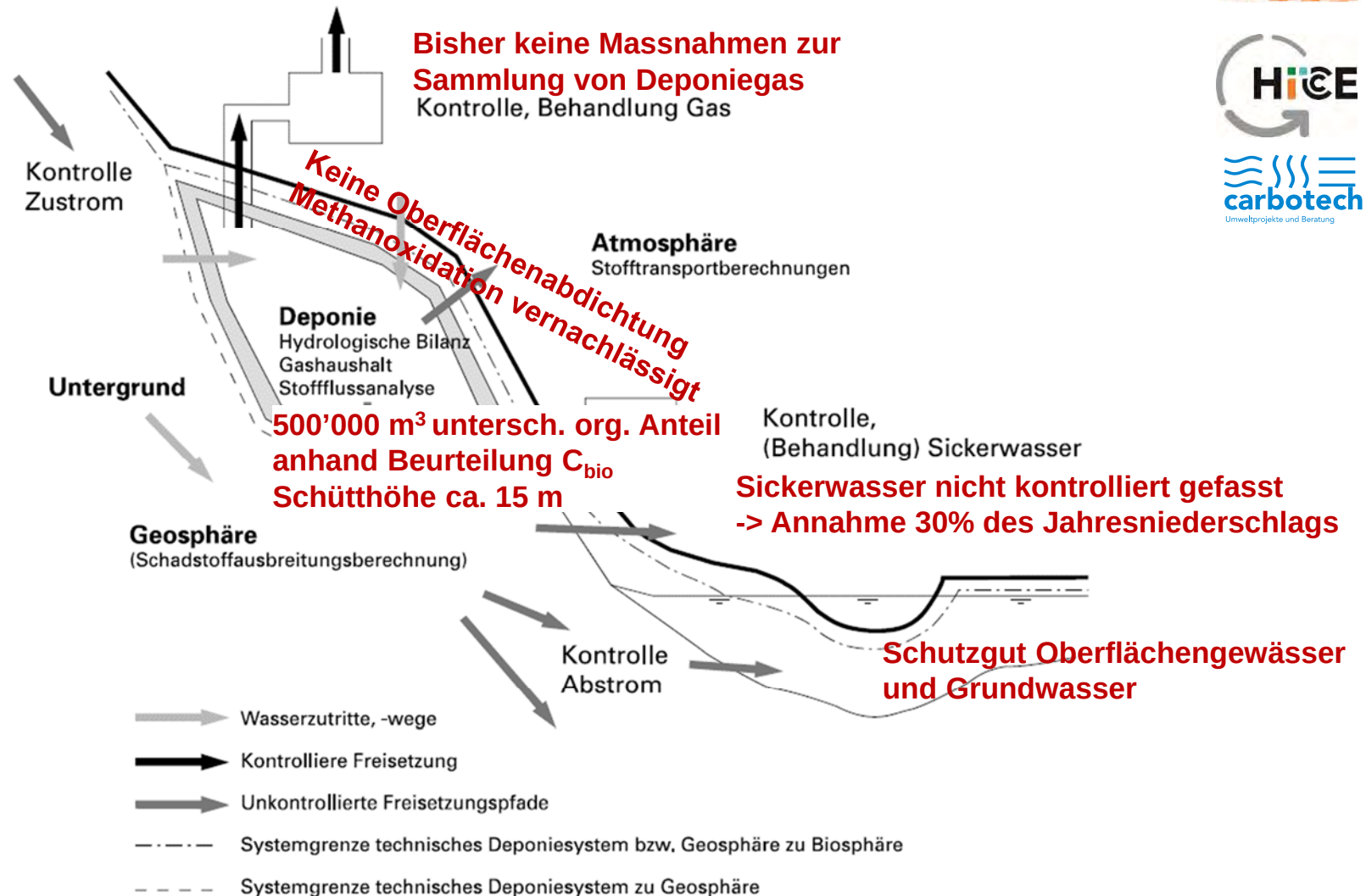
Expertise Aerobisierung
Siedlungsabfalldeponien

Expertise Modellannahmen

Ittigen, 03.11.2021

Folie 31

Siedlungsabfalldeponie der 80er Jahre



Übersicht der betrachteten Szenarien und Varianten

Aerobisierung
Siedlungsabfalldeponien
Expertise
Modellannahmen

Solothurn, 13.09.2023

Folie 32

4 Sanierungsvarianten:

1. **Status Quo:** Die Deponie wird sich selbst überlassen und die Verrottungsprozesse klingen über die nächsten 50 Jahre allmählich ab.
2. **Totaldekontamination:** Die Deponie wird ausgehoben, die Abfälle triagiert, transportiert, behandelt und extern entsorgt.
3. **Aerobisierung:** Der Deponiekörper wird aktiv belüftet und die Deponiegase gefasst und behandelt.
4. **Aktive Entgasung ohne Aerobisierung:** Deponiekörper wird aktiv entgast und die Deponiegase gefasst und behandelt.



Übersicht der betrachteten Szenarien und Varianten

Aerobisierung
Siedlungsabfalldeponien
Expertise
Modellannahmen

Solothurn, 13.09.2023

Folie 33

Für die 4 Sanierungsvarianten wurden je 3 Szenarien definiert:

1. **Szenario 1** $C_{\text{bio}} > 12 \text{ kg/t TM}$
entspricht ungefähr einer Deponie/eines Kompartiments mit Ablagerungsphase von 1980 – 2000*
2. **Szenario 2** $12 \text{ kg/t TM} > C_{\text{bio}} > 6 \text{ kg/t TM}$
entspricht ungefähr einer Deponie/eines Kompartiments mit Ablagerungsphase von 1970 – 1990*
3. **Szenario 3** $6 \text{ kg/t TM} > C_{\text{bio}} > 2.5 \text{ kg/t TM}$
entspricht ungefähr einer Deponie/eines Kompartiments mit Ablagerungsphase von 1950 - 1970*

*Berechnungen zu den Szenarien mit dem IPCC Modell mit unterschiedlichem Anteil an biologisch verfügbarem Kohlenstoff C_{bio} lassen Rückschlüsse auf das Alter der Ablagerung zu. Der Anteil an C_{bio} wird jedoch nicht allein anhand des Alters der Ablagerung bestimmt, sondern ist im Einzelfall festzulegen (Wasserhaushalt, Luftzirkulation, technische Einrichtungen)

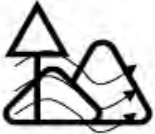
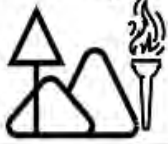


Übersicht der betrachteten Szenarien und Varianten

Aerobisierung
Siedlungsabfalldeponien
Expertise
Modellannahmen

Solothurn, 13.09.2023

Folie 34

Sanierungsvarianten		Szenario 1 $C_{\text{bio}} > 12\text{kg/t TM}$	Szenario 2 $12\text{kg/t TM} > C_{\text{bio}} > 6\text{kg/t TM}$	Szenario 3 $6\text{kg/t TM} > C_{\text{bio}} > 2.5\text{ kg/t TM}$
1	Status Quo 	Die Deponie wird sich selbst überlassen. Die produzierten Deponiegase entweichen direkt in die Atmosphäre.	Die Deponie wird sich selbst überlassen. Die produzierten Deponiegase entweichen direkt in die Atmosphäre.	Die Deponie wird sich selbst überlassen. Die produzierten Deponiegase entweichen direkt in die Atmosphäre
2	Totaldekontamination 	Die Deponie wird ausgehoben, allenfalls erhöhte Entsorgungskosten wegen hohen Belastungen	Die Deponie wird ausgehoben	Sanierungsvariante allenfalls nicht relevant
3	Aerobisierung 	In einer ersten Phase erfolgt eine herkömmliche Erfassung der Deponiegase und Behandlung	Hier wird direkt eine Aerobisierung (Niederdruckbelüftung) installiert.	Prüfen wie weit hier eine Aerobisierung zu einer massgeblichen Reduktion der CH_4 -Emissionen führt (ev. Klimaschutz)
4	Aktive Entgasung ohne Aerobisierung 	Die Deponie wird aktiv entgast: Erfassung der Deponiegase und Behandlung	Die Deponie wird aktiv entgast: Erfassung der Deponiegase und Behandlung	Prüfen wie weit hier eine Aerobisierung zu einer massgeblichen Reduktion der CH_4 -Emissionen führt (ev. Klimaschutz)



Materialzusammensetzung in der Modelldeponie

Aerobisierung
Siedlungsabfalldeponien
Expertise
Modellannahmen

Solothurn, 13.09.2023

Folie 35

Abfallarten Type de déchets Generi di rifiuti	1973 Schweiz Suisse Svizzera	1975 Thun Thoune Thun	1977 Holland Hollande Olanda	1971 BRD RFA Germania federale	1976 Wien Vienne Vienna	1973/74 Frankfurt Berlin, Düsseldorf, Frankfurt Berlino, Francoforte (Mittel, moyenne, media)	1973/74 U.S.A.
	%	%	%	%	%	%	%
Papier Papier Carta	36	40	22	22-35	27	30	43
Kunststoffe Matières synthétiques Materiale sintetico	4	6,5	6	2-3	6	5	-
Textilien, Leder, Gummi, Holz Textiles, cuir, caoutchouc, bois Tessili, cuoio, gomma, legno	8	11,5	3	2-4	10	6	7
Küchenabfälle Déchets de cuisine Rifiuti di cucina	20	9	48	10-20	22	24	12
Gartenabfälle Déchets horticoles Rifiuti di giardino	8	13,5		-			14
Glas Verre Vetro	8	8	12	8-10	11	15	9
Steine, Sand, Ton Pierres, sable, argile Sassi, sabbia, argilla	4	1	-	2-6	-	-	-
Metalle Métaux Metalli	5-8	5	3	4-9	8	5	9
Diverse Arten Divers Vari generi	4-7	5-6	-	-	-	-	-
Total / total / totale	100 %						

Abfallerhebung des
BAFU, 1987



Davon diverse Parameter
abgeleitet für jeweilige
Abfälle für die
Grasprognose

- Trockenmasse
- DOC
- Etc.



Gasprognose nach IPCC Methode

Aerobisierung
Siedlungsabfalldeponien
Expertise
Modellannahmen

Solothurn, 13.09.2023

Folie 36

$$\text{CH}_4 \text{ generated}_T = \text{DDOCma}_{T-1} * (1 - e^{-k}) * F * 16/12$$

DDOCma_{T-1} = zum Ende des Jahres T-1 im Deponiekörper vorhandenes DDOCm [Gg] mit
DDOCm = Kohlenstoff, der unter den in der Deponie herrschenden Bedingungen
zersetzt wird [Gg]

k = Abbaukonstante $[1/a] = \ln(2) / t_{1/2}$ mit
 $t_{1/2}$ = Halbwertszeit [a]

F = Methankonzentration im gebildeten Deponiegas [-] (0,5)

$16/12$ = Molekulargewichtsverhältnis CH_4/C [-]

T = Jahr, für das die Kalkulation durchgeführt wird

$$\text{DDOCm} = W * \text{DOC} * \text{DOC}_f * \text{MCF}$$

W = Masse des deponierten Abfalls [Gg Abfall]

DOC = Anteil abbaubarer organischer Kohlenstoff im deponierten Abfall
[Gg C / Gg Abfall]

DOC_f = Anteil DOC, der in der Deponie anaerob zersetzt wird [-]

MCF = Methan-Korrektur-Faktor [-]; $1 - \text{MCF}$ = Anteil DOC, der (im Ablagerungsjahr)
aerob abgebaut wird



Gasprognose nach IPCC Methode

Aerobisierung
Siedlungsabfalldeponien
Berechnungsmethode
IPCC

Solothurn, 13.09.2023

Folie 37

Abfallfraktion	Ansatz im deutschen NIR				Vorschlag modifizierter Ansatz			
	DOC MgC/MgFM	DOC _f -	Halbwerts- zeit Jahre	k-Wert 1/a	DOC MgC/MgFM	DOC _f -	Halbwerts- zeit Jahre	k-Wert 1/a
Organik (Food waste)	0,18 (ab NIR 2019: 0,15)	0,5	4	0,173	0,15	0,5	4	0,173
Garten- und Parkabfälle (Garden)	0,2	0,5	7	0,099	0,2	0,5	7	0,099
Papier und Pappe (Paper)	0,4	0,5	12	0,058	0,4	0,5	7	0,099
Holz (und Stroh) (Wood and straw)	0,43	0,5	23	0,030	0,43	0,1	50	0,014
Textilien (Textiles)	0,24	0,5	12	0,058	0,24	0,5	12	0,058
Windeln (Disposable nappies)	0,24	0,5	12	0,058	0,24	0,5	12	0,058
Klärschlamm (Sewage sludge)	0,15	0,5	4	0,173	0,15	0,5	4	0,173
Verbund- materialien	0,1	0,5	12	0,058	0,1	0,5	12	0,058
MBA-Abfälle	0,023	0,5	12	0,058	0,023	0,5	12	0,058



Inhalt

1. Methoden ✓

- Grundlagen Deponiegas
- Angewandte Aerobisierungstechniken
- Planungsablauf
- Nachweiskriterien zum Sanierungsziel (Diskussion Gasemissionen, Deponiesickerwasser)

2. Erfahrungen ✓

- Einflussfaktoren auf die biologische Stabilisierung
- Erfahrungen Auswirkungen Gaspfad und Deponiesickerwasser

3. Expertise Aerobisierung von Siedlungsabfalldeponien ✓

- Ziele
- Modellannahmen
- Betrachtete Sanierungsvarianten und Szenarien

4. Kosten

5. Klimarelevanz

6. Ökobilanz



Kosten



Aerobisierung
Siedlungsabfalldeponien

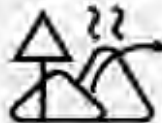
Kosten

Solothurn, 13.09.2023

Folie 39

Ergebnisse:

- Totaldekontamination ist das teuerste Vorgehen mit über 100 Mio. CHF
- Status Quo kostet knapp halb so viel wie die Szenarien 3 oder 4
- Aerobisierung etwas günstiger als herkömmliche Gasfassung.

gerundete Werte Angaben in ca. CHF Mio.	Variante 1 Status Quo 	Variante 2 Total- dekontamination 	Variante 3 Aerobisierung 	Variante 4 herkömmliche Gaserfassung 
Bau- und Unterhaltskosten gemäss detaillierter Zusammenstellung	ca. CHF 2.9 Mio.	ca. CHF 91.6 Mio.	ca. CHF 5.9 Mio.	ca. CHF 7.6 Mio.
Unvorhergesehenes 10 %	ca. CHF 0.3 Mio.	ca. CHF 9.2 Mio.	ca. CHF 0.6 Mio.	ca. CHF 0.8 Mio.
Gesamtsumme (netto)	ca. CHF 3.2 Mio.	ca. CHF 100.8 Mio.	ca. CHF 6.5 Mio.	ca. CHF 8.4 Mio.
Gesamtsumme (inkl. MWSt.)	ca. CHF 3.5 Mio.	ca. CHF 108.6 Mio.	ca. CHF 7.0 Mio.	ca. CHF 9.0 Mio.
Bemerkungen zu den Varianten: - Szenario 1: $C_{bio} > 12\text{kg/t TM}$ - Szenario 2: $12\text{ kg/t TM} > C_{bio} > 6\text{ kg/t TM}$ - Szenario 3: $6\text{ kg/t TM} > C_{bio} > 2.5\text{ kg/t TM}$	Kosten unabhängig der Szenarien 1, 2 und 3	Kosten unabhängig der Szenarien 1, 2 und 3	variiert zwischen CHF 7.0.– Mio. (Sz. 1), CHF 6.7.– Mio (Sz. 2) und CHF 6.3.– Mio (Sz. 3)	variiert zwischen CHF 9.0.– Mio. (Sz. 1), CHF 8.3.– Mio (Sz. 2) und CHF 7.3.– Mio (Sz. 3)

Kostengutschrift CO₂ Kompensation



Aerobisierung
Siedlungsabfalldeponien

Kosten/Klimarelevanz

Solothurn, 13.09.2023

Folie 40

Stiftung Klimaschutz und CO₂-Kompensation KLIK

BAFU (April 2018, Version 2.1). Standardmethode für den Nachweis von Emissions-verminderungen bei Deponiegasprojekten

	Sanierungsvariante 1 (Status Quo)			Sanierungsvariante 3 (Aerobisierung)			Sanierungsvariante 4 (konventionelle Entgasung)		
	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3
Summe Emissionen aus CH ₄ (IPCC) für OX% = 0 (t CO ₂ -eq)	76'311	39'677	15'914	22'803	13'484	5'388	28'158	16'299	8'246
Abzüglich Methanoxidation (OX% = 50%) (t CO ₂ -eq)	38'156	19'838	7'957	11'402	6'742	2'694	14'079	8'149	4'123
Betriebsdauer der Massnahme (Jahre)	50	50	50	15	12	10	50	40	30
Zuzüglich t CO ₂ -eq aus Stromverbrauch 2.42E-05	0	0	0	64	51	32	106	85	45
Für KLIK bereinigte totale CO ₂ -eq auf 50 Jahre	38'156	19'838	7'957	11'465	6'793	2'726	14'185	8'234	4'168
Verminderung gegenüber Szenario 1 (t CO ₂ -eq)	0	0	0	26'690	13'046	5'231	23'971	11'604	3'789
Kostenbeiträge von KLIK (CHF/t CO ₂) 120	0	0	0	3'202'847	1'565'462	627'743	2'876'468	1'392'485	454'731
Bei Überschreitung Baukosten um 150% 70									
Total Baukosten Kostenschätzung_v2.1	3'500'000	3'500'000	3'500'000	7'000'000	6'700'000	6'300'000	9'000'000	8'300'000	7'300'000
Netto Baukosten nach Abzug der KLIK-Beiträge	3'500'000	3'500'000	3'500'000	3'797'153	5'134'538	5'672'257	6'123'532	6'907'515	6'845'269

Fazit Kosten bezüglich Aerobisierung

Aerobisierung
Siedlungsabfalldeponien

Kosten

Solothurn, 13.09.2023

Folie 41

Wieso nicht gleich Aerobisieren, wenn sowieso eine Gaserfassung vorgesehen ist?

- Die Investitionskosten für beide Gaserfassung resp. Aerobisierungs-Varianten unterscheiden sich nicht wesentlich, da der technische Mehraufwand zur Deponiebelüftung (u.a. Belüftungsverdichter in Gasverdichterstation, Temperaturüberwachung, Zweikreissystem bei Gasleitungen) relativ gering ist.
- Die Betriebs- und Unterhaltungskosten sowie der Energiebedarf pro Betriebsjahr sind bei der Deponiebelüftung zwar höher, dafür ist der Betriebszeitraum deutlich kürzer.
- Im Hinblick auf den Klimaschutz können durch die Deponiebelüftung noch nennenswerte Emissionsvermeidungspotenziale realisiert werden, was sich durch die Kostenbeiträge auch finanziell lohnt -> (Einsparpotential von mehreren Mio. CHF je nach Fall)



Inhalt

1. Methoden ✓

- Grundlagen Deponiegas
- Angewandte Aerobisierungstechniken
- Planungsablauf
- Nachweiskriterien zum Sanierungsziel (Diskussion Gasemissionen, Deponiesickerwasser)

2. Erfahrungen ✓

- Einflussfaktoren auf die biologische Stabilisierung
- Erfahrungen Auswirkungen Gaspfad und Deponiesickerwasser

3. Expertise Aerobisierung von Siedlungsabfalldeponien ✓

- Ziele
- Modellannahmen
- Betrachtete Sanierungsvarianten und Szenarien

4. Kosten ✓

5. Klimarelevanz

6. Ökobilanz



Klimarelevanz

Aerobisierung
Siedlungsabfalldeponien

Klimarelevanz

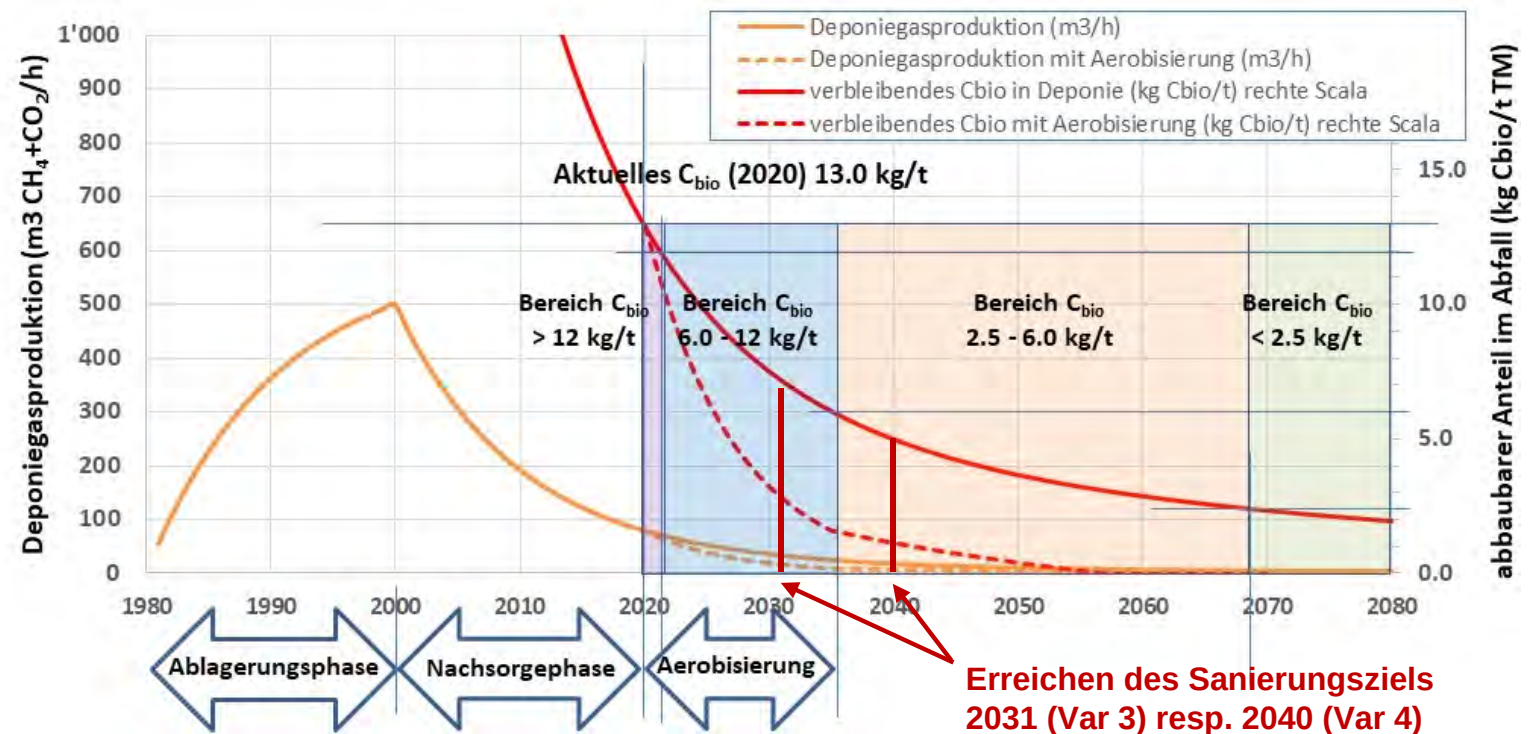
Solothurn, 13.09.2023

Folie 43

Szenario 1

$C_{bio} > 12 \text{ kg/t TM}$:

- Ablagerung 1980 – 2000
- $C_{bio} = 57.7 \text{ kg/t TM}$ im Jahre 2000 bzw. 13 kg/t TM im Jahre 2020



Klimarelevanz

Aerobisierung
Siedlungsabfalldeponien

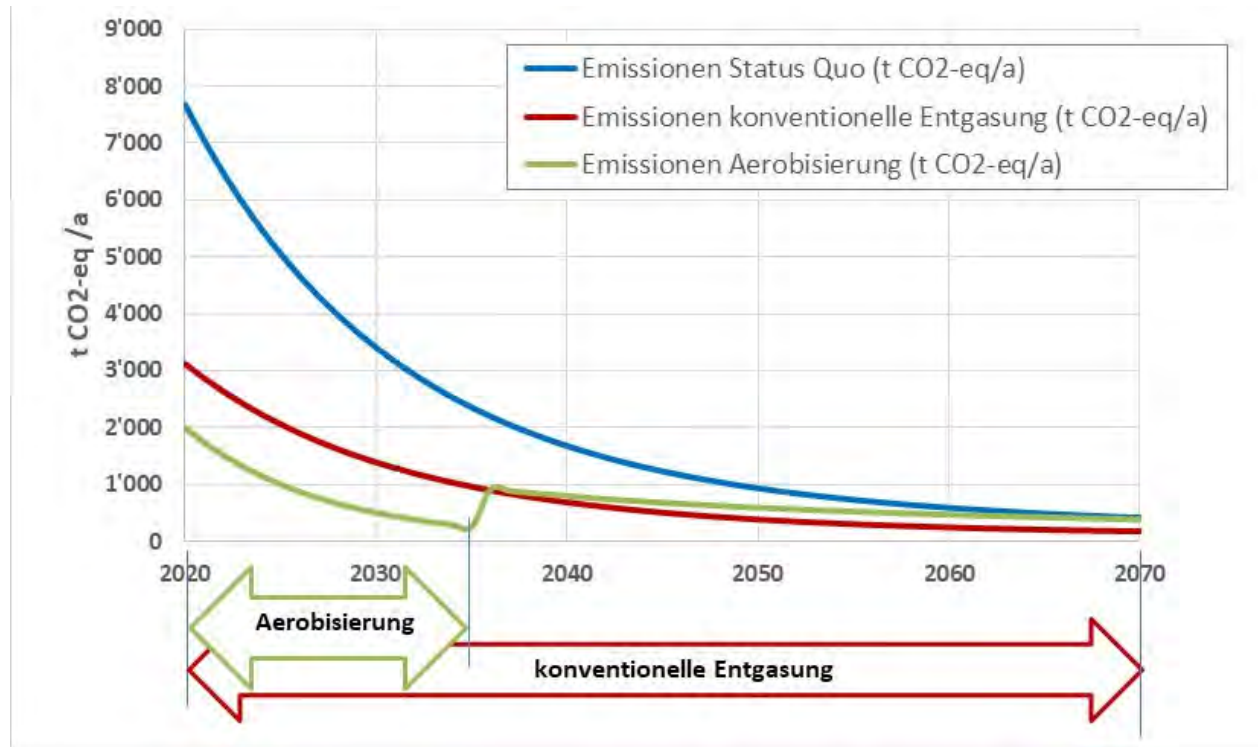
Langfristige Wirksamkeit

Solothurn, 13.09.2023

Folie 44

Szenario 1

$C_{\text{bio}} > 12 \text{ kg/t TM}$:



Summe 2020 - 2070 Status Quo: 105'464 t CO₂-eq
Summe 2020 - 2070 konv. Entgasung: 43'111 t CO₂-eq
Summe 2020 - 2070 Aerobisierung: 34'138 t CO₂-eq

SC + P



Langfristige Wirksamkeit der Massnahmen

Aerobisierung
Siedlungsabfalldeponien

Klimarelevanz

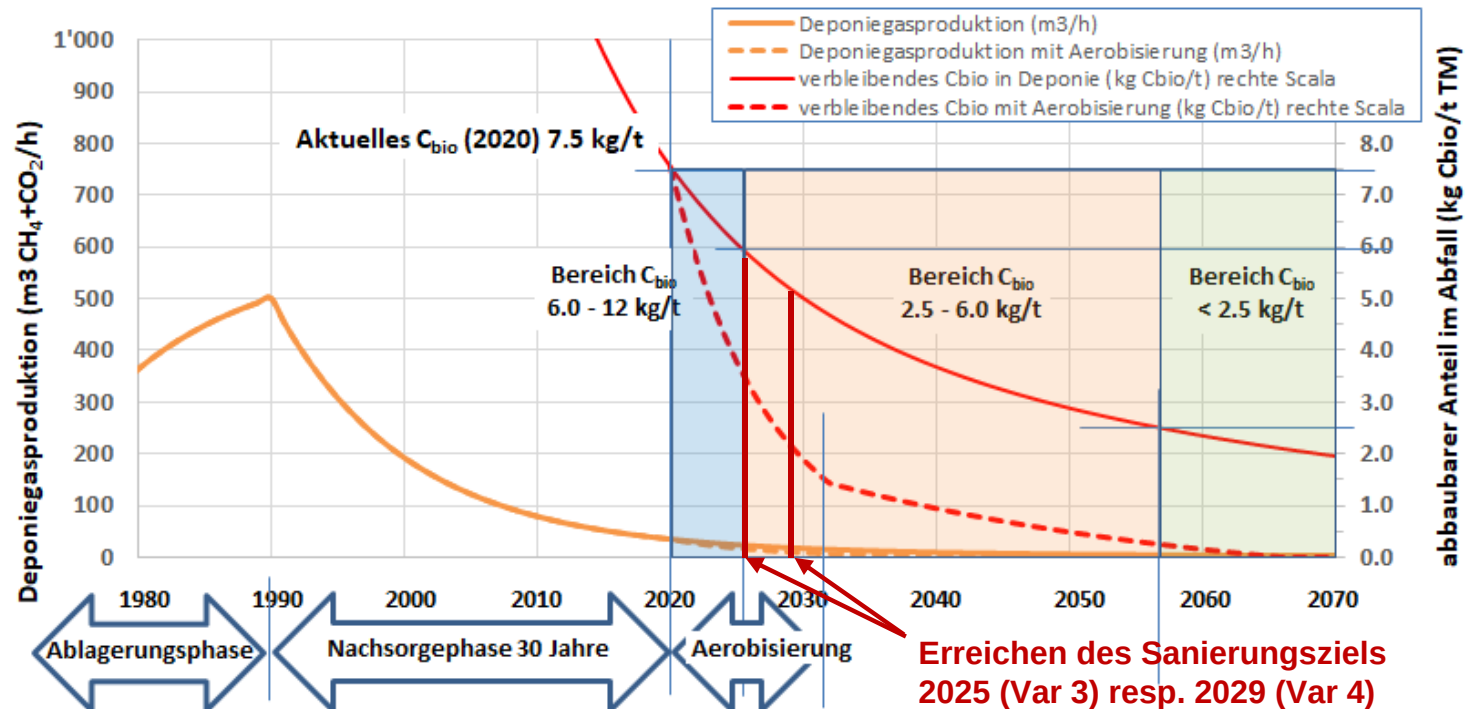
Solothurn, 13.09.2023

Folie 45

Szenario 2

$12 \text{ kg/t TM} > C_{\text{bio}} > 6 \text{ kg/t TM}$:

- Ablagerung 1970 – 1990
- $C_{\text{bio}} = 57.7 \text{ kg/t TM}$ im Jahre 1990 bzw. 7.5 kg/t TM im Jahre 2020



Langfristige Wirksamkeit der Massnahmen



Aerobisierung
Siedlungsabfalldeponien

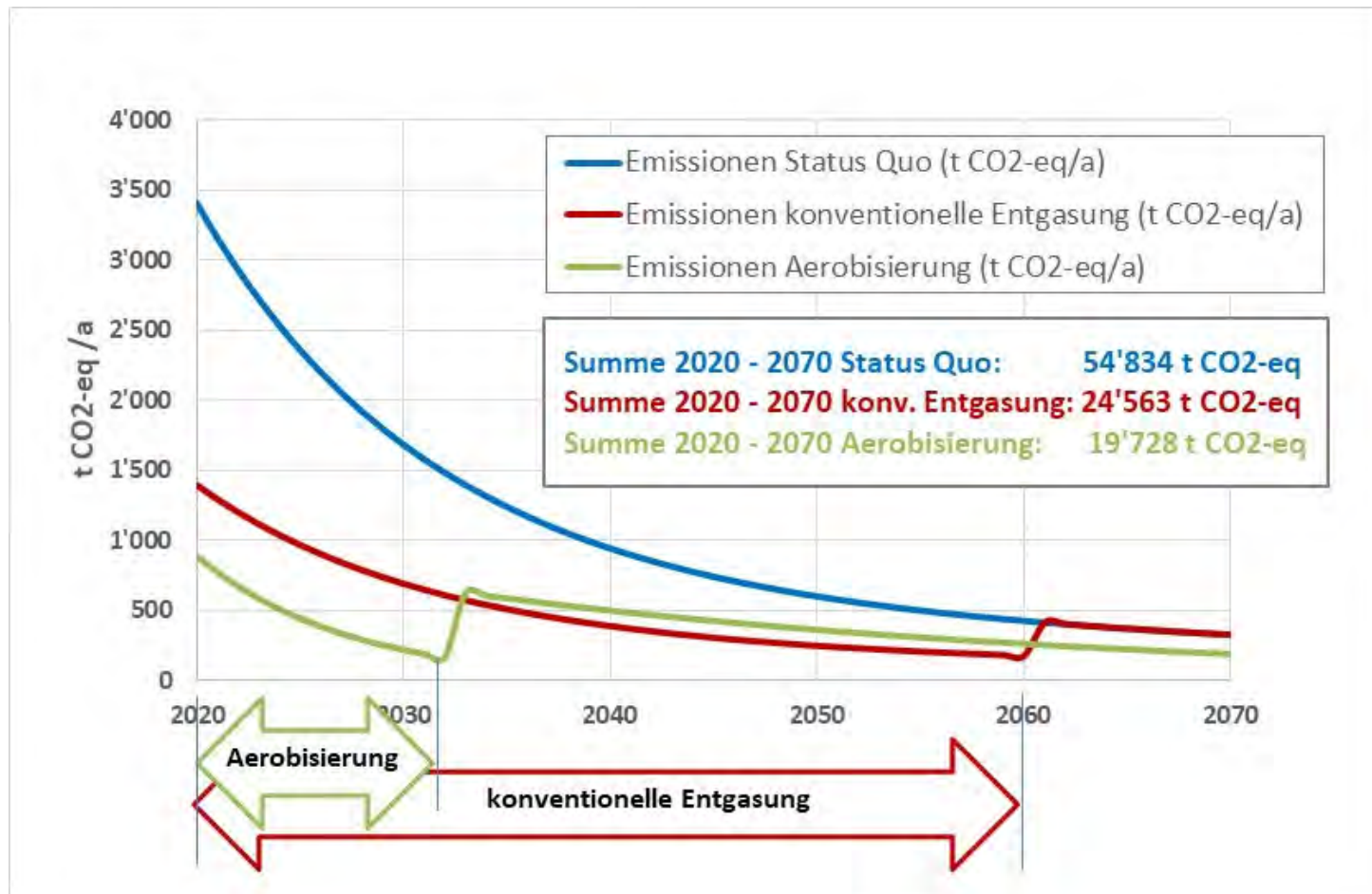
Klimarelevanz

Solothurn, 13.09.2023

Folie 46

Szenario 2

$12 \text{ kg/t TM} > C_{\text{bio}} > 6 \text{ kg/t TM}$:



Langfristige Wirksamkeit der Massnahmen

Aerobisierung
Siedlungsabfalldeponien

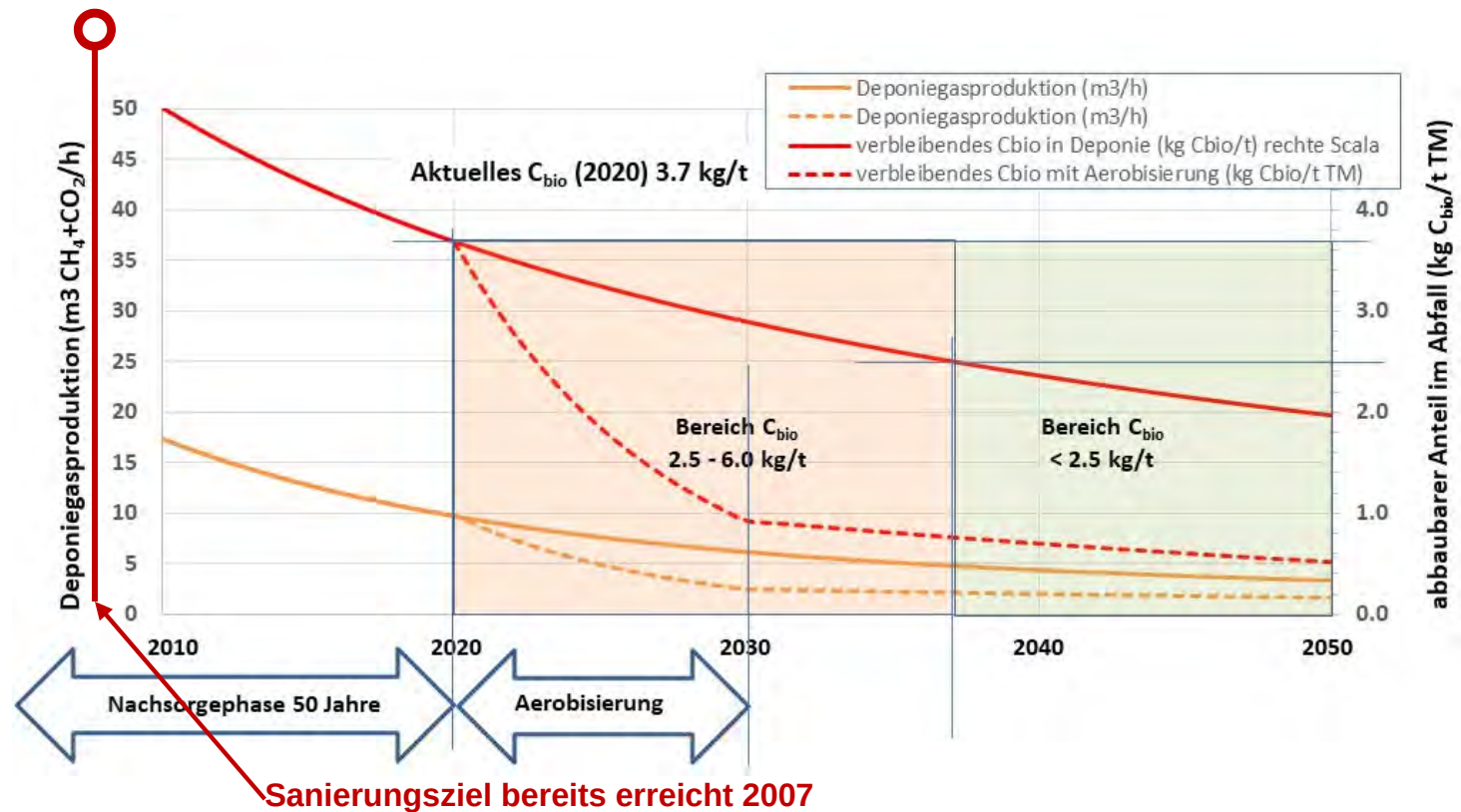
Langfristige Wirksamkeit

Solothurn, 13.09.2023

Folie 47

Szenario 3: $6 \text{ kg/t TM} > C_{\text{bio}} > 2.5 \text{ kg/t TM}$

- Ablagerung 1950 – 1970
- $C_{\text{bio}} = 57.7 \text{ kg/t TM}$ im Jahre 1970 bzw. 3.7 kg/t TM im Jahre 2020



Langfristige Wirksamkeit der Massnahmen

Aerobisierung
Siedlungsabfalldeponien

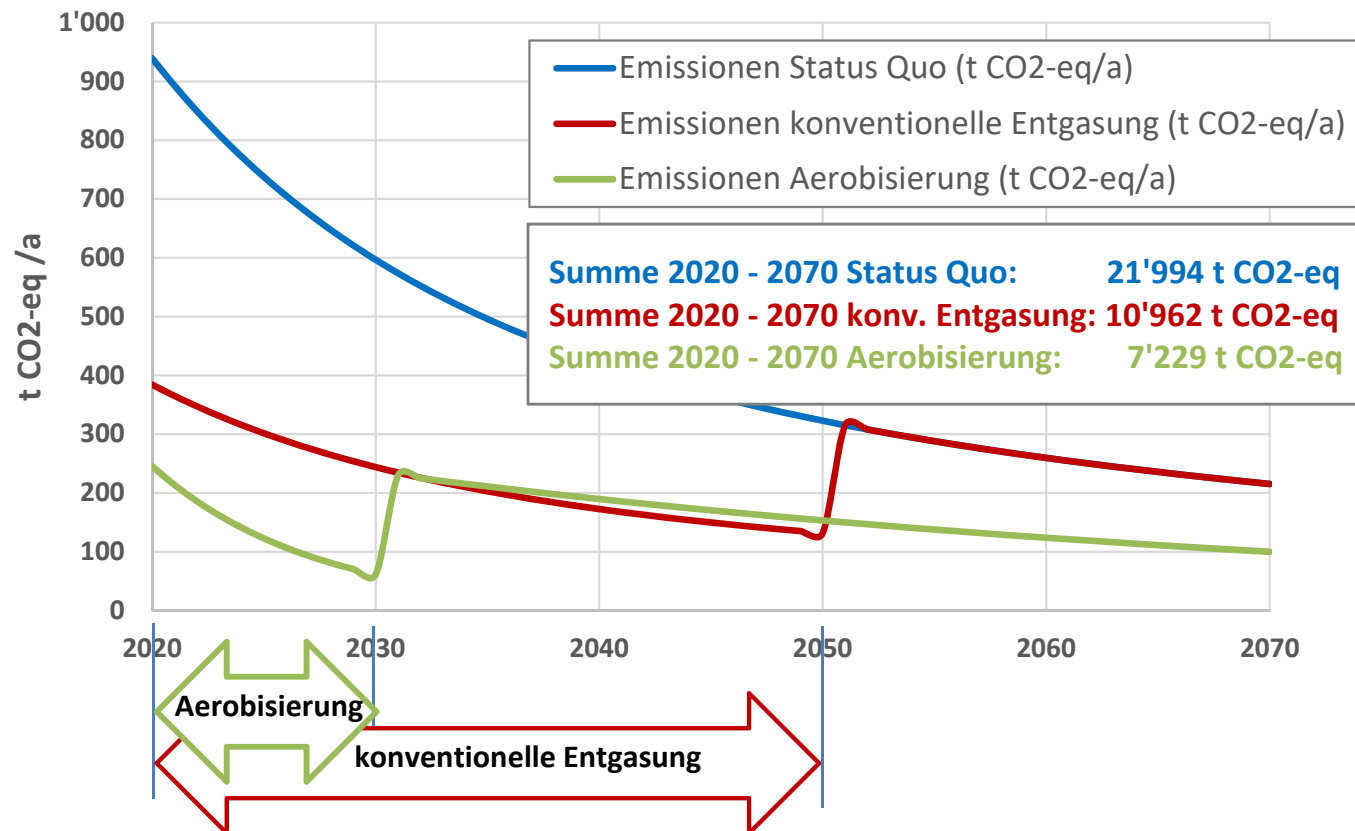
Langfristige Wirksamkeit

Solothurn, 13.09.2023

Folie 48

Szenario 3:

6 kg/t TM > C_{bio} > 2.5 kg/t TM



Inhalt

1. Methoden ✓

- Grundlagen Deponiegas
- Angewandte Aerobisierungstechniken
- Planungsablauf
- Nachweiskriterien zum Sanierungsziel (Diskussion Gasemissionen, Deponiesickerwasser)

2. Erfahrungen ✓

- Einflussfaktoren auf die biologische Stabilisierung
- Erfahrungen Auswirkungen Gaspfad und Deponiesickerwasser

3. Expertise Aerobisierung von Siedlungsabfalldeponien

- Ziele
- Modellannahmen
- Betrachtete Sanierungsvarianten und Szenarien

4. Kosten ✓

5. Klimarelevanz ✓

6. Ökobilanz



Ökobilanz: Ziel und Rahmenbedingungen

Aerobisierung
Siedlungsabfalldeponien

Ökobilanz

Solothurn, 13.09.2023

Folie 50

Ziel:

Die Ökobilanz wurde für vier Behandlungsvarianten durchgeführt:

- Variante 1: Status quo
- Variante 2: Totaldekontamination
- Variante 3: Aerobisierung
- Variante 4: aktive Entgasung ohne Aerobisierung

Wobei jeweils drei Deponieszenarien hinsichtlich Cbio Gehalt betrachtet wurden.

Funktionelle Einheit:

Die Vergleichsbasis (Funktionelle Einheit) der Ökobilanz ist eine exemplarische Siedlungsabfalldeponie über einen Zeitraum von 50 Jahren ab Sanierungsbeginn.

Systemgrenzen:

Die Systemgrenzen umfassen alle relevanten direkten und indirekten Prozesse, welche für die Sanierung notwendig sind sowie deren vor- und nachgelagerten Prozesse: ua. Emissionen der Baumaschinen, Transporte, Bereitstellung der Treibstoffe, Herstellung Maschinen und Infrastruktur, Bereitstellung und Entsorgung der benötigten Materialien.



