

Bioventing

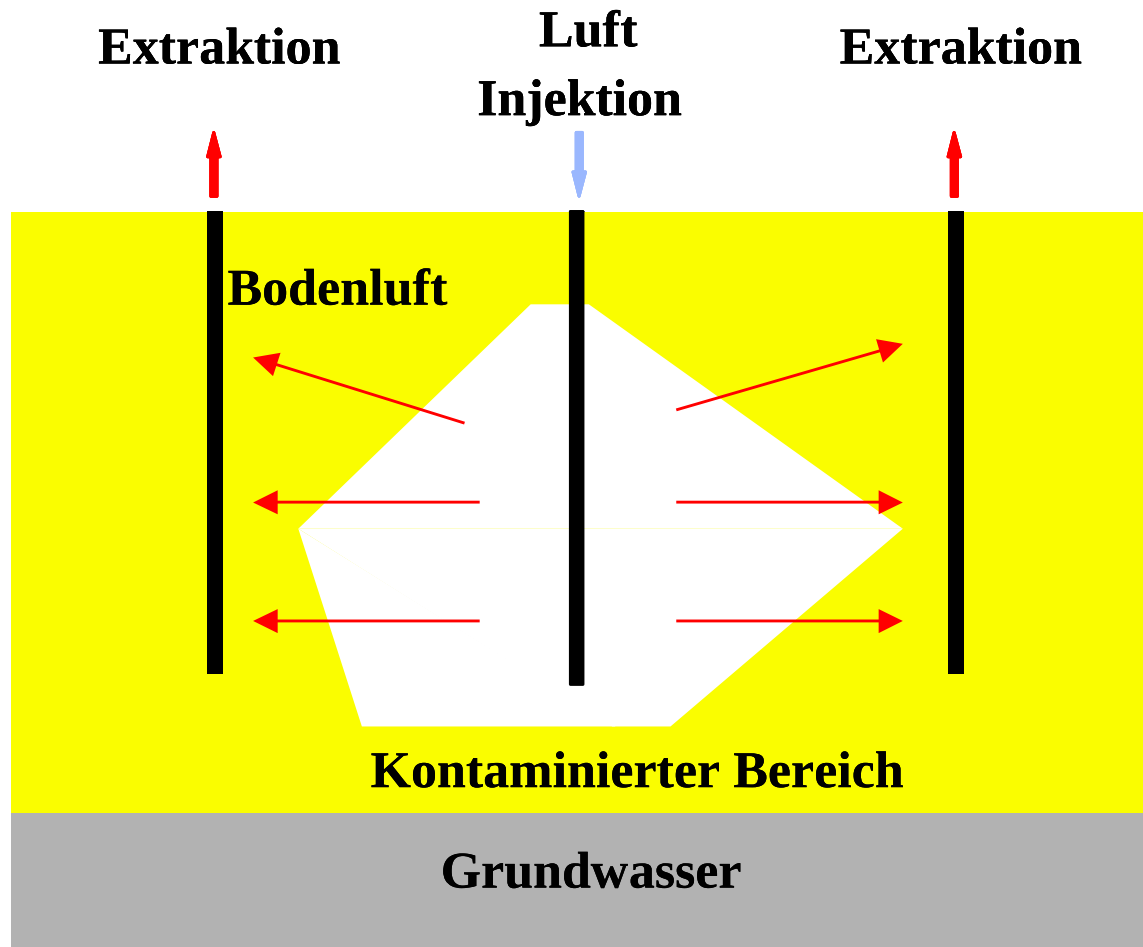
Herausforderungen in der praktischen Anwendung

Planung = Vermeidung von vorhersehbaren Fehlern

- 1. Erkundung mit 3D Untergrundaufbau und 3D Schadensbild**
- 2. biol. dim. Parameter und Vorversuche**
- 3. phys. dim. Parameter und Vorversuche**
- 4. Planung mit Zieldefinition**
- 5. Feldumsetzung**

- **BIOVENTING**
- **ERB aus Leitfaden gelten**
- **Vorversuche lt. Leitfaden nötig
aber nicht hinreichend**
- **Dimensionierungsversuche nötig**

Bioventing



Zielsetzungen:

- **biolog. Aktivität**
- **Milieu-limitierende Faktoren**
- **Abbaukinetik**
- **Abbaugrenzen**
- **Belüftungsreichweiten**

Instrumente:

- **Atmungstest AT₄**
- **Abbautests**
 - **Suspensionsversuch**
 - **Säulenversuch**
- **In situ Respiration**

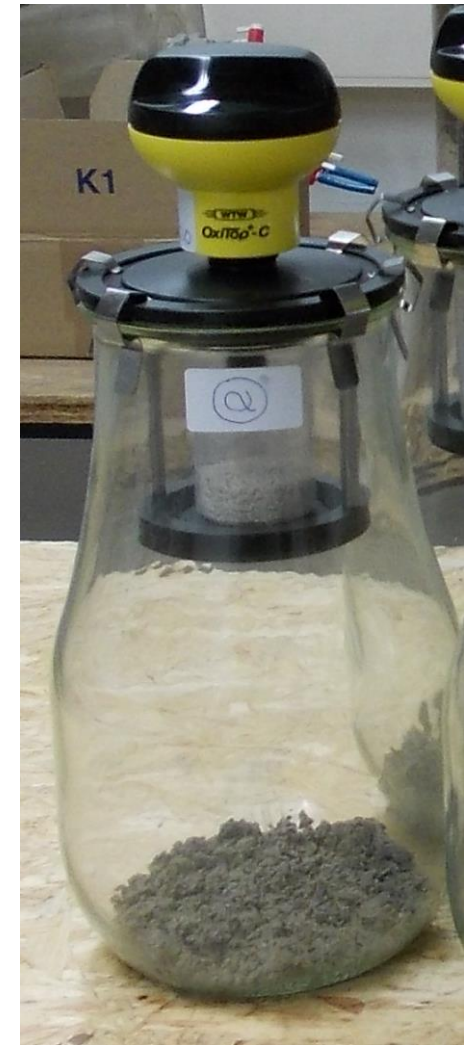
Biolog. Atmung (AT₄)

Zielsetzung:

- mikrobielle Aktivität
- Limitierende Faktoren

Prinzip:

- Manometrische Messung der Druckänderung im geschlossenen System innerhalb von 4 Tagen