Ökobilanz: Sachinventar

Aerobisierung
Siedlungsabfalldeponien

Ökobilanz

Solothurn, 13.09.2023

Folie 51

Vordergrunddaten:

- Die Systemgrössen werden als Vordergrunddaten bezeichnet. Diese wurden vom Auftraggeber und vom Projektpartner Sieber Cassina + Partner AG bereitgestellt.

Hintergrunddaten:

- Die Daten aus den Ökobilanzdatenbanken werden mit Hintergrunddaten bezeichnet. Dabei wurde die Hintergrunddatenbank UVEK:2018 verwendet, da diese vom BAFU unterstützt und empfohlen wird.

Wichtige Annahmen:

- Da die Deponie in Variante 2 (Totaldekontamination) aufgehoben wird, fallen für dieses Variante keine weiteren deponiespezifischen Umweltbelastungen für die verbleibenden 50 Jahre an.
- Für die Entsorgung des Deponats in die KVA wurde die Energierückgewinnung berücksichtigt. D.h. es wurde berücksichtigt, dass durch die Verbrennung des Deponiematerials Energie (Strom und Wärme) produziert werden kann, welche dadurch anderweitig produzierte Energie ersetzt.



Ökobilanz: Wirkbilanz und Bewertung

Aerobisierung
Siedlungsabfalldeponien

Ökobilanz

Solothurn, 13.09.2023

Folie 52

Klimabilanz nach IPCC – CO₂-Fussabdruck

- Die Klimabilanz nach IPCC (2021) bewertet nur die klimarelevanten Emissionen. Diese werden anhand ihres Treibhausgaspotentials in CO₂-Äquivalente umgerechnet.

Methode der ökologischen Knappheit - Umweltfussabdruck

- Die Methode der ökologischen Knappheit (2021) wurde mit dem Ziel entwickelt, die verschiedenen Umweltauswirkungen (u.a. CO₂-Emissionen, weitere Luftemissionen, Versauerungs-Emissionen, Verbrauch nicht erneuerbarer Ressourcen, Emissionen ins Wasser und Boden etc.) zu einer einzigen Kenn-grösse (Umweltbelastungspunkte [UBP]) zusammenzufassen. Je grösser die Umweltbelastung des untersuchten Systems ist, desto mehr Umweltbelastungspunkte erzeugt seine Bewertung. Diese Methode wurde im Auftrag und unter Mitarbeit des Bundesamts für Umwelt entwickelt und ist in der Schweiz etabliert.



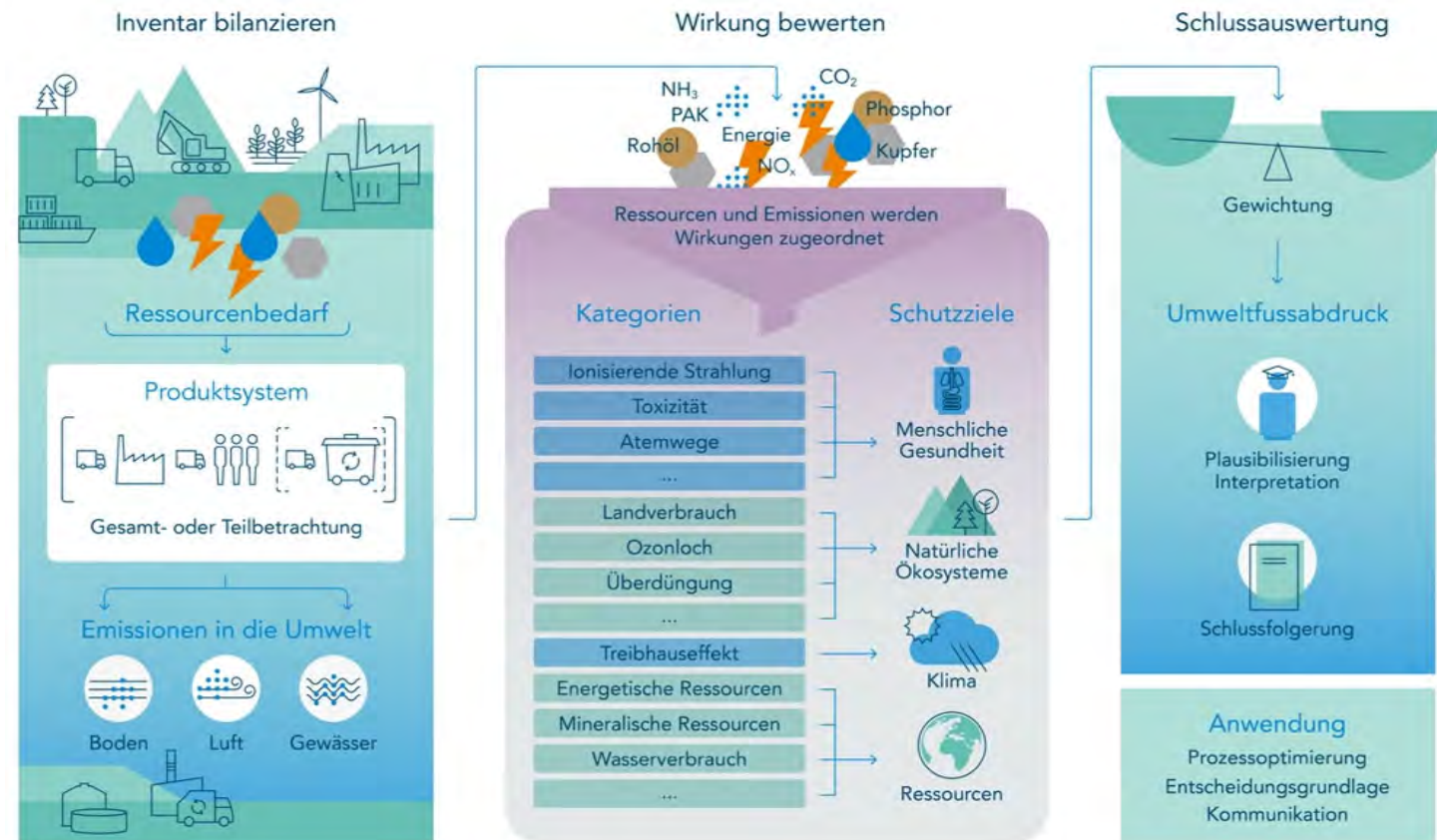
Funktionsweise LCA

Aerobisierung
Siedlungsabfalldeponien

Ökobilanz

Solothurn, 13.09.2023

Folie 53



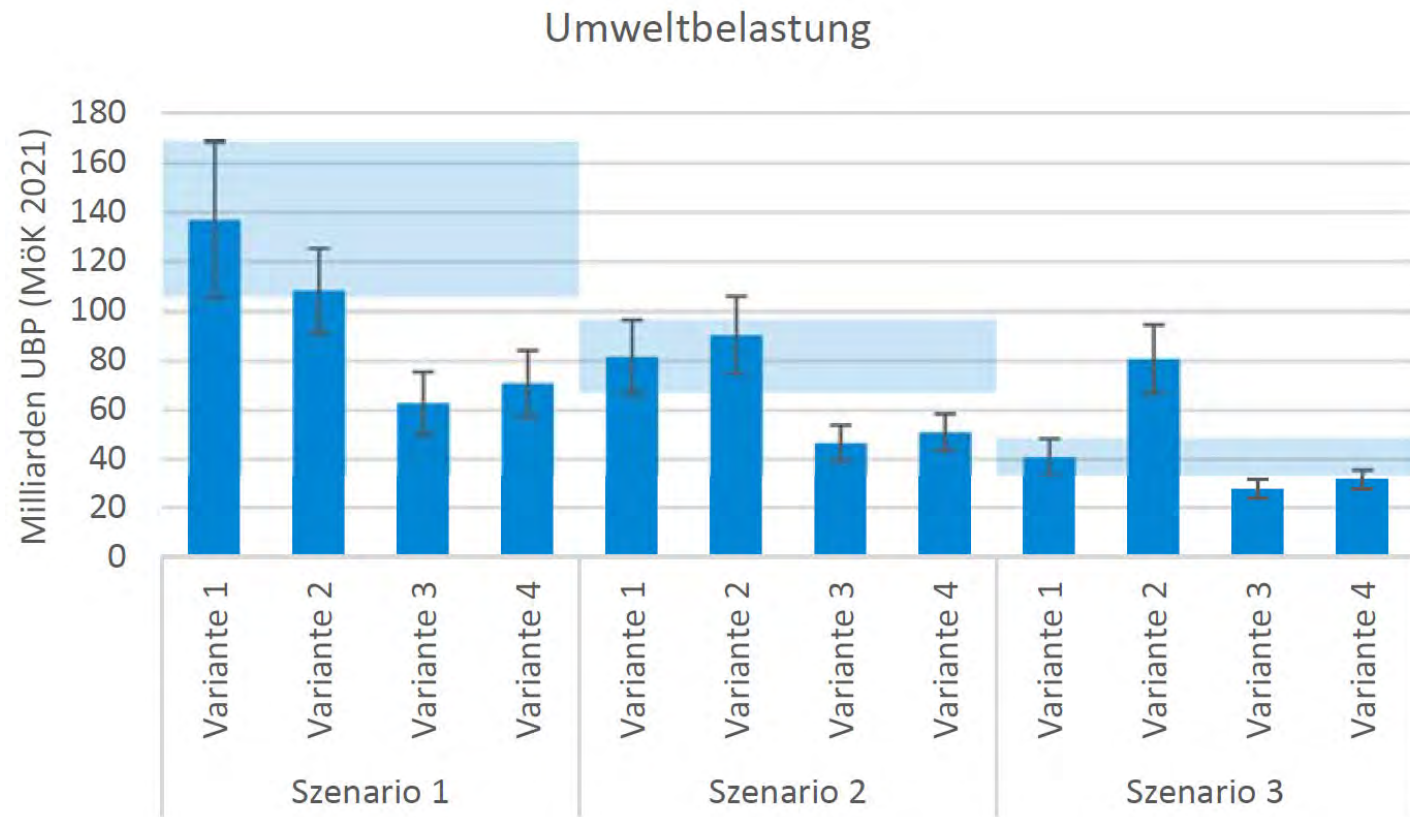
Resultate

Aerobisierung
Siedlungsabfalldeponien

Ökobilanz

Solothurn, 13.09.2023

Folie 54



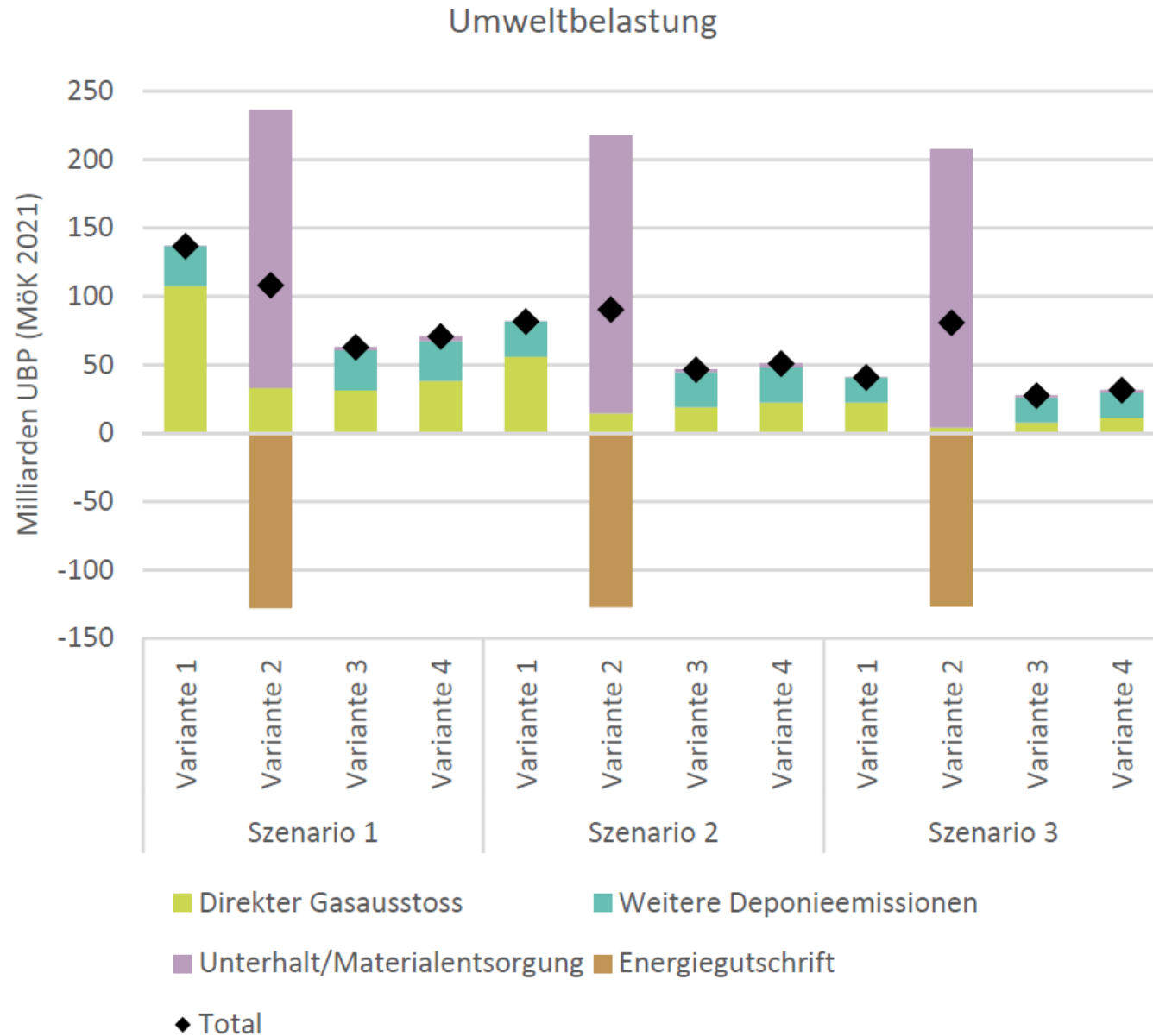
Resultate

Aerobisierung
Siedlungsabfalldeponien

Ökobilanz

Solothurn, 13.09.2023

Folie 55



Resultate

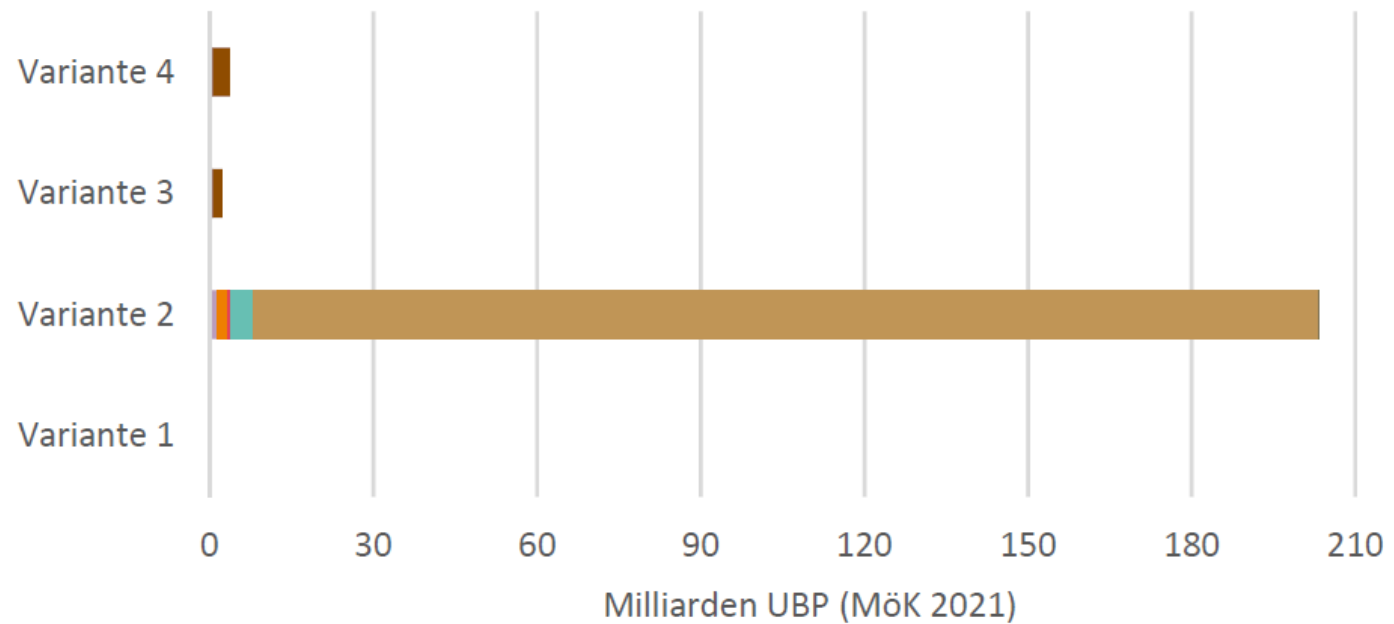
Aerobisierung
Siedlungsabfalldeponien

Ökobilanz

Solothurn, 13.09.2023

Folie 56

Umweltbelastung – nur Unterhalt/Materialentsorgung



■ Unterhaltskosten ■ Baustelleneinrichtung ■ Zwischenlager
■ Zwischentransporte ■ Transporte ■ Entsorgung
■ Rekultivierung ■ Nachsorge ■ Entgasungsanlage



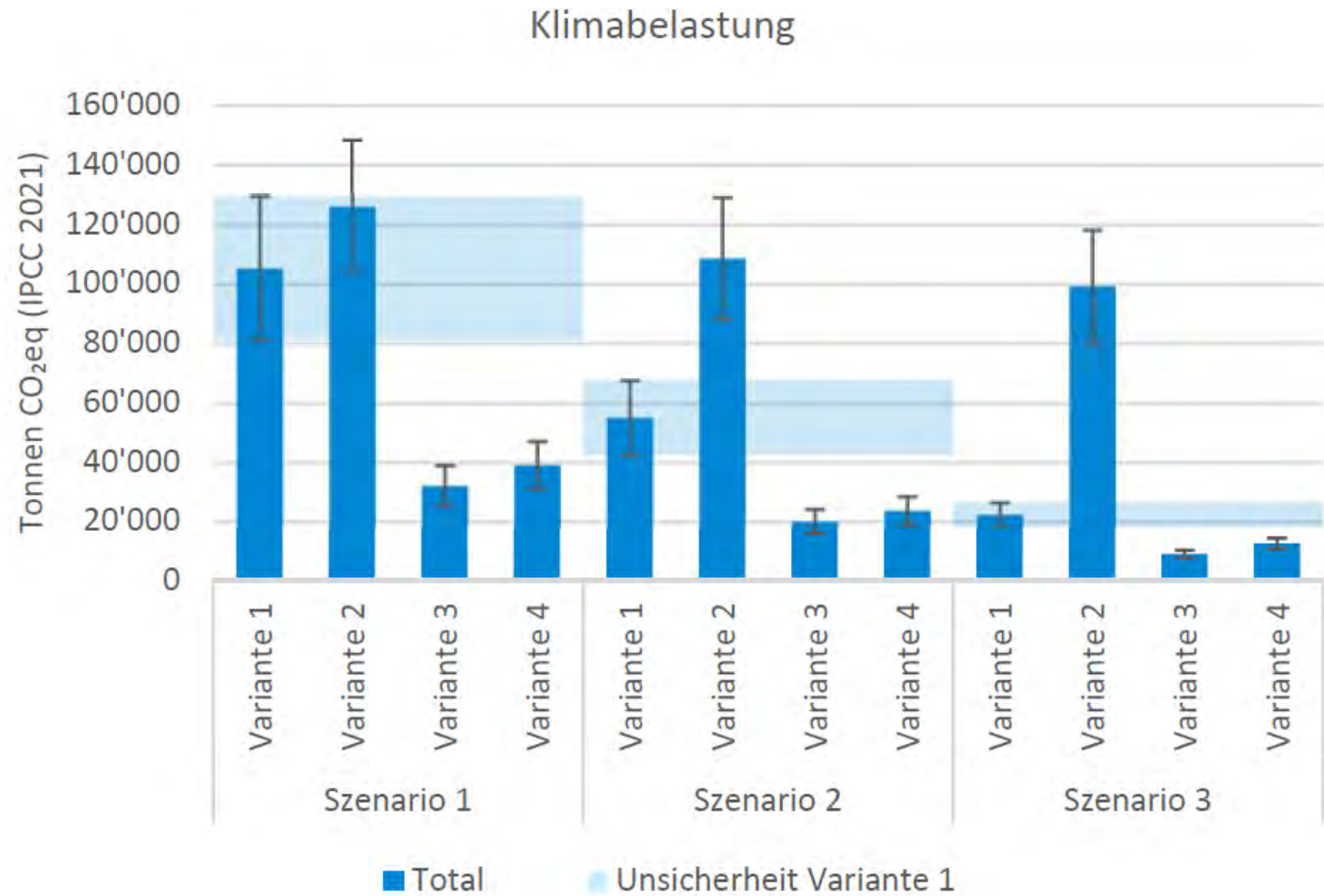
Resultate

Aerobisierung
Siedlungsabfalldeponien

Ökobilanz

Solothurn, 13.09.2023

Folie 57



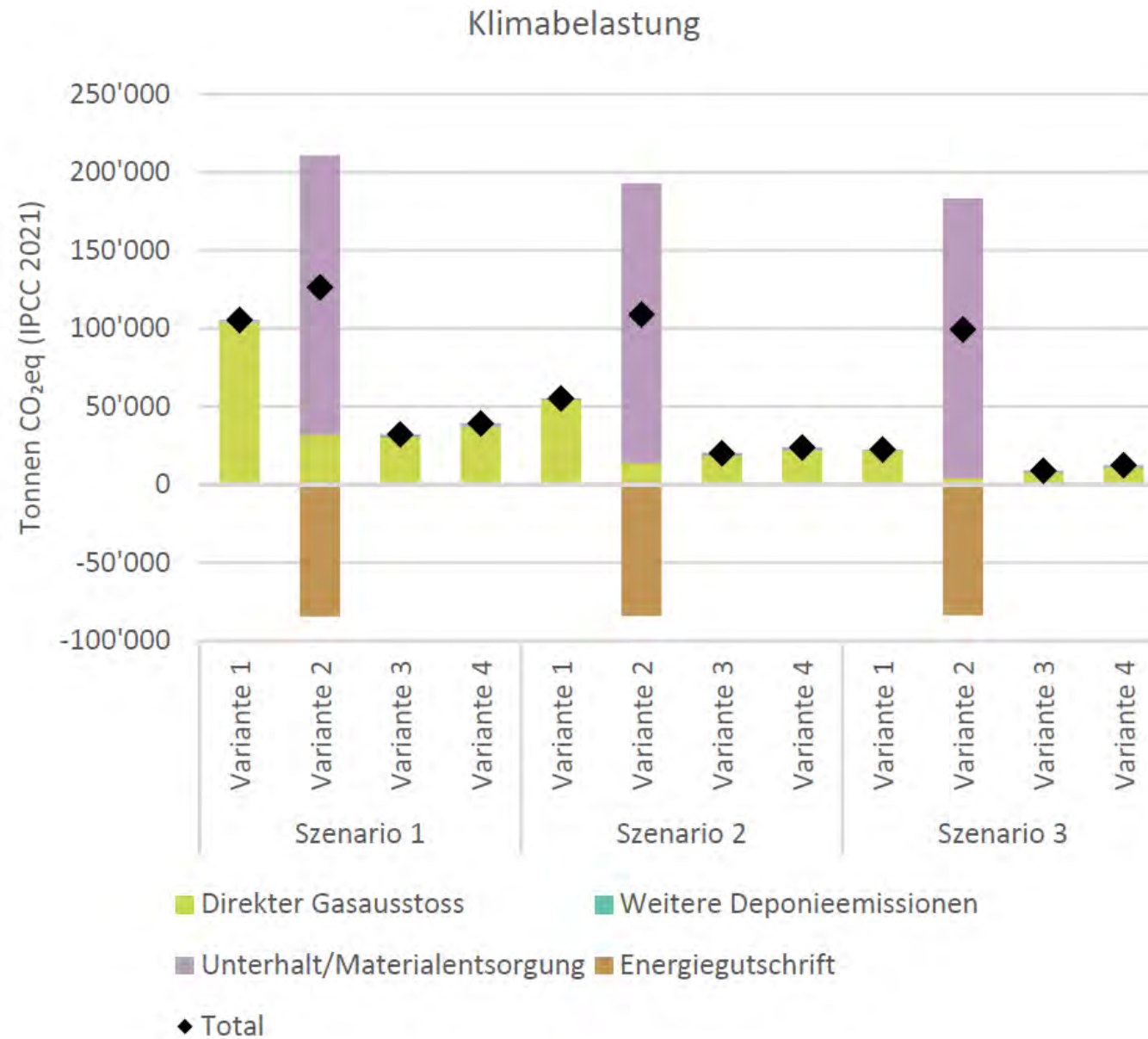
Resultate

Aerobisierung
Siedlungsabfalldeponien

Ökobilanz

Solothurn, 13.09.2023

Folie 58



Resultate

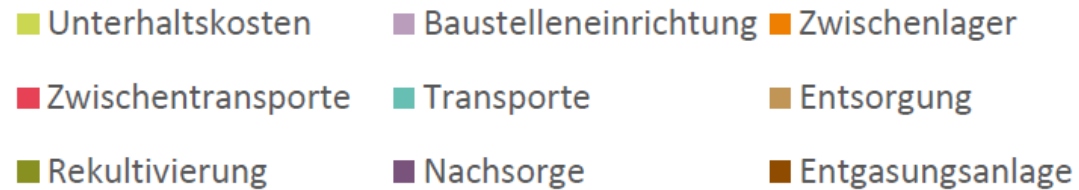
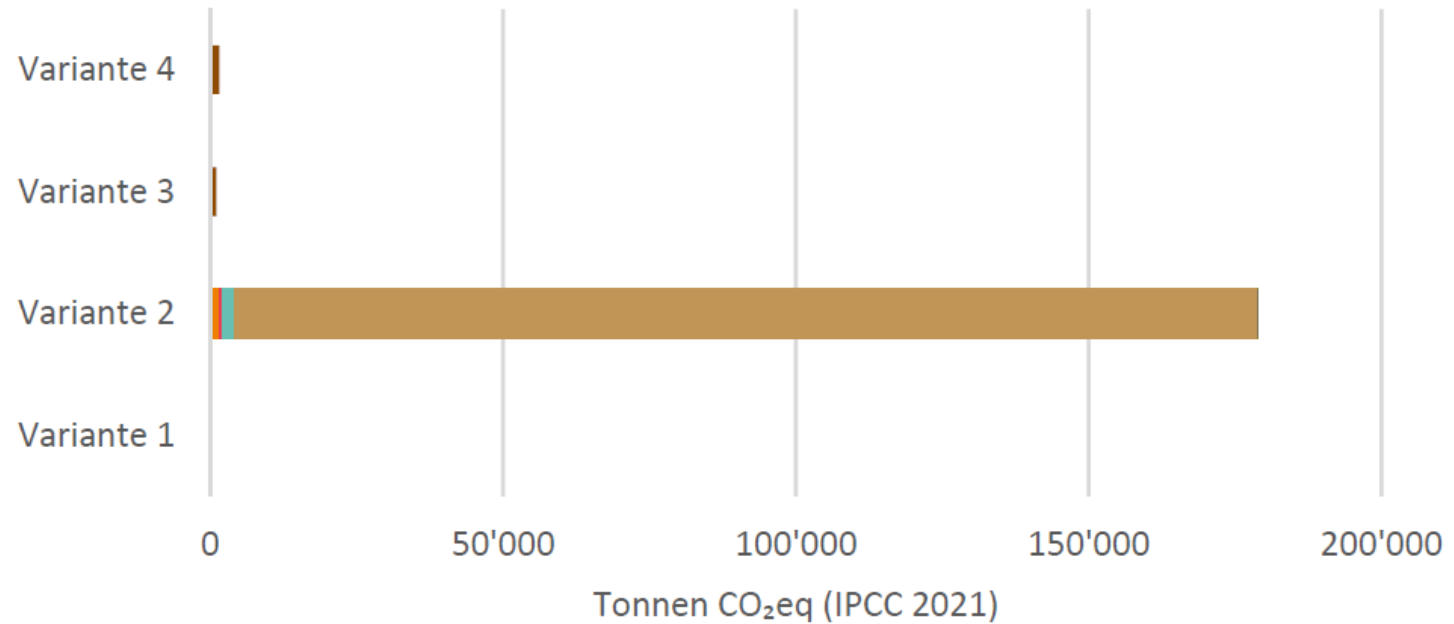
Aerobisierung
Siedlungsabfalldeponien

Ökobilanz

Solothurn, 13.09.2023

Folie 59

Klimabelastung – nur Unterhalt/Materialentsorgung



Fazit Ökobilanz

Aerobisierung
Siedlungsabfalldeponien

Schluss

Solothurn, 13.09.2023

Folie 60

- Die Umweltanalysen zeigen, dass in allen Fällen mit einer Aerobisierung der Deponie die Umweltbelastung gesenkt werden kann im Vergleich zum Status quo. Auch mit einer aktiven Entgasung kann die Situation verbessert werden. Dabei ist die Reduktion um so grösser, je jünger die Deponie ist. -> Möglichst bald Aerobisieren!
- Keine sinnvolle Alternative ist die Totaldekontamination, da hierbei die Umweltbelastung mindestens gleich hoch oder höher ist im Vergleich zum Status quo.
- Im aus Klimasicht besten Fall (Aerobisierung einer 20 Jahre alten Deponie, Variante 1, Szenario 3) können pro Sanierung 69'400 Tonnen CO₂eq eingespart werden. Dies entspricht:
 - Autofahrt von mehr als 212 Millionen Kilometer
 - Erdumrundung von mehr als 5'300 Benzinautos.
 - Umweltbelastung von 12'800 Menschen in der Schweiz im Jahr 2019



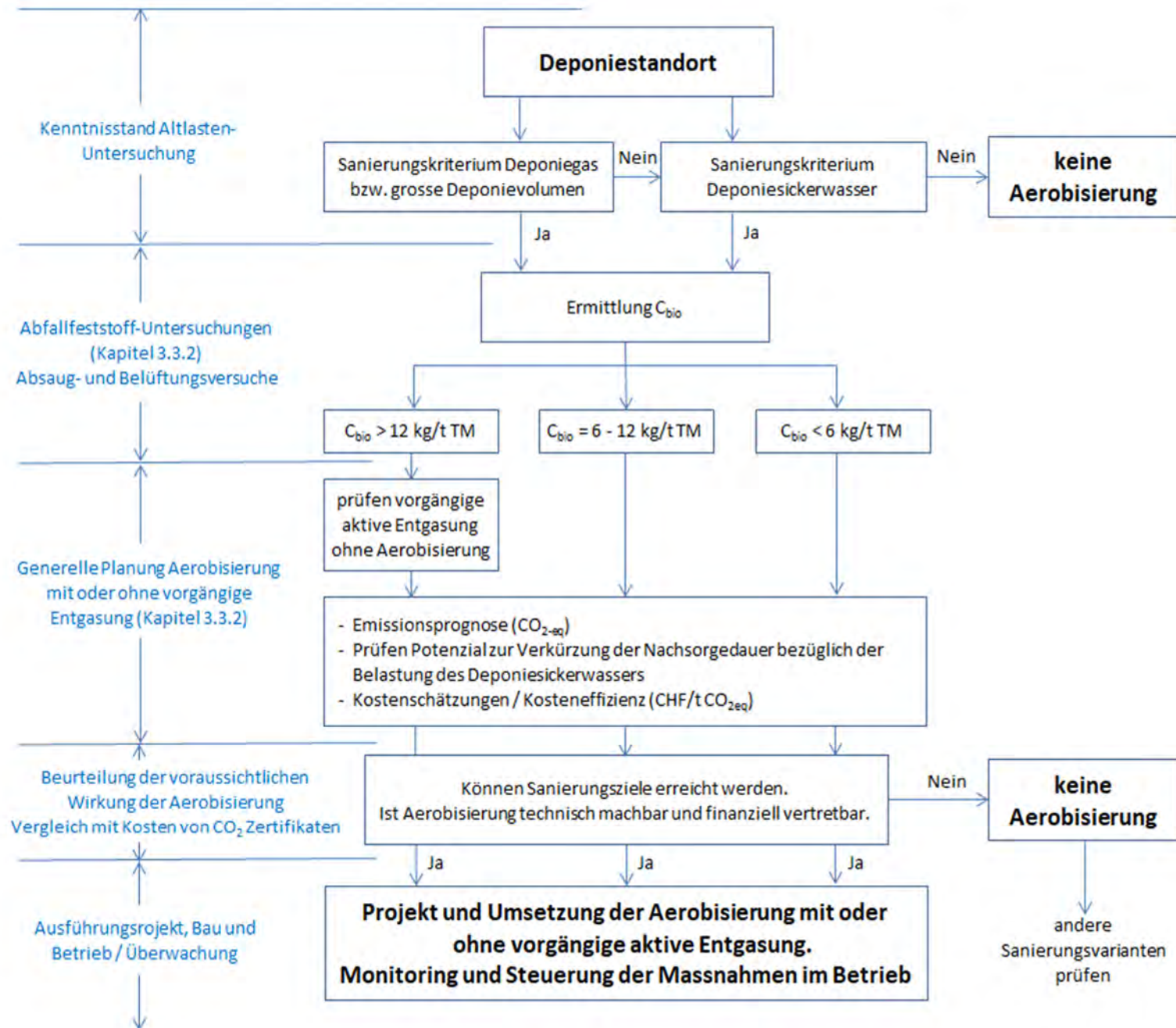
Planungsablauf und Entscheidungsbaum

**Aerobisierung
Siedlungsabfalldeponien**

Ökobilanz

Solothurn, 13.09.2023

Folie 61



Aerobisierung
Siedlungsabfalldeponien

Inhalt

Solothurn, 13.09.2023

Folie 62

Ende



Aerobisierung
Siedlungsabfalldeponien

Inhalt

Solothurn, 13.09.2023

Folie 63



Fragen?

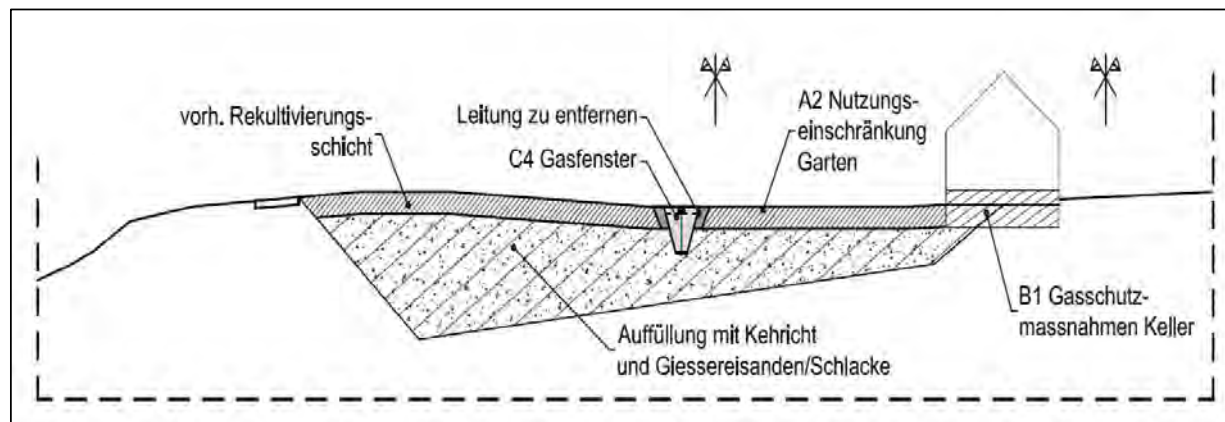


Sieber Cassina + Partner AG
Gesamtdienstleister Baugrund Umwelt



carbotech 
Umweltprojekte und Beratung

Passive Entlüftungsgräben: Optimale Variante bei sanierungsbedürftigen Kehrichtdeponien?



3. Symposium Altlasten Schweiz I BAFU

Dr. Martin Hoffmann und Dr. Bruno Schmid, FRIEDLIPARTNER AG

Solothurn, 13. September 2023

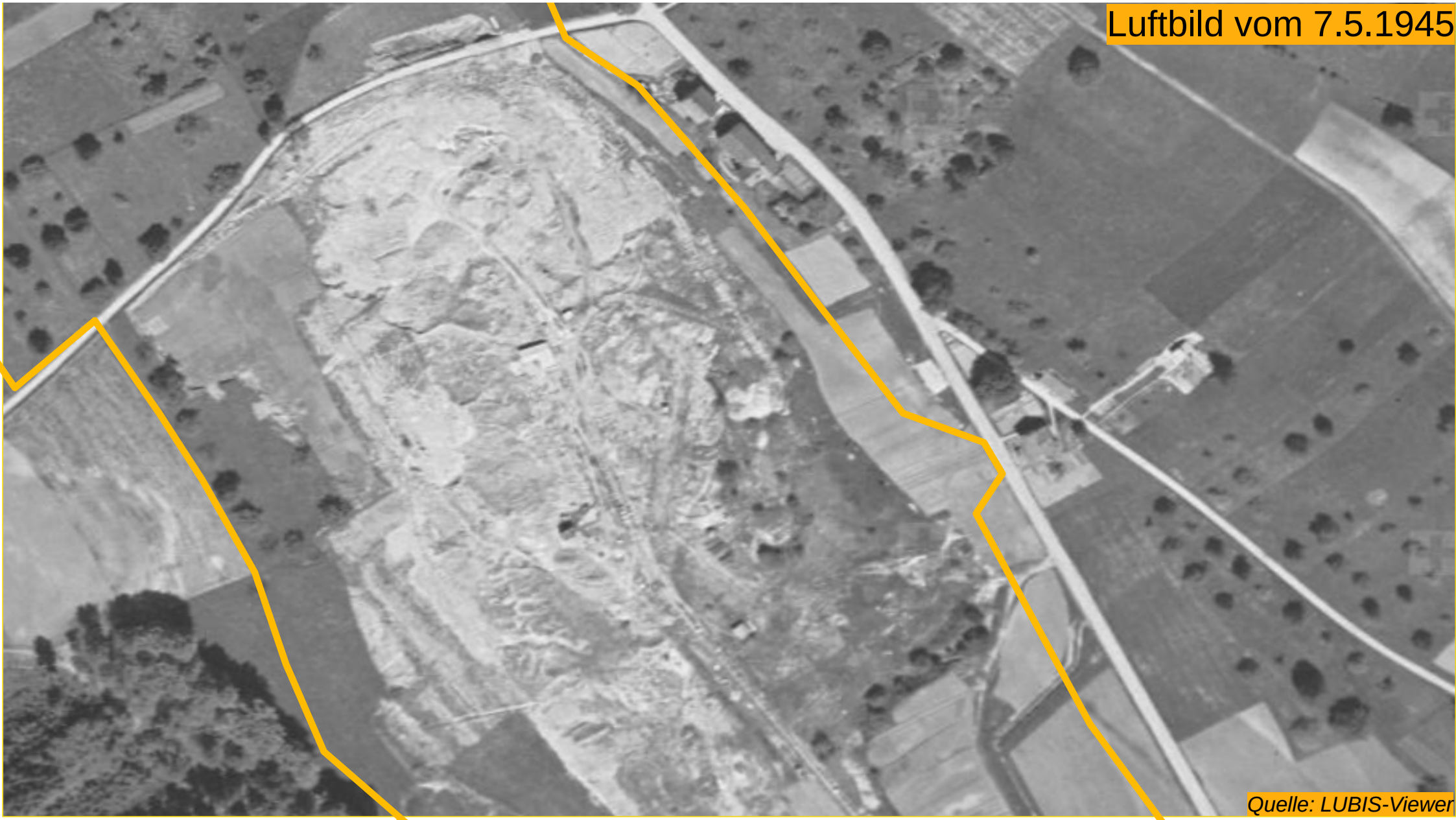
Inhalt

- Einleitung
- Beschreibung Pilotversuch
- Ergebnisse Pilotversuch
- Schlussfolgerungen

Ausgangslage

- Tongrube im Dätttau (Winterthur)
- 1935-1960 Ablagerung von:
 - 500'000 m³ bis 750'000 m³ Aushub, Bauschutt, Giessereisand
 - 200'000 m³ Kehricht
- Rekultivierung

Luftbild vom 7.5.1945



Quelle: LUBIS-Viewer

Ausgangslage

- Tongrube im Dätttau (Winterthur)
- 1935-1960: Ablagerung von 500'000 m³ bis 750'000 m³
Aushub, Bauschutt, Giessereisand und rund 200'000 m³
Kehricht
- Rekultivierung
- 1981: Bau Doppeleinfamilienhäuser am Deponierand

Luftbild vom 18.6.1984

Überbauung Finkenrain

Perimeter Kehrrichtablagerungen

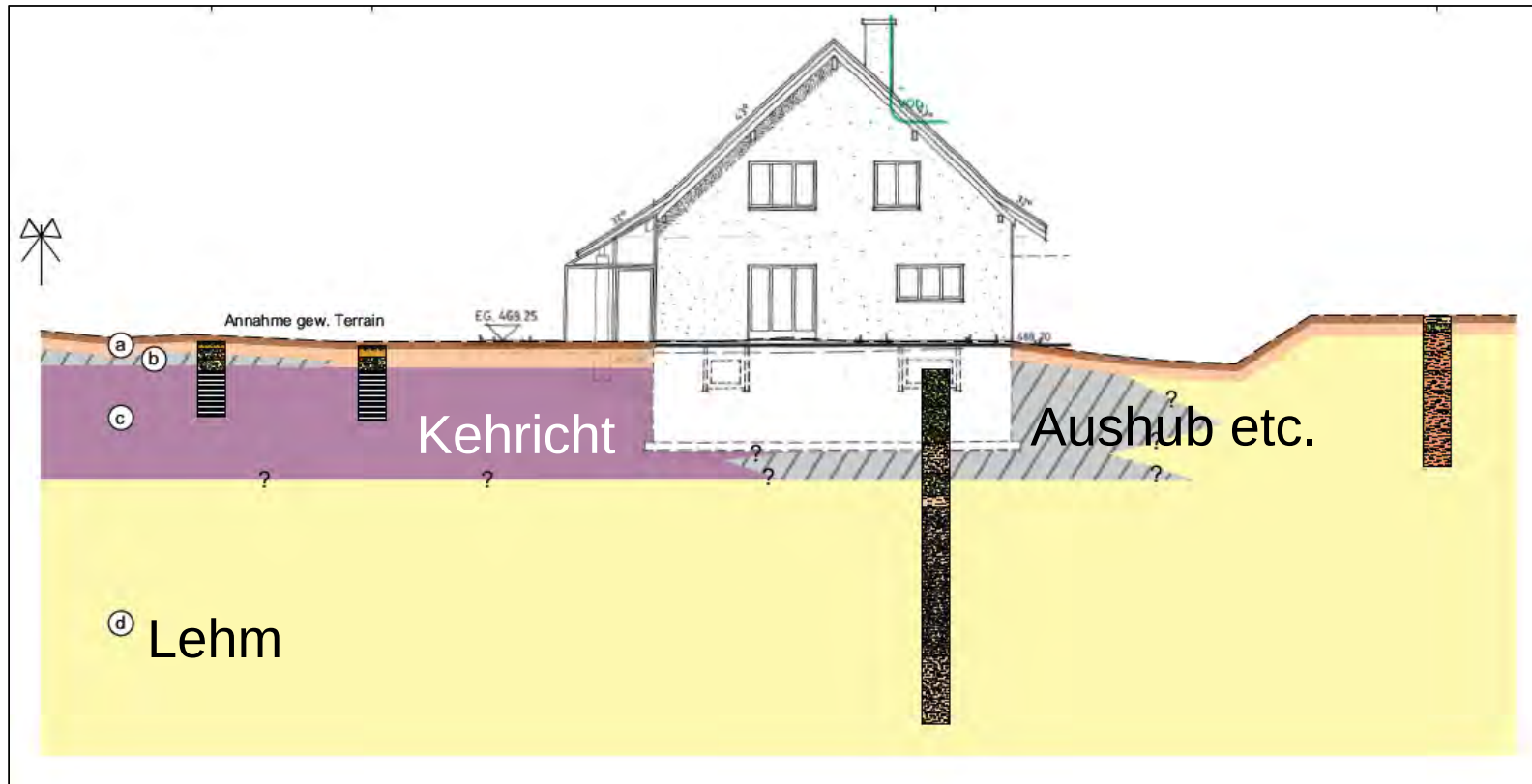
Quelle: LUBIS-Viewer



Aktuelles Foto



Modell des belasteten Standorts

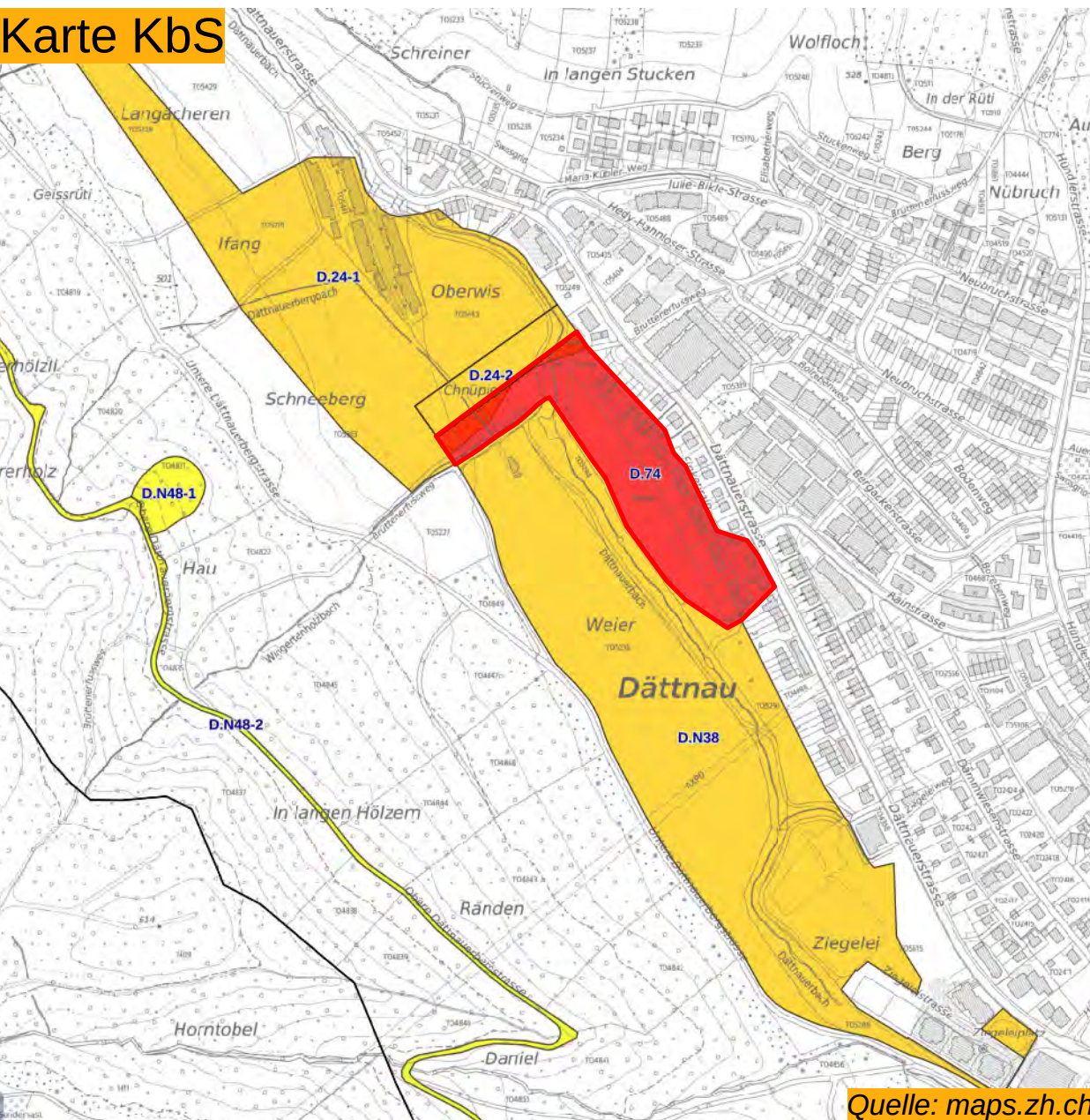


Altlastenuntersuchungen

- Schadstoffkonzentrationen in Porenluft (2007):
 - Methan: bis 57 Vol.-%
Konzentrationswert Anhang 2 AltIV: 1 Vol.-% (10'000 ppm)
 - CO₂: bis 11 Vol.-%
Konzentrationswert Anhang 2 AltIV: 0.5 Vol.-% (5'000 ppm)

Altlastenuntersuchungen

- Schadstoffkonzentrationen in UG Wohnhäuser (2011):
 - Methan: bis 80 ppm
Damaliger Hintergrundwert Umgebungsluft: 1.9 ppm
 - CO₂: max. 700 ppm
Damaliger Hintergrundwert Umgebungsluft: 390 ppm
- AWEL beurteilt Bereich mit Kehrrichtablagerungen nach Art. 11 AltIV hinsichtlich des Schutzes von Personen vor Luftverunreinigungen (CH₄) als **sanierungsbedürftig**



Quelle: maps.zh.ch

Inhaberinnen Stao **D.74**
(Deponie am Finkenrain):

- Stadt Winterthur
- Private

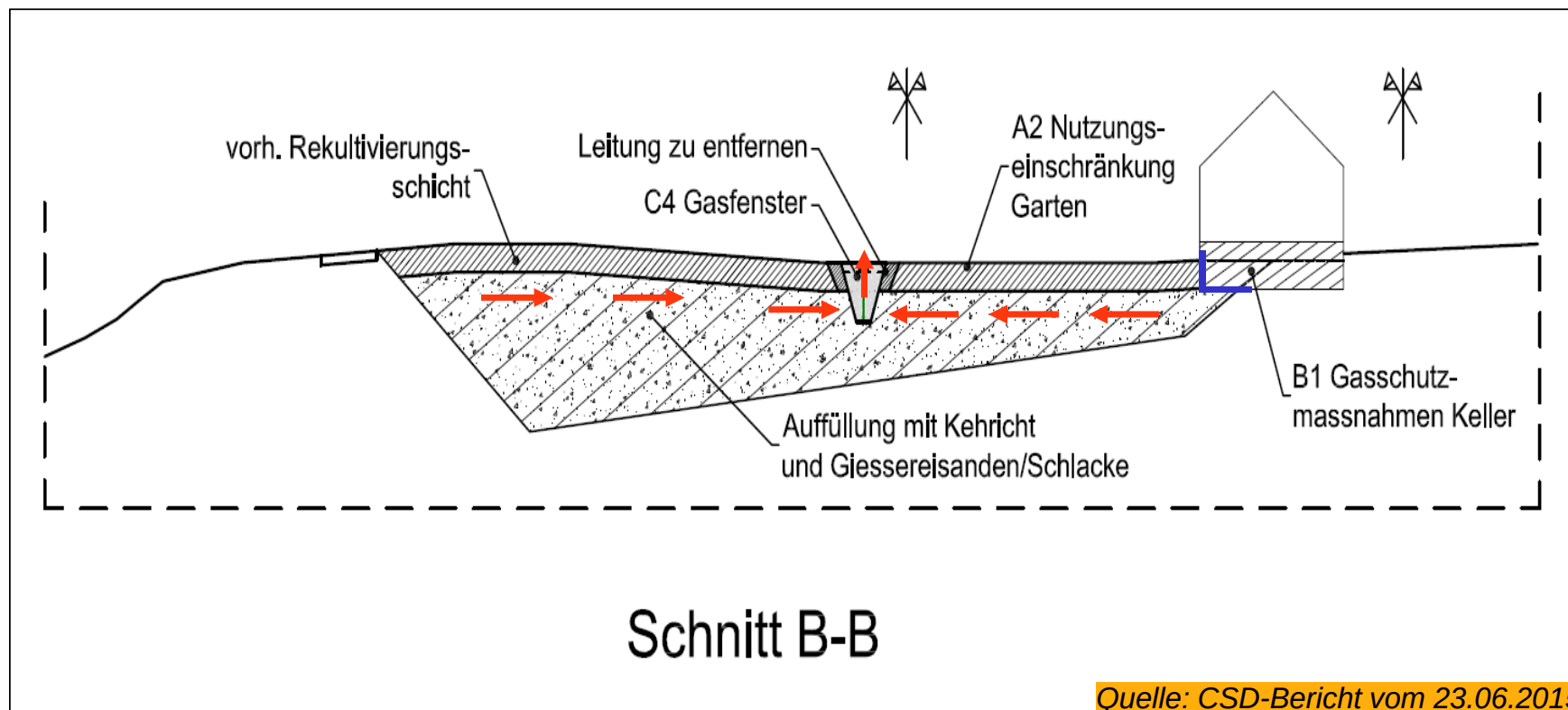
Realleistungspflichtige:

- Stadt Winterthur

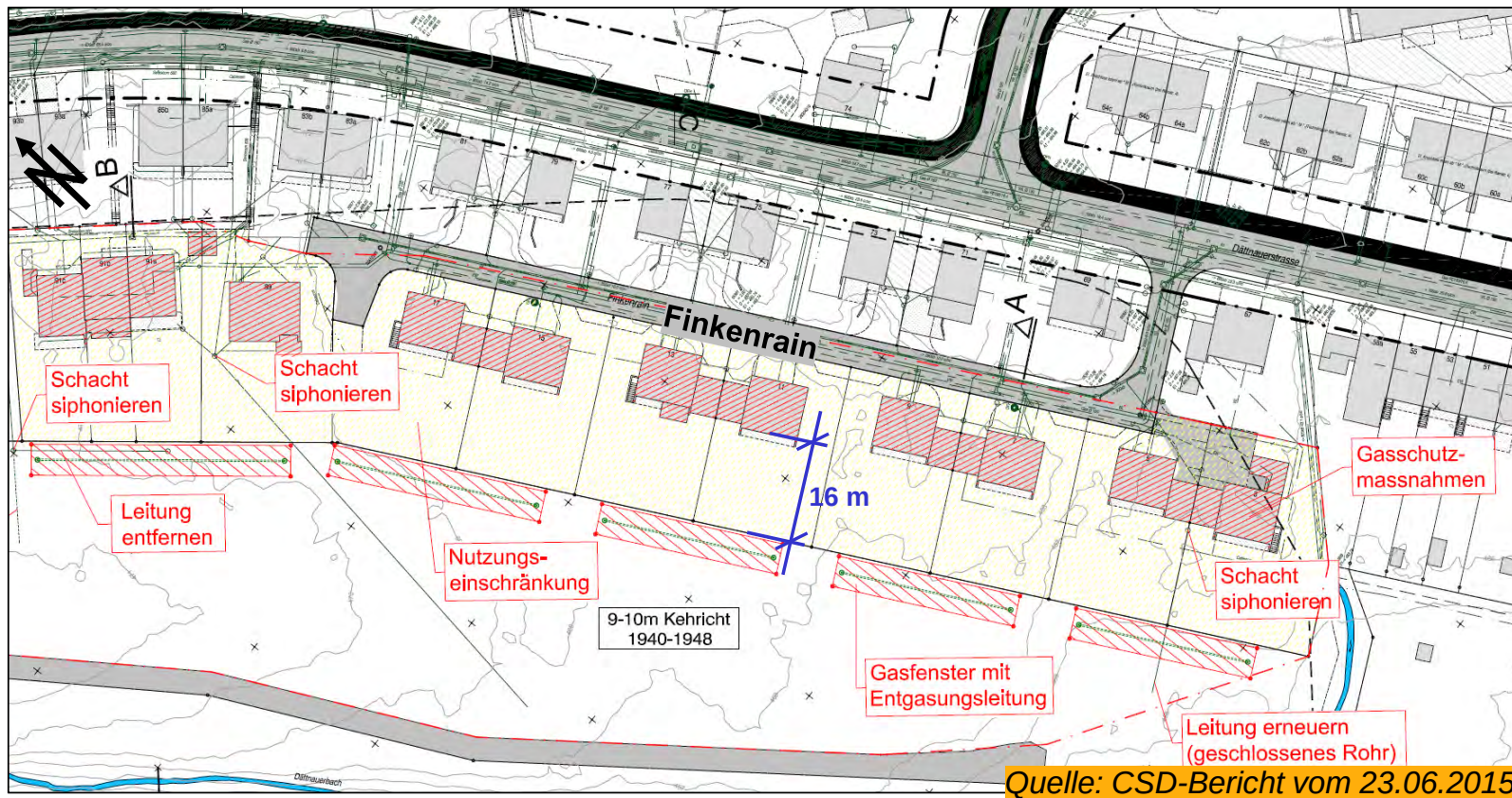
Optimale Sanierungsvariante

- 2012 (Vogler Consulting): Aerobisierung
 - 2015 (CSD): Nutzungseinschränkungen in Gärten +
Entlüftungsgräben + Abdichtung UG
- Tiefbauamt Stadt Winterthur beauftragt
FRIEDLIPARTNER mit Rahmen-Sanierungsprojekt +
Pilotversuch Entlüftungsgraben (BAFU-Auflage)

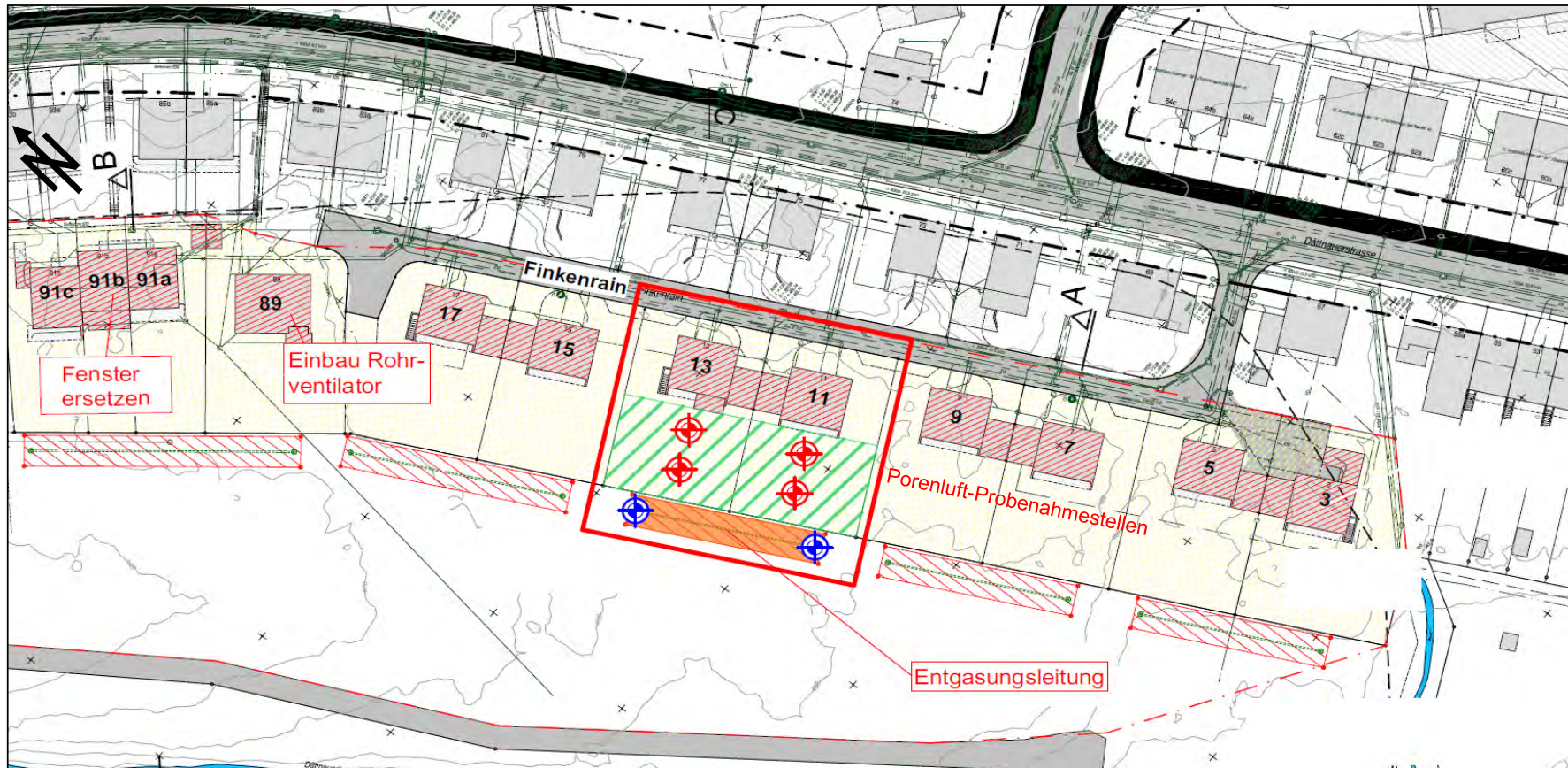
Prinzipschnitt Entlüftungsgräben



Geplante Lage Entlüftungsgräben



Geplante Lage Pilot-Entlüftungsgraben



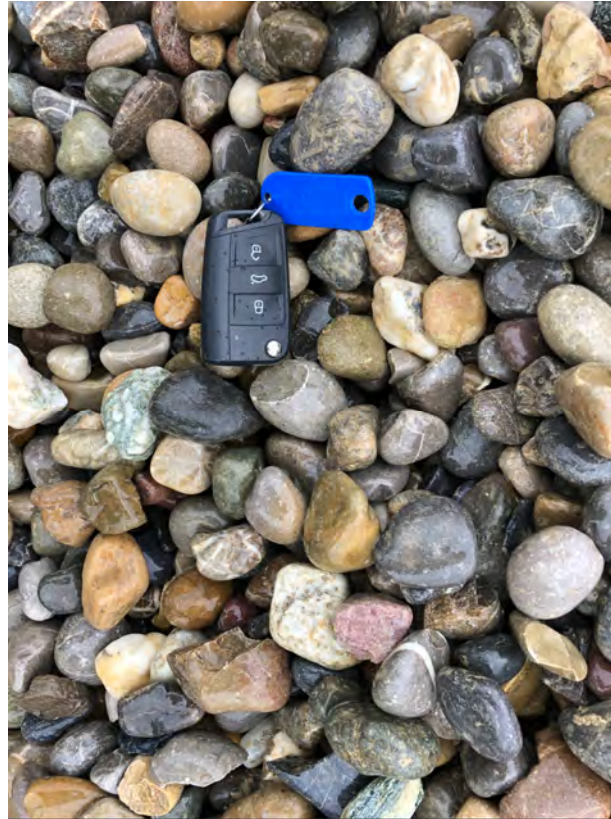
Lage Pilot-Entlüftungsgraben



Bau Entlüftungsgraben (April 2020)



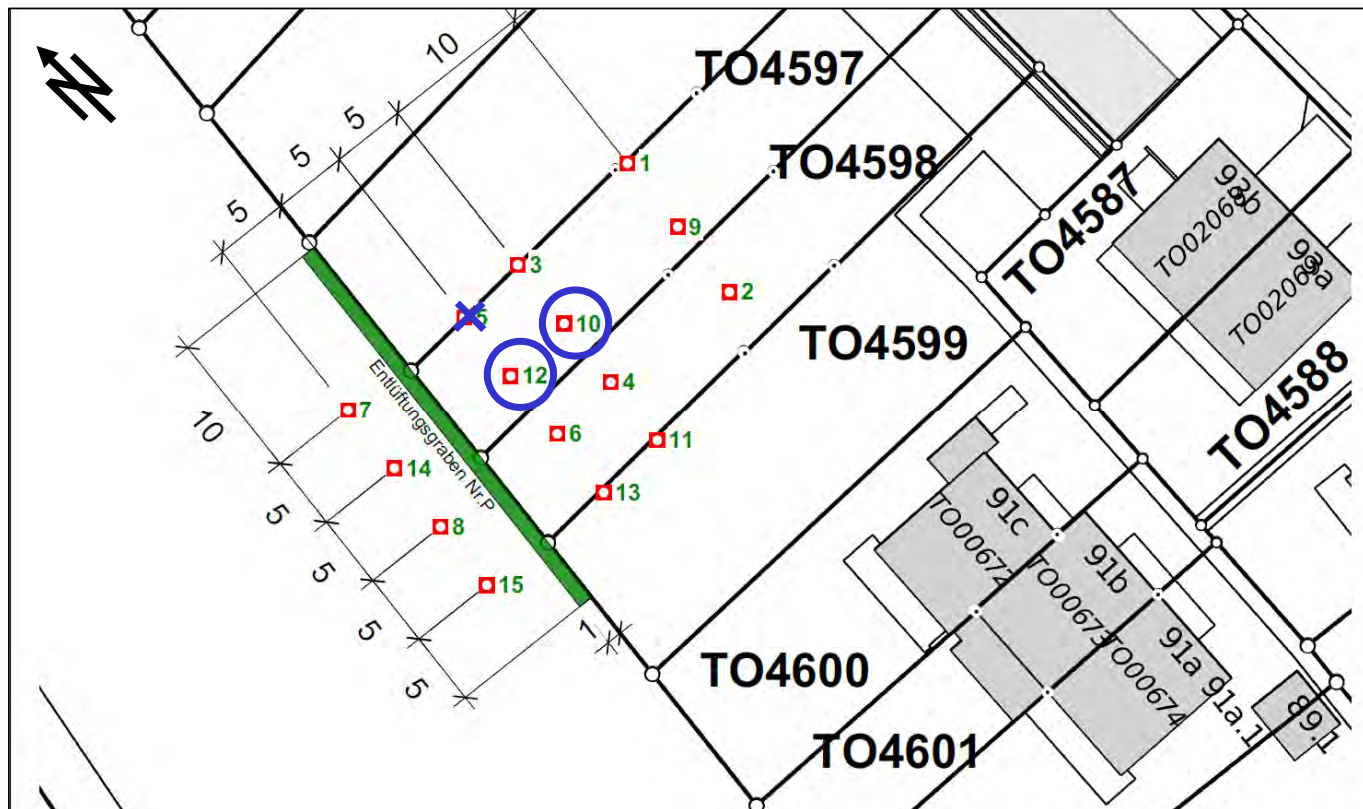
Bau Entlüftungsgraben (April 2020)



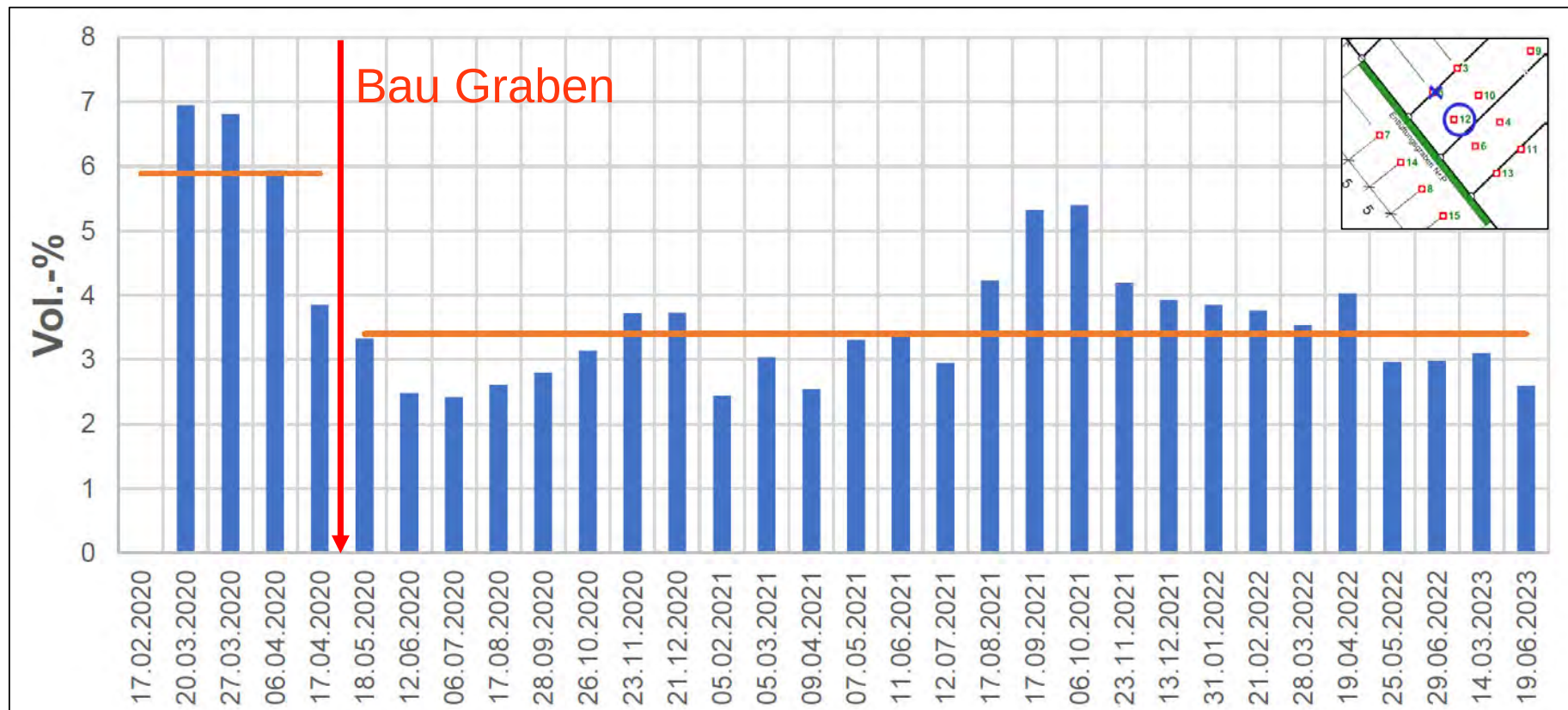
Bau Entlüftungsgraben (April 2020)



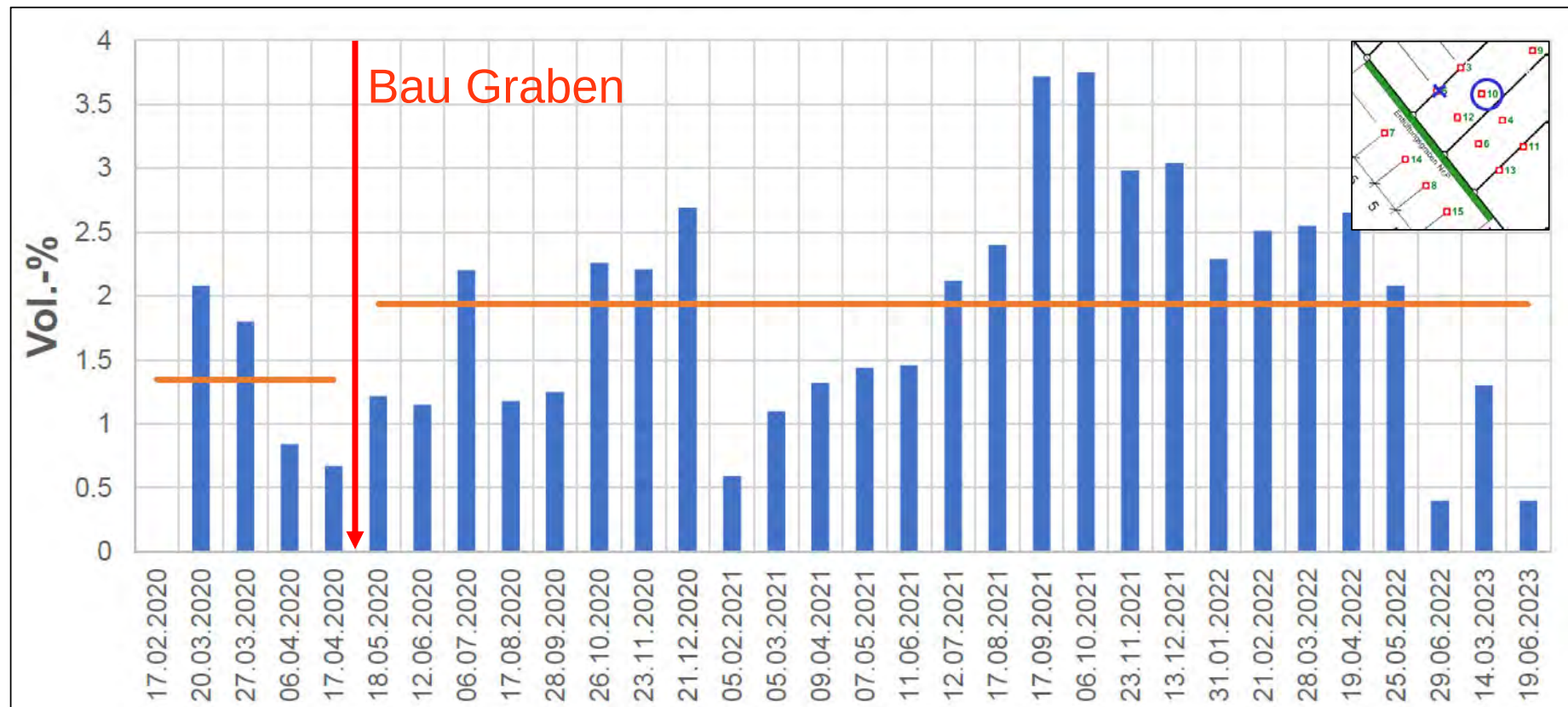
Lage Porenluft-Messstellen



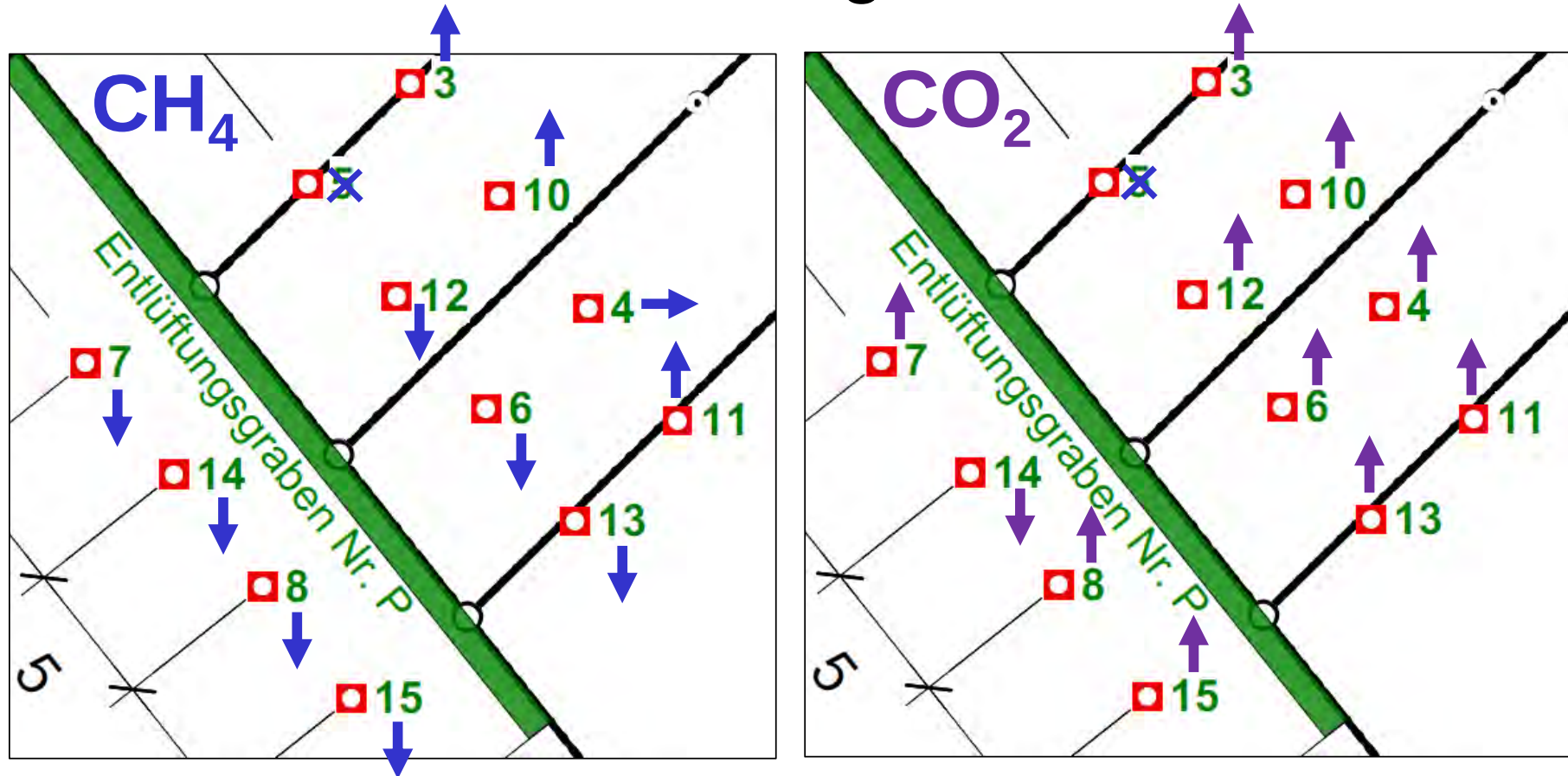
Methan Messstelle Nr. 12 (Distanz: 5 m)



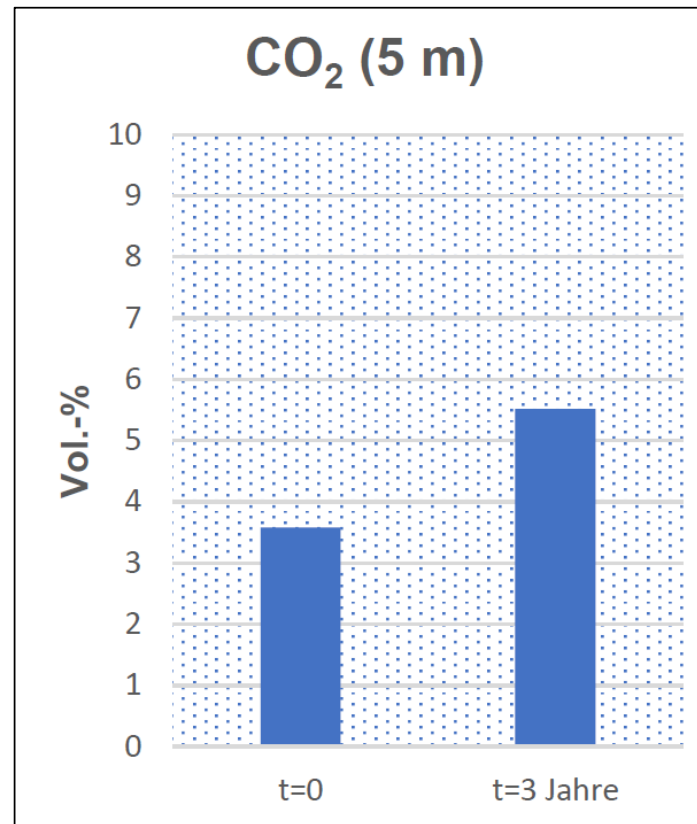
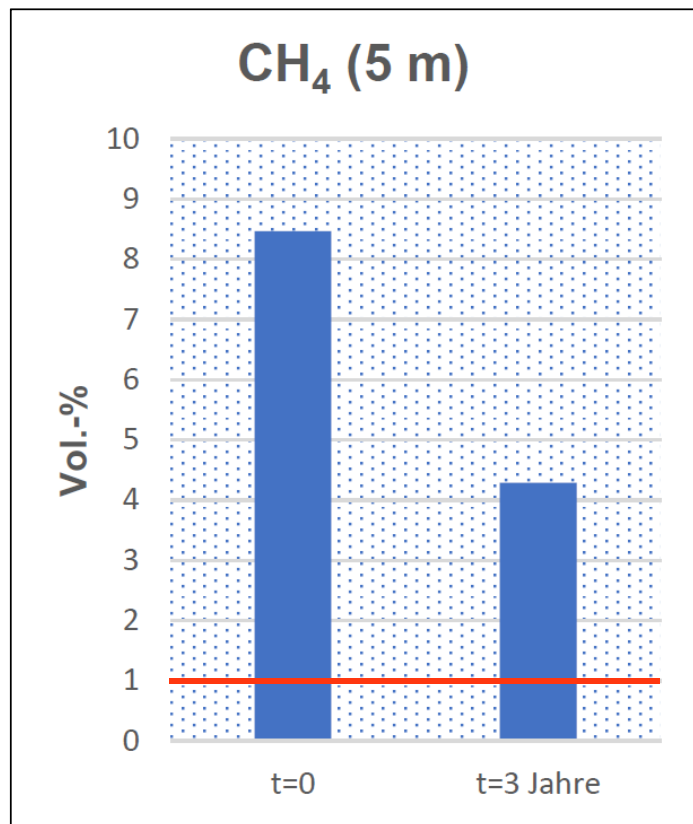
Methan Messstelle Nr. 10 (Distanz: 10 m)



Konzentrationsänderungen 2020-2023

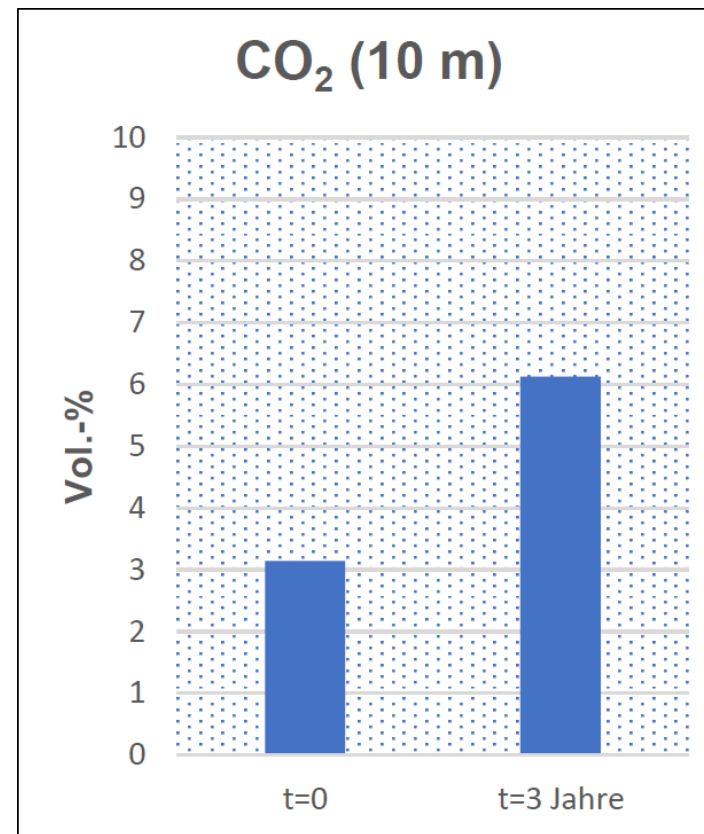
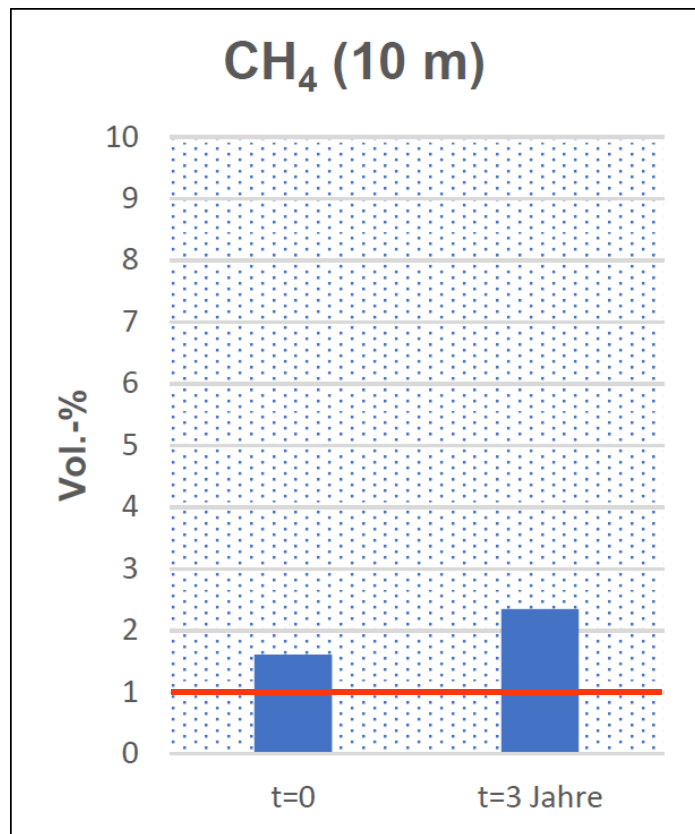


Konzentrationen Nahbereich Graben



— Sanierungszielwert Porenluft (Konzentrationswert nach Anhang 2 AltIV)

Konzentrationen Fernbereich Graben



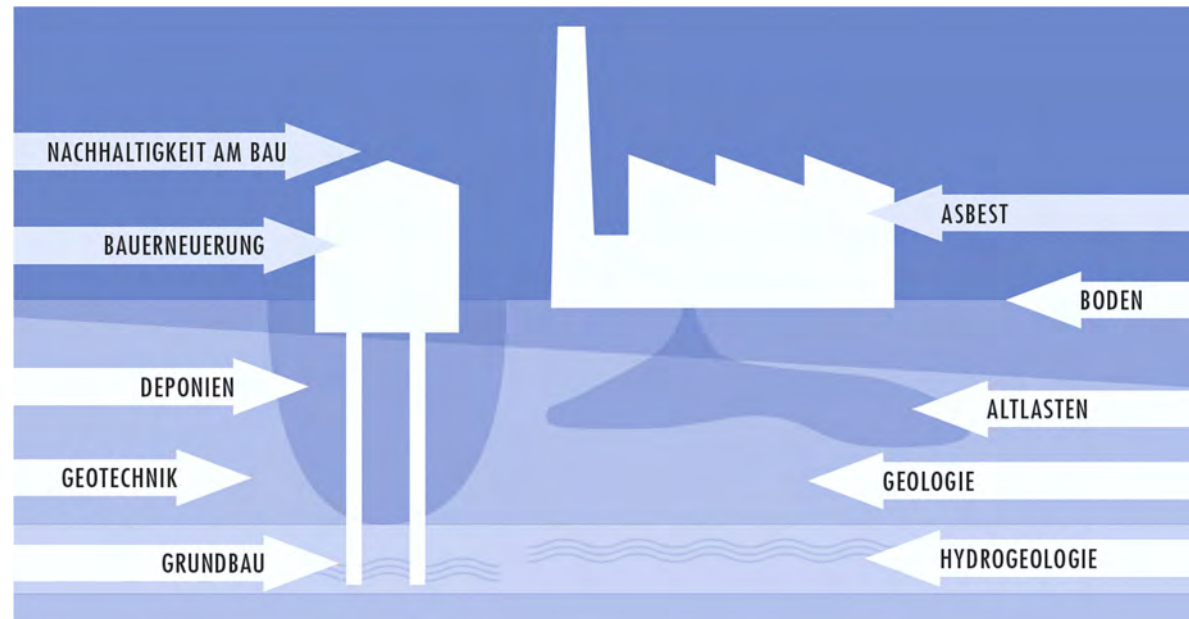
— Sanierungszielwert Porenluft (Konzentrationswert nach Anhang 2 AltIV)

Wirksamkeit Entlüftungsgraben

- Gewünschte Wirkung bis 5 m Distanz
- Unerwünschte Wirkung in 10 m Distanz

→ Passive Entlüftungsgräben für Kehrlichtdeponie am Finkenrain: ~~optimale Sanierungsvariante?~~

→ Aktive Entlüftungsgräben?