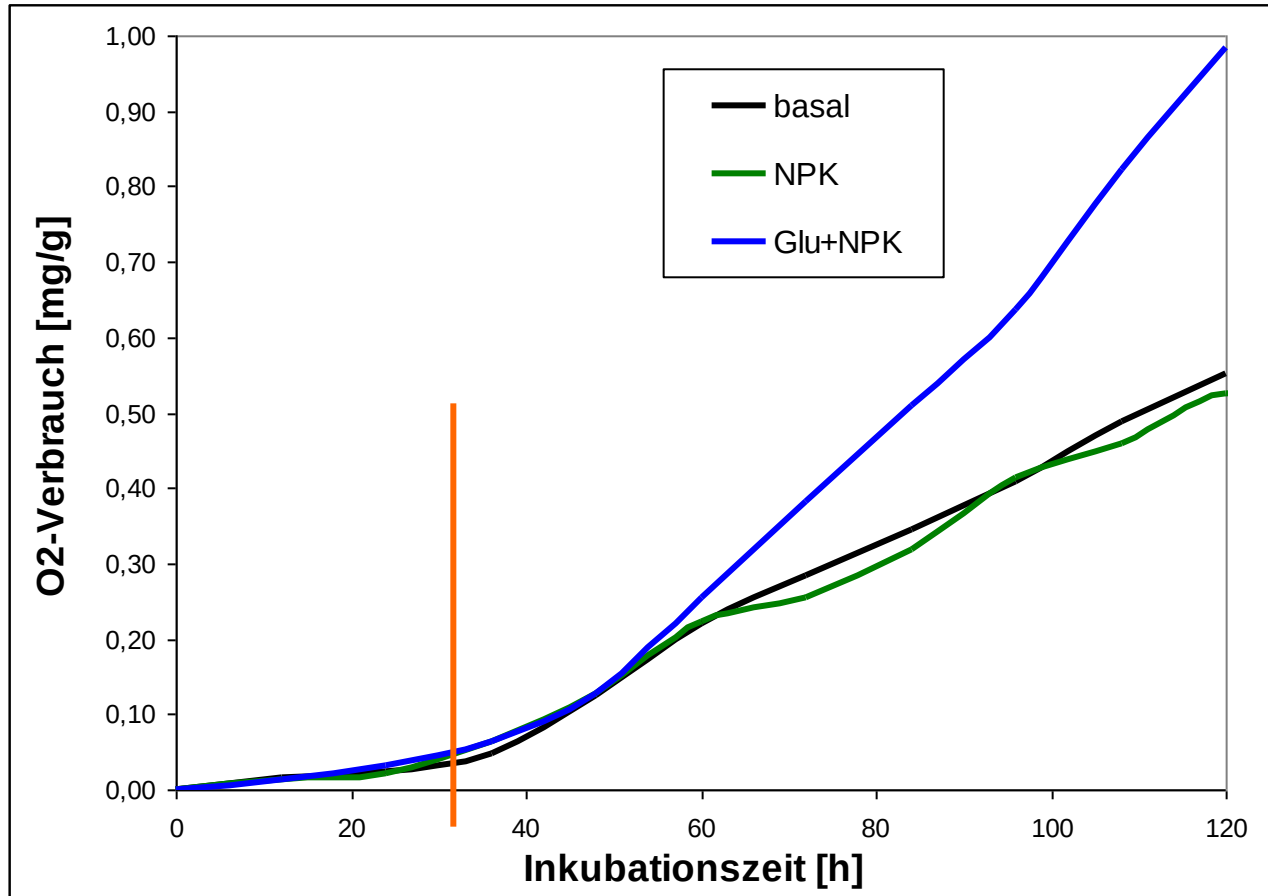


Biolog. Atmung (AT_4)

$$AT_4 = \frac{M_{O_2} \cdot V_f \cdot \Delta p}{m_B \cdot R \cdot T}$$

AT_4	Atmungsaktivität	[mg O ₂ /g x 4d]
M_{O_2}	Molgewicht Sauerstoff	[g/mol]
R	allg. Gaskonstante	[mbar/mol x K]
T	absolute Temperatur	[K]
Δp	Druckabnahme	[mbar/4d]
m_B	Masse Boden	[kg]
V_f	freies Gasvolumen	[l]

Ergebnis:



Interpretation:

Parameter	Aktivität		Einheit
	schwach	groß	
AT4	0,02	0,50	[mgO ₂ /g(Boden)*4d]

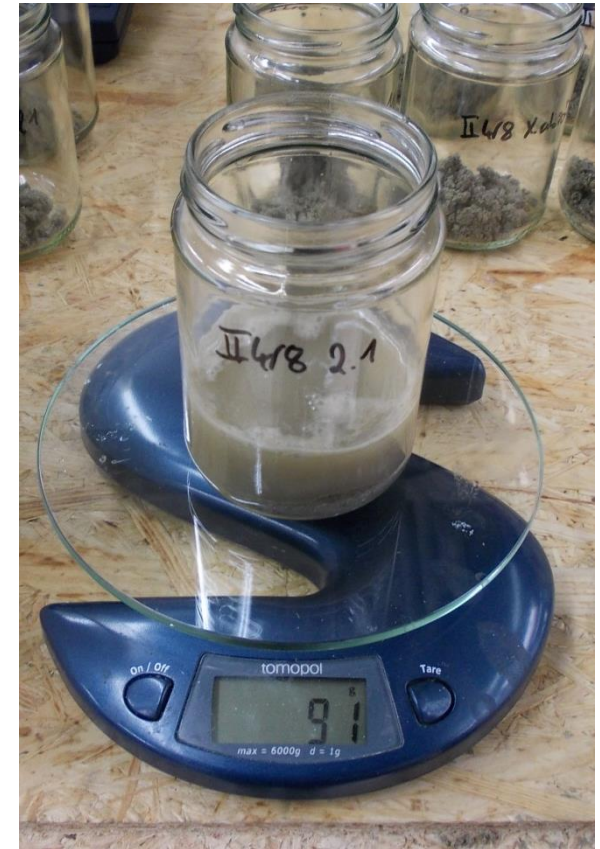
Suspensionsversuch

Zielsetzung:

- Abbaukinetik
- Abbaugrenze

Prinzip:

- Abbau unter optimalen Beding.
- Periodische chem. Analyse



Suspensionsversuch

TE**RA**
s[oil] · water · waste

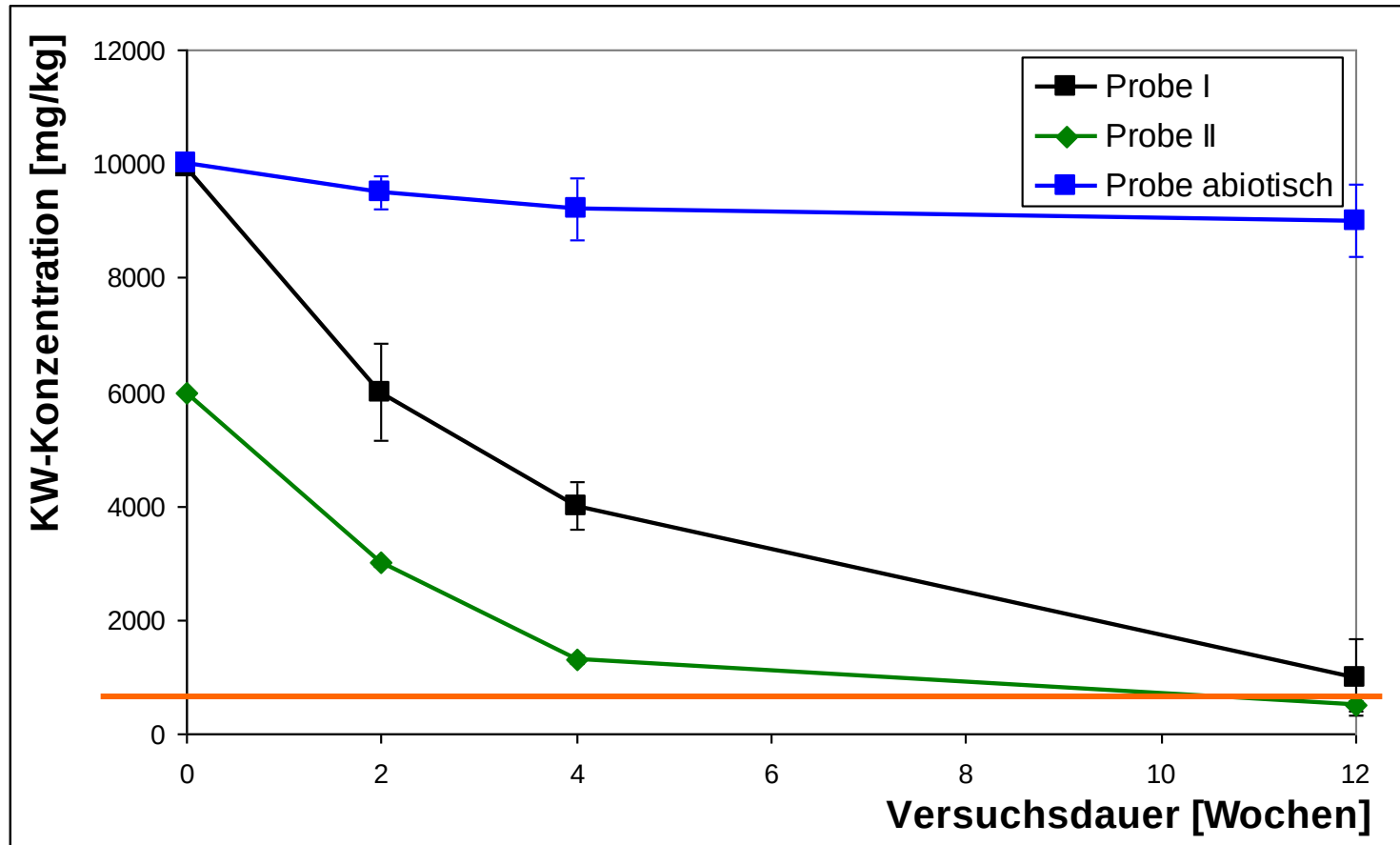


Kontakt: office@terra.cc

Ölalarm: 059800 7777

Suspensionsversuch

Ergebnis:



Säulenversuch

Zielsetzung:

- Abbaukinetik
- Technologie testen
- Betriebsparameter

Prinzip:

- in situ-Bedingungen simulieren
- periodische chem. Analyse

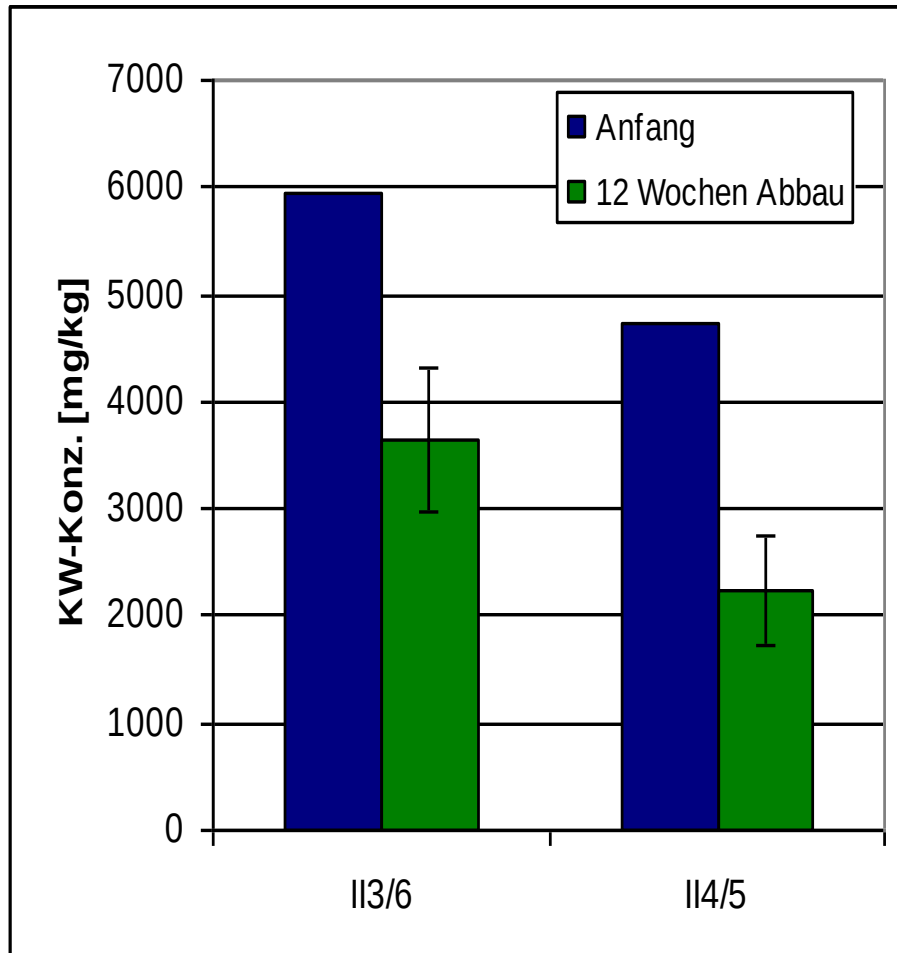


Säulenversuch



Säulenversuch

Ergebnis:



Abbauversuche

Interpretation:

Parameter	Abbauleistung		Einheit
	schwach	groß	
Abbaurrate	1	12	[mg KW/ kg(Boden)*d]

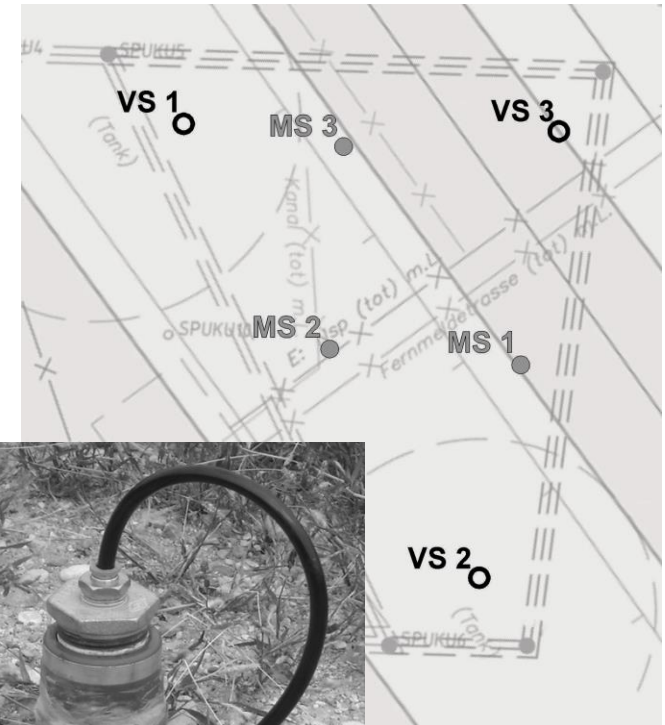
In situ Respiration

Zielsetzung:

- Sauerstoffzehrung
- Einblasraten
- Einsatzreichweiten

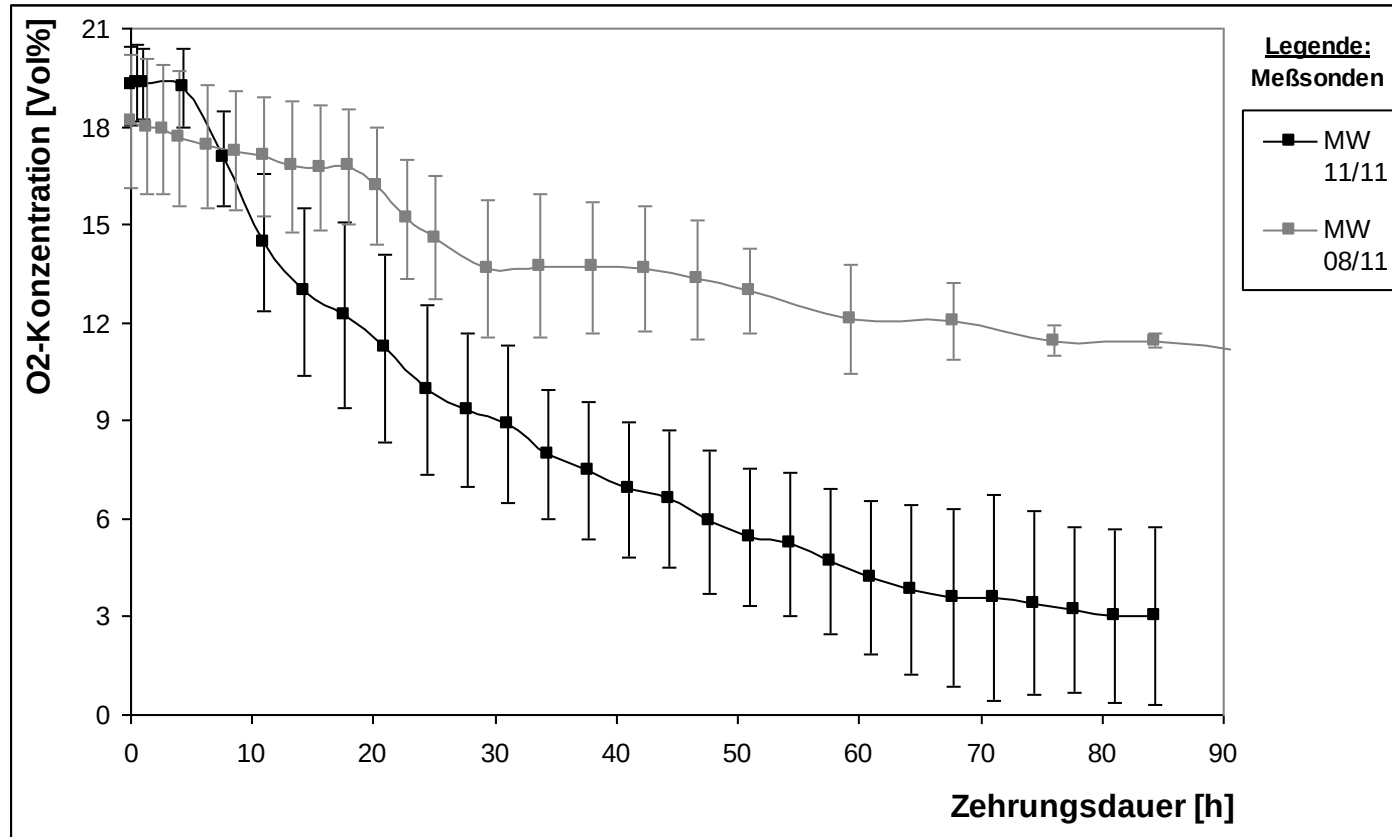
Prinzip:

- aerobisierter Ausgangszustand
- in situ-Messung der Sauerstoffabnahme



In situ Respiration

Ergebnis:



In situ Respiration



Interpretation:

Parameter	Aktivität		Einheit
	schwach	groß	
Zehrungsrate	2	12	[Vol%O ₂ /d]
	1	6	[mgO ₂ /l*d]

Abbaurate (Venting)

$$k_B = \frac{-x_O \cdot \rho_{O_2} \cdot \vartheta \cdot \beta_{CO} \cdot (0,01)}{\rho_B}$$

(Leeson &
Hinchee, 1998)

k_B	biologische Abbaurate	[mg/kg x d]
x_O	Sauerstoffzehrung	[%/d]
ρ_{O_2}	Dichte Sauerstoff	[mg/l]
ϑ	gasgefüllter Porenraum des Bodens	[m³/m³]
β_{CO}	Massenverhältnis repräsentativer Kohlenstoff (Hexadecan) zu Sauerstoffverbrauch	
ρ_B	Dichte Boden	[g/cm³]

Belüftungsrate (Venting)

$$Q = \frac{-x_o \cdot V \cdot \vartheta}{(c_{o_{max}} - c_{o_{min}}) \cdot 60 \left[\frac{\text{min}}{h} \right]}$$

(Leeson & Hinchee, 1998)

Q	Belüftungsrate	[m³/min]
x_o	Sauerstoffzehrung	[%/d]
V	Volumen des behandelten Untergrunds	[m³]
ϑ	gasgefüllter Porenraum des Bodens	[m³/m³]
c_{Omax}	maximale Sauerstoffkonzentration	[%]
c_{Omin}	kritische Sauerstoffkonzentration	[%]

Einflußradius (Venting)

$$R_E = \sqrt{\frac{Q \cdot (c_{O_{max}} - c_{O_{min}})}{\pi \cdot h \cdot \vartheta \cdot x_O}}$$

(Leeson & Hinchee, 1998)

R_E	Einflußradius	[m]
Q	Belüftungsrate	[m³/d]
c_{Omax}	maximale Sauerstoffkonzentration	[%]
c_{Omin}	kritische Sauerstoffkonzentration	[%]
π	Pi	
h	Schichtdicke des belüfteten Untergrunds	[m]
ϑ	gasgefüllter Porenraum des Bodens	[m³/m³]
x_O	Sauerstoffzehrung	[%/d]

Beispiel (Venting)

Sanierungsfläche	1000	m²	
Tiefe ungesätt. Bodenzone	6	m	
Zehrungsrate:	5	Vol%O2/d	
maximale Sauerstoffsättigung	18	Vol% O2	
minimale Sauerstoffsättigung	5	Vol% O2	
Belüftungsrate:	32	m³(Luft)/h	
Anzahl Belüftungspegel	1	3	Stk
Belüftungsrate pro Pegel	32	11	m³(Luft)/h*Pegel
Einflussradius	18	10	m/Pegel

Phys. Dimensionierung

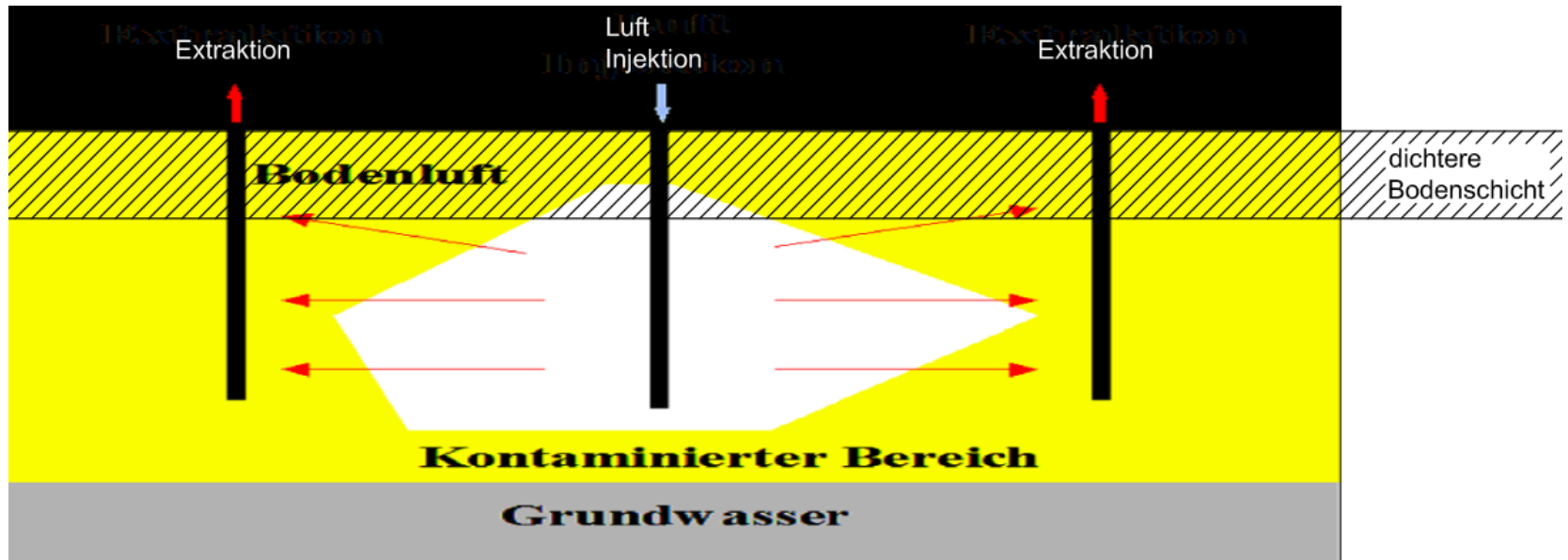
Interessierende Größen:



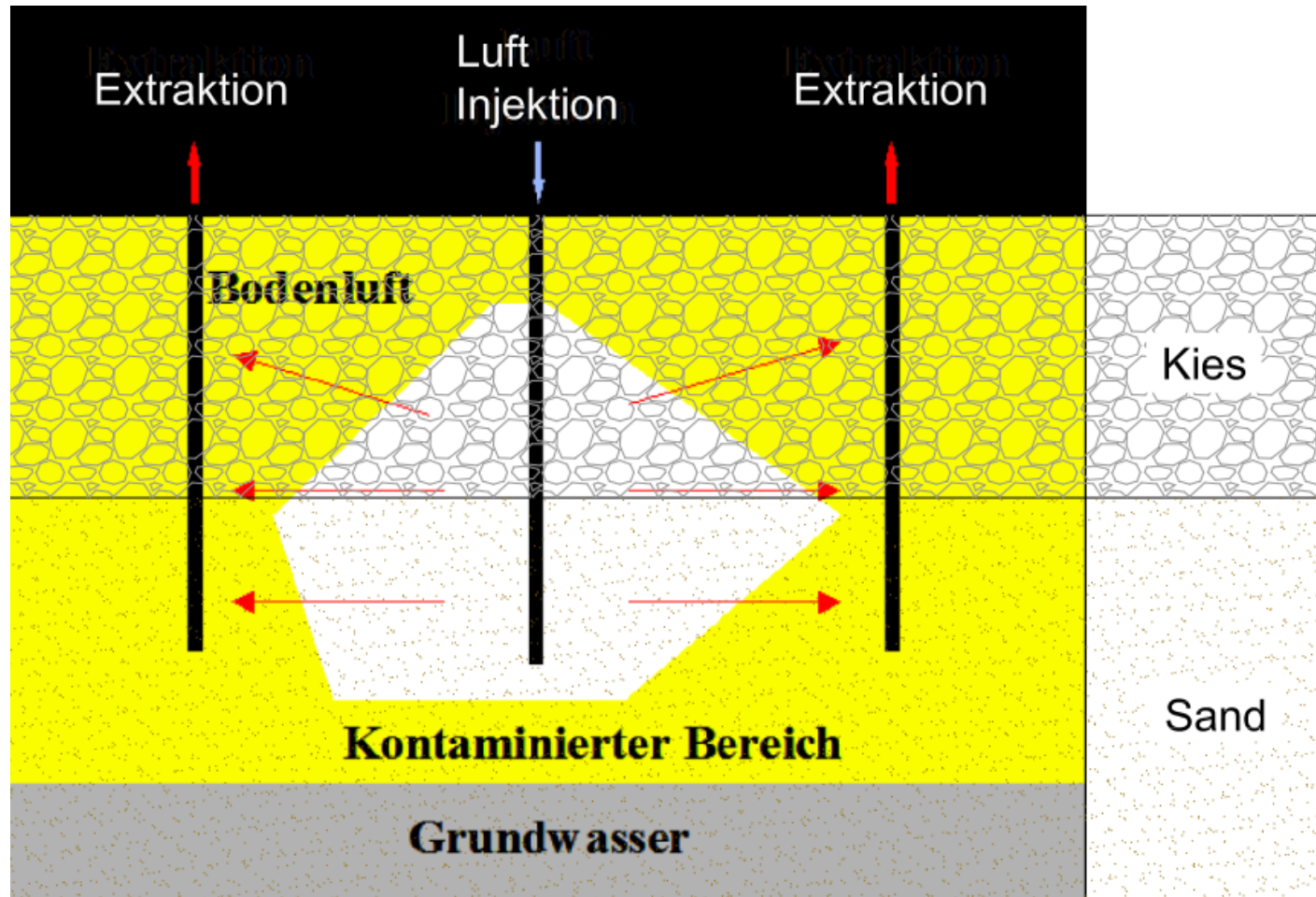
Gegebene Fläche:

- **Wieviele Pegel**
- **Wieviel Luft**
- **Druck?**

Venting phys. Dim.

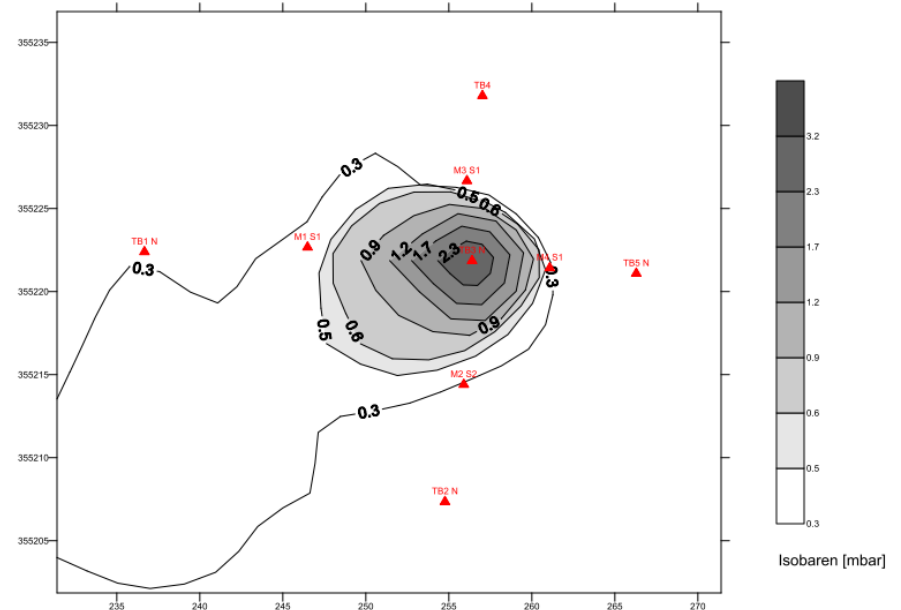
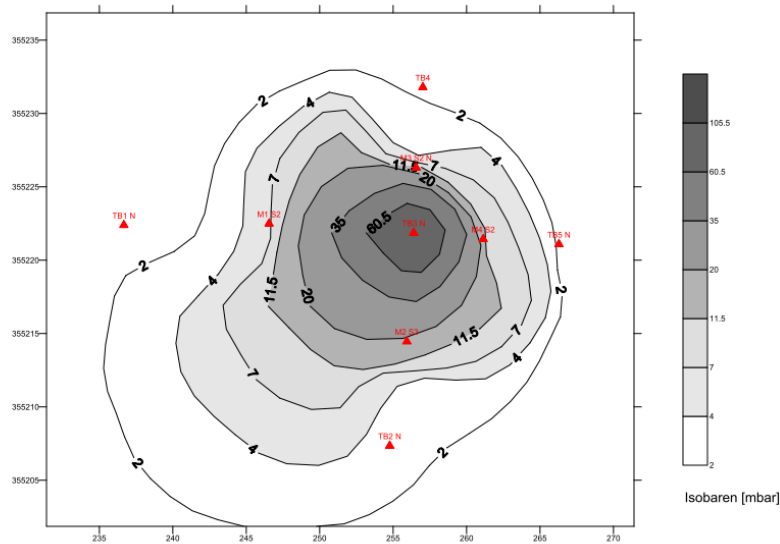


Venting phys. Dim.