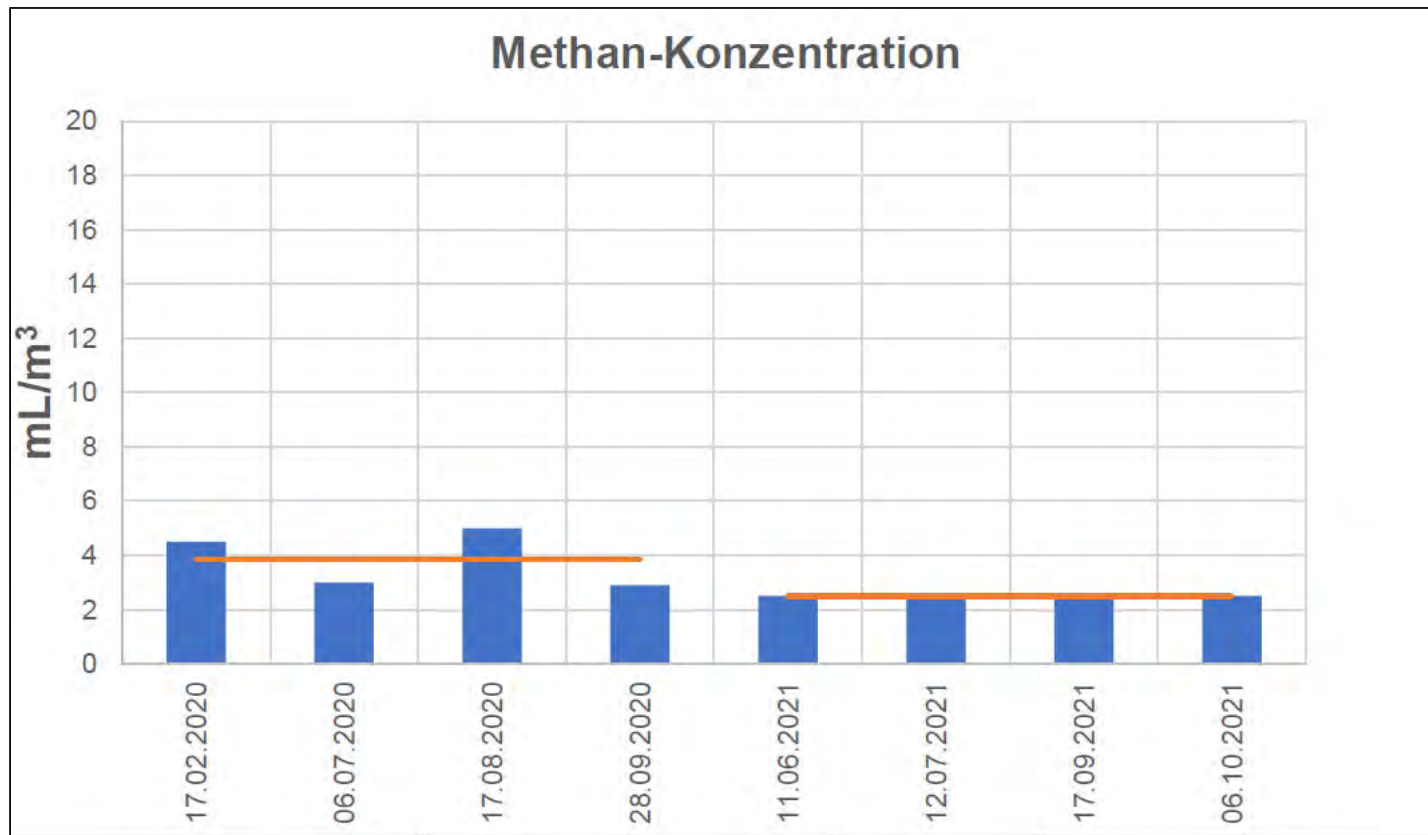
FRIEDLPARTNER AG

GEOTECHNIK ALTLASTEN UMWELT

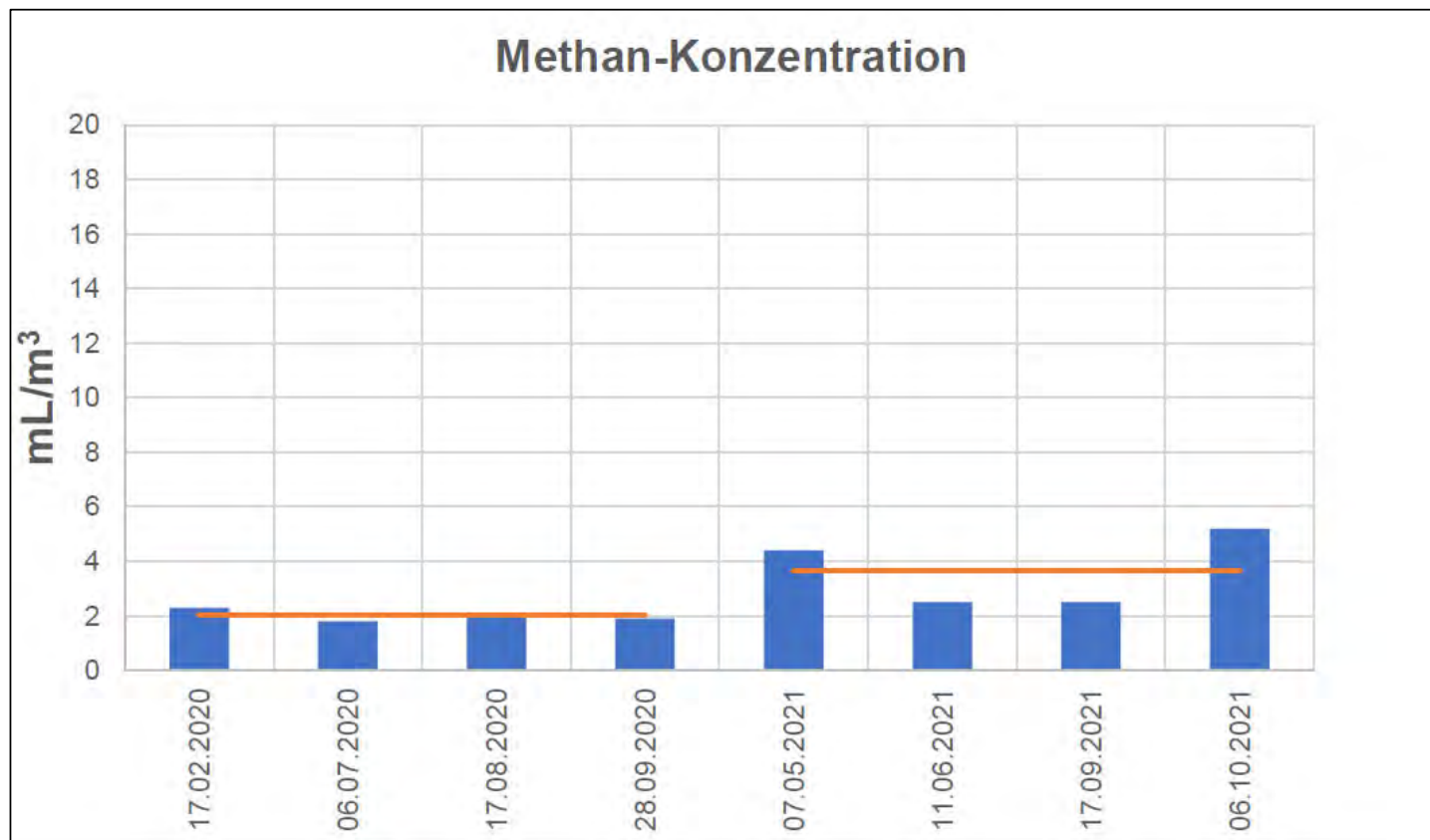
Abdichtungsmassnahmen UG

- Verschluss (Kitt) von Dilatationsfugen
- Ersatz undichter Fenster
- Abdichtung Leitungseinführungen
- Bodenabläufe spülen
- Kosten: rund 30'000 Franken

Dättnauerstrasse 91a (Abstellraum)



Finkenrain 7 (Waschküche)



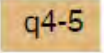
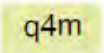
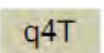
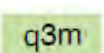
Studienkontext

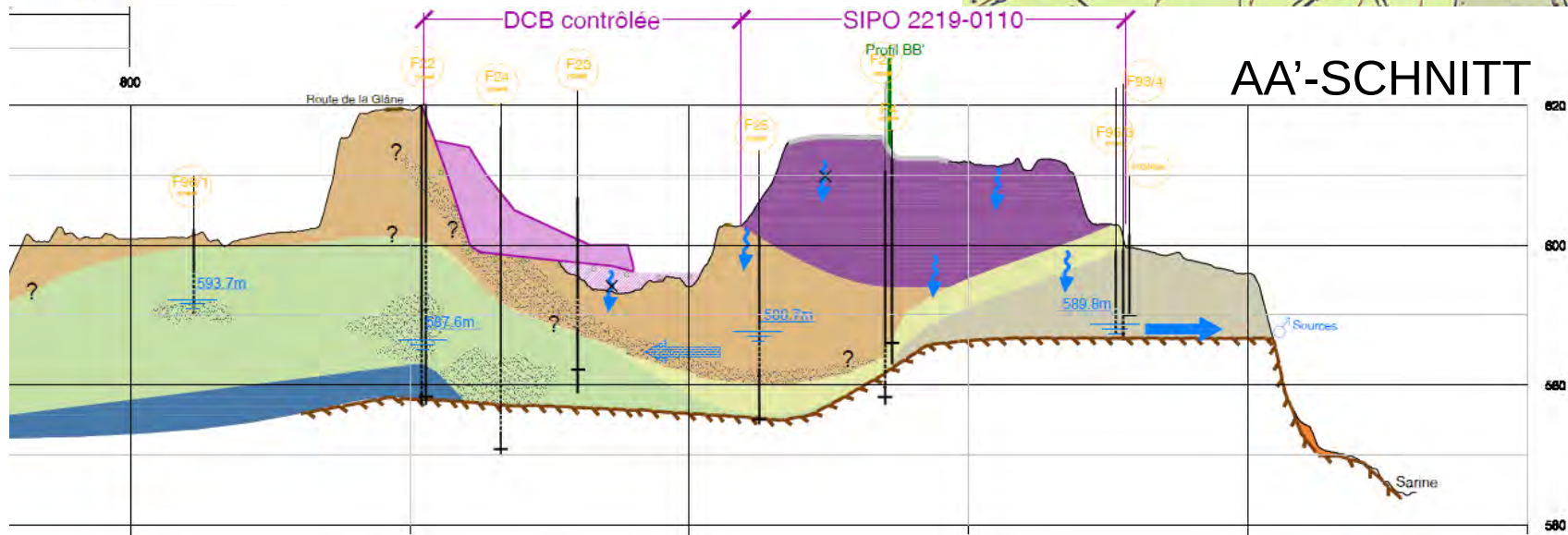
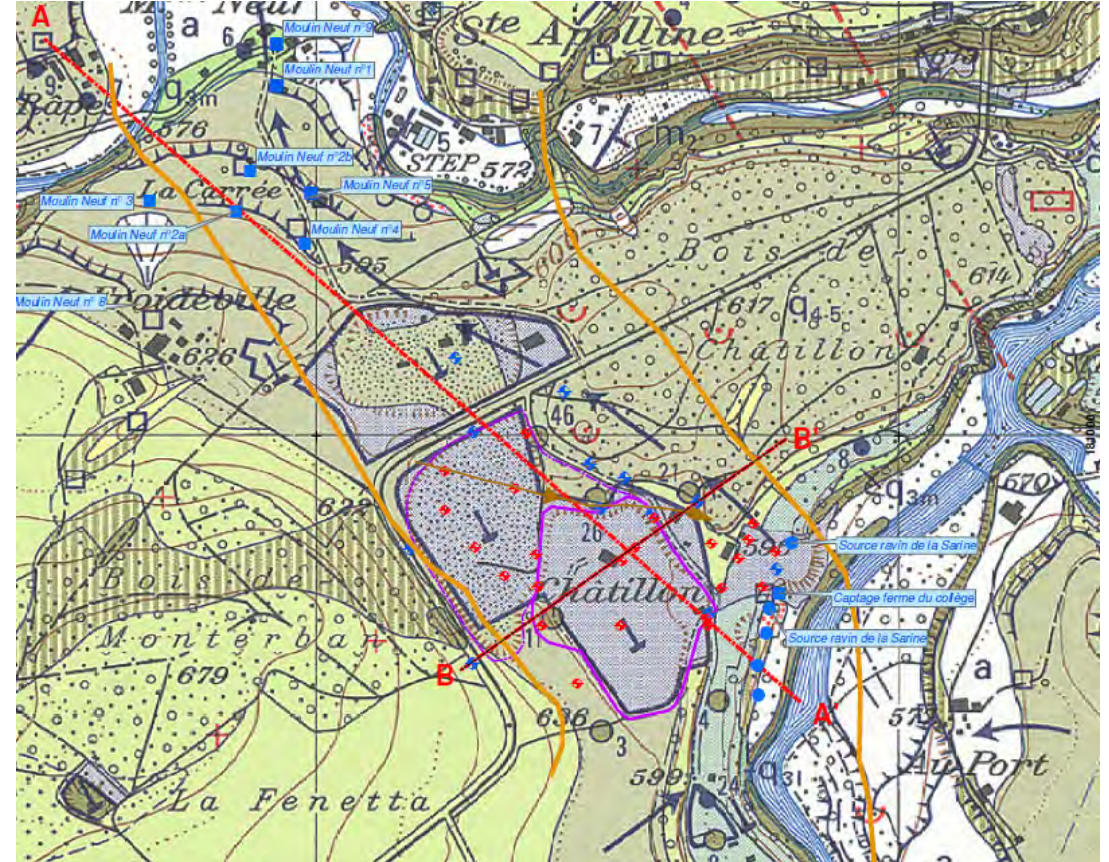
Kiesgrube, zwischen 1974 und 1990 mit 1.2 Mio m³ Inertstoffen, Sperrgut, Kehrichtabfall, KVA-Schlacke, Klärschlamm und Aushubmaterial verfüllt.



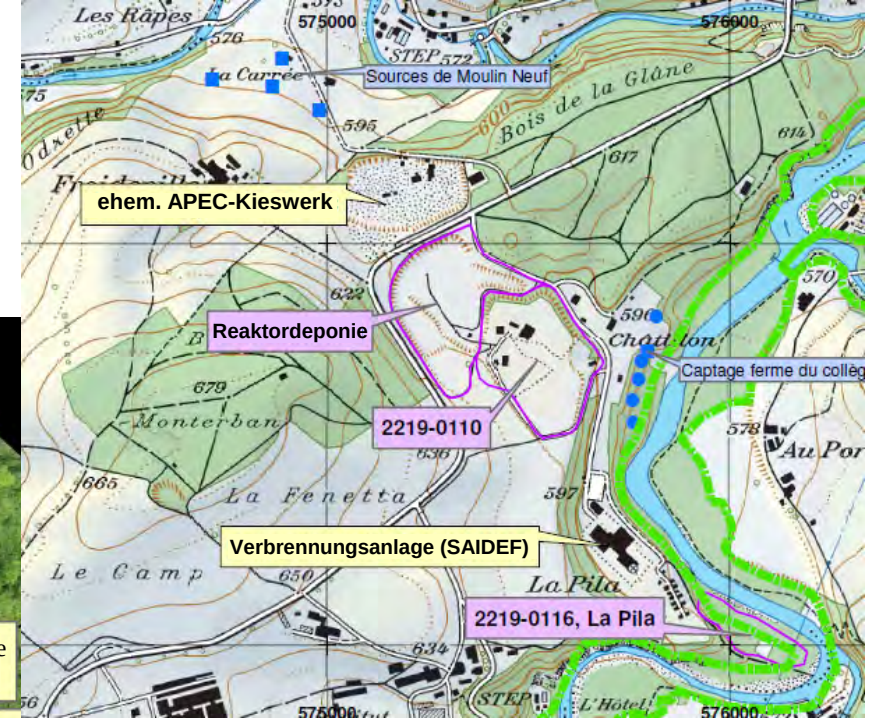
Studienkontext

— HU CSD 2014

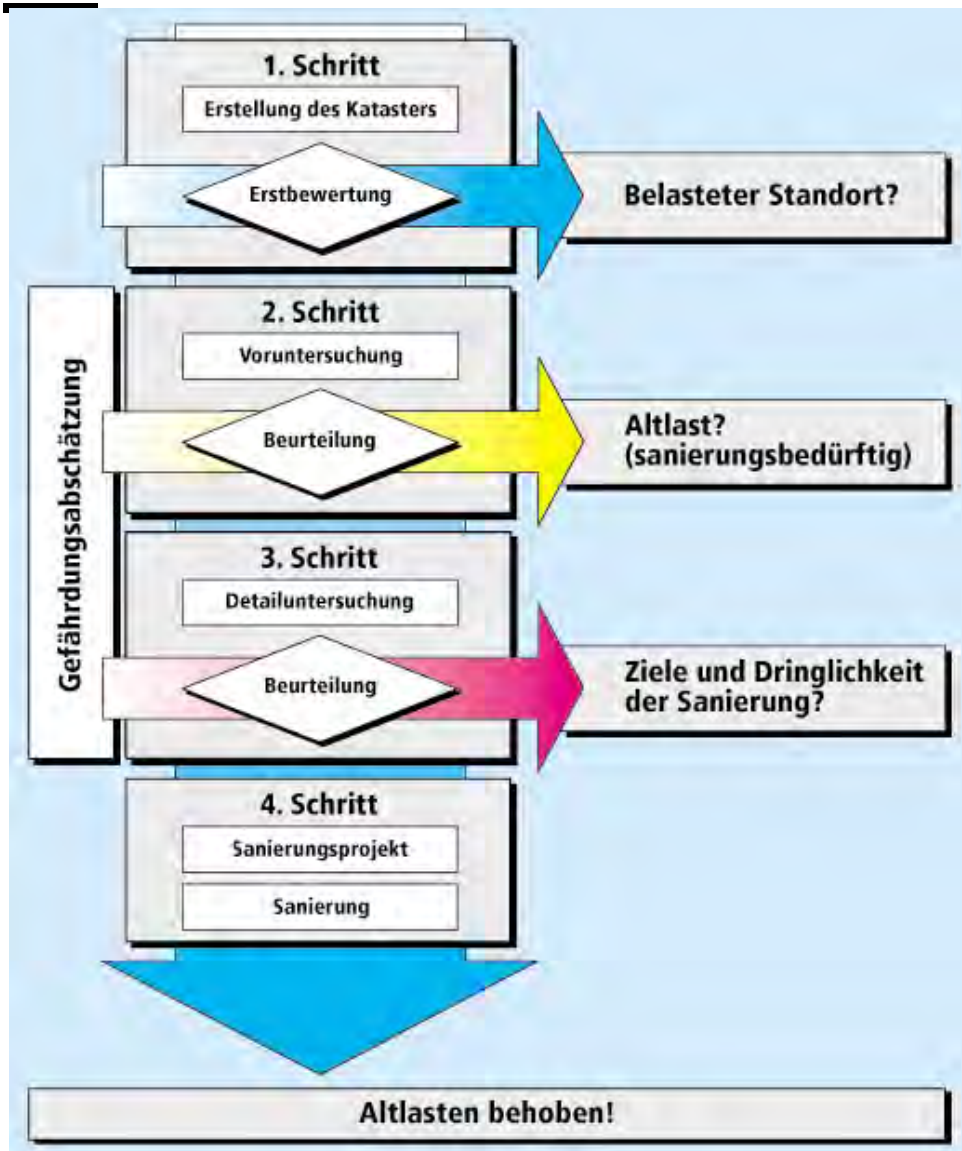
-  q4-5 Würm-Rückzug
-  q4m Rhone- und Saane-Moräne
-  q4T Saane-Vorstossschotter
-  q3m alte Moräne « Riss-Komplex oder älter »
-  Sand und Kies « vor Riss »
-  sandigere Zone
-  Wasserstand (gemessen am 22. September 2014)
-  Quelle



HU CSD 2014



Studienkontext

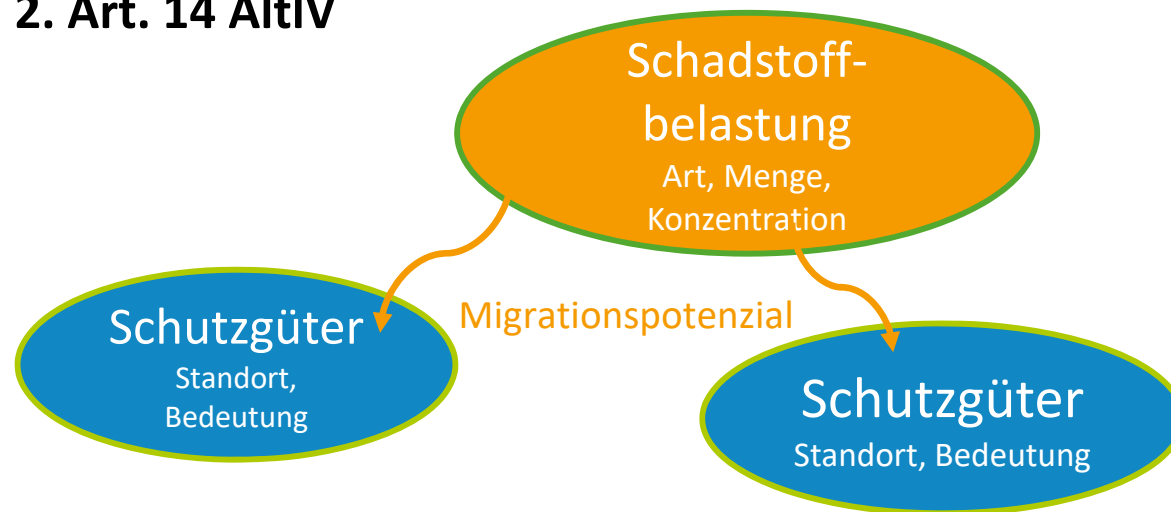


- 2008: Katastereintrag
- 2013: Stadt Freiburg, Art. 20 Abs. 2 AltIV
- 2014: Historische Untersuchung
- 2015: Hydrogeologisches Gutachten
- 2015: Antrag technische Untersuchung
- 2017: Bericht: Sanierungsbedarf
- 2018: Antrag Detailuntersuchung
- Einhaltung Art. 3 AltIV!**
- 2018: Erster Voranschlag DU, 353'300.- inkl. MwSt.
- Ausschreibung: Einladungsverfahren
- 4 Büros eingeladen, 3 Angebote
- Vergabe an: Prona Romandie SA



1. Bestätigung Sanierungsbedarf

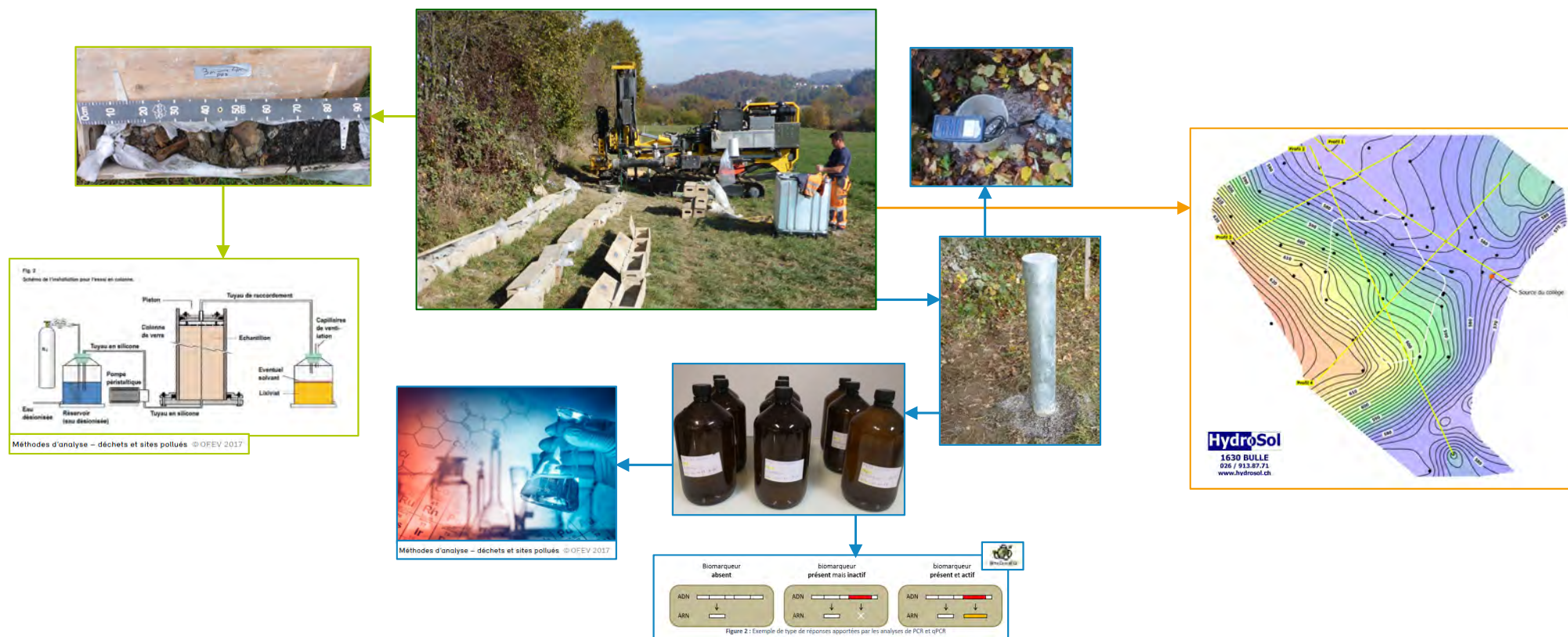
2. Art. 14 AltIV



- Schadstoffverteilung in der Deponie (räumlich und nach Phasen)
- Konzeptionelles hydrogeologisches Modell
- Beeinträchtigung von Schutzgütern im unmittelbaren und weiter entfernten Abstrombereich

3. Kurzevaluation der Sanierungsvarianten

Vorgehen Multiples Verfahren



Ergebnisse Lithologien und Abfälle



PR1

PR2

PR3

PR4

Auffüllungen: Schlicksand mit Silt und Kies. Oberflächen-naher Boden nach Standorten

2 m

1 m

1 m

2 m

Deponie: Siltiger Sand mit Kies oder sandiger Silt. Vorkommen von Holz, Ziegelsteinen, Eisenschrott, Kunststoff, Schlacken, Linoleum, Textilien, Asche...

11 m

15 m

6 m

13 m

Würm-Rückzug: Sand und Kies, je nach Standort mehr oder weniger lehmhaltig. Vorkommen von Kieselsteinen

3 m

3 m

21 m

5 m

Verwitterte Molasse: Sand

11 m

15 m

6 m

13 m

Gesunde Molasse: Sandstein

11 m

15 m

6 m

13 m

Ergebnisse Lithologien und Abfälle



PR2

Auffüllung

0 bis 1m

Deponie

1 bis 16m

Würm-Rückzug

16 bis 21m

Verwitterte Molasse

21 bis 23m

Gesunde Molasse

23 bis 24m



Ergebnisse Feststoffe und Elution - in Situ

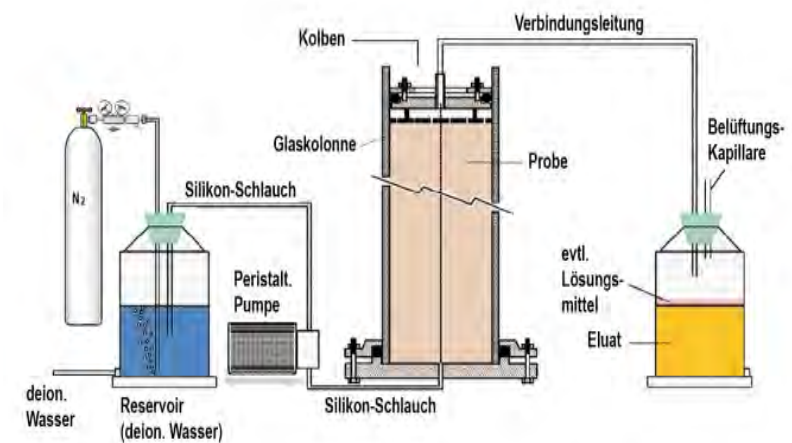


CKW

- Vorkommen von CKW in den Abfällen
- Erhöhtes Freisetzungspotenzial

Schwermetalle

- As-> lediglich Spuren vorhanden
- Cr tot und Cr VI -> in den Eluattests nicht nachgewiesen

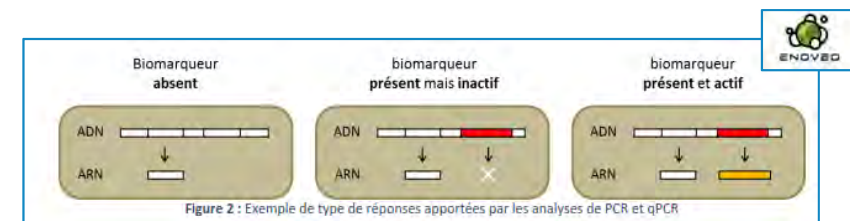


Analysemethoden im Abfall- und Altlastenbereich, BAFU 2017

Ergebnisse Mikrobiologische Analysen - in Situ



- Die für die reduktive Dechlorierung der langkettigen CKW notwendige Bakteriengruppe ist vorhanden
- Bakterielle Marker für VC-Abbau nicht vorhanden
- Mikrobiologischer Abbau von CKW im Deponiekörper. VC-Erzeugung



Ergebnisse

Chemische Analysen - Abstrombereich



Sanierungsauslösende Schadstoffe

- VC und Cr VI: Punktuelle Überschreitungen Sanierungsgrenzwert im unmittelbaren Abstrombereich, keine Spuren im entfernten Abstrombereich
- As: Häufige Überschreitungen Sanierungsgrenzwert im unmittelbaren Abstrombereich, keine Spuren im entfernten Abstrombereich
- Hg : nur einmal in den 12 monatlichen Probenahmen nachgewiesen, bei Werten < Überwachungsgrenzwert



Analysemethoden im Abfall- und Altlastenbereich, BAFU 2017

Ergebnisse

Chemische Analysen - Abstrombereich



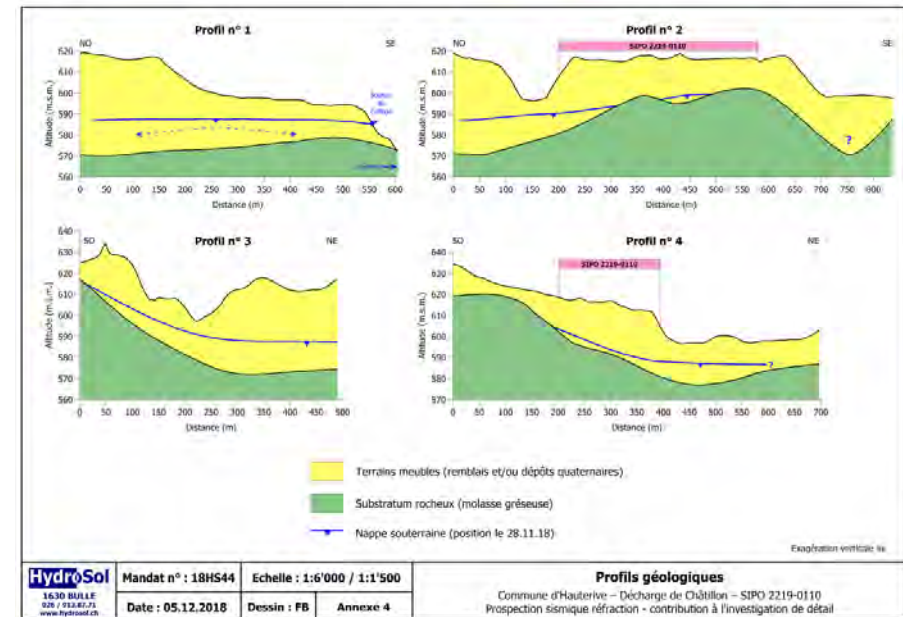
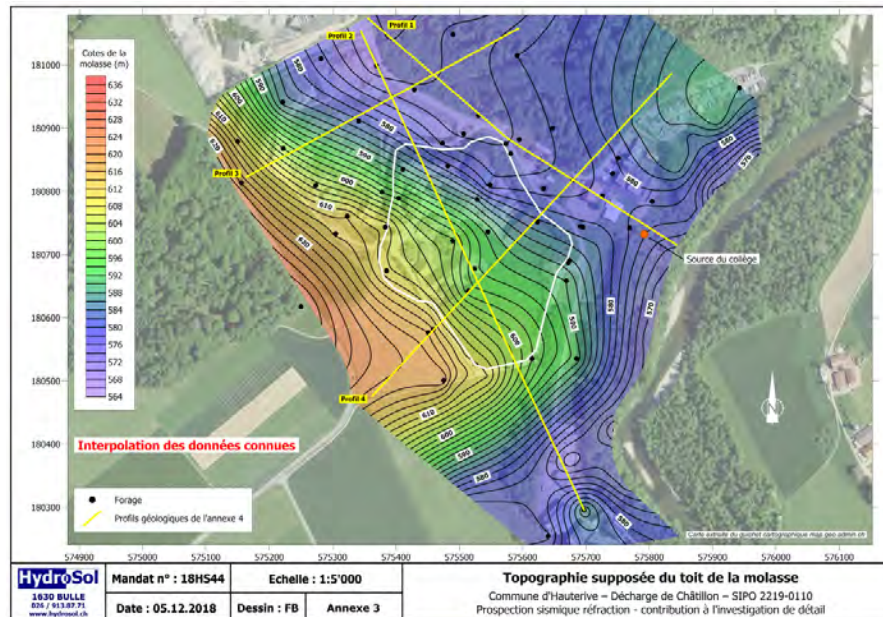
Andere Substanzen

- Cis-DCE und freies Zyanid: Punktuelle Überschreitungen Überwachungsgrenzwert im unmittelbaren Abstrombereich, keine Spuren im entfernten Abstrombereich
- TCEP: Konstante Überschreitungen Überwachungsgrenzwert im unmittelbaren Abstrombereich, geringe Spuren im entfernten Abstrombereich
- PER, TRI, MTBE: niedrige, jedoch konstante Konzentrationen im unmittelbaren und entfernten Abstrombereich
- BTEX: selten Spuren im unmittelbaren Abstrombereich, keine Spuren im entfernten Abstrombereich



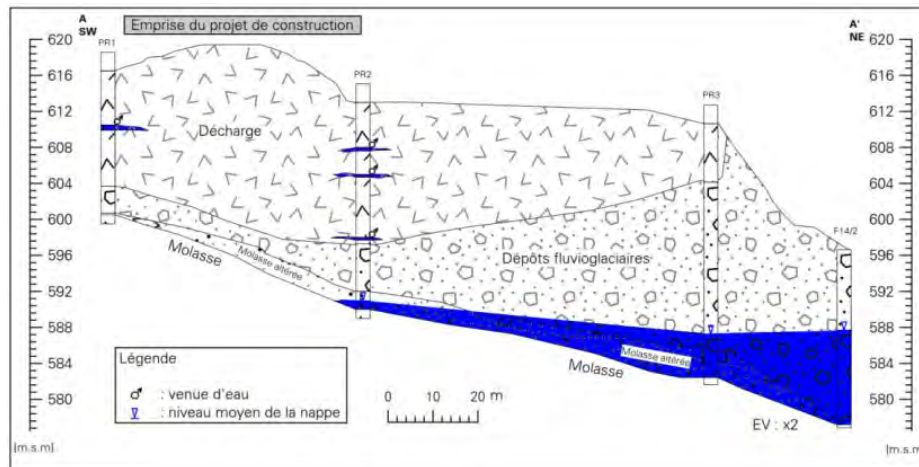
Analysemethoden im Abfall- und Altlastenbereich, BAFU 2017

Ergebnisse Geophysische Messungen



- Dach der Molasse = Aquifersohle
- Ausbauchung in der Deponiemitte
- Unterschiedliche Strömungsrichtungen im Paläokanal

Zusammenfassung Hydrogeologisches Modell



PR1 : Kein Grundwasserleiter, lediglich Wasserlinsen

PR2 : Linsen, Grundwasserleiter von geringer Stärke (~ 1m), Abfallschicht (~ 15m). Kein direkter Kontakt mit dem Grundwasser

PR3 : Grundwasserleiter von mittlerer Stärke (~ 3m), weit unter den Abfällen liegend (~16m), weniger dicke Abfallschicht (~ 7m)

PR4 : Schwebendes Grundwasser, das bei Niedrigwasser vom Hauptgrundwasserleiter abgetrennt ist. A priori kein Kontakt mit Abfall (~ 12m)

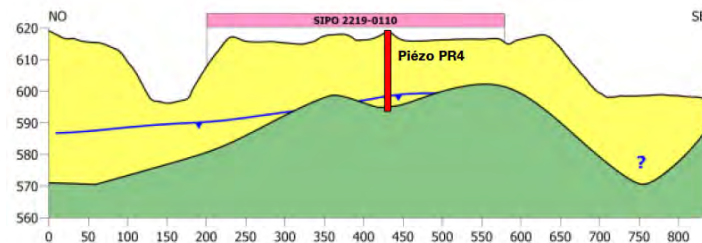
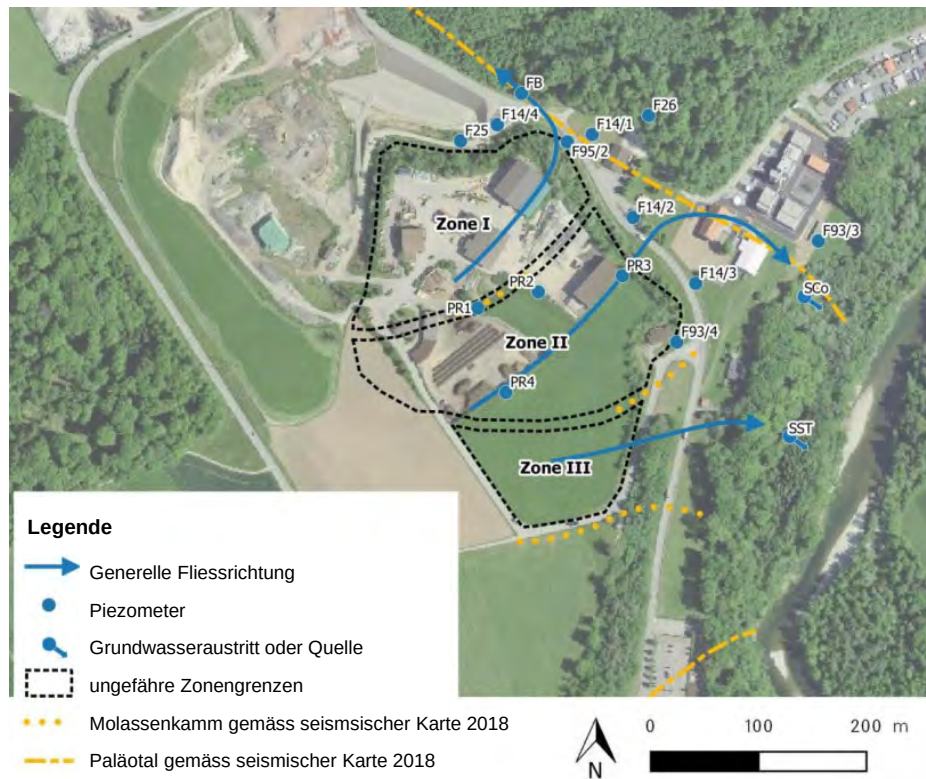


figure 5 Profil NW-SE passant par le PR4, adapté à partir de [26]

Zusammenfassung Hydrogeologisches Modell



	Zone I	Zone II	Zone III
Verschl. grad	++	++	-
Oberflächenabdichtung	vollständig	teilweise	nicht vorhanden
Hauptexfiltration	NW pal. Moulin Neuf ?	SW pal. Sco	SST
Verschl. Pot.	++	++	-
Freisetzungspot.	±	++	-
Zuverlässigkeit	++	++	-

Zusammenfassung

Freisetzungspotential: CKW



In der Deponie

- Hohes Freisetzungspotenzial des Abfalls
- Redoxbedingungen und Vorhandensein einer Bakteriengemeinschaft, die für die reduktive Dechlorierung von langkettigen CKW günstig sind
- Abbau von CKW bis zu VC, jedoch unvollständig

Unmittelbarer Abstrombereich

- VC-Konzentration > Sanierungsgrenzwert

Zusammenfassung

Freisetzungspotential: SM



In der Deponie

- As und Cr VI nicht oder kaum im Abfall nachweisbar
- Günstige Bedingungen für die Freisetzung von As und Cr VI
- Ursprung der As-Verschmutzung -> geogen (Moräne)
- Ursprung der CR VI-Verschmutzung in -> Beton und Umwandlung von Cr III

Unmittelbarer Abstrombereich

- As-Konzentration > Sanierungsgrenzwert
- Cr VI-Konzentration > Sanierungsgrenzwert



Schlussfolgerung der Studie

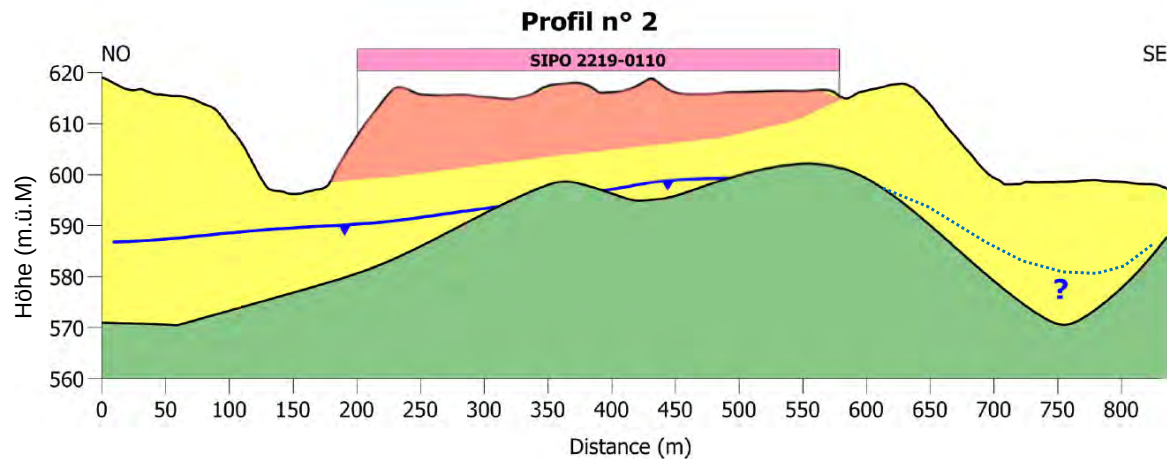
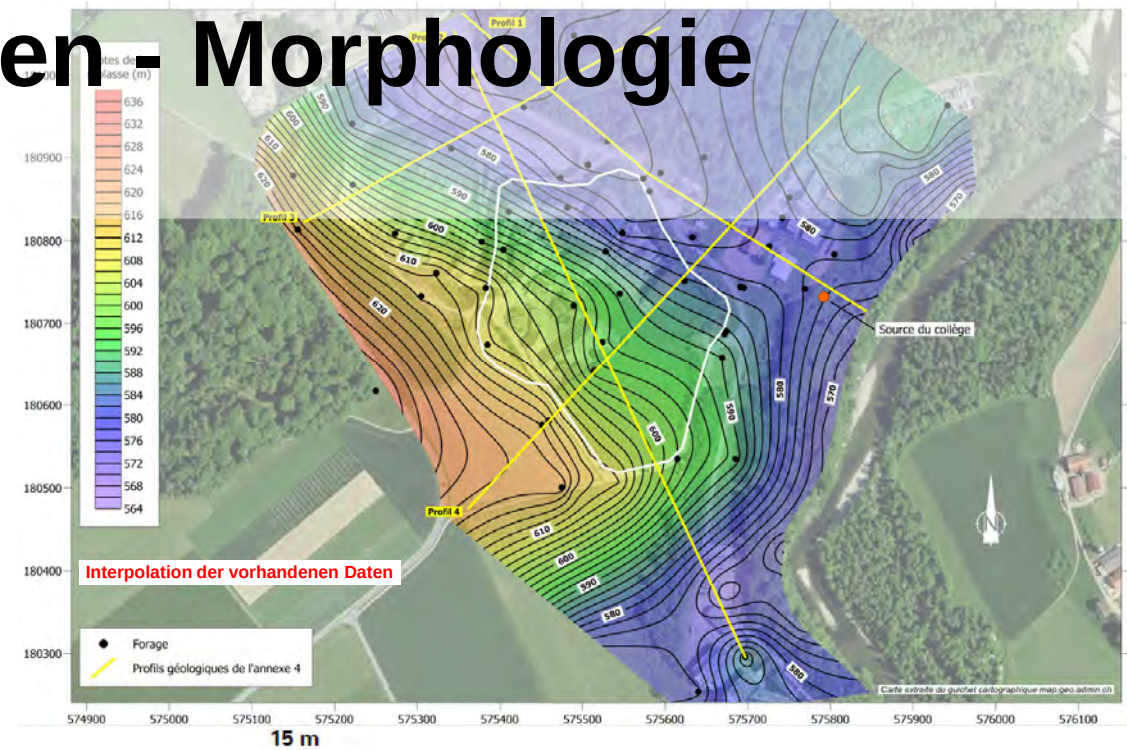
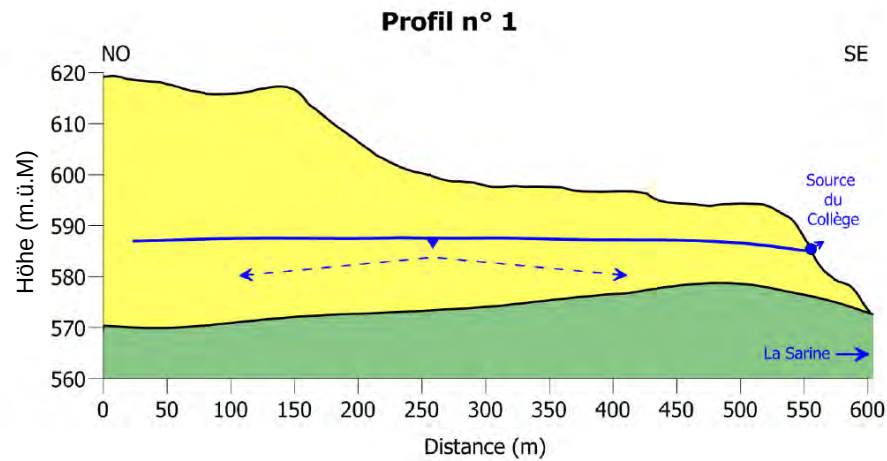
- Bestätigung des Sanierungsbedarfs (CV, As, CrIV)
- Problematische Stoffe über die gesamte Deponie verteilt
- Abbau dieser Stoffe zwischen dem unmittelbaren und dem entfernten Abstrombereich

Vorteile des multiplen Verfahrens

- Verständnis der lokalen Besonderheiten der Deponie
- Beurteilung der Verschmutzungsverteilung und -dynamik
- Beurteilung der möglichen Massnahmen

Prägende Eigenschaften - Morphologie

— DU 2019



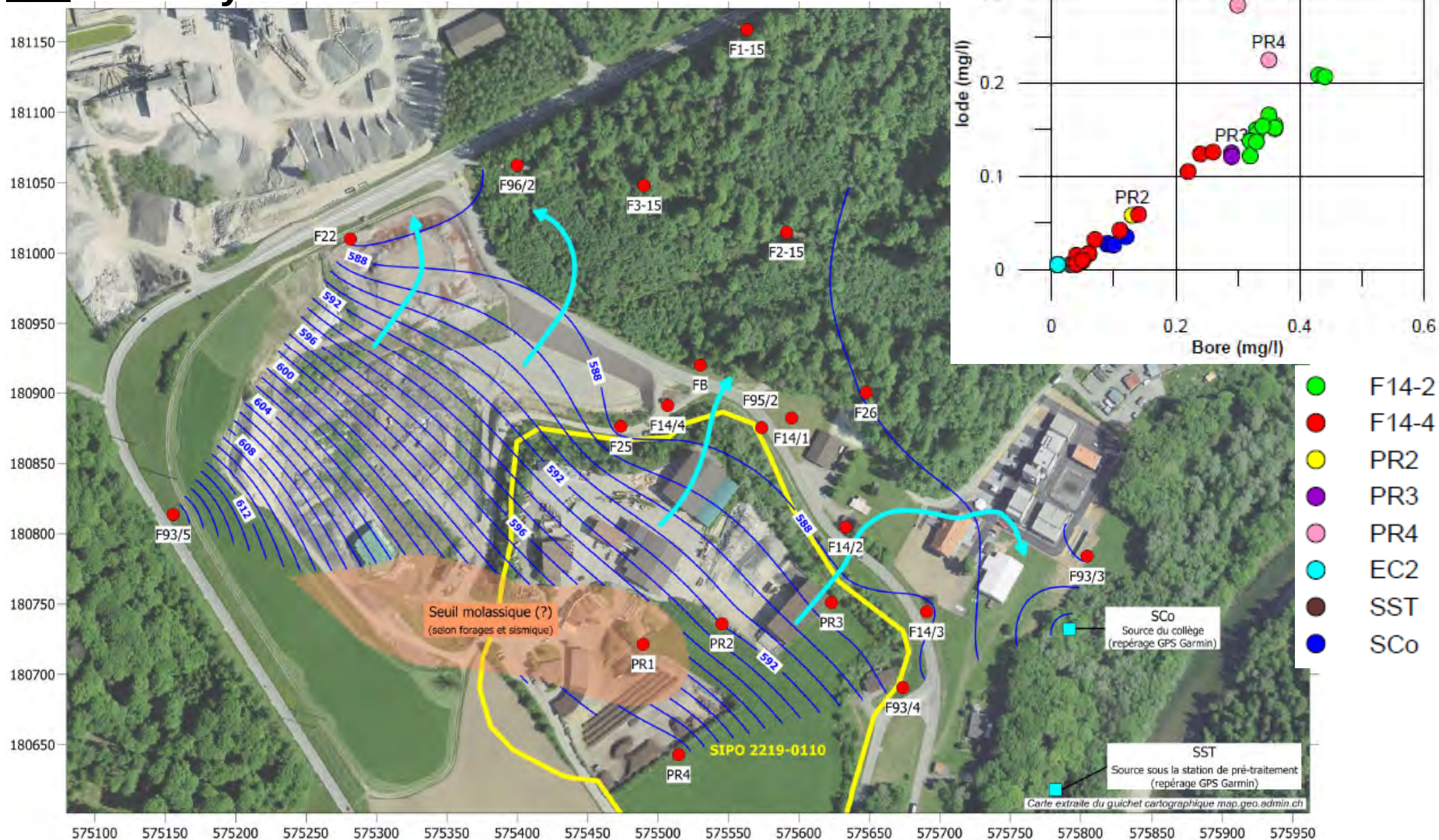
Ähnlich wie in PR2 steht
Nassabfall mit
Wassereinbrüchen in
direktem Kontakt mit
durchlässigen Ablagerungen



15.7 - 19.0 m: Kies, Kieselsteine und
abgerundete Blöcke (1-12 cm) in sandiger
Matrix, leicht siltig, grau

P. Eigenschaften - Schadstoffflüsse

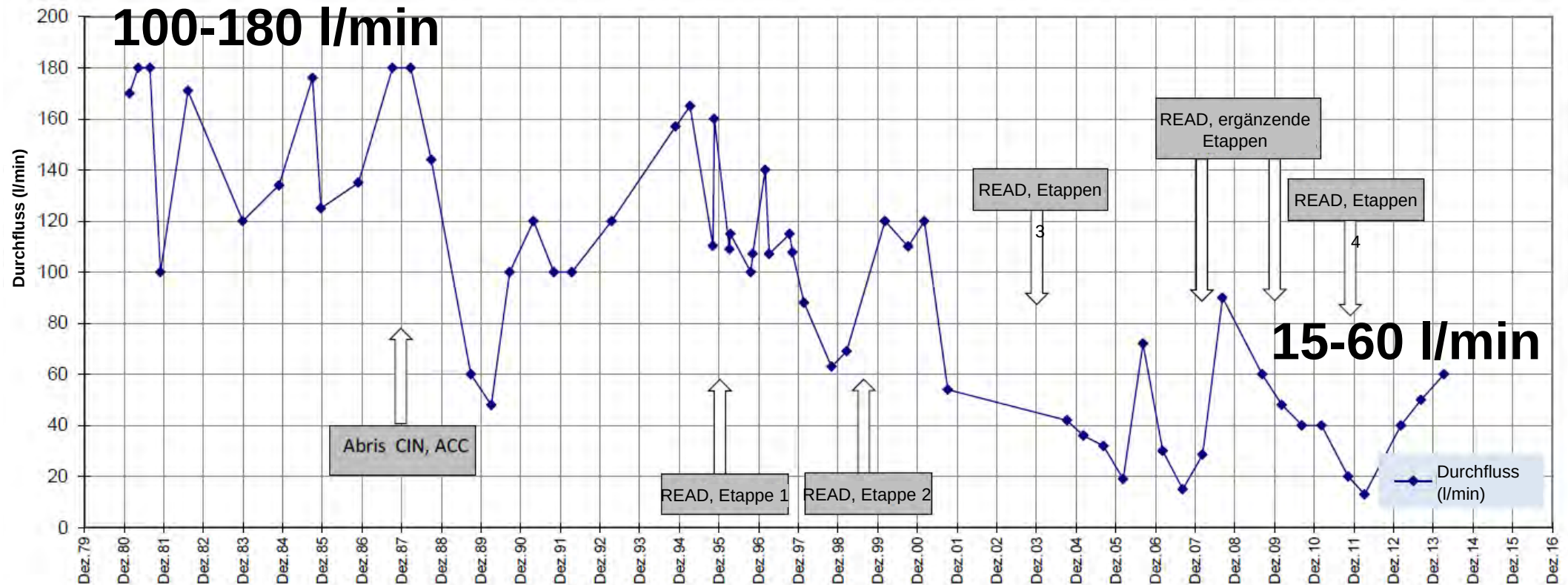
Surv. HydroSol 2018 - 2019



P. Eigenschaften - Auswirkungen der Bauten

— HU CSD 2014

Quelle / Fassung	Wasser- ursprung	durchschnittlicher Durchfluss (l/min)	Nutzung	Entfernung zum belasteten Standort (m)	Hydrogeol. Lage zum belasteten Standort (m)
Ferme du Collège, Quellfassung	q _{4T} , q ₄₋₅ et év. q _{4m}	1995 : 140 2014 : 40	nicht genutzt	120	unmittelbarer Abstrombereich



P. Eigenschaften - Natural Attenuation (MNA)

— DU Prona Romandie 2019



PR4 = am stärksten reduzierend

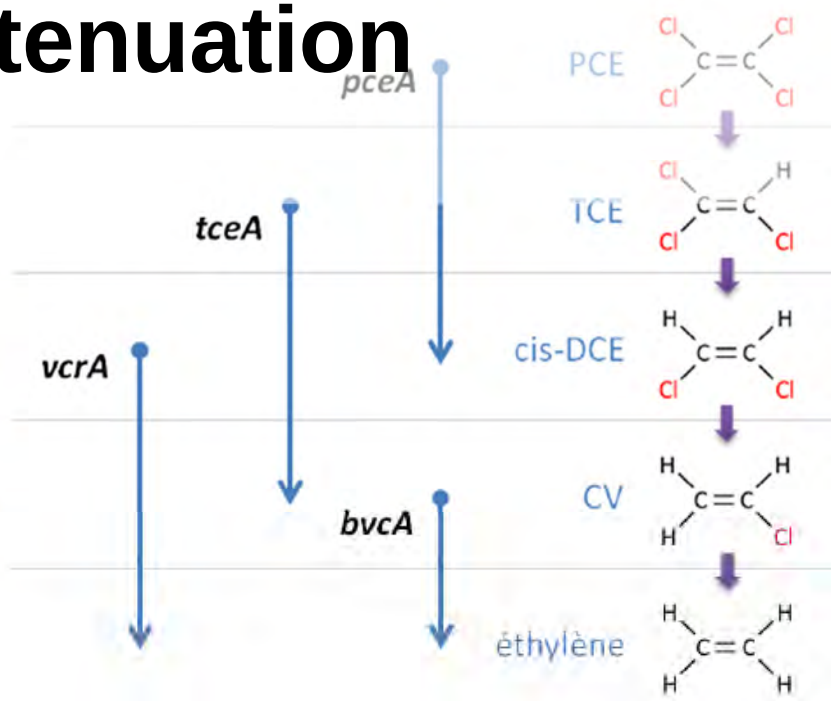
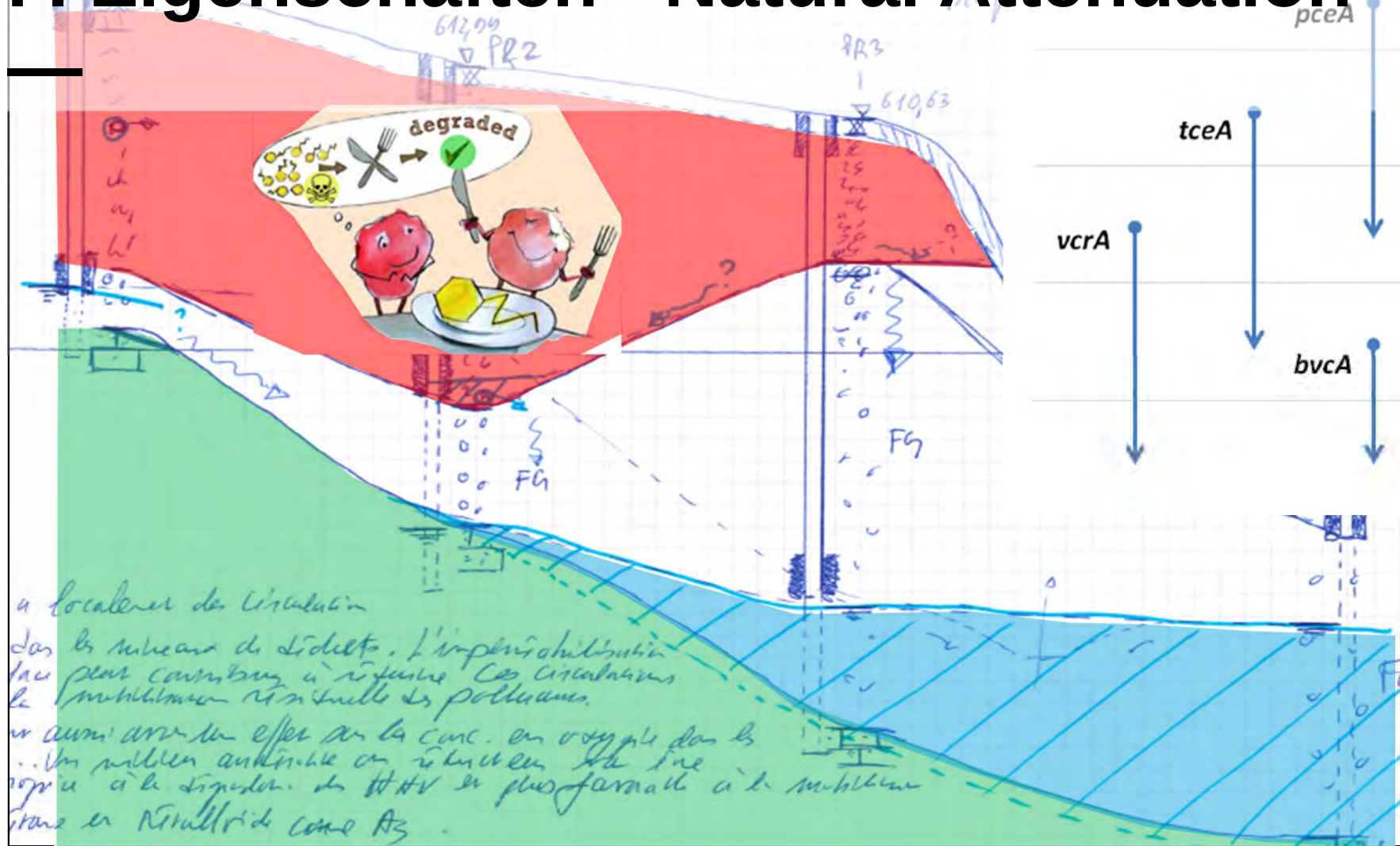
PR2 = leicht reduzierend

PR3 = kaum reduzierend

Einbringen von Methan in das Grundwasser -> methanogene Phase

Paramètre	Unité	PR-2	PR-3	PR-4
pH		6,67	6,72	6,79
Oxygène	mg/l	4,01	3,73	1,78
Saturation en Oxygène	%	37	35	17
Carbone Organique Dissous COD	mg/l	16	5,7	12
Carbone Organique Total COT	mg/l	18	5,8	12
Inorganiques				
Ammonium	mg/l	35	26	40
Nitrates	mg/l	<0.1	<0.1	2,4
Nitrites	mg/l	0,049	<0.005	0,311
Sulfates	mg/l	7,6	13,9	193
Sulfides	mg/l	<0.01	0,01	<0.01
Fer dissous	mg/l	0,216	0,069	1,38
Fer total	mg/l	62,5	152	17,5
Composés Organiques Halogénés Volatiles				
Perchloroéthylène	µg/l	0,06	<0.05	<0.05
Trichloroéthylène	µg/l	0,1	0,16	<0.05
Cis-1,2-Dichloroéthylène	µg/l	0,31	0,24	0,44
Trans-1,2-Dichloroéthylène	µg/l	0,12	0,06	0,07
Chlorure de vinyl	µg/l	0,15	0,28	0,39
Alcanes				
Ethène	µg/l	<1,2	<1,2	<1,2
Méthane	µg/l	906,6	642,5	178,5
Ethane	µg/l	16,1	1,3	1,3

P. Eigenschaften - Natural Attenuation

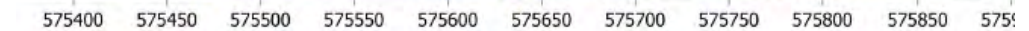


	pceA		tceA		vcrA		bvcA		16S Dhc	
	ADN	ARN	ADN	ARN	ADN	ARN	ADN	ARN	ADN	ARN
PR-2	<LQ	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
PR-3	nd	nd	<LQ	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
PR-4	nd	nd	<LQ	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd

< LQ : inférieur à la limite de quantification (5000 copies/l)

nd : non détecté

██████████



- ETAT DE FRIBOURG**
STAAT FREIBURG

Das AfU genehmigt die Fortsetzung der Bautätigkeit

Wissensstand + Stellungnahme des Büros PRONA:

→ Neubauten ≠ Erhebliche Behinderung



Altlasten Schweiz – Symposium 2023

Förderprogramm zur Vermeidung von Deponiegasemissionen

Darja Aepli, Leiterin Inland

Solothurn, 13. September 2023

klik

Agenda



Stiftung KliK

1

Aktivitäten

2

Kompensations-
mechanismus

3

Deponigasprogramm

4

Fragen und Kontakt

5



Wer ist die Stiftung KliK?

- ▶ Kompensationsgemeinschaft zur Erfüllung der gesetzlichen Pflicht, Treibhausgasemissionen aus dem Verkehr zu kompensieren
- ▶ Finanzierung von Klimaschutzprojekten in allen Sektoren bis 2030
- ▶ Grundlage: CO₂-Verordnung: Kompensationspflicht von min. 15% im Inland, ca. 20 Mio Tonnen CO₂e bis 2030
- ▶ CO₂-Gesetz ab 2025 in Beratung beim Parlament

Förderprogramme

Plattform Verkehr	Plattform Unternehmen	Plattform Gebäude	Plattform Landwirtschaft
 Video	 Video	 Video	 Video
Biotreibstoffe E-Schiffe E-Baufahrzeuge Elektro- und Hybridbusse Elektrische schwere Nutzfahrzeuge Wasserstoff-Mobilität Umlagerung Strasse auf Bahn Optimierung Reifendruck	Prozesswärme Klimafreundliche Kälte Deponiegas Methanreduktion in ARAs Reduktion von N ₂ O Emissionen auf ARA Senkenleistung Schweizer Holz Mehrleistungen von Unternehmen	Übersicht Wärme Holzheizungen Automatische Pelletheizungen Pyrolyseanlagen / Holzvergaser Wärmepumpen jede Leistung Wärmepumpen bis 15 kW Wärmepumpen 15-400 kW Wärmeverbünde Mobile Heizungen Heizungssteuerung ECCO2 Betriebsoptimierung Mietgebäude Warmwassersparprogramm Wassersparende Wandbrausen Schweiz	E-Hoflader Landwirtschaftliche Biogasanlagen Reduktion Lachgasemissionen aus Stickstoffdüngung Gewächshausbeheizung

- Intern und extern betriebene Programme
- Zusätzlich > 100 Einzelprojekte
- Bislang 13.7 Mio. tCO₂ reduziert
- Weiterhin Bedarf an Bescheinigungen

www.klik.ch/aktivitaeten

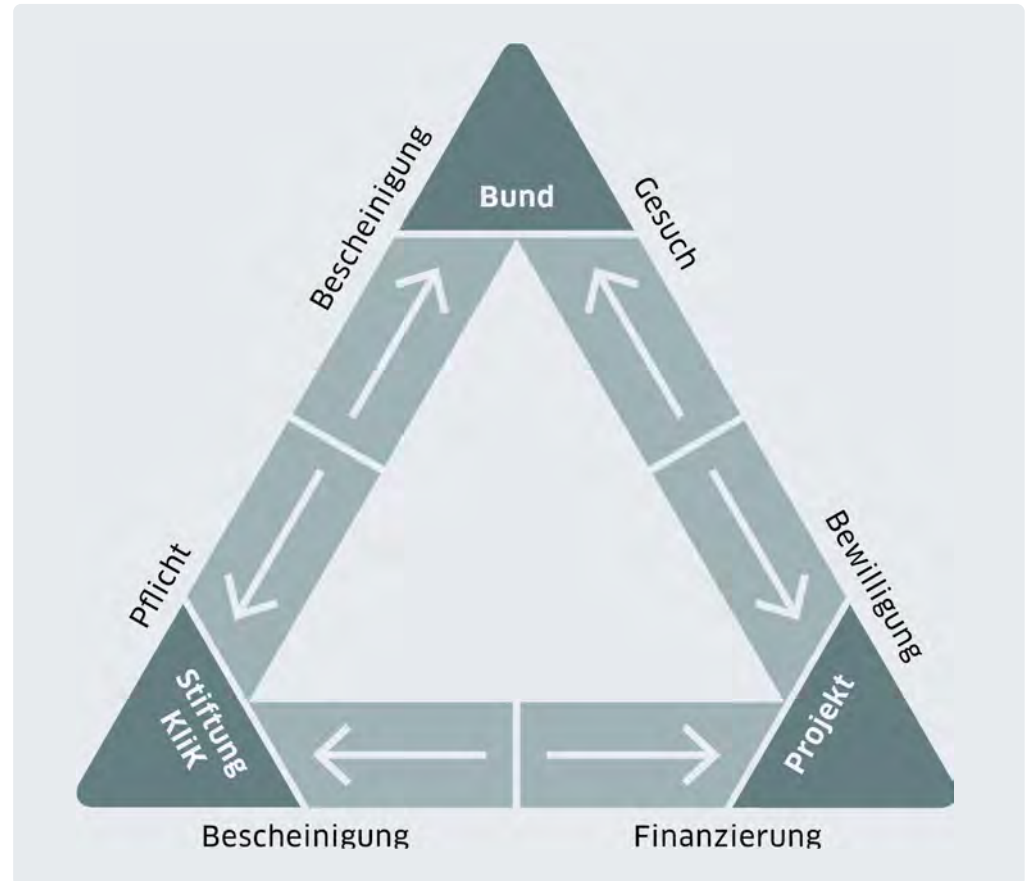
Kompensationsmechanismus

Der Kompensationsmechanismus im Video erklärt...



Funktionsweise des Mechanismus

- ▶ Erfüllung der Kompensationspflicht durch Bescheinigungen
- ▶ Projektfinanzierung durch KliK über Kauf von Bescheinigungen
- ▶ Jährliche Abgeltungen, result-based
- ▶ Förderverträge bis 2030





Förderprogramm Zur Methanvermeidung im Deponiegas



Welche Technologien werden gefördert?

Zerstörung oder Vermeidung von Methan:

- ▶ Hochtemperaturfackeln bei >15% Methankonzentration
- ▶ Schwachgasfackeln (FLOX Technologie und andere) bei >5% Methankonzentration
- ▶ Regenerative thermische Oxidation (VocsiBox) bei <5% Methankonzentration
- ▶ Schwachgasfackel mit nachgeschalteter Abgasturbine zur Stromproduktion
- ▶ Methanvermeidung durch saugende Aerobisierung



Bei welcher Ausgangslage ist eine Förderung möglich?

- ▶ Bisher keine Entgasung
- ▶ Entgasung, aber keine Gasbehandlung, welche Methan eliminiert
- ▶ Entgasung mit intermittierend betriebener Fackel
- ▶ Keine existierenden Auflagen, die das Projekt vorschreiben

Wer kann am Programm teilnehmen?

- ▶ Besitzer von Deponiegasanlagen in der Schweiz



Was sind die weiteren Teilnahmebedingungen?

- ▶ Deponie emittiert aktuell Methan
- ▶ Einreichung Antrag VOR Investitionsentscheid
- ▶ Einhaltung LRV, GschV und VVEA
- ▶ Keine staatliche Finanzhilfen (Ausnahme KEV oder finanzielle Garantien)



Wie hoch ist die Förderung?

- ▶ 120 Franken pro reduzierte Tonne CO₂-Äquivalent zur Deckung der Investitionskosten (ca. 5 Jahre)
- ▶ 60 Franken für jede weitere reduzierte Tonne CO₂-Äquivalent zur Deckung der Betriebskosten
- ▶ Kürzung der anrechenbaren Emissionsreduktion bei Verpflichtungen zur Methanzerstörung durch kantonale Auflagen
- ▶ Jährliche Auszahlung Ende Folgejahr



Wie läuft die Teilnahme ab?

1. Einreichung Antragsformular vor Investitionsentscheid (Download von Website)
2. Antragsprüfung und Ermittlung erwarteter Emissionsreduktionen
3. Aufnahme und Vertragsabschluss
4. Inbetriebnahme und Kalibrierung Messgeräte
5. Jährliches Monitoring
6. Jährliche Auszahlung



Welche Daten werden für das Monitoring benötigt?

- ▶ Methan- und CO₂-Konzentration im Deponiegas
- ▶ Druck, Temperatur und Durchfluss des Deponiegas
- ▶ Betriebsparameter des Entgasungssystems (Fackeltemperatur, Laufzeit Gebläse,...)

Zur Gewährleistung der Monitoringdaten werden Kalibrierungen der Messgeräte und Störungsbehandlungen durch den Deponiebetreiber durchgeführt

→ Detaillierte Anforderungen im Monitoring-Handbuch



Weiteres Infos und Kontakt



www.deponiegas.klik.ch



deponiegas@klik.ch

Fragen?

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



Erfahrungen aus der Aerobisierung der Deponien Sass Grand, Bever GR und Kehlhof, Berg TG

Werner Meier, Ingenias AG Weinfelden / St. Gallen

Referat am 3. Symposium Altlasten Schweiz des BAFU vom 13. September 2023



Inhalt

Überblick

- Deponien Sass Grand und Kehlhof
- Dplus-Sanierungsverfahren
- Klima-Kompensation mit Stiftung KLIK

Deponie Sass Grand, Bever GR

- Ausgangslage
- Sanierungsvarianten und -entscheid
- Sanierungsbetrieb

Entwicklung Schadstoffbelastung

Erkenntnisse

- Sanierungserfolg
- Finanzen
- Erfolgsfaktoren und Stolpersteine

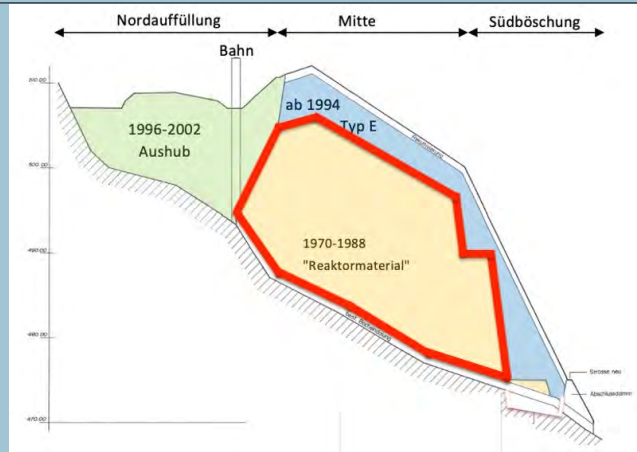


Überblick (1/2)

Deponie	Sass Grand, Bever GR	Kehlhof, Berg TG
Inhaber gem. VVEA	Region Maloja	Verband Kehrrechtverwertung Thurgau
Lage		
Deponietyp gem. VVEA	E	E
Abfallmenge bis 2021	900'000 t	900'000 t
Betriebsjahre	1967 – ...	1970 – (2031)



Überblick (2/2)

Deponie	Sass Grand, Bever GR	Kehlhof, Berg TG
Aerobisierter Bereich	«Etappe 0»	Reaktormaterial
Geometrie	Situation 	Schnitt 
Charakterisierung aerobisierter Bereich	Schüttperiode 1967 – 1979; Hang-Anschüttung; Siedlungsabfall, Sperrgut, Muldengut, Klärschlamm	Schüttperiode 1970 – 1988; Verfüllung eines Bachtobels, schlecht verdichtet; Hauskehricht, Bauschutt, Sperrgut, Industrieabfälle
Sanierungsbedarf gem. AltIV	ja (Grundwasser, Oberflächen-gewässer, Luft)	nein



Überblick (2/2)

Deponie

Aerobisierter Bereich

Geometrie

Charakterisierung
aerobisierter
Bereich

Sanierungsbedarf
gem. AltIV

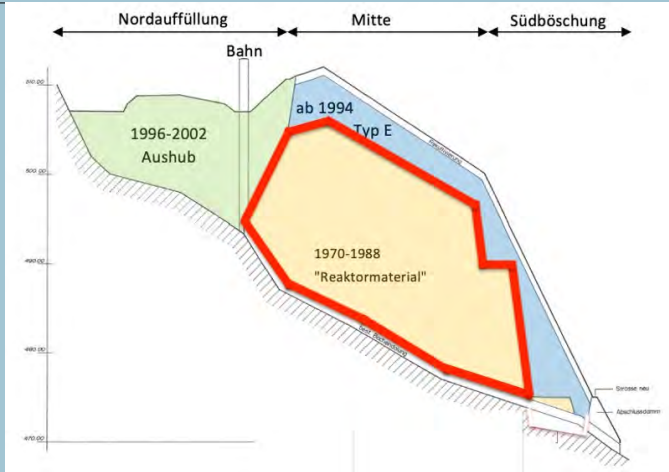


G

1970 – 1988; Verfüllung
s, schlecht verdichtet;
müllschutt, Sperrgut,



Überblick (2/2)

Deponie	Sass Grand, Bever GR	Kehlhof, Berg TG
Aerobisierter Bereich	«Etappe 0»	Reaktormaterial
Geometrie	Situation 	Schnitt 
Charakterisierung aerobisierter Bereich	Schüttperiode 1967 – 1979; Hang-Anschüttung; Siedlungsabfall, Sperrgut, Muldengut, Klärschlamm	Schüttperiode 1970 – 1988; Verfüllung eines Bachtobels, schlecht verdichtet; Hauskehricht, Bauschutt, Sperrgut, Industrieabfälle
Sanierungsbedarf gem. AltIV	ja (Grundwasser, Oberflächen-gewässer, Luft)	nein



Überblick (2/2)

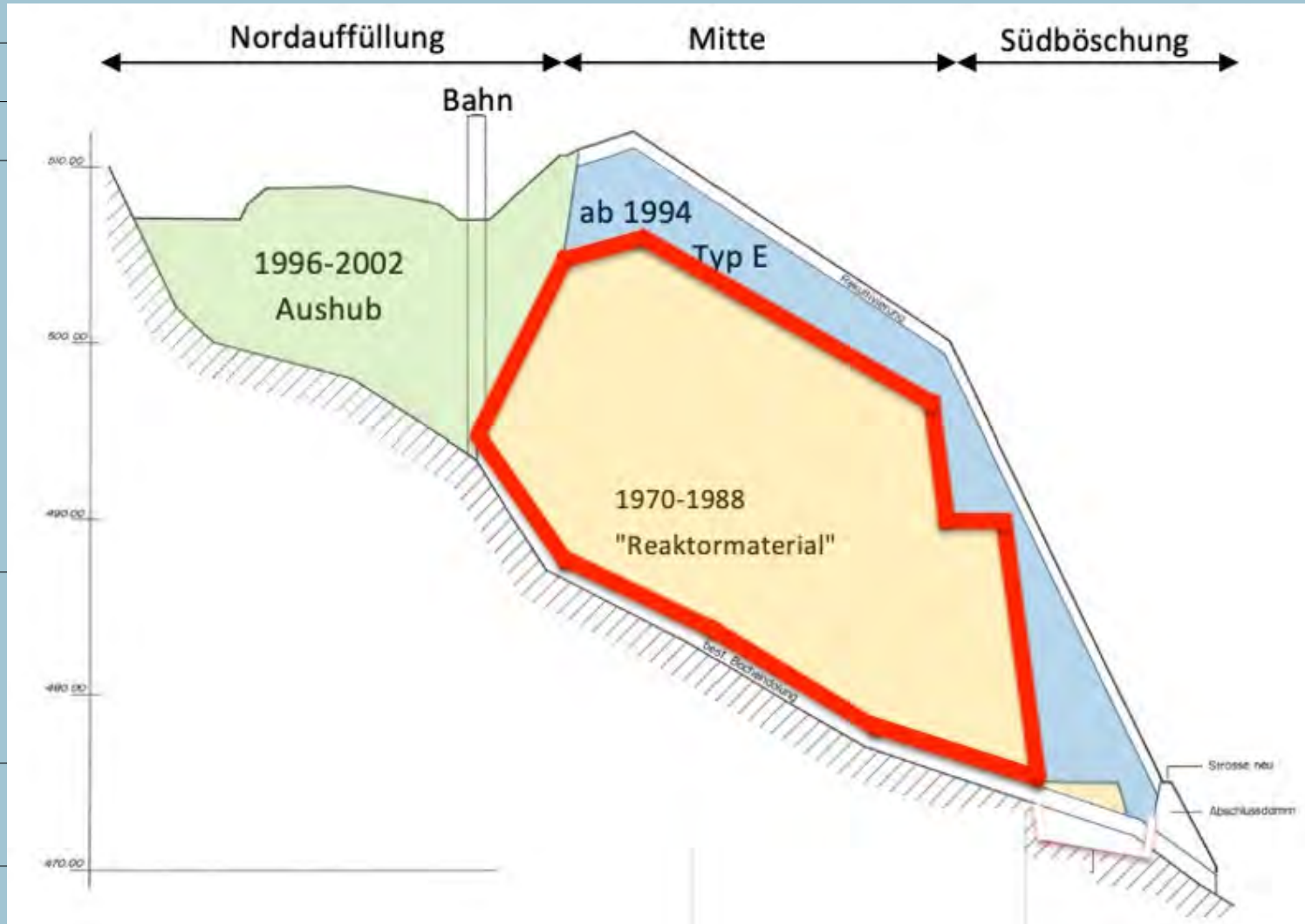
Deponie

Aerobisierter Bereich

Geometrie

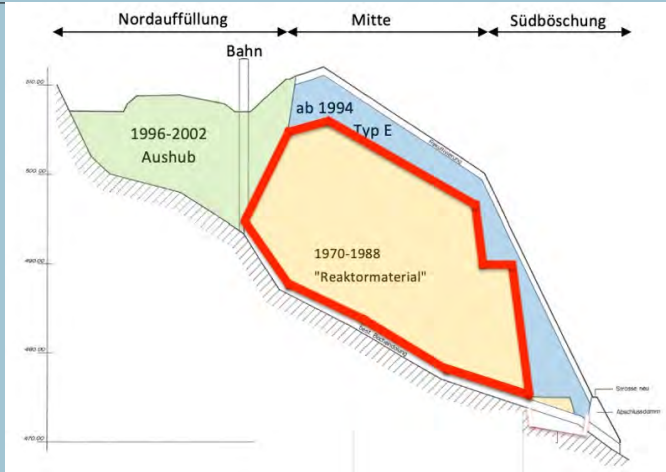
Charakterisierung
aerobisierter
Bereich

Sanierungsbedarf
gem. AltIV



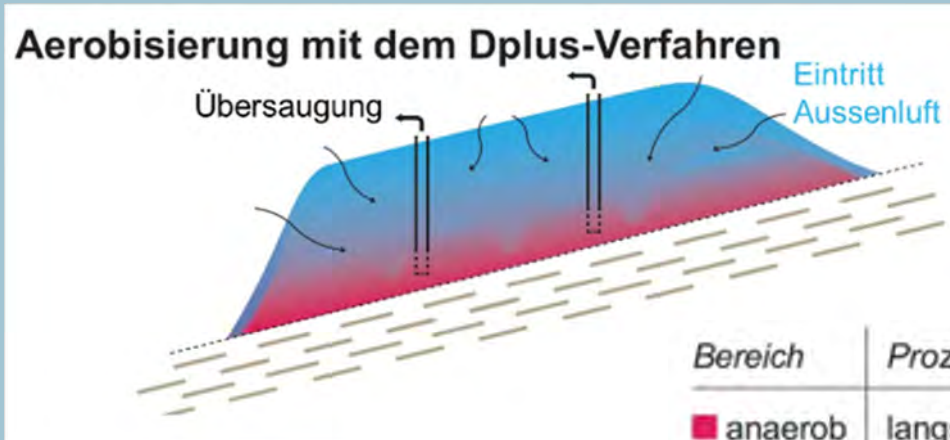


Überblick (2/2)

Deponie	Sass Grand, Bever GR	Kehlhof, Berg TG
Aerobisierter Bereich	«Etappe 0»	Reaktormaterial
Geometrie	Situation 	Schnitt 
Charakterisierung aerobisierter Bereich	Schüttperiode 1967 – 1979; Hang-Anschüttung; Siedlungsabfall, Sperrgut, Muldengut, Klärschlamm	Schüttperiode 1970 – 1988; Verfüllung eines Bachtobels, schlecht verdichtet; Hauskehricht, Bauschutt, Sperrgut, Industrieabfälle
Sanierungsbedarf gem. AltIV	ja (Grundwasser, Oberflächen-gewässer, Luft)	nein



Dplus-Sanierungsverfahren



Bereich	Prozesse, Wirkung
■ anaerob	langsame Reaktionen, Produktion vorwiegend von Methan und Ammonium
■ aerob	schnelle Reaktionen, Produktion vorwiegend von Kohlendioxid und Nitrat. Zusätzlich entsteht viel Wärme.

aktuelle Daten 2022

		Sass Grand Etappe 0	Kehlhof
angelegter Unterdruck	mbar	130	125
abgesaugte Gasmenge	m3/h	105	380



Klima-Kompensation mit Stiftung KLIK

Deponie	Sass Grand, Bever GR	Kehlhof, Berg TG
Förderung der Aerobisierung (Vermeidung der Entstehung von Methan)	nein (behördlich verordnet)	ja (2016 – 2023)
Förderung Verbrennung / Oxidation von Methan zu Kohlendioxid	ja	ja (geplant ab 2024)
Erzielte Reduktionen bis 2022	16'286 t CO _{2eq}	11'949 t CO _{2eq}
Ablauf zur Aufnahme ins Deponiegasprogramm (Beispiel RTO-Anlage Kehlhof)	• Aufnahmeantrag auf Formular KLIK (Februar 2023) • Prüfung durch externe Stelle, Rückfragen • Vertrag an Betreiber (Mai 2023) • Investitionsentscheid	



Deponie Sass Grand (Etappe 0)

Ausgangslage

- Keine Basisabdichtung; Deponiekörper steht direkt im Grundwasser
- Sickerwasser wird nicht gefasst
- Deponieoberfläche ist nicht rekultiviert / abgeschlossen
- Sanierungsbedarf im Grundwasser/Bachwasser gemäss AltIV/GSchV (Ammonium, DOC)

geprüfte Alternativen	Beurteilung
Dichtwände	fehlende Nachhaltigkeit, Kosten
Umlagerung deponieintern Erstellung Basisabdichtung	Platzprobleme, Immissionen, Kosten
Totalsanierung	Sicherheit, Immissionen, Kosten



Sass Grand Etappe 0: Sanierungsbetrieb (1/2)

Jahr	Schritte
2005	Variantenentscheid, Vorversuche, Sanierungsprojekt
2006	Sanierungsverfügung ANU *)
2008	Beginn Sanierungsbetrieb



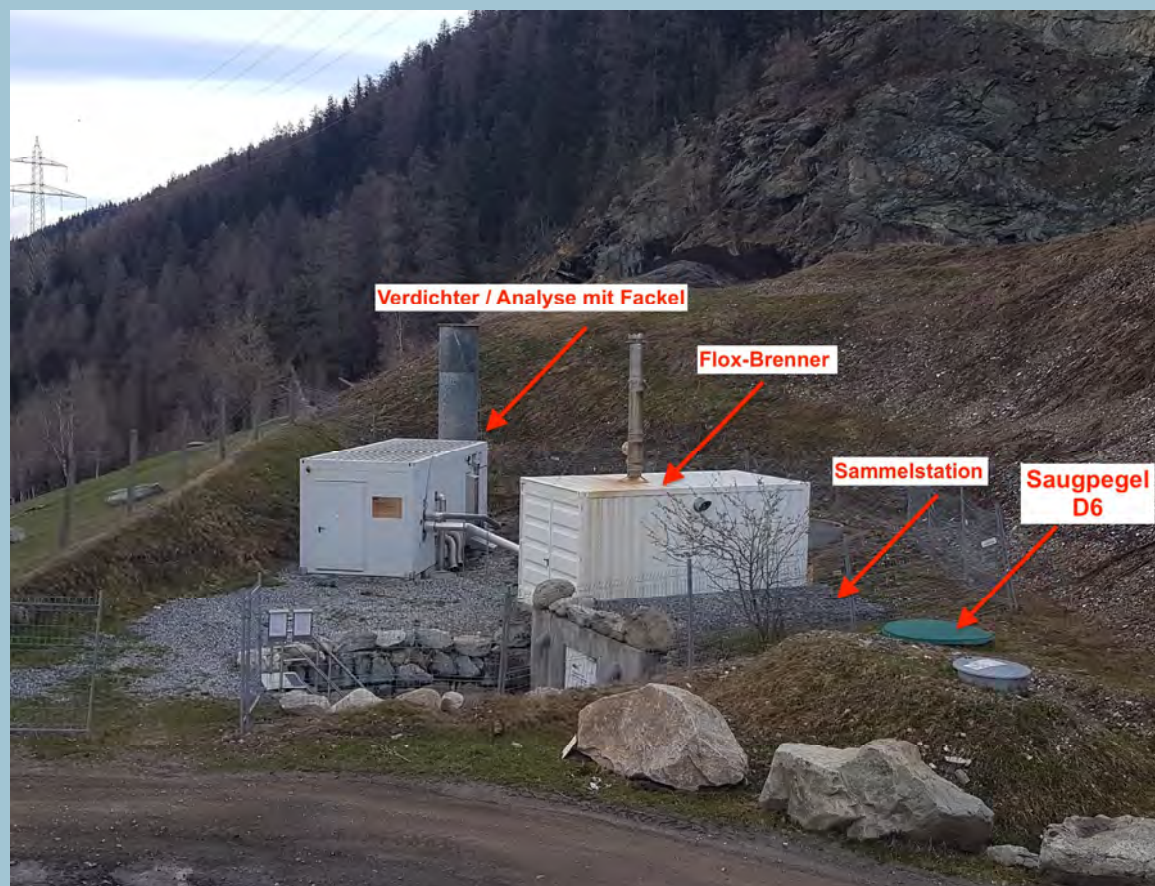
Bohrgut aus 30 m Tiefe.

*) Sanierungsziele

Grundwasser	• Einhaltung von ausgewählten Konzentrationswerten nach Anhang 1 AltIV am Deponiefuss • Einhaltung der Anforderung an Trinkwasserqualität nach Anhang 2 GSchV bei einer Messstelle im Abstand von 250 m vom Deponiefuss
Oberflächengewässer (Isellasbach)	• Einhaltung der Qualitätsziele gemäss Anhang 1 Zf. 1 AltIV.