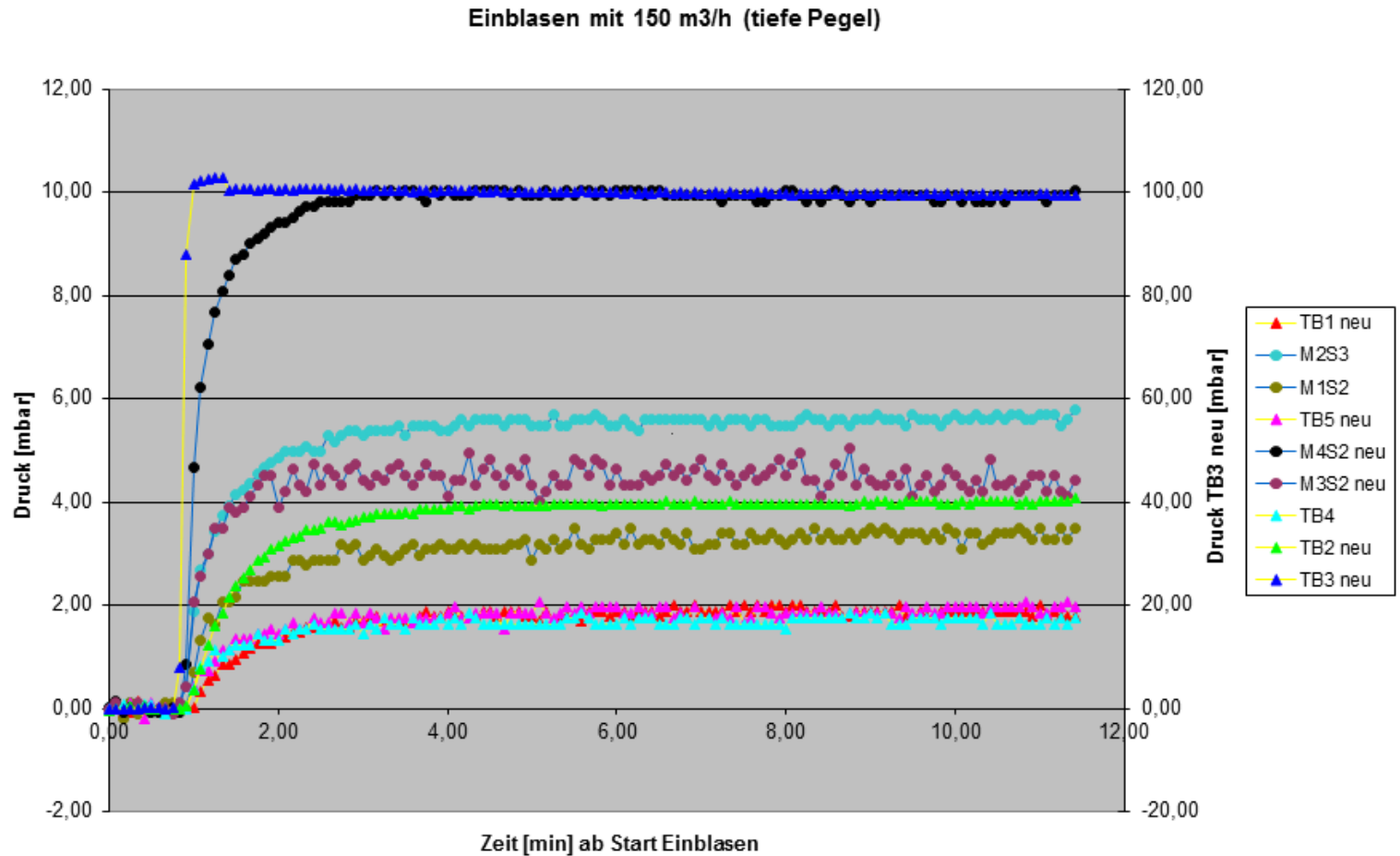


Venting phys. Dim.

BL- Absaug/Einblasversuch



Venting phys. Dim.



Venting phys. Dim.



Dimensionierungsvorversuche sind nötig für:

- **Phys. Reichweitenbestimmung**
- **Biol. Reichweitenbestimmung**
- **Bestimmung Dotationsbedarf**
- **Abschätzung der Zeitkomponente**
- **Abschätzung des Endzustandes**
- **Alternative - RISIKO**

Schlechte Planung = Einbau von vermeidbaren Fehlern

- 1. Zu viele Annahmen**
- 2. Annahmen nicht im Feld überprüft**
- 3. Abkürzungen**
- 4. Unrealistische Ziele**
- 5. Optimistische Zeitplanung**
- 6. Etc.**

- **Pegelbau – Untergrundmodell überprüfen**
- **Anlagenbau EX – Schutz Konzept festlegen**
- **Belüftungsbetrieb festlegen**
- **On-line und Intervallmonitoring festlegen**
- **Betriebsdaten mit Planung abgleichen**

Bestandteile:

- **Bodenorgane - Luftpegel**
- **Zentrale Be-/Entlüftungseinheit mit Steuerung und Messung**
- **Abluftaufbereitung**
- **Verbindungsleitungen**

Be- Entlüftung

TErrA
s[oil] · water · waste



Kontakt: office@terra.cc

Ölalarm: 059800 7777

Be- Entlüftung

TEARRA
s[oil] · water · waste



Kontakt: office@terra.cc

Ölalarm: 059800 7777

Be- Entlüftung

TEARRA
s[oil] · water · waste



Kontakt: office@terra.cc

Ölalarm: 059800 7777

Abluft Aufbereitung

TErrA
s[oil] · water · waste

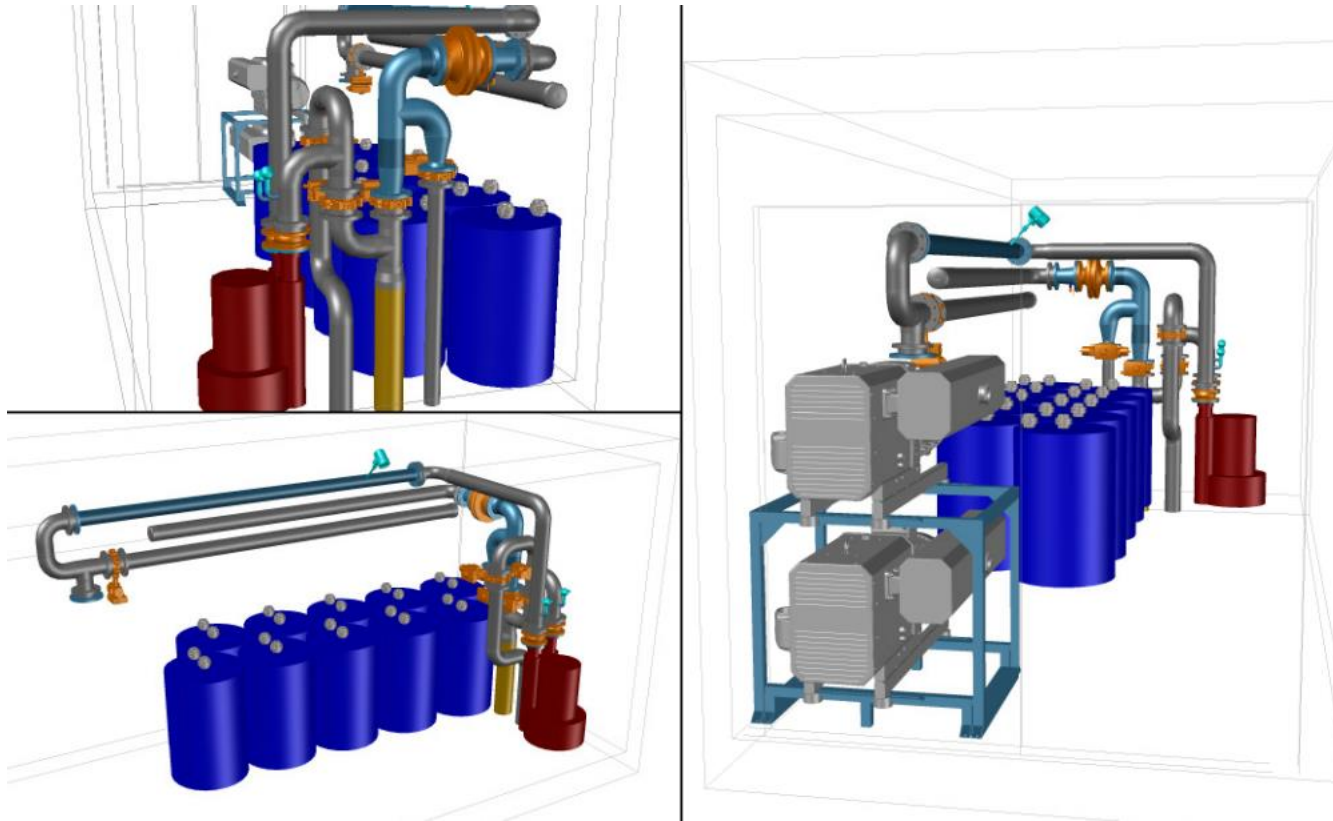


Kontakt: office@terra.cc

Ölalarm: 059800 7777

Abluft Aufbereitung

TEARRA
s[oil] · water · waste



Kontakt: office@terra.cc

Ölalarm: 059800 7777

Abluft Aufbereitung

TEARRA
s[oil] · water · waste

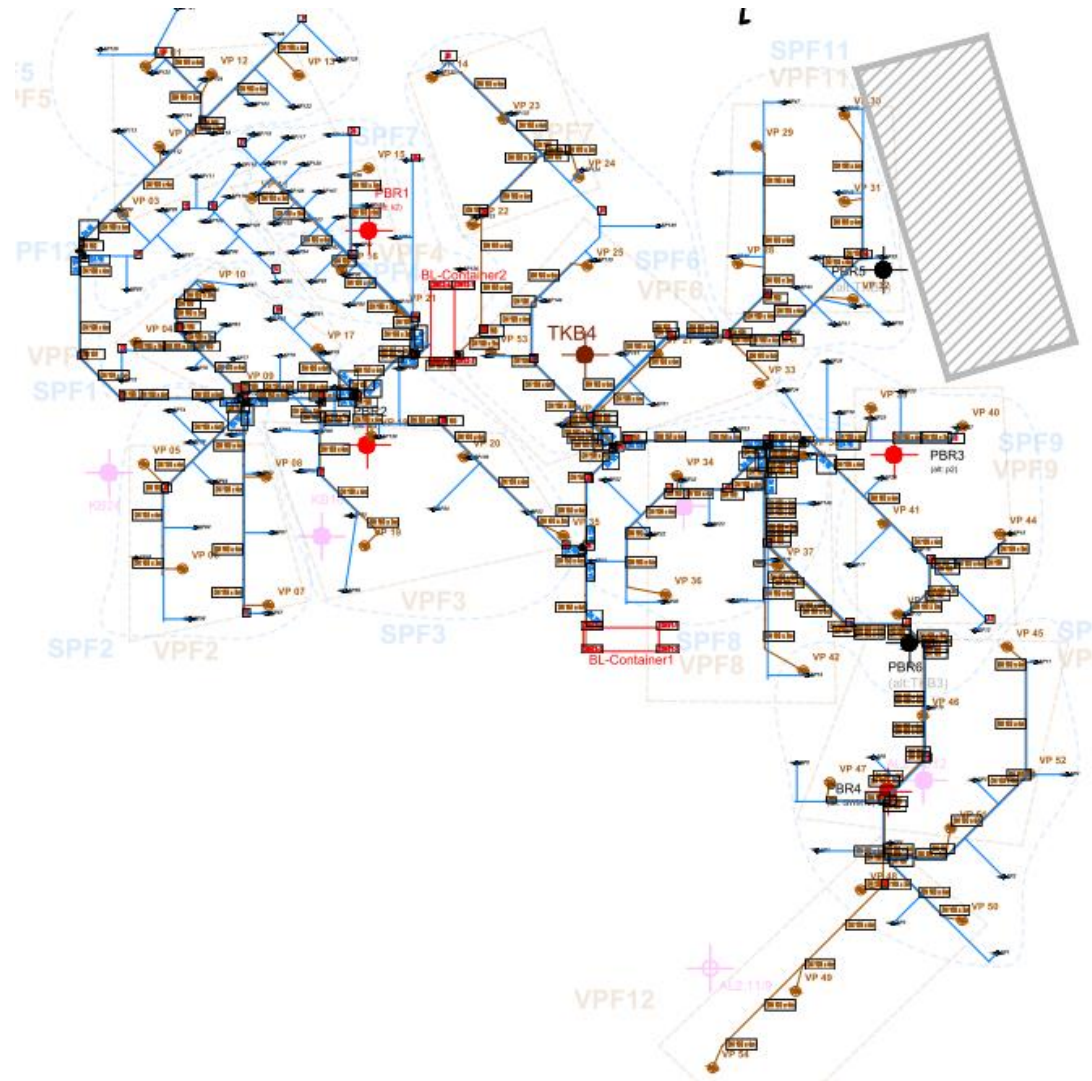


Kontakt: office@terra.cc

Ölalarm: 059800 7777

Verbindungsleitungen

TEARRA
s[oil] · water · waste



Kontakt: office@terra.cc

Ölalarm: 059800 7777

Verbindungsleitungen

TEERRA
s[oil] · water · waste



Kontakt: office@terra.cc

Ölalarm: 059800 7777

Verbindungsleitungen

TEARRA
s[oil] · water · waste



Kontakt: office@terra.cc

Ölalarm: 059800 7777

- **Vorversuche statt Vermutungen**
- **Planung mit realistischen Zielen**
- **Überprüfung der Planung im Bau**
- **Fachgerechte Ausführung**
- **Messungen im Betrieb**
- **Nachführen der Planung im Betrieb**

DANKE!

Zusammenfassung



3 D Schdensbild

Gute Erkundung

3D Untergundmodell

Dichtere Bereiche

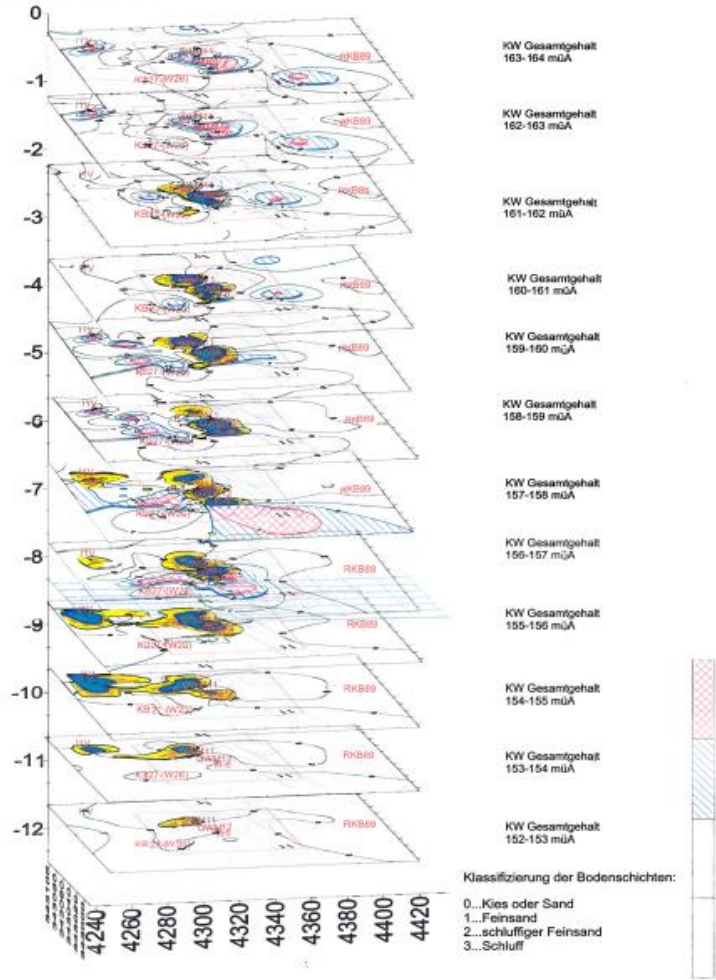
TERRABREATHE

3D Untergrundmodell

TEARRA
s[oil] · water · waste

3D-Flamination und Boden 3D
KW Gesamtgehalte
in mg/kg
Tiefen in m/A
(Vergleichsebene = 0 bei etwa 164 m/A)