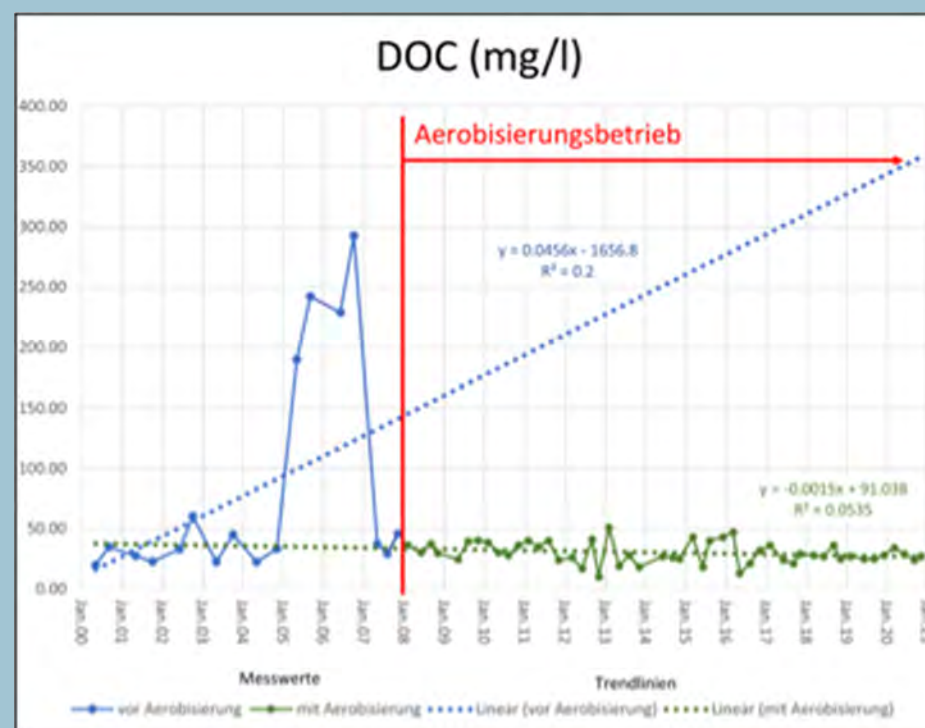
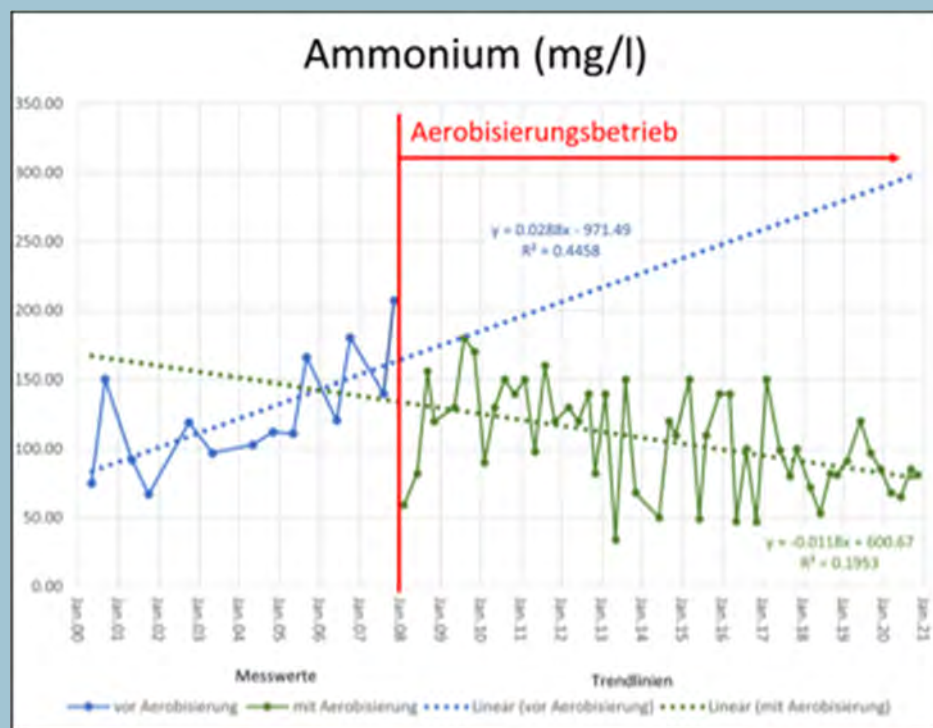


Sass Grand Etappe 0: Sanierungsbetrieb (2/2)



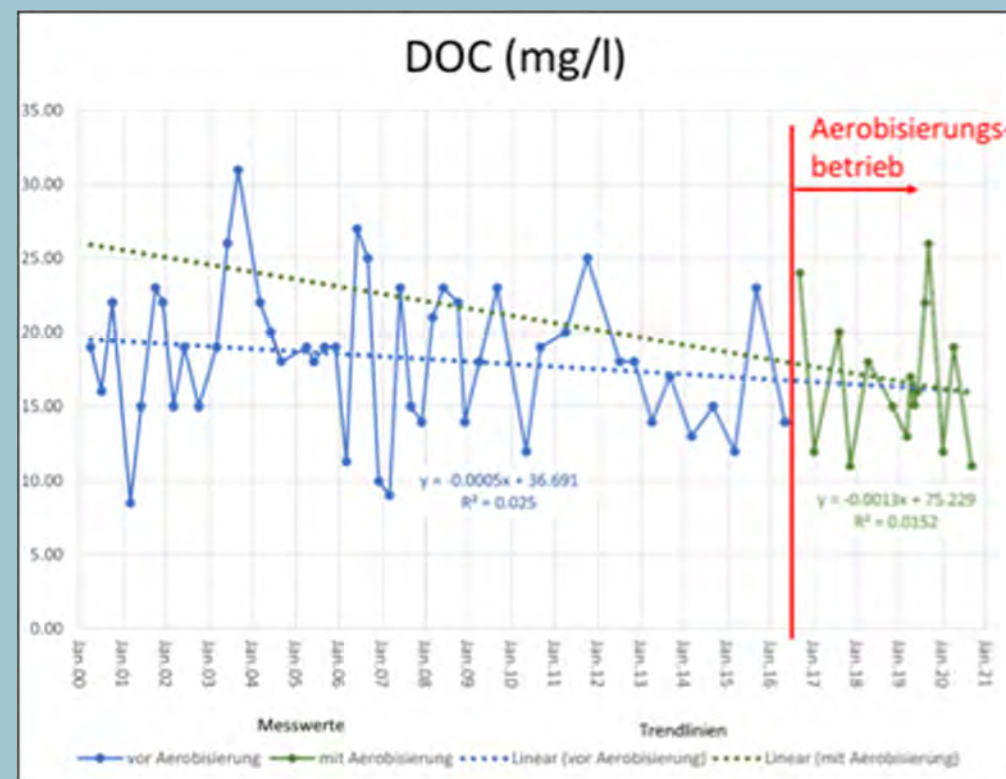
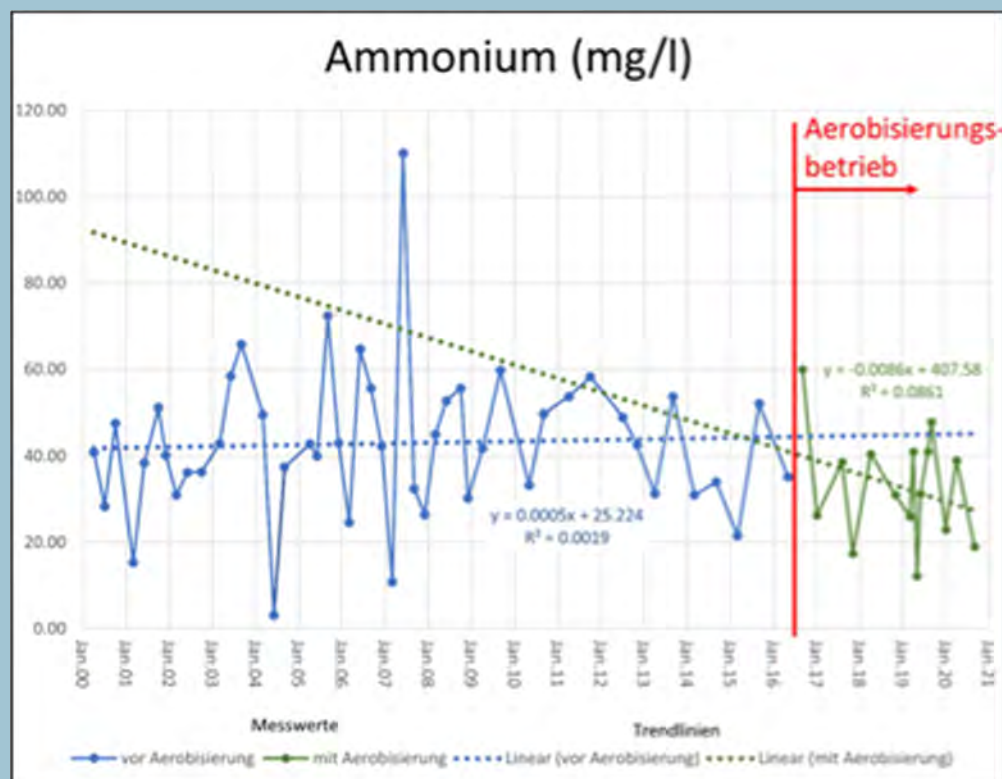


Entwicklung Schadstoffbelastung Grundwasser Deponie Sass Grand





Entwicklung Schadstoffbelastung Sickerwasser Deponie Kehlhof





Erkenntnisse (1/2)

Grundsätzliches	Die Aerobisierung ist grundsätzlich – unter gewissen Voraussetzungen – geeignet als Verfahren zur Sanierung von belasteten Standorten, insbesondere auch zur Reduktion von Schadstoffen in Grund- und Oberflächenwasser.
Sanierungsdauer (Deponie Sass Grand)	Abschätzung im Sanierungsprojekt: 6 – 15 Jahre Aktuelle Prognose aufgrund der Trendlinien: 20 – 40 Jahre

Finanzielles

		Sass Grand	Kehlhof
Sanierung	Investitionen	700'000	
	Betriebskosten pro Jahr	85'000	
Klimaprojekt	Investitionen	473'000	859'000
	Betriebskosten pro Jahr	26'800	61'000
	Erträge bis 2021	658'000	1'299'000



Erkenntnisse (2/2)

Erfolgsfaktoren und Stolpersteine

Deponiegut	Das Porenvolumen im Deponiegut hat einen wesentlichen Einfluss auf den Luftdurchsatz und die Wirkung der Aerobisierung.
Schadstoffe	Die Aerobisierung kommt als Sanierungsmethode nur in Betracht, wenn die relevanten Schadstoffe organisch abbaubar sind.
Wasser	Wasser im Deponiekörper verhindert den Luftdurchsatz und die vollständige Aerobisierung. Wenn sich in der Voruntersuchung zeigt, dass Wasser vorhanden ist, muss eine Entwässerung sichergestellt werden, z.B. durch Bohrlochpumpen.
Pneumatische Kurzschlüsse	In der Voruntersuchung muss das Risiko von pneumatischen Kurzschlüssen geklärt werden (z.B. undichte Bachdurchlässe).
Verrohrungen	Verrohrungen aus Kunststoff mit mehr als 10 m Länge sind wegen seitlicher Verschiebungen in aerobisierten Deponiekörpern zu wenig stabil.
Setzungen	Die Aerobisierung kann auf der Deponieoberfläche differenzielle Setzungen erzeugen. Die Auswirkung auf die Nutzung der Oberfläche ist zu prüfen.



Detailinformationen ...

.... finden Sie auf der BAFU-Webseite:

The screenshot shows the BAFU (Bundesamt für Umwelt) website. At the top, there is a header with the Swiss flag and the text 'Schweizerische Eidgenossenschaft', 'Confédération suisse', 'Confederazione Svizzera', and 'Confederaziun svizra'. To the right of this is 'Bundesamt für Umwelt BAFU'. Further right is a search bar and a dropdown menu for 'Stichwörter A-Z'. Below the header is a navigation bar with tabs: 'Themen', 'Publikationen, Medien', 'Daten, Indikatoren, Karten', and 'Das BAFU'. Below this is a breadcrumb trail: 'Startseite > Themen > Thema Altlasten > Publikationen und Studien > Studien'. The main heading is 'Altlasten: Studien'. Below this is a section titled 'Publikationen und Studien'. On the left side of this section is a sidebar with 'Studien' and 'Suche'. The main content area shows 'Ergebnisse 1 - 10 von 20' and a list of results. The first result is 'Erfahrungsbericht Aerobisierung (PDF, 9 MB, 14.11.2022) Im Auftrag des BAFU'. A red arrow points from the 'Studien' link in the sidebar to this result.

Sanierung Stadtmist Solothurn

Martin Brehmer/Roger Dürrenmatt, Amt für Umwelt Kanton Solothurn



3. Symposium Altlasten Schweiz, 13. September 2023







Einige Fakten

Ablagerungszeitraum

1925 bis 1976

Fläche

160'000 m² (entspricht 22 Standard-Fussballfeldern)

Mächtigkeit der Abfälle

ca. 1 – 3.5 Meter

Kubatur/Tonnage

410'000 m³ / 500'000 t

Grundeigentümer

Einwohnergemeinde Solothurn 81%

Kanton Solothurn 19%

Altlastenrechtliche Schritte

Voruntersuchungen

1982 - 2010

Detailuntersuchungen

2011 - 2014

Variantenstudien

2014 - 2015

Sanierungsprojekt

2016

VASA-Zusicherungen durch BAFU

Juni 2019 (UH) und August 2020 (SF und OE)

Schutzgüter und relevante Schadstoffe

Boden

Vor allem Schwermetalle (Cu, Cd). 2008 wurden Nutzungsverbote und – einschränkungen gemäss VBBo verfügt.

Grundwasser

CKW, PAK, Schwermetalle, (Ammonium)

Oberflächengewässer

Ammonium, Schwermetalle, CKW, PCB, PAK

Der Sanierungsbedarf ergibt sich teils aus Belastungen in den Oberflächengewässern selbst, teils durch erhöhte Belastungen im Sickerwasser der Deponien, welches ohne Rückhalt in die Oberflächengewässer gelangen kann (Art. 10 Abs. 2 Bst. b AltIV).

Ergebnisse Variantenstudien

Geprüfte und vorgeschlagene Varianten pro Deponie

- UH: Abdichtungen, Sickerwasserdrainage, **Wasserglasverfestigung**,
Totaldekontamination
- SF: **Aerobisierung/Abdeckung**, Totaldekontamination
- OE: Oberflächenabdichtung/Aerobisierung, **Bachumlegung**,
Totaldekontamination

Geschätzte Kosten Totaldekontamination pro Deponie

- UH: 32 Mio. Fr.
- SF: 190 Mio. Fr.
- OE: 53 Mio. Fr.

Geschätzte Gesamtkosten Totaldekontamination

275 Mio. Fr. (exkl. MWST.)

Unternehmersubmission

Vorgehen zweistufig

Offene Ausschreibung mit Präqualifikation. Vier ARGEs wurden präqualifiziert.

Testsanierung

Die Offertsteller hatten die Möglichkeit, an bis zu 500m³ Deponiematerial Versuche durchzuführen.

Vier Offerten namhafter Schweizer Unternehmungen

ARGE Vision Solothurn, ARGE MT, ARGE Mistkratzerli,
ARGE Speicher

Projekt ARGE Vision

Totaldekontamination mit Aufbereitungsanlage vor Ort.

Globale Gesamtkosten 92 Mio. Fr. (exkl. MWST.)

Vorteile der Totaldekontamination

Definitive Lösung

Das Schadstoffpotential wird definitiv entfernt, auch neue, bisher nicht erkannte Problemstoffe (z.B. PFAS, Radioaktivität).

Kontrollierbarkeit

Im Gegensatz zu einer Sicherung hat man jederzeit die Kontrolle über den Sanierungserfolg.

Verfahren

Es kommen einfache, etablierte und kontrollierbare Verfahren zum Einsatz.

Nachnutzung

Die sanierten Flächen stehen einer uneingeschränkten Nachnutzung offen.

Weitere Vorteile der Totaldekontamination

Energie

Durch die teilweise Verbrennung der Abfälle wird Energie gewonnen. Eine langjährige Sicherung verbraucht Energie.

Kostensicherheit

Die Kosten der Massnahme und der Zeitbedarf sind im Gegensatz zu einer Sicherung sehr genau prognostizierbar.

Akzeptanz

Im Fall des Stadtmists Solothurn geniesst die Totaldekontamination durch alle Bevölkerungsgruppen eine sehr grosse Befürwortung.

Die Bewilligung für die Sanierung konnte ohne eine einzige Einsprache erteilt werden.

Spatenstich am 4. Juli 2022



Auftraggeber

Bauherrengemeinschaft Stadt/Kanton Solothurn
(als einfache Gesellschaft, Geschäftsführung bei Kanton)

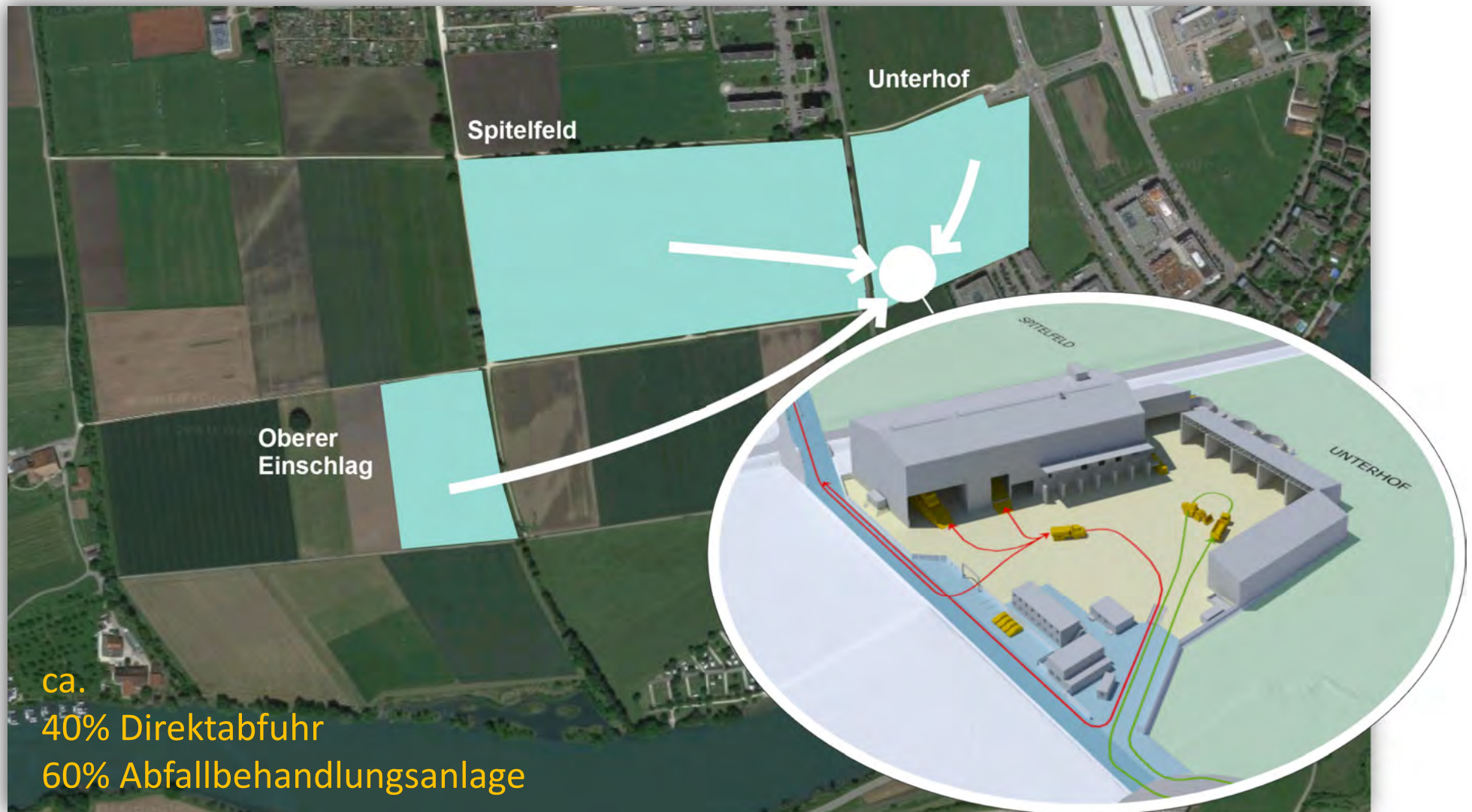
Auftragnehmer
als Totalunternehmer



Eckwerte Totalunternehmervertrag

Werkpreis	Höhe in CHF (inkl. MWST.)	Leistung
Globale	98'084'384.60	▪ Aushub Deponieabdeckung und -körper in vorgegebenem Sanierungsperimeter ▪ Mengenrisiko beim TU ▪ Risiko für «Güte» der Produkte aus der Abfallbehandlungsanlage beim TU ▪ Risiko für Verwertung/Endentsorgung beim TU (VVEA konform) ▪ Jederzeitige Rückverfolgbarkeit Verwertung/Endentsorgung gefordert ▪ Abrechnung nach Zahlungsplan
Ausmass	1'942'111.00	▪ Aushub Deponiesohle (Deponiesaum) bis zum Erreichen des Sanierungsziels ▪ Abrechnung im Ausmass nach m3 fest

Übersicht Deponien und Bauinstallation



Entsorgungskonzept im Überblick

500'000 t



Aushub /
Triage

Deponie-
abdeckung

Deponie-
körper

Überführung in Deponie **Typ B**

In diesen Deponien dürfen nur gesteinsähnliche, schadstoffarme Materialien eingelagert werden, die beim Auswaschen mit Wasser kaum Schadstoffe abgeben. Dazu zählen Bauschutt, Keramik, Ziegel, Glasstücke etc.

Ca. 65 % Abfallbehandlung
vor Ort. Sortierung in

- Metall
- Holz
- Plastik
- Glas
- Mineralische Bestandteile
wie Kies, Sand

Verwertung als Recyclingmaterial

- Metalle
- Baustoffe

Behandlung in KVA.

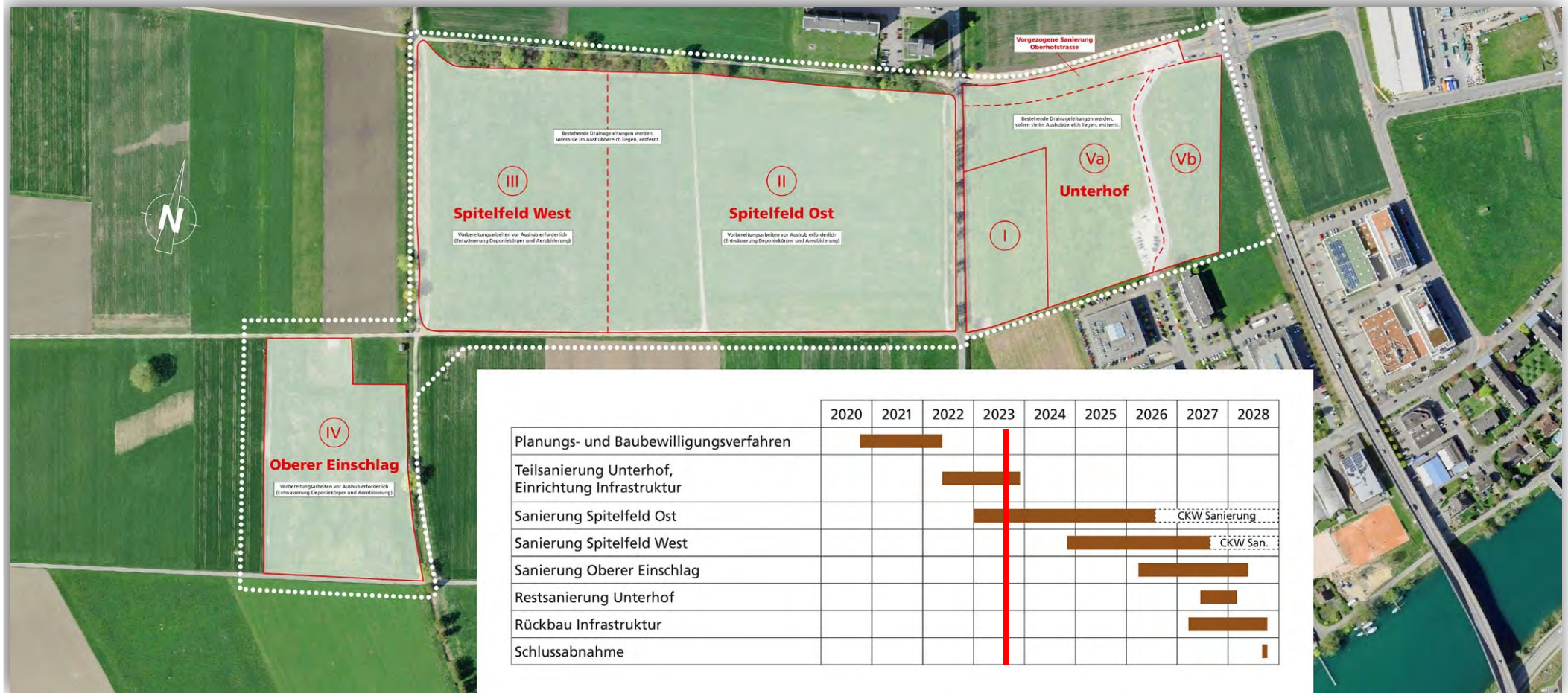
Es entsteht Energie und Schlacke.

Aussortiertes, nicht verwertbares
Material wird entsprechend sei-
ner Belastung einer Entsorgung/
Verwertung wie z.B. Deponien B
oder E, Zementwerk zugeführt.

Überführung in Deponie **Typ E**

In diesen Deponien dürfen Abfälle endgelagert werden, die bis zu 5 % organischen Kohlenstoff enthalten – zu viel für die Lagerung in den anderen Deponietypen, aber nicht genug für eine thermische Verwertung. Da bei diesen Abfällen noch mit chemischen oder biologischen Prozessen zu rechnen ist, sind Anforderungen an diesen Deponietyp besonders streng.

Übersicht Sanierungsetappen





Stand: August 2022

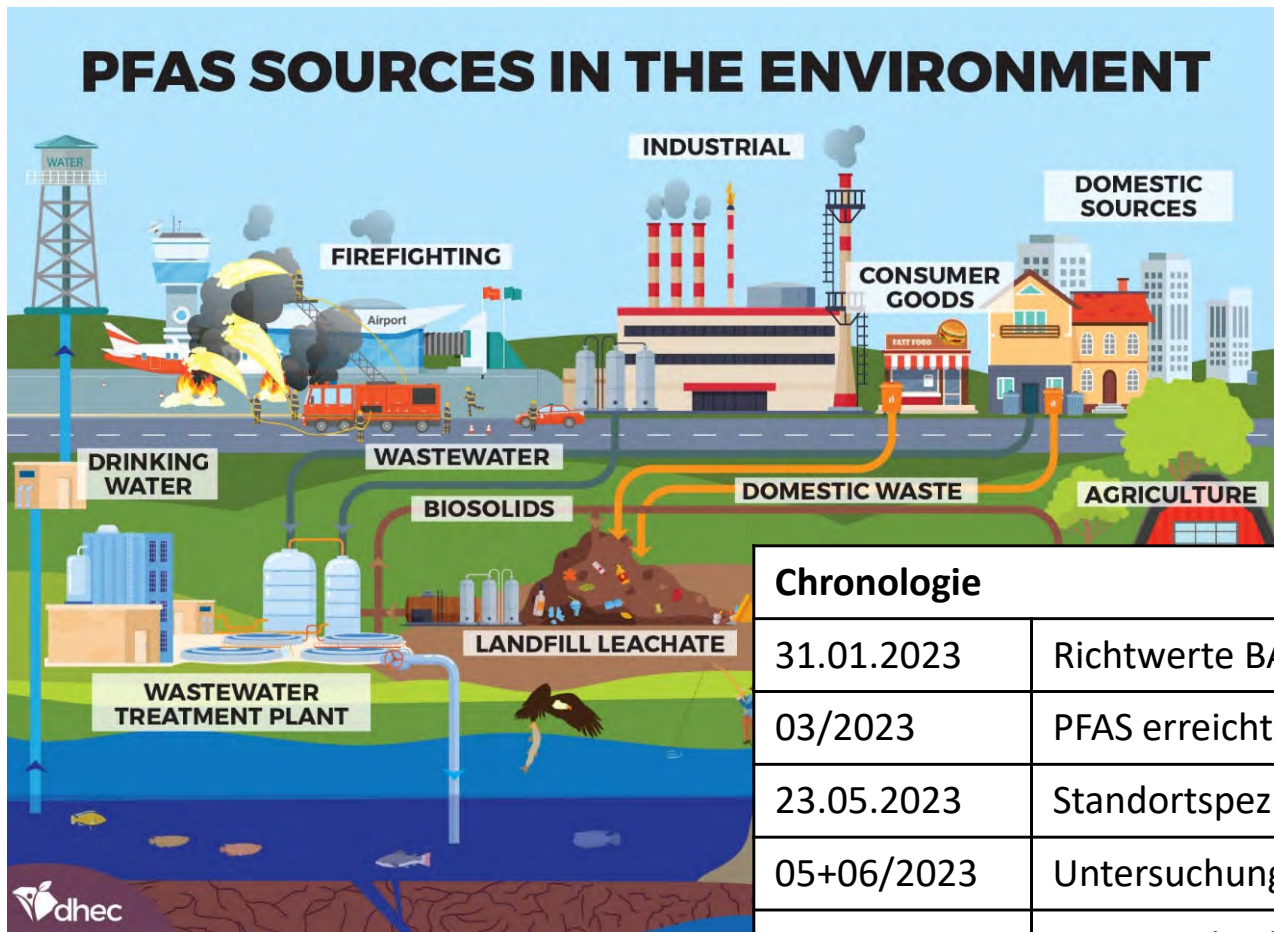


Stand: Februar 2023



Stand: Juni 2023

Neue Herausforderung - PFAS



Chronologie

31.01.2023	Richtwerte BAFU PFAS (VVEA/Abfall)
03/2023	PFAS erreicht Stadtmist (Deponieabdeckung)
23.05.2023	Standortspezifische Grenzwerte «gelöst»
05+06/2023	Untersuchungen Deponien, Sicker- und Grundwasser
09.06.2023	PFAS in Filterkuchen Anlage (Aufkonzentrierung)
30.06.2023	Aktennotiz Untersuchungen Grundwasser
06.07.2023	Bericht Untersuchungen Deponien/Sickerwasser

Neue Herausforderung - PFAS



— > 0.1 µg/kg = U

— 0.1 bis 5 µg/kg = T bis E

— > 5.0 µg/kg > E

Gezeigte Folie anlässlich Sitzung Steuergremium vom 29. Juni 2023

- **Fazit 1:** PFAS auf Ablagerungsstandort vorhanden; von Ost nach West zunehmend
- **Fazit 2:** PFAS werden in Anlage aufkonzentriert
- **Fazit 3:** Datenlage auf Inputseite (Abfall) und Outputseite (nach Anlage) noch sehr dünn
- **Fazit 4:** Es besteht Klärungsbedarf (Verbesserung Datenlage) und Handlungsbedarf
- **Fazit 5:** Es weiss niemand, wo die Reise finanziell hingeht

Herausforderungen:

- Gesetzliche Praxis auf «wackeligen» Beinen (projektspez. Grenzwerte, aber nicht in VVEA)
- Deponiebetreiber sperren sich gegen PFAS-Material (auch innerhalb der Grenzwerte)
- Technologien für Aufbereitung mit vielen Fragezeichen
- Damit viele Unsicherheiten im laufenden Sanierungsprozess bei laufenden Kosten
- Aufwand Unternehmer für PFAS kaum vom «Ohnehinaufwand» zu trennen

Gezeigte Folie anlässlich Sitzung Steuergremium vom 29. Juni 2023

Es drängen sich diverse Szenarien auf (ohne Bewertung) :

- Szenario 1: Baustellenunterbruch - Grenzwerte VVEA und Technologieentwicklung in der Aufbereitung abwarten, Zeitdauer unbekannt
- Szenario 2: Testphase PFAS und je nach Resultaten «Zusatzpauschale PFAS» oder Baustellenunterbruch
- Szenario 3: «Koste es was es wolle» - unbekannt Mehrkosten in Aufbereitung und Ablagerung; wohl auf allen Ebenen iteratives Vorgehen
- (Szenario 4: Baustellenabbruch – Installationen übernehmen, Schadloshaltung ARGE und neu ausschreiben inkl. PFAS-Thema)

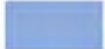
Ökologische Aufwertungen



Ökologische Aufwertungsmassnahmen



Legende

-  Niederhecke mit Krautsaum
-  Kleinstruktur
-  Gehölze
-  Flutmulde
-  Beobachtungs- und Informationsstation

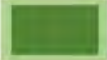
Füllstand 33%

Max. Wasserspiegel:
H = 428.35 m.ü.M.

Ökologische Aufwertungsmassnahmen



Legende

-  Niederhecke mit Krautsaum
-  Kleinstruktur
-  Gehölze
-  Flutmulde
-  Beobachtungs- und Informationsstation

Füllstand 100%

Max. Wasserspiegel:

H = 428.68 m.ü.M.

Notüberlauf:

H = 428.78 m.ü.M.

Besten Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Weitere Infos: <https://stadtmist.so.ch>

Fragen?



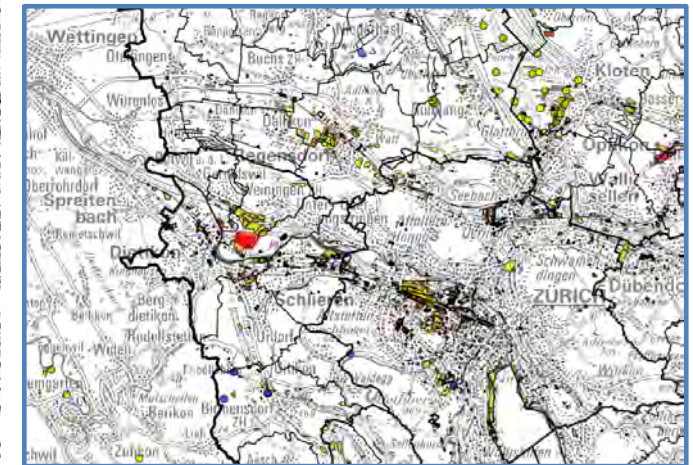
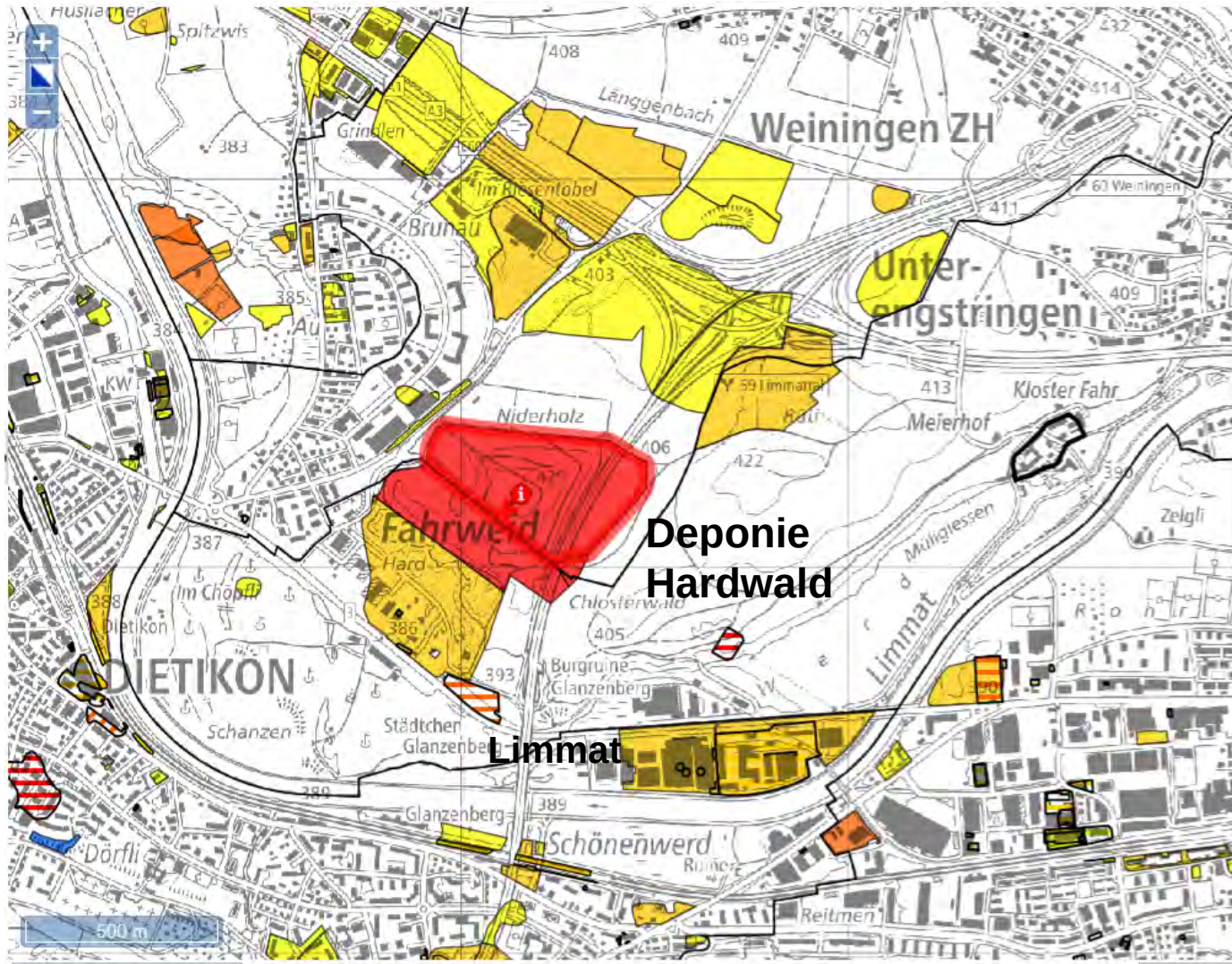
Kanton Zürich
Baudirektion
Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft (AWEL)

Deponie Hardwald

Sanierungsvariante Aerobisierung
Jörg Egestorff

Symposium Altlasten Schweiz am
13. September 2023, Solothurn

Lage mit Auszug aus dem KbS



13. September 2023

Kenndaten (I)



Oberflächenabdeckung:	Rekultivierungsschicht mit Wald bewachsen
Basisabdichtung:	nicht vorhanden
Deponiefläche:	205 000 m ² (20 ha)
Mächtigkeit:	max. 39 m, durchschnittlich 25 m
Ablagerungsvolumen:	ca. 3.3 Mio. m ³
Ablagerungszeitraum:	1949 – 1975
Abfallarten:	Siedlungsabfälle, KVA-Schlacke, Bauschutt, (Brandschutt), Aushub (1.4 Mio. m ³), Klärschlamm, Industrieabfälle
Deponieform:	aufgefüllte Kiesgrube

Kenndaten (II)



Sickerwasser:	wird nicht gefasst und nicht gereinigt
Deponiegasfassung:	seit 1989 in Betrieb. 1994 kleinere Fackel installiert. 2000 vollständig revidiert (Gasanalyse-Einheit und Fackel ersetzt)
Nationalstrasse:	A3 von 1978 bis 1980 realisiert quert östliche Deponie 165 000 m ³ wurden ausgehoben und an anderer Stelle abgelagert (Deponie Nassmatt) Untergrund wurde dynamisch intensiv mit Fallgewichten verdichtet (5 bis 7 m Abfall unterhalb Strasse belassen).
Gewässerschutzbereich:	A _U
Sanierungsbedarf GW:	Arsen, Vinylchlorid und PFAS

Grundwasserverhältnisse



Abströmfahnen

NW: Fahrweid

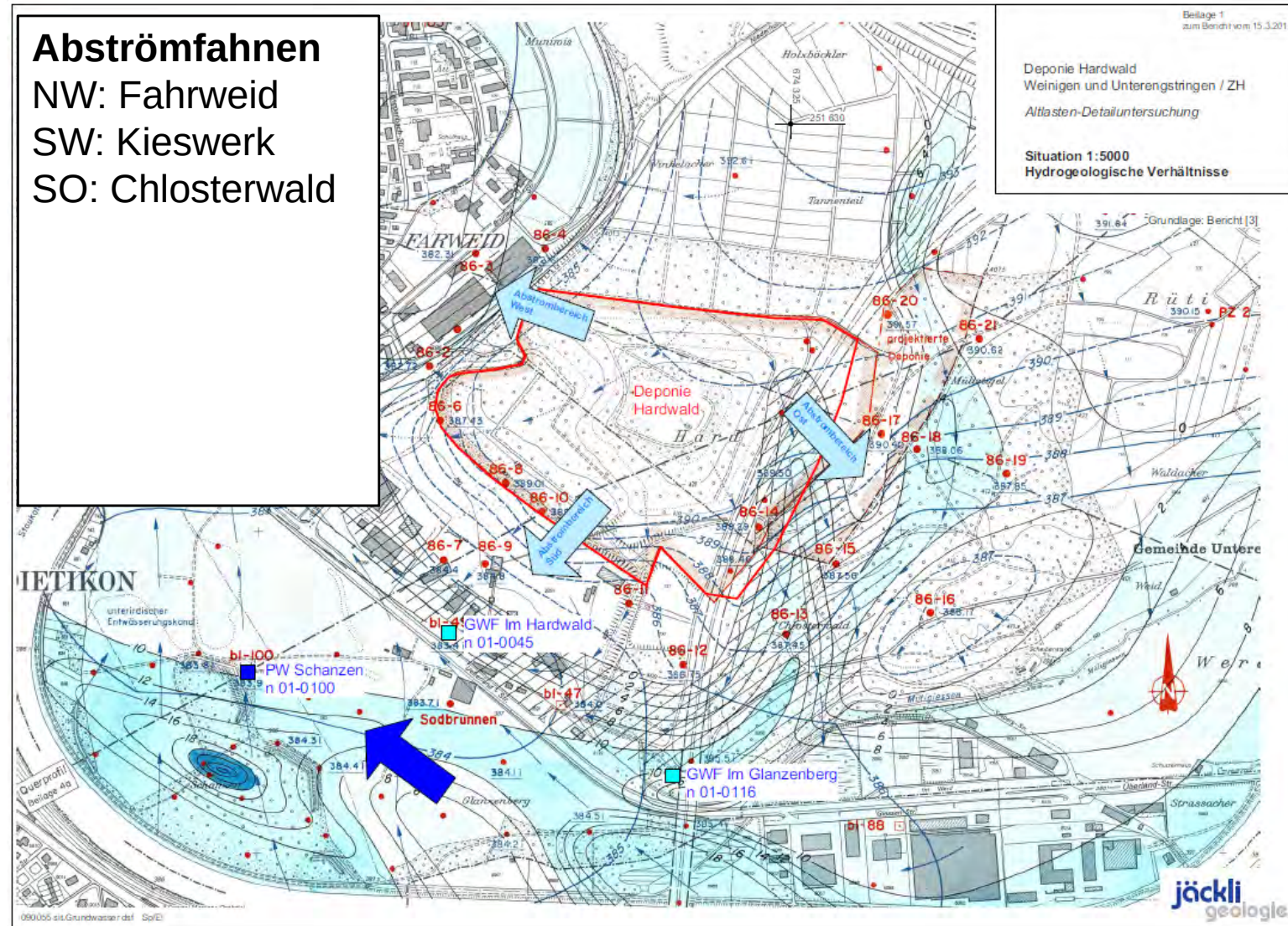
SW: Kieswerk

SO: Chlosterwald

Beilage 1
zum Bericht vom 15.3.2013

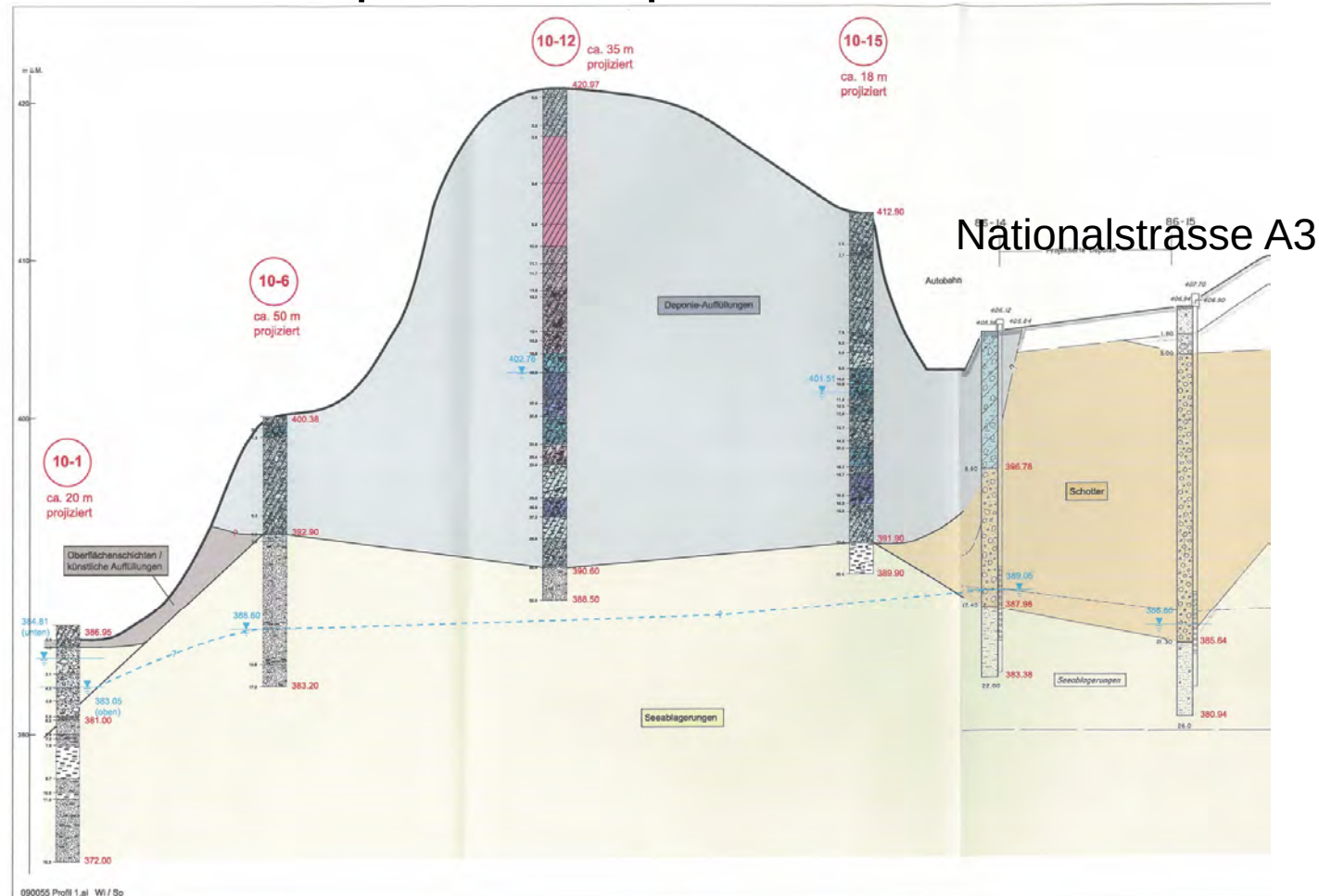
Deponie Hardwald
Weinigen und Unterengstringen / ZH
Altlasten-Detailuntersuchung