TEARRA
s[oil] · water · waste

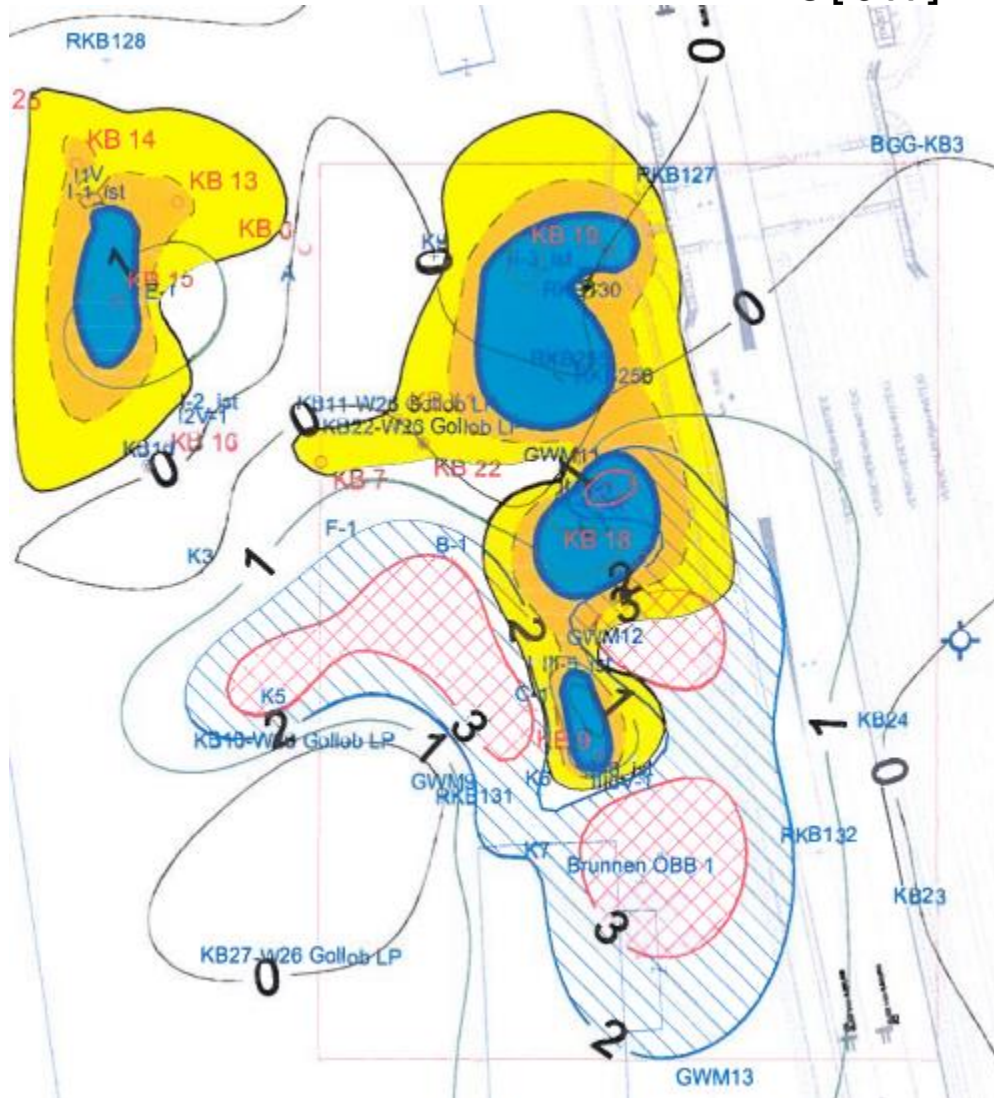


Kontakt: office@terra.cc

Ölalarm: 059800 7777

Abluft Aufbereitung

TEARA
s[oil] · water · waste



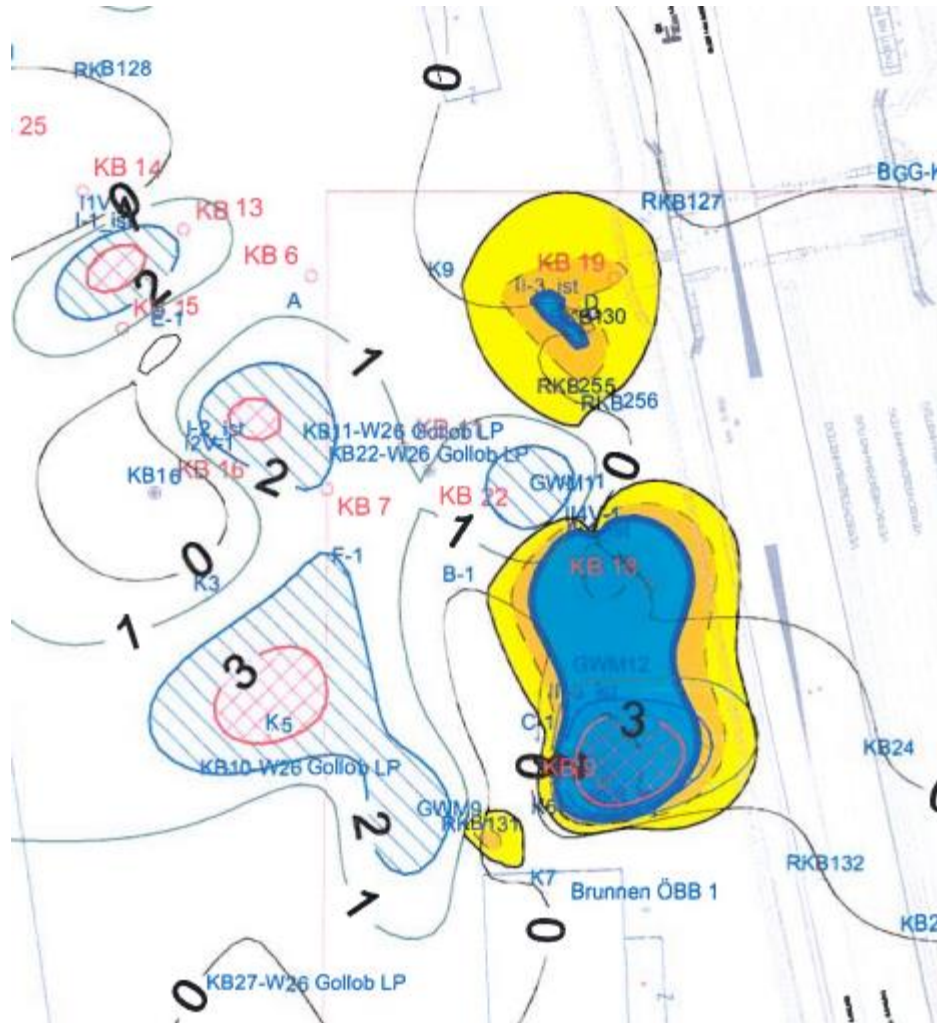
Kontakt: office@terra.cc

Ölalarm: 059800 7777

Abluft Aufbereitung

TEARA
s[oil] · water · waste

TEARA
s[oil] · water · waste



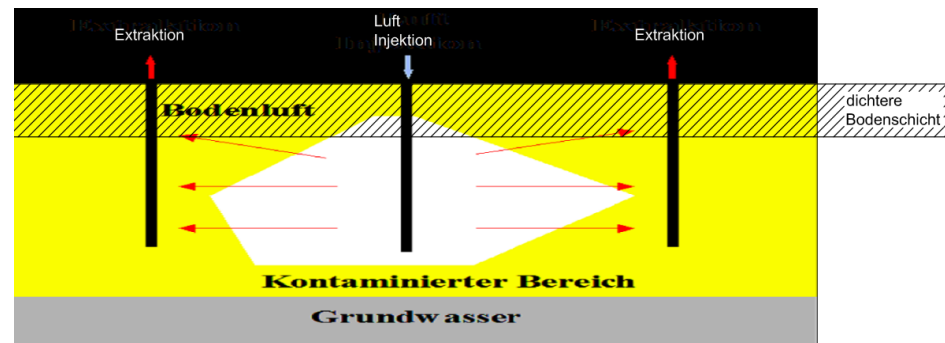
Kontakt: office@terra.cc

Ölalarm: 059800 7777

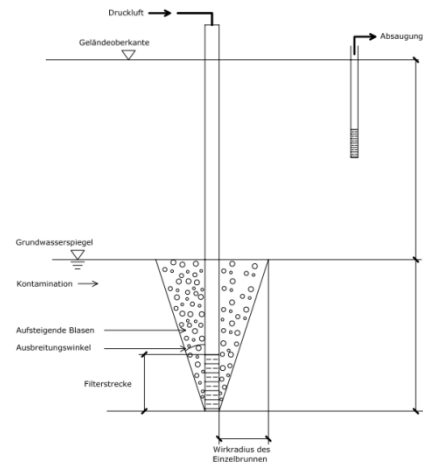
Venting phys. Dim.

Systemanordnung:

- **Horizontal**



- **Vertikal**



Interessierende Größen:

Gegebene Fläche:

- **Schichtaufbau und Bel. - System**
- **Wieviele Pegel – cut off Kriterium**
- **Wieviel Luft = Wieviel Pegel**
- **Druck – bestimmt nur die Luftmenge**

- **Pegelbau – Untergrundmodell überprüfen**
- **Anlagenbau EX – Schutz Konzept festlegen**
- **Belüftungsbetrieb festlegen**
- **On-line und Intervallmonitoring festlegen**
- **Betriebsdaten mit Planung abgleichen**