Situation 1:5000
Hydrogeologische Verhältnisse



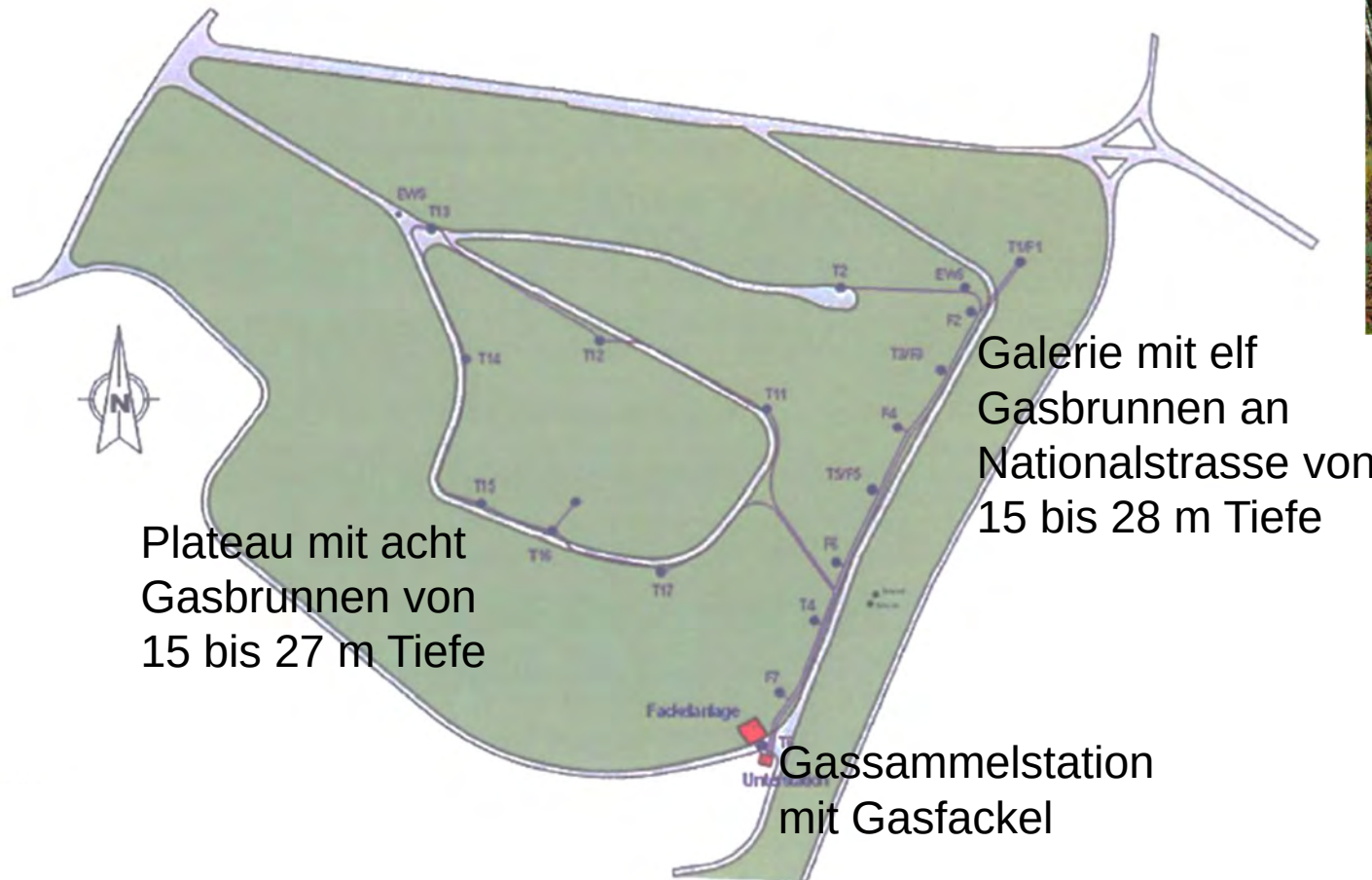
13. September 2023

Schnitt Deponiekörper NW - SO



- Sickerwasserspiegel im Deponiekörper schwanken (trocken bis nass)
- Grundwasserspiegel unterhalb Deponiebasis

Entgasungssystem



2005, Blick Richtung A3

Entgasungssystem



Gas-sammelstation



Gas-Verdichterstation



Gas-sammelbalken



Gas-brunnen

Kenndaten Entgasung



Gasbildungsphase	Methanoxidations- resp. Kohlendioxidphase
Kontrollen / Messungen:	Jährliche Überprüfung und Einregulierung
Zustand:	Revision aufgrund von Setzungen notwendig
Absaugmenge:	ca. 33 m ³ /h, 1/3 Gasbrunnen T2, 1/3 Ringleitung und 1/3 Galerie
Methangehalt:	29 Vol.-% Hauptgasleitung Brunnen von 0.1 bis 52 Vol.-%
Kohlendioxid:	22 Vol.-% Hauptgasleitung
Methanfracht:	60 Tonnen pro Jahr oder 1'500 CO ₂ -Äquivalente (Schätzung)
Spurenstoffe:	120 g Vinylchlorid und 290 g Benzol pro Jahr

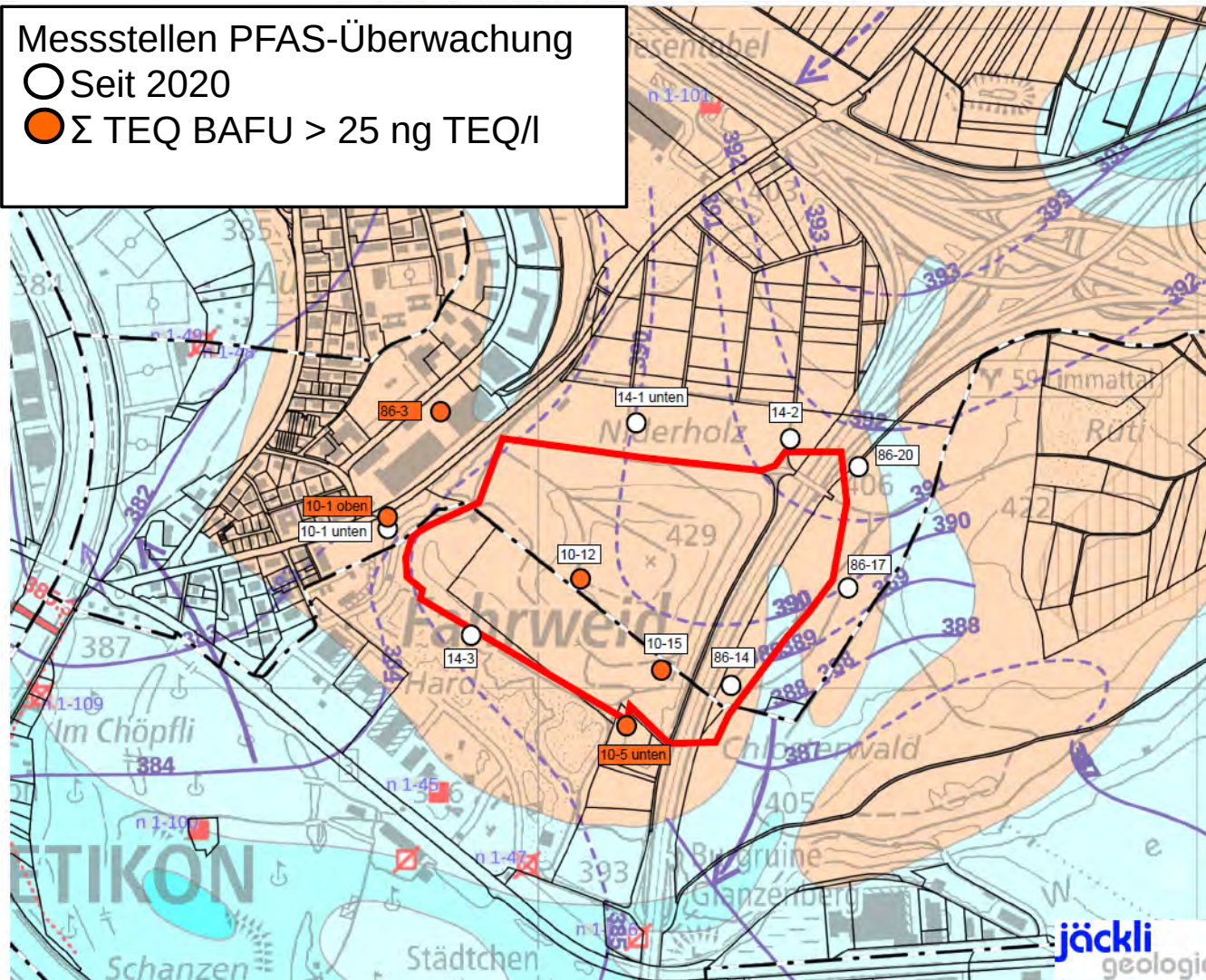
PFAS im Grundwasser



Messstellen PFAS-Überwachung

○ Seit 2020

● Σ TEQ BAFU > 25 ng TEQ/l



Überwachung Grundwasser



Stoffname	Abk.	RPF	Abströmbereich West		Abströmbereich Süd		Deponiekörper	
			KB 10- oben	KB 86-3	KB 10-5 unten	KB 10-3	10-12	10-15
<u>Sulfonsäuren</u>	PFSA							
Perfluorbutansulfonsäure	PFBS	0.001	3	< 1	2	< 1	4	2
Perfluorhexansulfonsäure	PFHxS	0.6	2	2	2	< 1	4	1
Perfluorheptansulfonsäure	PFHpS	2	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Perfluoroctansulfonsäure	PFOS	2	3	13	2	< 1	18	2
Perfluordecansulfonsäure	PFDS	2						
<u>Carbonsäuren</u>	PFCA							
Perfluorbutansäure	PFBA	0.05	150	38	69	4	200	49
Perfluorpentansäure	PFPeA	0.05	< 1	< 1	3	< 1	3	2
Perfluorhexansäure	PFHxA	0.01	8	1	7	< 1	13	6
Perfluorheptansäure	PFHpA	1	5	< 1	3	< 1	11	2
Perfluoroctansäure	PFOA	1	45	6	18	< 1	170	17
Perfluornonansäure	PFNA	10	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
<u>Weitere PFAS</u>								
1H, 1H, 2H, 2H-Perfluoroctan- Sulfonsäure 6:2 FTS			< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Summe PFAS gesamt			216	60	106	4	423	81
Summe PFAS 9 Einzelsub.			65	35	30	0	230	26
Summe TEQ (9 Messwerte mit RPF)	ng TEQ/l		65	35	30	0	230	26
Sanierungsbedarf 25 ng TEQ/l			S	S	S			

Aktueller Stand altlastenrechtlicher Vollzug

- Evaluation Sanierungsvarianten abgeschlossen und Aerobisierung als Sanierungsmassnahme gemäss Art. 18 Abs. 2 Bst. b AltIV festgelegt.
- Pilotkonzept Aerobisierung und Beurteilung PFAS-Situation vom Realleistungspflichtigen beim AWEL eingereicht

jäckli
geologie

Deponie Hardwald
Weiningen und Unterengstringen / ZH

Pilotkonzept Aerobisierung, Optimierung
Grundwasserüberwachung, Konzept Dichtwand



Zürich, 30. September 2022

Auftraggeber: Stadt Zürich, ERZ Entsorgung + Recycling Zürich,
Hagenholzstrasse 110, 8050 Zürich

Fachspezialist Gas: Oester Messtechnik AG, Schulhausstrasse 4, 3600 Thun

Ingenieur Dichtwand: ILU AG, Zentralstrasse 2a, 8610 Uster

Jäckli Geologie AG
Albuhofstrasse 55, 8048 Zürich
Telefon +41 44 344 55 66

Zürich · Baden · Winterthur · Goldau · Cham

www.jaekli.ch

jäckli
geologie

Deponie Hardwald, (KbS-Nrn. 249/D1+D.4 und 251/D1+D4)
Weiningen und Unterengstringen / ZH

Evaluation von Sanierungsvarianten bezüglich PFAS



Zürich, 30. September 2022

Auftraggeber: Stadt Zürich
ERZ Entsorgung + Recycling Zürich, Hagenholzstrasse 110, 8050 Zürich

Objektnummer: 110308

Jäckli Geologie AG
Albuhofstrasse 55, 8048 Zürich
Telefon +41 44 344 55 66

Zürich · Baden · Winterthur · Goldau · Cham

www.jaekli.ch

13. September 2023

Second Opinion zu Pilotkonzept durch externe Experten

- Welchen Einfluss hat PFAS auf die Massnahmen?
- Gibt es Vorschläge / Einwände / Ergänzungen / Korrekturen?
- Welche Schritte (iterativ) und Massnahmen sind aus ihrer Sicht notwendig?
- Welchen Zeitraum sollte ein Pilotversuch umfassen?



Bundesamt für Umwelt BAFU
Abteilung Boden und Biotechnologie
Monbijoustrasse 40
3011 Bern

SC = P
HiCCE
M

Beratungsmandat Aerobisierung SCP mit IFAS / HiCCE

Fragen zur Realisierbarkeit und Umsetzung der Sanierungsmethode «Aerobisierung» im Fall der Deponie Hardwald, Weinigen und Unterengstringen / ZH - Evaluation von Sanierungsvarianten bezüglich PFAS

Bearbeitungsstand: 06.03.2023

Bearbeitung durch:

IFAS - Ingenieurbüro für Abfallwirtschaft
Prof. R. Stegmann und Partner
Hamburg

HiCCE - Hamburg Institute for Innovation, Climate Protection and Circular Economy GmbH
Hamburg

Erkenntnisse aus Expertenrunde

Einfluss PFAS auf Sanierung

PFAS werden für die Sanierung vorerst nicht berücksichtigt, sondern mittels Grundwasserüberwachung beobachtet, weil

- PFAS-Messwerte nur geringfügig über 25 ng TEQ/l liegen und niedrige Dringlichkeit der Sanierung besteht
- PFAS-Fracht pro Jahr im Grammbereich
- keine zufriedenstellende Sanierungsvariante ausser Aushub existiert
- die Motion Meret in Bern abgewartet werden sollte (Festlegung PFAS-Konzentrationswerte in AltIV)

Erkenntnisse aus Expertenrunde

Perimeter Pilotversuch

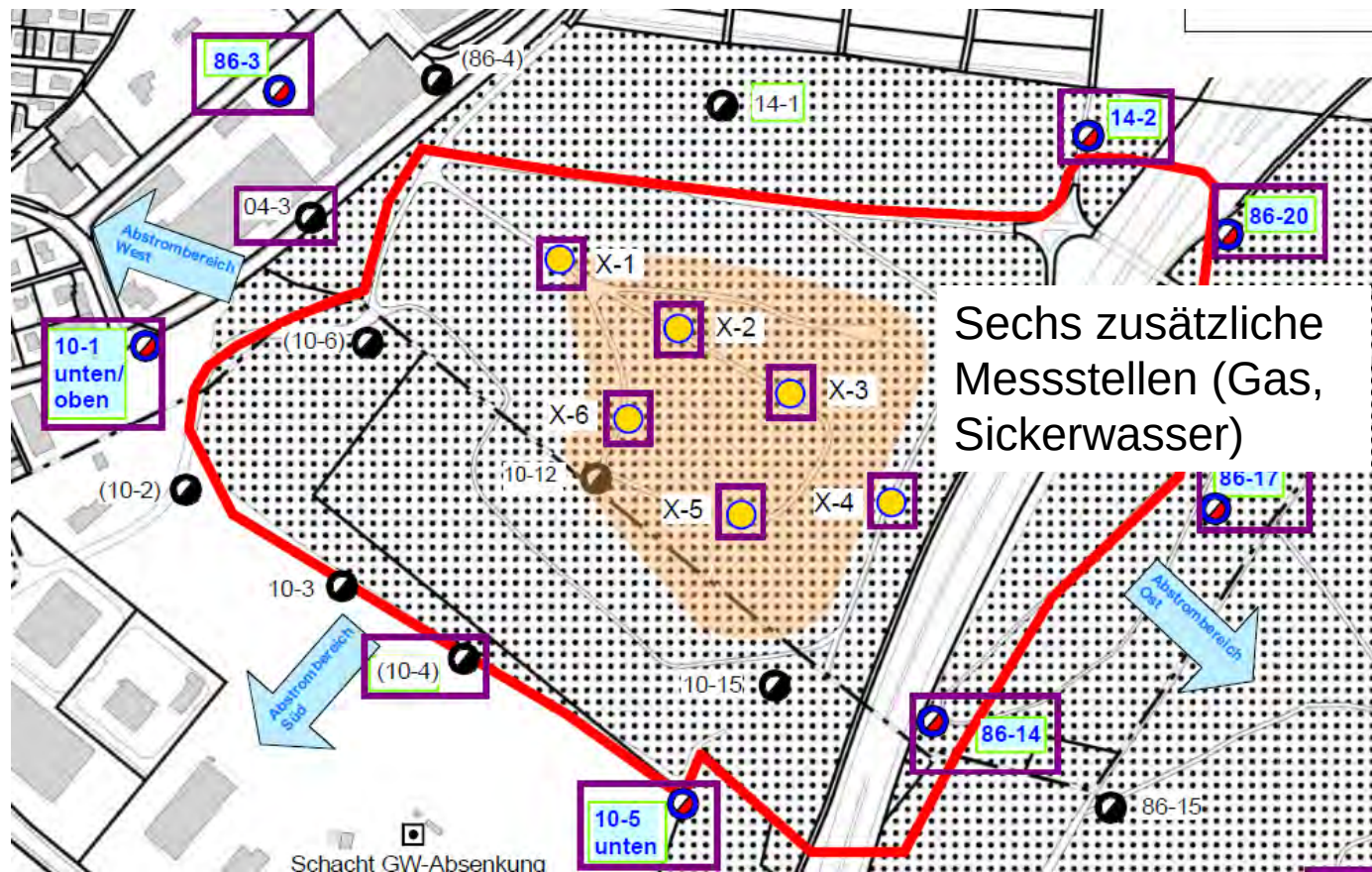


- Deponieperimeter
- Perimeter Pilotversuch Aerobisierung
- Typ 4a (Hauskehricht mit Aushub vermischt)
- Typ 1 (Aushub mit > 10% Fremdstoffen (ohne Schlacke))

Erkenntnisse aus Expertenrunde

Vorgesehene Massnahmen

- Laufzeit über 2 bis 3 Jahre
- Iteratives Vorgehen (Evaluation und Festlegung bei jedem Schritt)
- Im Bereich Nationalstrasse kein Pilotversuch
- Kenntnisse zum Deponiekörper erweitern (Lücken füllen)
- Sechs neue Messstellen im Deponiekörper
- Abfalluntersuchungen zum Abbaugrad und Schadstoffverteilung etc., ggf. Laborversuche
- Monitoring Deponiegas, Sickerwasser, Temperatur, Setzungen
- Überprüfung Porenwassersättigung im unteren Deponiekörper
- Pumpversuche an Deponiesickerwasser zur Bestimmung Schadstofffracht



- Absaugversuche an bestehenden Gasbrunnen im Plateau
- Erstellung von neuen Gasbrunnen bis zur Sohle wird geprüft
- Überprüfung von Übersaugung und aktiver Luftzuführung
- Überprüfung Abpumpen von Sickerwasser an der Deponiebasis (Quelle)

Rückfallebenen



Falls sich die Messwerte im Grundwasser verschlechtern (Mobilisierung) und die Sanierungsbedürftigkeit der Deponie bestehen bleibt:

- Dichtwand (entweder $\frac{3}{4}$ oder geschlossen). Prüfung, ob auch Spundwand möglich wäre.
- Oberflächenabdichtung (Durchlässigkeit für Deponiegase und Niederschlagswasser wird geprüft: von undurchlässig bis gering durchlässig)

Ausblick



- Bringt der Pilotversuch genügend Erkenntnisse und Informationen für die geplante Aerobisierung?
- Wird mit der Aerobisierung die Deponie langfristig saniert (Abnahme der Konzentrationen von Arsen und Vinylchlorid im Grundwasser)?
- Wie sieht die Wirksamkeit der Massnahmen aus?
- Sind zusätzliche Massnahmen für PFAS notwendig?
- Sind die Rückfallebenen wirklich notwendig, welche Massnahme wäre am zielführendsten und ist dies verhältnismässig?
- Können die Erkenntnisse bei weiteren Deponien angewendet werden?

Der forensische Ansatz für gesunde Flüsse

- Symposium Altlasten Schweiz – BAFU
- *Mit der Unterstützung des Kantons Wallis - Dienststelle Hochwasserschutz Rhone (DHWSR) und der Dienststelle für Umwelt (DUW)*

Anne-Laure Zufferey (PhD) - Riverexpertise



Der forensische Ansatz - Vorgehen



Sammeln der **Daten**, die zwecks Erzeugung von **Informationen** verarbeitet werden.



Diese Informationen werden kontextualisiert, wodurch **Erkenntnisse** gewonnen werden.



Der Nutzen dieser Erkenntnisse erlaubt es Behörden oder Organisationen, **Massnahmen zu ergreifen**.

Fall 1: die Rhône - Wallis

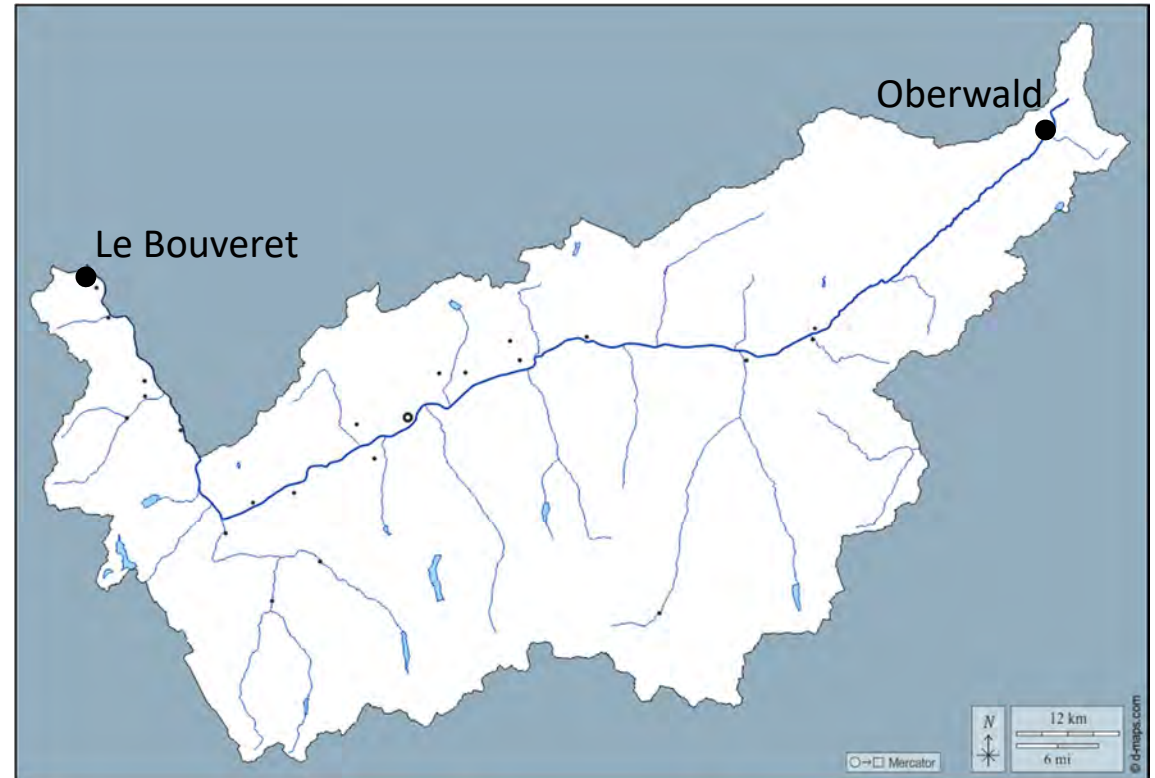
Geografie:

Oberwald – Le Bouveret

Daten:

- Felddaufnahme:

- Anschwemmorte von Abfall, Littering (Plastik in Bäumen) und Anschwemmbereiche
- Art des Abfalls
- Zersetzungsgrad
- Art der Ablagerung/des Auftauchens der Abfälle



Ziel der Untersuchung

- Ermitteln, warum und wie der Abfall abgelagert wird/auftaucht (angeschwemmt wird)
- Ermitteln, welche Sanierungsmassnahmen sinnvoll wären
- Ermitteln, welche Präventionsmassnahmen angezeigt sind

Datenerhebung

- Geografische Koordinaten
- Bilder
- Abfallart
- Zersetzungsgrad
- Art der Ablagerung
 - Weggeworfen
 - Vom Fluss mitgeführt und anschliessend abgelagert
 - Aus Sedimenten wieder aufgetaucht
 - An Bäumen/einem Metallstück hängengeblieben

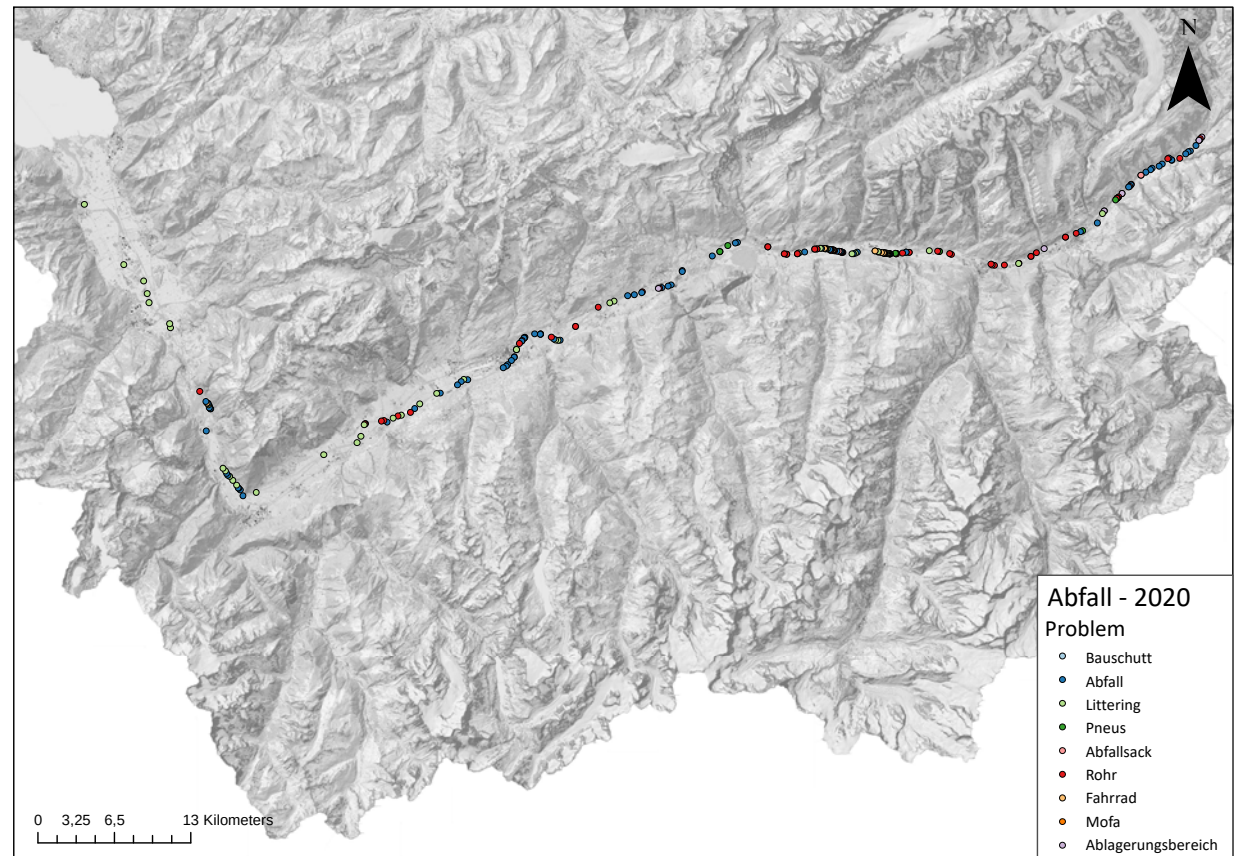


Datenverarbeitung: Kartierung

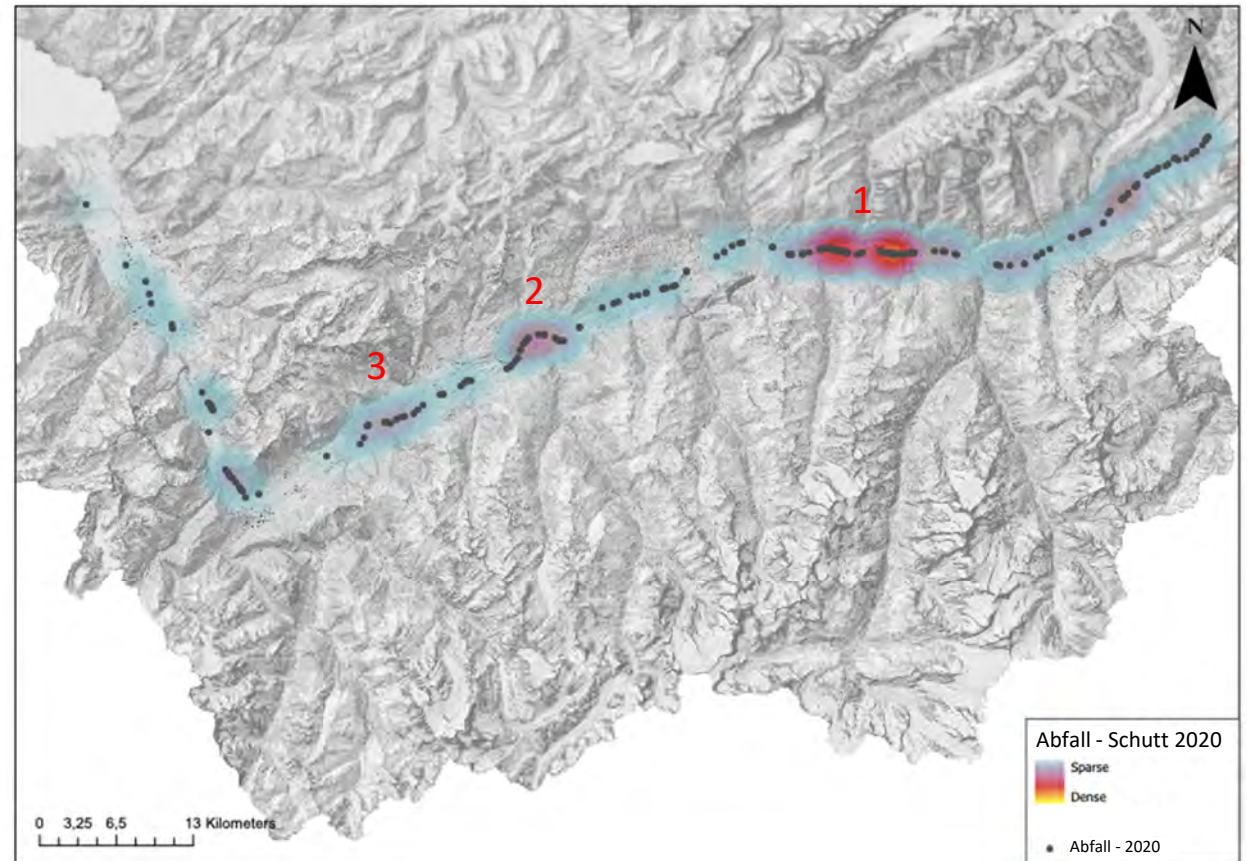
Thematische Darstellung

Analyse mithilfe «Heatmap»

Thematische
Darstellung der
abgelagerten
Abfälle –
Jahr 2020



Konzentrations-
bereiche von
Abfällen
(Heatmap) –
Hervorhebung von
3 Hotspots



Hotspot 1

Alte bis sehr alte und zersetzte Abfälle

Ursprünglich von Sedimenten bedeckte Abfälle, die bei Wasserbewegungen wieder freigelegt werden

Littering in Bäumen

Lokalisierung hinter Steinschüttungsbuhnen



Hotspot 2



- Littering in Sträuchern
- Abfallablagerung an den Ufern

Hotspot 3



- Littering in Sträuchern und Wurzelwerk
- Abfallablagerung an den Ufern

Kontextualisierung von Informationen zur Gewinnung von Erkenntnissen



- Untersuchung der Fließgeschwindigkeiten der Rhone
- Untersuchung der Flussbettstruktur

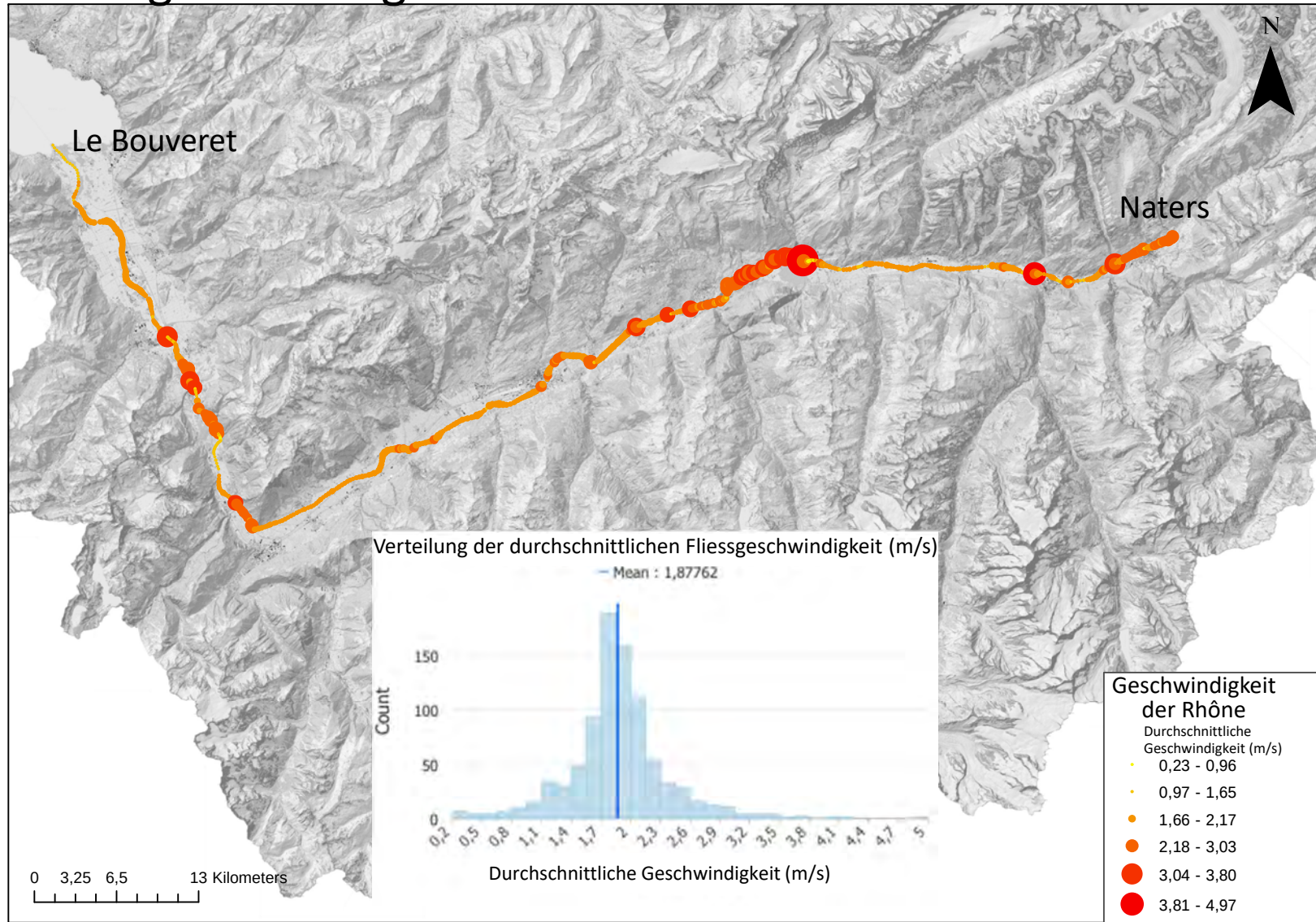
Untersuchung der Geschwindigkeitsänderungen der Rhone

Zur Verfügung stehende Daten:

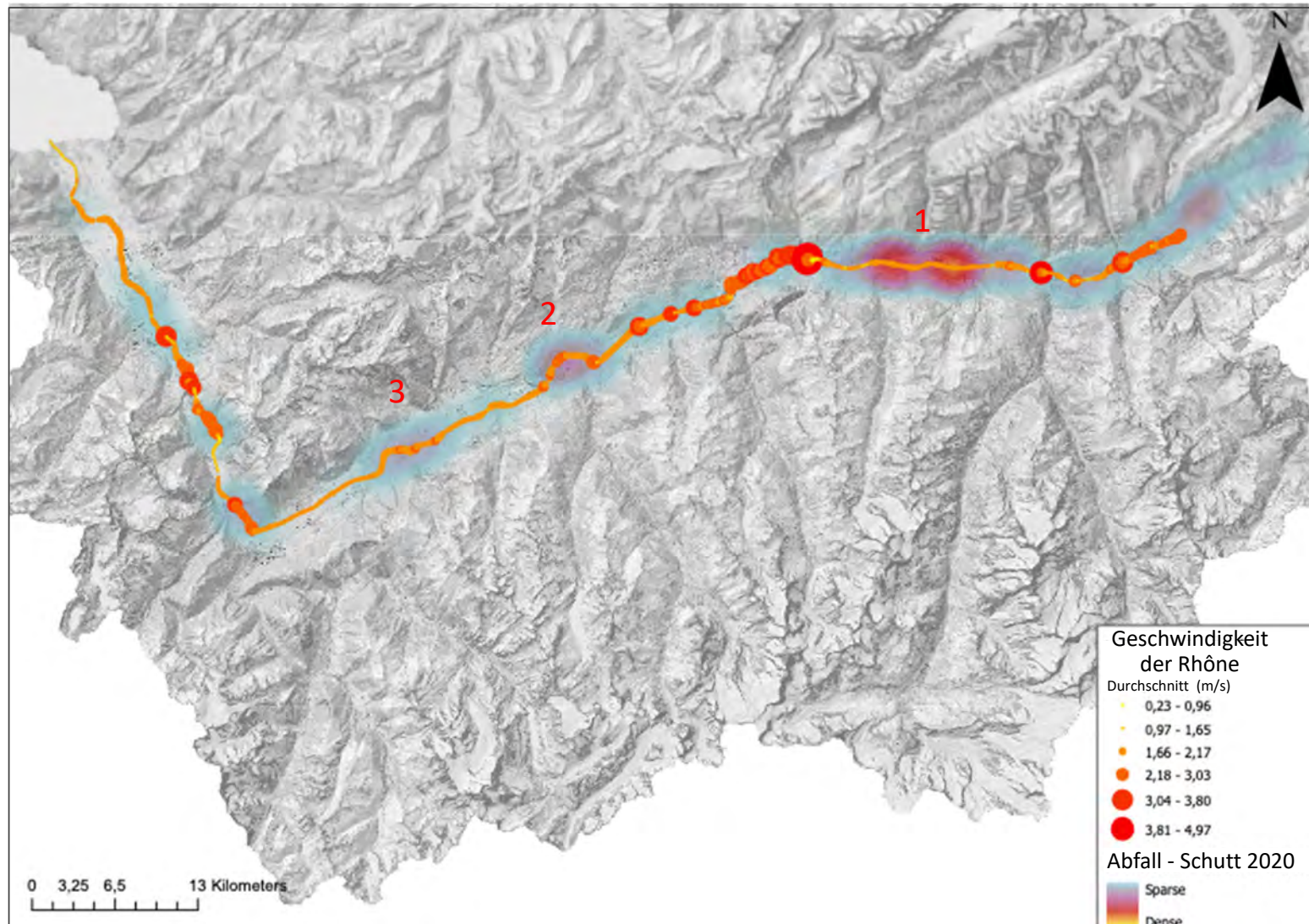
- Geografische Kartenebene des Rhoneverlaufs
- Eine Excel-Datei der Durchschnittsgeschwindigkeiten nach Entfernung in km von Punkt 0 an der Rhone-Mündung in Le Bouveret bis km 121 in Naters (Brig).

Formatierung der Daten durch Zusammenfügen von Tabellen

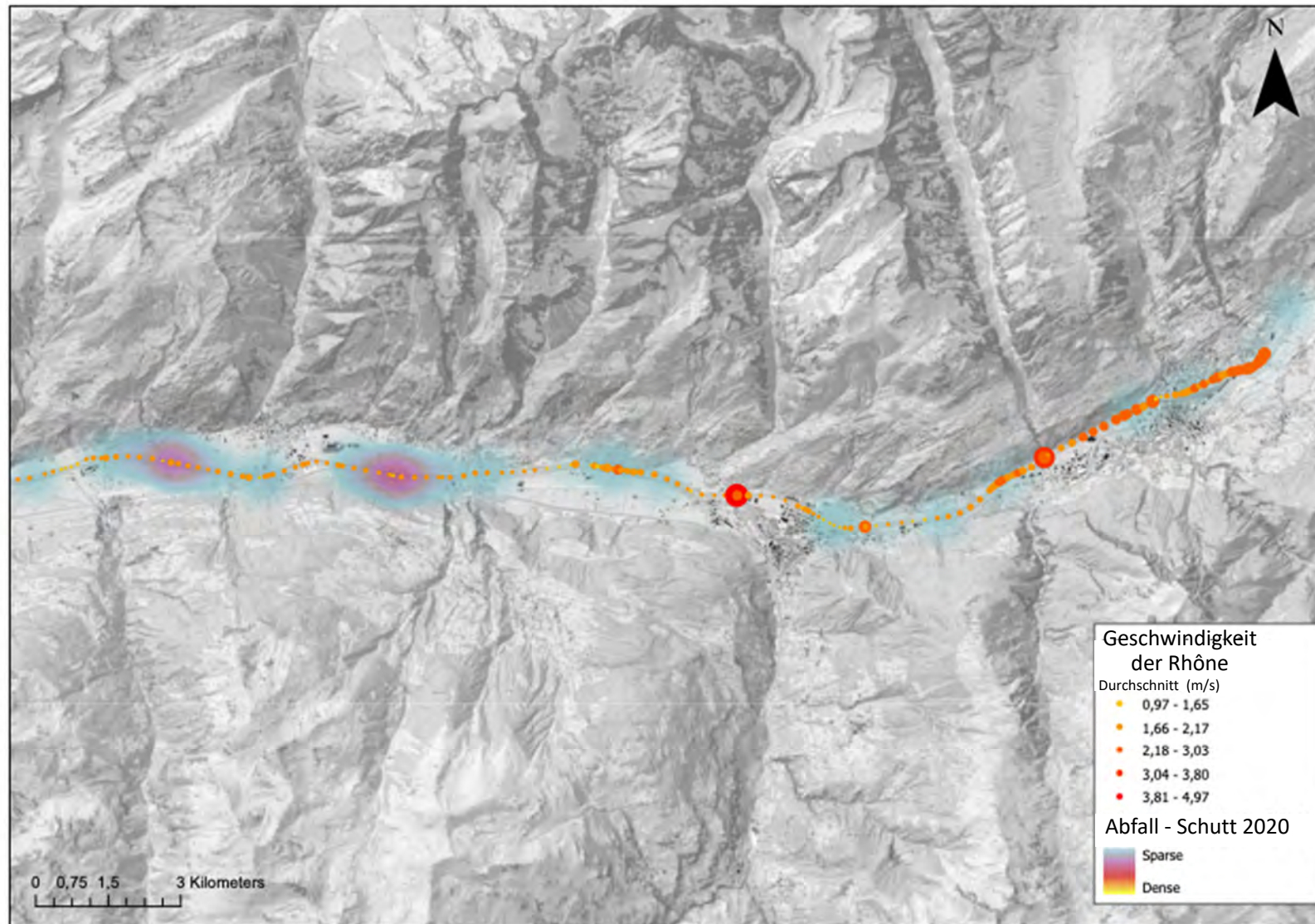
Kartierung der Fliessgeschwindigkeiten der Rhone



Überlagerung der Fließgeschwindigkeiten mit den Abfallzonen im Heatmap-Format



Zoom auf das Gebiet oberhalb der Susten-Staumauer



Beobachtungen

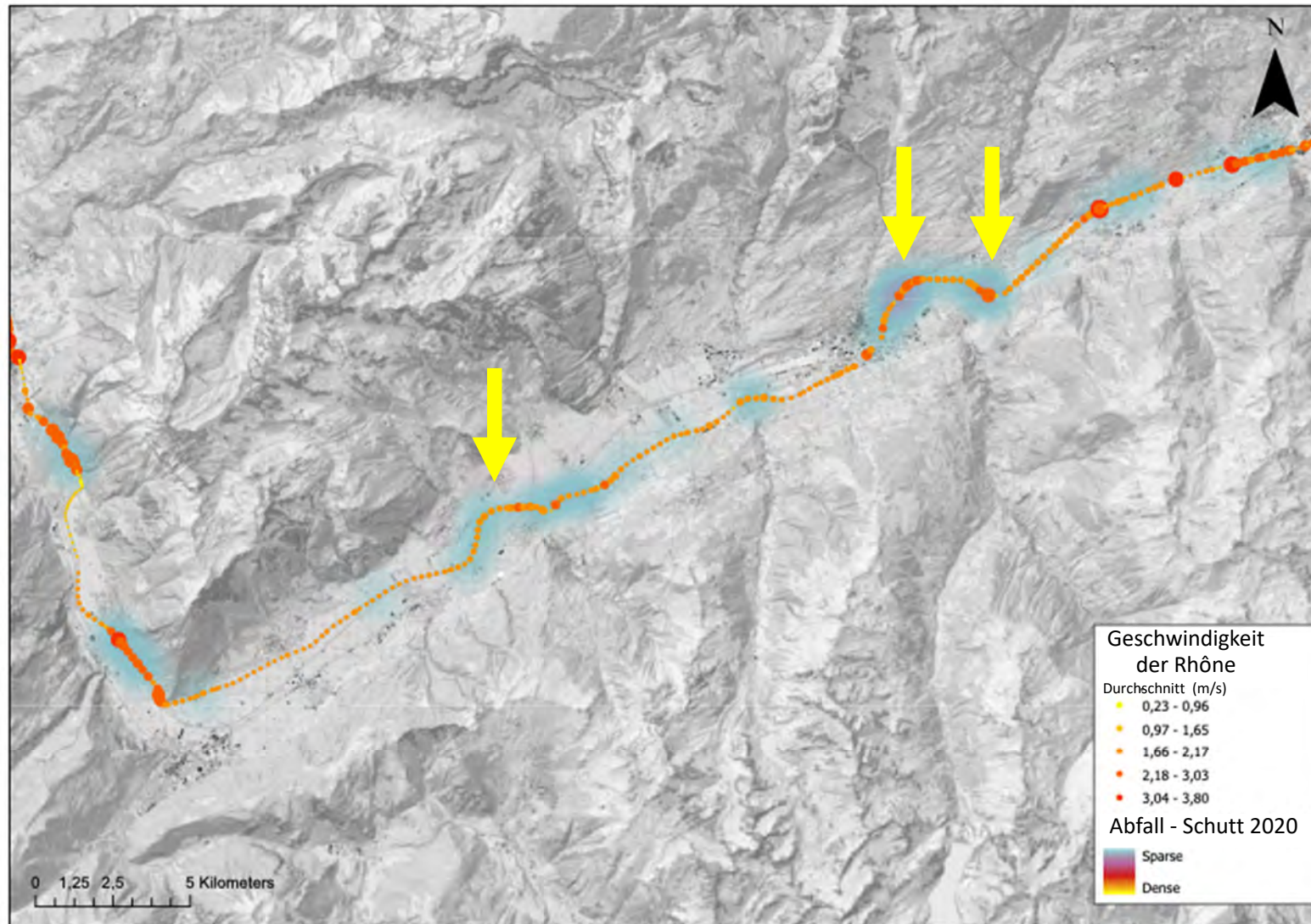
Hotspot 1 entspricht einem langgezogenen Bereich mit verlangsamer Fließgeschwindigkeit aufgrund der Staumauer.

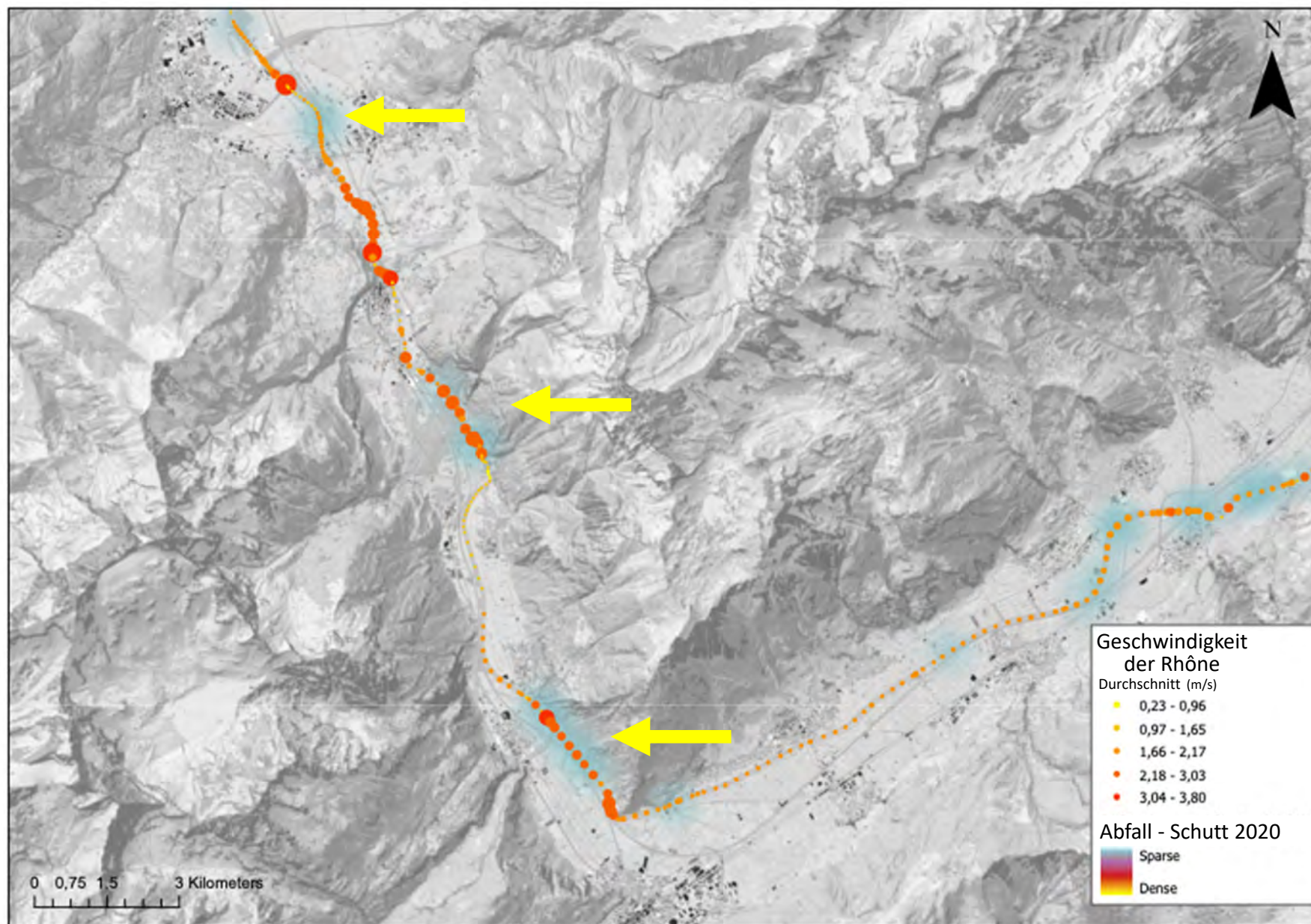
Die Hotspots 2 und 3 befinden sich nach einer Zone, in der das Wasser sich erst beschleunigt und dann verlangsamt.

Das Wasser beschleunigt und verlangsamt sich, wenn sich die Morphologie des Flussbetts ändert:

- das Flussbett wird schmaler
- es liegt ein Gefällebruch vor

Visualisierung der Beschleunigungs- und Ablagerungszonen





Welche Erkenntnisse können daraus gewonnen werden:

- Eine Beschleunigung und anschliessende Verlangsamung des Wassers begünstigt die Ablagerung von Abfällen.
- Das Vorhandensein des Staudamms und die Dynamik des Wassers begünstigen die langfristige Ablagerung von Abfällen, die in den Sedimenten eingeschlossen sind.

Vorgeschlagene Massnahmen:

- Sanierung der Ufer oberhalb eines Staudammes
- Überwachung und Säuberung von Bereichen mit veränderter Fliessgeschwindigkeit, die die Ablagerung von Abfällen begünstigen.
- Bei der Umgestaltung eines Flussbetts sollten Bereiche mit beschleunigtem und verlangsamttem Wasserfluss und ein Zugang zur Beseitigung von Abfallablagerungen vorgesehen werden.



Fall 2: Dranse, Gemeinde Martigny

- Geografie: Punkt unterhalb der Stadt Martigny
- Daten:
 - Felddaufnahme des Abfalls im Fliessgewässer

Erhobene Daten: 2 Bürostühle im Gewässerlauf



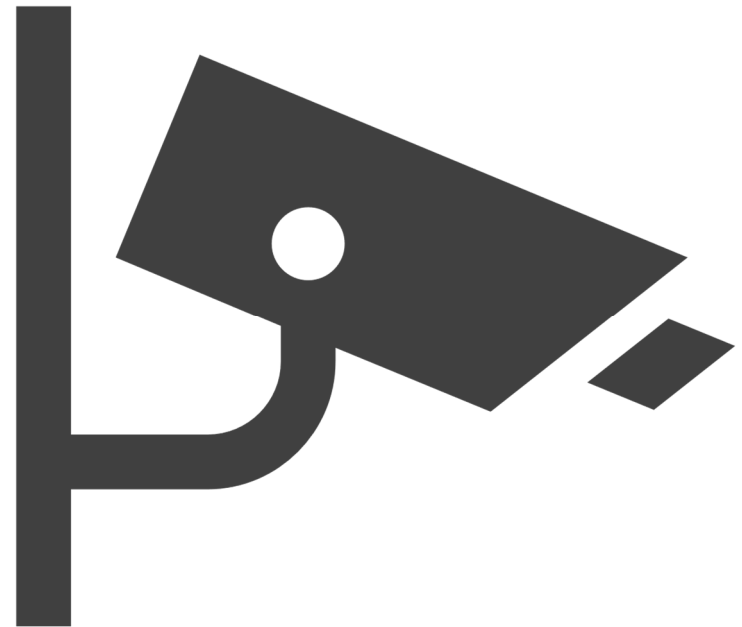
Datenverarbeitung: Untersuchung der umliegenden Siedlungsgebiete und Infrastruktur

- Die beiden Stühle wurden im Gewässerlauf unterhalb einer Brücke gefunden
- Die Strasse über die Brücke führt zur Abfalldéponie von Martigny



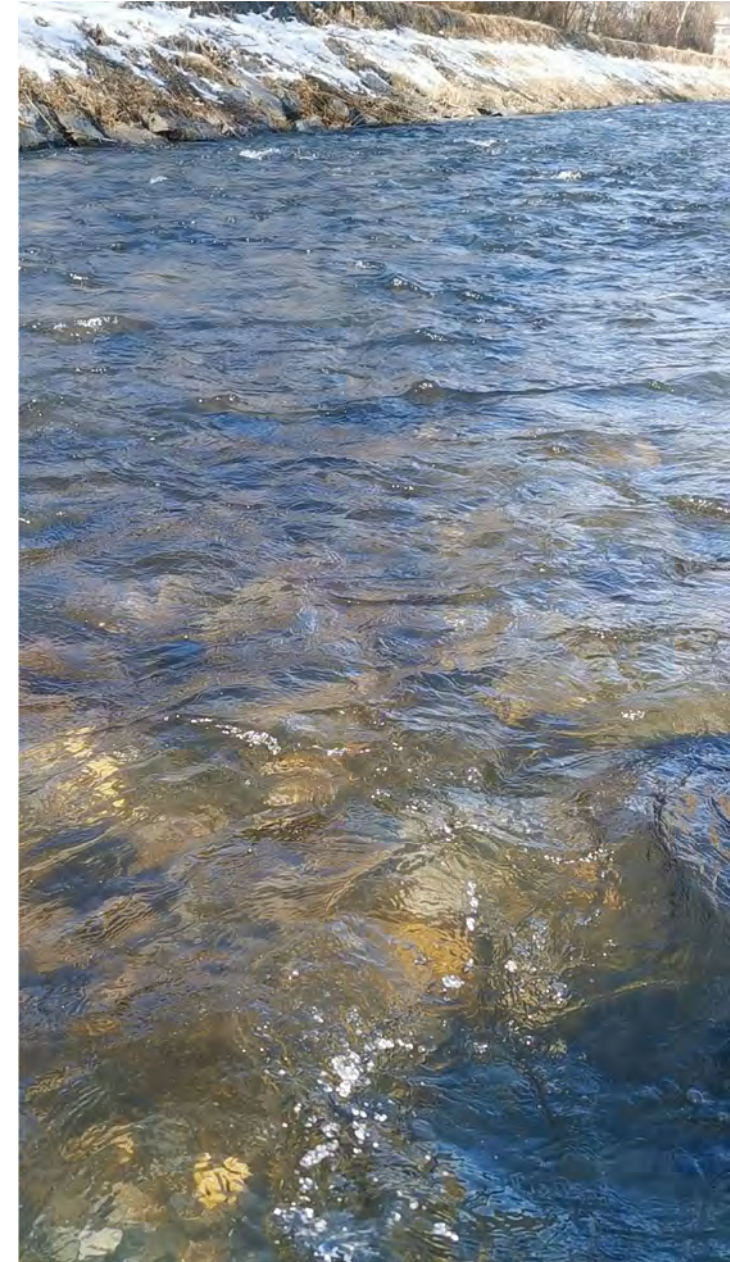
Kontextualisierung und Prävention

- Die Stühle wurden von der Brücke geworfen
- Empfehlung: auf der Brücke eine Überwachungskamera anbringen



Weiteres Vorgehen - *Studienprojekte*

- Erhebung und Untersuchung des Abfalls in der Aare
- Anwendung des forensischen Ansatzes auf chemische und biologische Wasserverschmutzungen:
 - Suche nach der Schadstoffquelle
 - Chemische Wasseranalysen
 - Räumliche Analyse
 - Korrelation mit der Urbanisierung
- Kartierung der langfristigen Ablagerungsgebiete und chemische Analyse der Sedimente



Danke für Ihre Aufmerksamkeit

Ich stehe Ihnen für Fragen zur Verfügung



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr,
Energie und Kommunikation UVEK
Bundesamt für Umwelt BAFU
Abteilung Boden und Biotechnologie

ATLASTEN SCHWEIZ

—Symposium 2023—

Infoblock BAFU

Sektion Altlasten, BAFU



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK

Bundesamt für Umwelt BAFU
Sektion Altlasten

ATLASTEN SCHWEIZ

— Symposium 2023 —



PFAS: Stand der Arbeiten

Monika Schwab & Rolf Kettler, Sektion Altlasten BAFU



PFAS: Stand der Arbeiten: Themen der Präsentation

- 1) Projekt «PFAS im Bereich Altlasten»
- 2) PFAS-Werte (AltIV und VVEA)
- 3) Ergebnisse / Empfehlungen der Arbeitsgruppen (AG) (Auswahl)
 - a) Welche Branchen sind betroffen?
 - b) Welche PFAS analysieren?
 - c) Welche PFAS-Untersuchungen sind prioritär?
- 4) Politische Vorstösse, insb. Mo Maret
- 5) Diverses & Ausblick



1) Projekt «PFAS im Bereich Altlasten»



Juli 2021
Expertenbericht

Projekt PFAS im Bereich
Altlasten

2024
Publikation
des Projekt-
Endberichts

2020 2021 2022 2023 2024

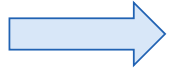
div. Vorarbeiten

PFAS-Arbeits-
gruppe
«Altlasten»

PFAS-Arbeits-
gruppe
«Abfall»



2) PFAS-Werte: AltIV-Werte



Anhang 1: K-Wert: Grundwasser und Oberflächengewässer

Anhang 3, Ziffer 1: Standorte bei landwirtschaftlicher oder gartenbaulicher Nutzung. Wie bei allen anderen Schadstoffen wird der PFAS-Wert für landwirtschaftliche Böden in der VBBo geregelt und in der AltIV werden die Werte übernommen.



Anhang 3, Ziffer 2: Standorte bei Haus- und Familiengärten, Kinderspielplätzen und Anlagen, auf denen Kinder regelmässig spielen.

Anhang 1: K-Wert

Zur altlastenrechtlichen Klassierung für die Schutzgüter Grundwasser und Oberflächengewässer wird **derzeit** der **toxizitätsgewichtete Summenwert** (TEQ-Summenwert) von definierten **9 Einzel-PFAS** herangezogen:

K-Wert: 50 ng TEQ / l

(PFBA, PFPeA, PFHxA, PFHpA, PFOA, PFNA, PFBS, PFHxS, PFOS)

Anhang 3, Ziffer 2: Konz.wert direkte Bodenaufnahme

Für die altlastenrechtliche Klassierung für das Schutzgut Boden (Flächen, wo Kinder regelmässig spielen) wird **derzeit** ein **toxizitätsgewichteter Summenwert** von definierten 9 Einzelsubstanzen herangezogen:

Sanierungswert: 30 µg TEQ / kg

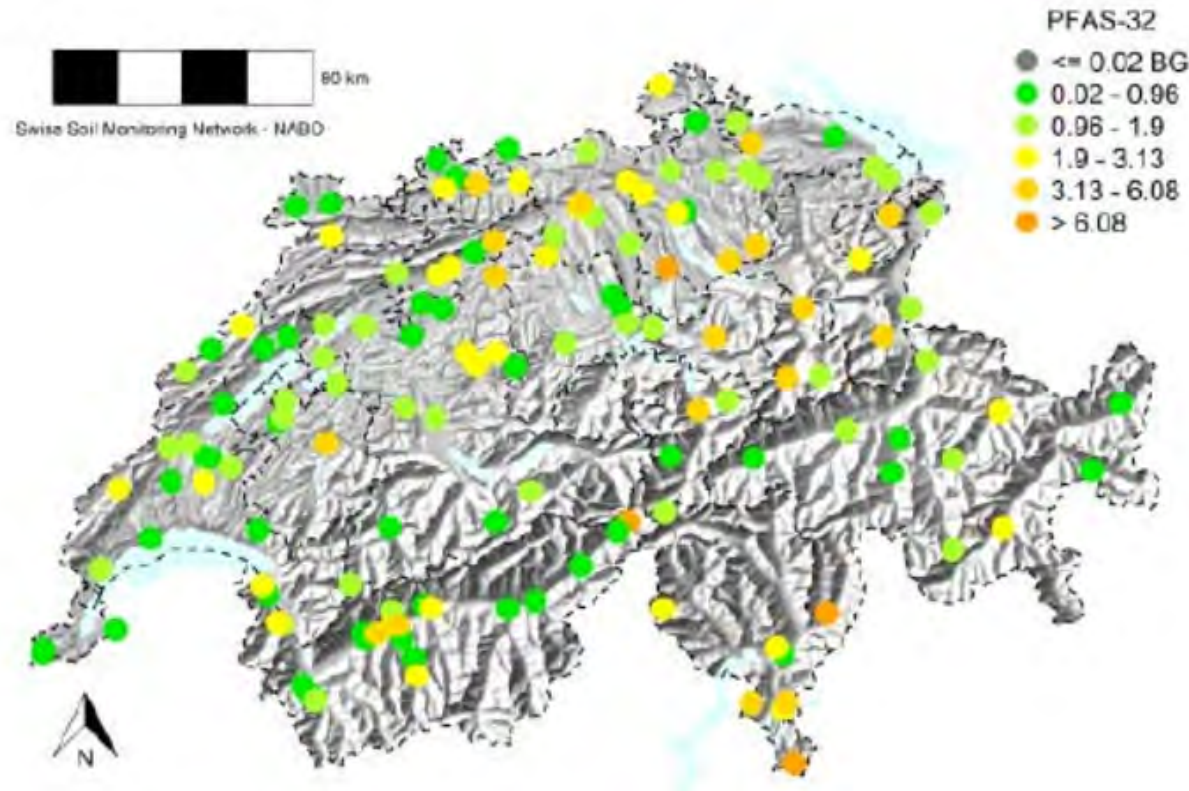
(PFBA, PFPeA, PFHxA, PFHpA, PFOA, PFNA, PFBS, PFHxS, PFOS)

BAFU-Zustimmung zu Werten im Einzelfall erforderlich.



2) PFAS-Werte: AltIV- und VVEA-Werte PFAS-Grundbelastung im Boden

Hintergrundbelastung in Schweizer Oberboden:
Publikation von Basilius Thalmann (ZHAW) et al.



146 Bodenproben (0-20cm):

Median = $1.4 \mu\text{g/kg}$

&

95 % $< 5 \mu\text{g/kg}$



2) PFAS-Werte: VVEA-Werte

VVEA-Werte

Als Grundlage für die Evaluation von Entsorgungswegen bei Sanierungen werden **derzeit** Feststoff- Summenwerte von definierten 9 Einzel-PFAS herangezogen:

U-Wert	0.1 µg/kg*
T-Wert	2.5 µg/kg
B-Wert	5 µg/kg
E-Wert	5 µg/kg

*Bestimmungsgrenze pro Einzelstoff

PFBA, PFPeA, PFHxA, PFHpA, PFOA, PFNA, PFBS, PFHxS, PFOS

BAFU-Zustimmung zu Werten im Einzelfall erforderlich.



3a) Ergebnisse / Empfehlungen der AG: welche Branchen?

Betriebsstandorte

Feuerwehr, Zivilschutz,
Betriebs-/
Werkfeuerwehren

Brandübungsplätze, Zivilschutz-Ausbildungszentren,
Betriebsfeuerwehren von

- Raffinerien
- Petrochemie
- grosse Tanklager
- chemische Industrie
- Kunststoffverarbeitung
- Reifenherstellung
- Flughafen
- Militärflugplätze.



3a) Ergebnisse / Empfehlungen der AG: welche Branchen?

Betriebsstandorte	
Gewerbliche / industrielle Produktion mit <u>häufigem</u> Einsatz von PFAS	Herstellung/Wartung von Feuerlöschern und Feuerlöschanlagen; Metallverarbeitung/Galvanik; wasserabweisende Textilien; chem. Industrie (Herstellung von Feuerlöschschäumen, Imprägnierungsmitteln, Skiwachsen)
Gewerbliche / industrielle Produktion mit <u>untergeordnetem</u> Einsatz von PFAS oder Einsatz in <u>geringen Mengen</u>	Chem. Industrie (Pflanzenschutzmittel, Fluorpolymere, Reinigungs- und Kosmetikprodukten, Lacke/Farben mit PFAS-Additiven, u.v.m.); chem. Reinigung (imprägnieren); Papier/Karton (Beschichtung); Halbleiterindustrie/Leiterplattenherstellung; Herstellung von Druckerzeugnissen, Vervielfältigen von Ton-, Bild- und Datenträgern (Fotoindustrie); Einsatz von Hochleistungs-Hydraulikflüssigkeiten (inkl. Luftfahrt); Automatische Löschschaumeinrichtungen (Lager/Umschlag von brand- und/oder explosionsgefährdenden Gütern oder Flüssigkeiten)



3a) Ergebnisse / Empfehlungen der AG: welche Branchen?

Abfallstandorte

Entsorgung von PFAS-haltigen Abfällen,
Feuerlöschübungen auf Deponien,

- Deponien zur Entsorgung von PFAS-haltigen Produkten oder Produktionsabfällen
- Brandübungsplätze auf Deponien

Unfallstandorte

Unfallstandorte

Brandbekämpfung (Brandereignisse mit Einsatz von Löschschäumen)



3b) Ergebnisse / Empfehlungen der AG: welche PFAS?

1	2	3
Minimalprogramm	Minimalprogramm erweitert	Vollprogramm
PFBA, PFPeA, PFHxA, PFHpA, PFOA, PFNA, PFBS, PFHxS, PFOS Mindestens das Minimalprogramm mit den vom BAFU empfohlenen 9 PFAS-Einzelsubstanzen (mit bekannten Tox. faktoren). K-Wert = 50 ng TEQ / l	PFBA, PFPeA, PFHxA, PFHpA, PFOA, PFNA, PFBS, PFHxS, PFOS, +?, +?, 1?,... Bei Hinweisen aus der Historischen Untersuchung auf zusätzliche relevante PFAS kann das Minimalprogramm erweitert werden. Für eine altlastenrechtliche Beurteilung müssen die entsprechenden Toxizitätsäquivalenzfaktoren (TEF) herzuleiten.	Σ ca. 30 PFAS = von den Analytiklabors angebotenes PFAS-Untersuchungsprogramm & nach bisheriger Erfahrungen: Capstone A/B, ADONA, 6:2-FTS, 8:2-FTS sowie GEN-X. Für eine umfassende Abklärung der Situation bzw. bei Unsicherheiten über den PFAS-Einsatz wird das Vollprogramm empfohlen.



3c) Ergebnisse / Empfehlungen der AG: welche Priorisierung?

Die Arbeitsgruppe empfiehlt bei PFAS-Untersuchungen folgende Priorisierung:

- 1) Brandübungsplätze Betriebe (Werksfeuerwehren) sowie Feuerwehr-Ausbildungsstätten
- 2) Untersuchungsbedürftige Betriebe, Unfallstandorte (inkl. Brände) und Deponien = Bearbeitung im Rahmen des **aktuellen Vollzugs** *
- 3) Brandübungsplätze Gemeinden (darunter vermutlich einige neue Standorte) *
- 4) Bisher nicht untersuchungsbedürftige Standorte (Klassierung gemäss Art. 5 AltIV) sowie **bereits untersuchte oder sanierte** Standorte (Klassierung gemäss Art. 8 AltIV) */**

*zusätzliche Priorisierung unter Berücksichtigung der Schutzgüter (Gefährdungsabschätzung, Nutzung von Flächen, Gewässern etc.)

** vorzugsweise Nutzung der bereits vorhandenen Beprobungsstellen

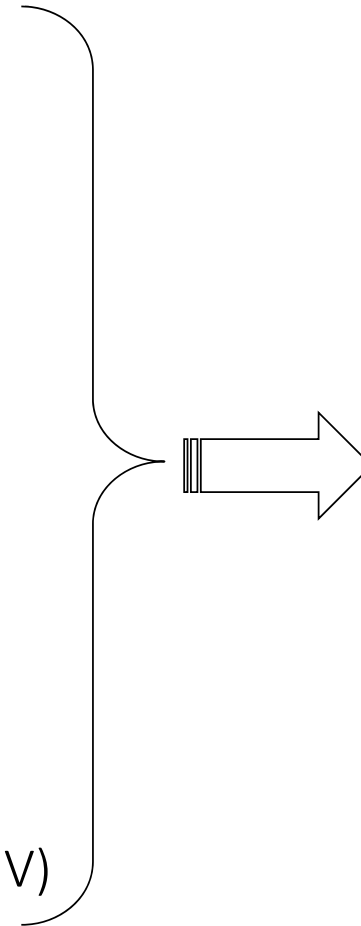
Entscheid über das Vorgehen liegt bei den kantonalen Behörden.



3) Ergebnisse / Empfehlungen der AG

Themen:

- Branchen: KbS-Entscheidungsbäume
- Löschung aus dem KbS
- Untersuchungsstrategie
- Umfang Analyseprogramm
- TOP-Assay
- Priorisierung
- Standortabgrenzung
- Literaturrecherche Sanierungen
- Sanierungen (inkl. Sicherung als Sanierung)
- Dringlichkeit
- Bauen auf belasteten Standorten (Art. 3 AltIV)



2024
Publikation

PFAS:
Projekt-
Schluss-
bericht



4) Politische Vorstösse: Motion Maret 22.3929

22.3929 MOTION	
Festlegung von PFAS-spezifischen Werten in Verordnungen	
Eingereicht von:	 MARET MARIANNE Die Mitte-Fraktion, Die Mitte, EVP. Christlichdemokratische Volkspartei der Schweiz
Berichterstattung:	BULLIARD-MARBACH CHRISTINE, MUNZ MARTINA
Einreichungsdatum:	15.09.2022
Eingereicht im:	Ständerat
Stand der Beratungen:	Überwiesen an den Bundesrat

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

— EINGEREICHTER TEXT

Der Bundesrat wird beauftragt, in den entsprechenden Verordnungen die folgenden PFAS spezifischen Werte festzulegen:

- Grenzwerte und Bedingungen für die Entsorgung von Materialien (Abfallverordnung)
- Konzentrationswerte zur Evaluierung der Belastungen des Bodens und der Untergründe (Altlasten-Verordnung und Verordnung über Belastungen des Bodens)
- Grenzwerte für die Einleitung in Gewässer

BEREICH NACHSORGE !



4) Politische Vorstösse: Motion Maret 22.3929: Werte in der AltIV!

- Mo Maret ist in SR und NR angenommen → Projekt im BAFU gestartet (Projektleitung: Bettina Hitzfeld, Abteilung Boden und Biotechnologie)
 - Auftrag: Wir müssen die momentanen PFAS-Werte auf Ihre Vollzugstauglichkeit überprüfen.
 - Um diese Prüfung machen zu können, müssen wir genügend Wissen über belastete Standorte mit PFAS zusammentragen, um dem BR Werte mit ausreichender Sicherheit und gutem Gewissen vorschlagen zu können
- MESSEN, MESSEN, MESSEN!
- Umfrage bei Kantonen (Sommer 2024)
 - Evaluation und Diskussion mit Kantonen (2024/2025)
 - Gegenüberstellung mit Daten zur Grundbelastung (Boden & naqua)





4) Politische Vorstösse

20.3593	Mo. Munz	Verb...	Fluorwachsen auch im Breitensport.
20.4699	Ip. Pfister Gerhard	Sch...	... durch PFAS-Export?
21.3873	Ip. Schneider Schüttel	We...	... und Abbauprodukte gelten als "forever-
21.4117	Mo. Wettstein	I...	... Bindungen.
22.3790	Po. Schneider Schüttel		
22.4228	Ip. Gugger		
22.4233	Ip. Trede		
22.4515	Ip. Schneider Schüttel	Ko...	... zer
22.4585	Po. Moser	Aktionsplan zur Reduktion der Belastung von Mensch und Umwelt durch langlebige Chemikalien.	
23.3499	Mo Ko UVEK	Produkte mit PFAS bereites am Ursprungsort begrenzt	
23.7227	Fra. Moser	Ewige Chemikalien: Wann handelt der Bundesrat?	
23.7256	Fra. Fivaz Fabien	Verbot von PFAS: Welcher Zeitplan?	

22.4585 POSTULAT

Aktionsplan zur Reduktion der Belastung von Mensch und Umwelt durch langlebige Chemikalien

Eingereicht von:

Bekämpfer/in:

Einreichungsdatum:

Eingereicht im:

Stand der Beratungen:

 **MOSER TIANA ANGELINA**
Grünliberale Fraktion
Grünliberale Partei

BÜHLER MANFRED
16.12.2022
Nationalrat
Überwiesen an den Bundesrat



5) Diverses & Ausblick

- Dissertation am CHYN (Scattolini Francesco bei Daniel Hunkeler)
- Restriction Proposal, EU: The proposal was prepared by authorities in Denmark, Germany, the Netherlands, Norway and Sweden and submitted to ECHA on 13 January 2023. [All news - ECHA \(europa.eu\)](#)
- BAFU: Naqua: Publikation BAFU-Website September/Oktober 2023
- Andere Bundesämter:
 - BLV:
 - [PFAS Untersuchungen in Fließgewässern, Fischen und Abwasser. Jürg Wüthrich, Kanton St. Gallen.](#) → Vgl. mit EFSA*: z.T. dürften wöchentlich nur wenige Gramm verzehrt werden
 - Kontaminantenverordnung: Neue Höchstwerte für PFAS in Lebensmitteln ab 1.1.2024 für Fisch, Fleisch, Eier (Wert gemäss EFSA). Übernahme EU-Werte.
 - Total Organic Fluorine (TOF) in Lebensmittelkontaktmaterialien (Karton, Papier, Bagasse)
 - BAG: [Pilotphase der Schweizer Gesundheitsstudie: Ergebnisse des Humanbiomonitorings](#) PFAS in CH-Serum: Median: PFOA: 1.3ng/mL und PFOS: 6.1 ng/mL → PFAS in CH-Bevölkerung liegen in der gleichen Grössenordnung wie in EU-Ländern



5) Diverses & Ausblick

- Motion Maret:
 - September 2023: Arbeiten starten
 - 2024/2025: Evaluation / Diskussion PFAS-Werte
- Entsorgung
 - Versuche im Zementwerk
 - PFAS-Emissionen von in Betrieb stehenden Deponien
- Kommunikation / Information:
 - Frühjahr 2024: Publikation Projekt-Schlussbericht «PFAS im Bereich Altlasten»
 - 2024: PFAS-Workshop oder PFAS-Symposium



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr,
Energie und Kommunikation UVEK
Bundesamt für Umwelt BAFU
Abteilung Boden und Biotechnologie

ATLASTEN SCHWEIZ

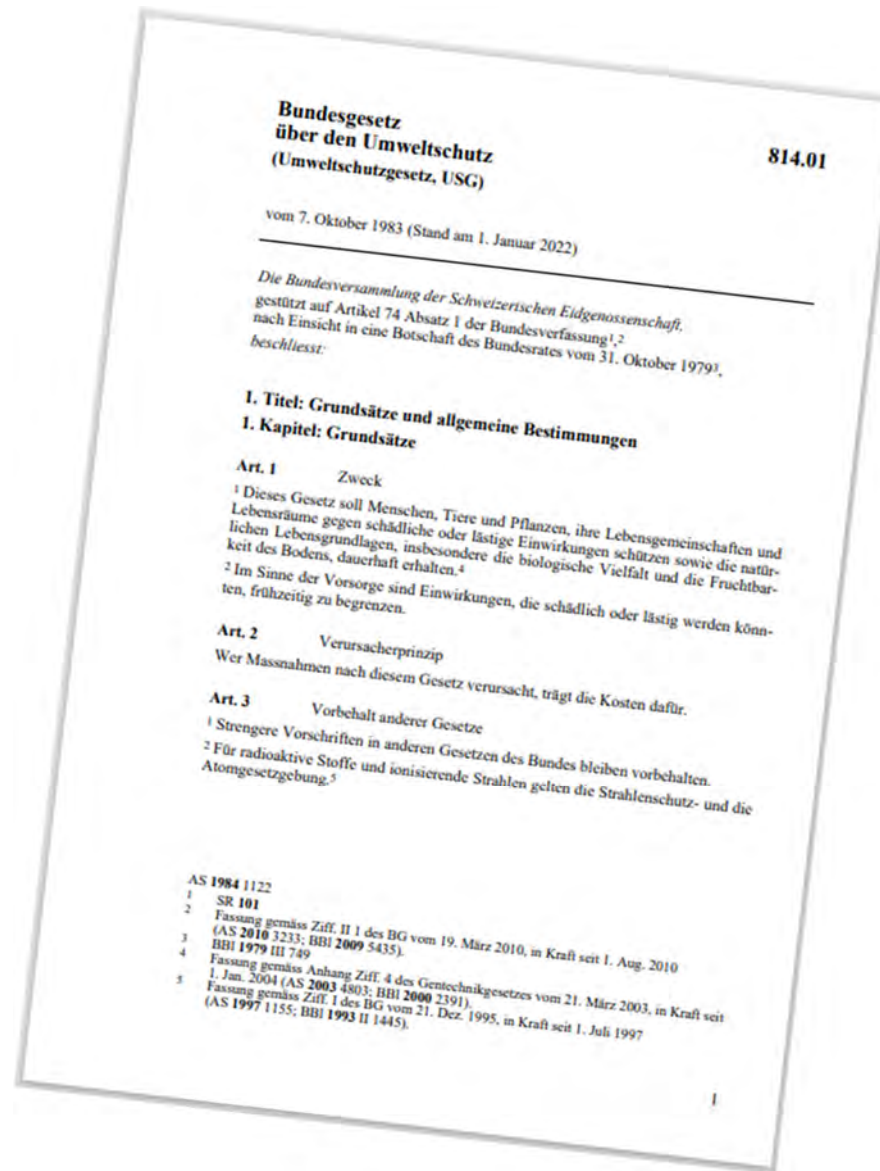
—Symposium 2023—

Infoblock BAFU

Sektion Altlasten, BAFU



Revision USG





Themen des Revisionspakets USG

- Lärm,
 - **Altlasten,**
 - Lenkungsabgaben,
 - Finanzierung von Aus- und Weiterbildungskursen,
 - Informations- und Dokumentationssysteme,
 - Strafrecht
-
- Eröffnung der Vernehmlassung: 8. September 2021
 - Ende der Vernehmlassung: 30. Dezember 2021
 - Beratung im Parlament (Kommissionen und Plenum): läuft seit 16.12.2022

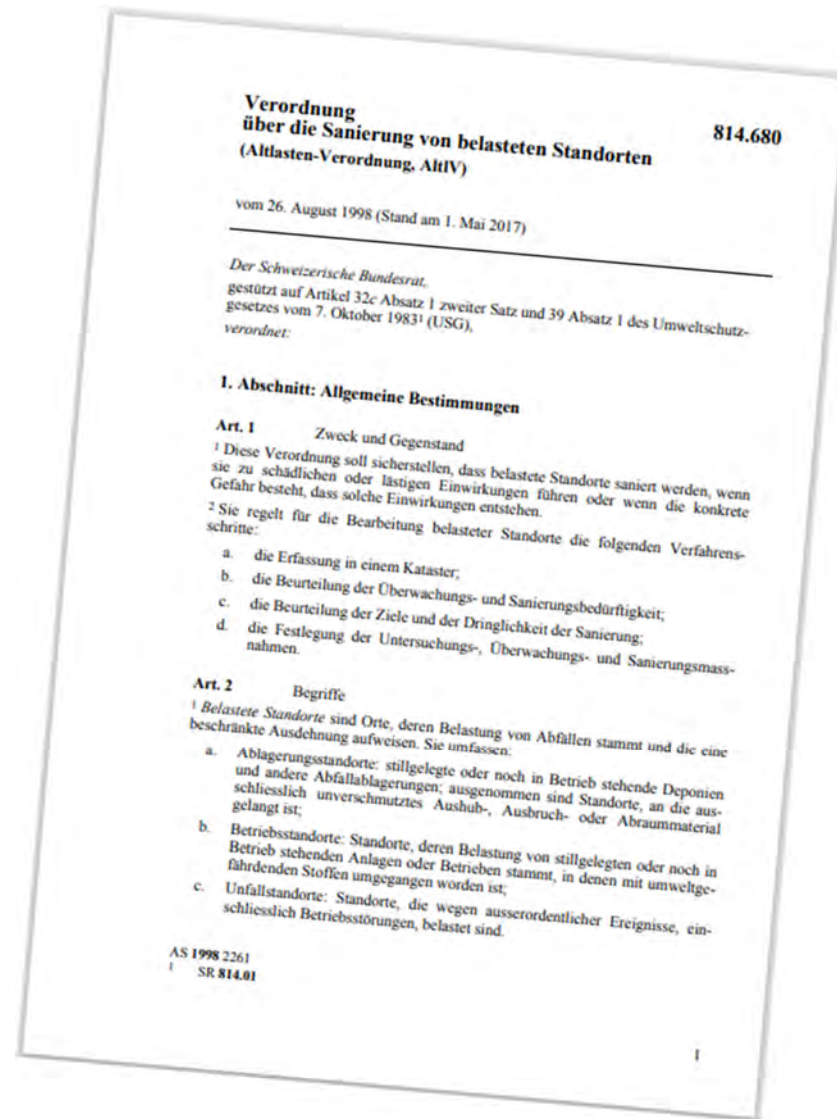


Gegenstand der USG-Revision im Bereich Altlasten

- Umsetzung der Mo. Salzmann: Rückkehr zu **40% Abgeltungen an die Sanierung von 300m-Schiessanlagen.**
- Umsetzung der Ip. Baume-Schneider: **Erhöhung** der Abgeltungen an die Ausfallkosten der **Sanierung von Betriebsstandorten von 40% auf 60%.**
- Einführung von **Fristen** für Abgeltungen aus dem Altlastenfonds: **2028 2032 für die Untersuchungen und 2040 2045 für die Sanierungen.**
- Einführung von zusätzlichen und **rückwirkenden pauschalen Abgeltungen** an die Untersuchung und Sanierung von belasteten Standorten: **Fr. 3'000.- für die Voruntersuchung, Fr. 5'000.- für die Sanierung von Schiessanlagen und Fr. 10'000.- für die übrigen Sanierungen.**
- **Unterstellung der Kinderspielplätze und vergleichbarer Flächen mit belasteten Böden der Altlasten-Verordnung:** Verpflichtung zur Untersuchung und Sanierung bei öffentlichen Flächen; Freiwilligkeit bei Flächen im Privatbesitz. Mitfinanzierung über den Altlastenfonds bis 2060.



Revision AltIV – Art. 18. Abs. 3





Ausgangslage / Art. 18 Absatz 3 AltIV Art. 19 Abs. 3 VVEA

– Art. 19 Aushub- und Ausbruchmaterial

...

³ Aushub- und Ausbruchmaterial, das die Anforderungen nach Anhang 3 Ziffer 2 nicht erfüllt, darf nicht verwertet werden. Ausgenommen sind die Verwertung im Zementwerk gemäss Anhang 4 Ziffer 1 und die Verwertung von Aushub- und Ausbruchmaterial, das die Anforderungen nach Anhang 5 Ziffer 2.3 erfüllt:²³

- a. als Baustoff auf Deponien der Typen C–E; oder
- b.²⁴ im Rahmen der Sanierung der Altlast, auf der das Material anfällt; eine dafür allenfalls notwendige Behandlung des Materials muss auf oder direkt neben der Altlast erfolgen.



Art. 18 Absatz 3 AltIV

Vorschlag Verordnungstext

Art. 18 Festlegung der erforderlichen Massnahmen

...

- 3 Die Behörde kann ausnahmsweise und mit Zustimmung des BAFU den Wiedereinbau von belastetem Aushubmaterial, das die Anforderungen an die Verwertung von Aushubmaterial nach Artikel 19 der Abfallverordnung vom 4. Dezember 2015 nicht erfüllt, für den Standort, an dem das Material anfällt, genehmigen, wenn:
- a. dadurch die Umwelt gesamthaft weniger belastet wird; und
 - b. nachgewiesen ist, dass das wiedereingebaute Aushubmaterial nicht zu schädlichen oder lästigen Einwirkungen führt oder nicht die konkrete Gefahr besteht, dass solche Einwirkungen entstehen.



Art. 18 Absatz 3 AltIV Terminplan Verordnungspaket Frühjahr 2024 (BAFU)

Vernehmlassung: 15.06.2023 - 6.10.2023
Inkraftsetzung: 01.05.2024





[Thema Altlasten \(admin.ch\)](https://admin.ch)