



ERFAHRUNGEN AUS DER BIOLOGISCHEN IN-SITU- SANIERUNG VON LCKW- SCHADENSQUELLEN MIT RESIDUALPHASENPROBLEMATIK

Dr. Stephan Hüttmann

Sensatec-Webinar am 3.2.2025

SENSATEC - KURZPROFIL

- ▶ Technologieanbieter für anspruchsvolle Boden- und Grundwassersanierung in-situ
- ▶ gegründet 2005
- ▶ 5 Niederlassungen: Kiel (Zentrale), Ulm, Berlin, Köln, Brandenburg
- ▶ Ca. 70 Beschäftigte
- ▶ Aktuell etwa 150 aktive In-situ-Sanierungsprojekte
- ▶ Nationale and internationale Tätigkeiten in Europa und Afrika



SENSATEC IST SPEZIALIST UND MARKTFÜHRER FÜR DIE TECHNISCHE REALISIERUNG VON MINIMALINVASIVEN IN-SITU-VERFAHREN SANIERUNG KONTAMINierter STANDORTE



Biologische Verfahren

- Direktgasinjektion (O_2 ; H_2 , CH_4)
- Anaerobe Reaktionszonen
- Bioaugmentation
- Thermisch unterstützte Biologie



Chemische Sanierungsverfahren

- ISCO-Verfahren (Modif. Fenton's; Permanganate; Persulfat; Ozon)
- ISCR-Verfahren (ZVI)
- Immobilisationsverfahren

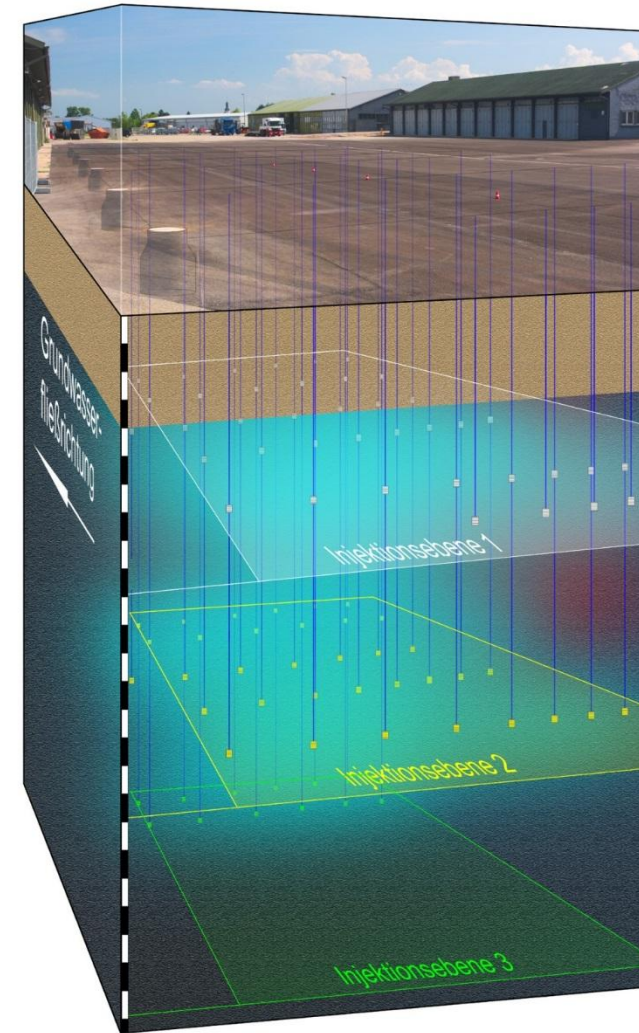


Physikalische Sanierungsverfahren

- Solarthermisch unterstützte In-situ Sanierungen
- In-situ-Bodenwaschverfahren
- Schadstoffsolubilisierung von Residualphasen

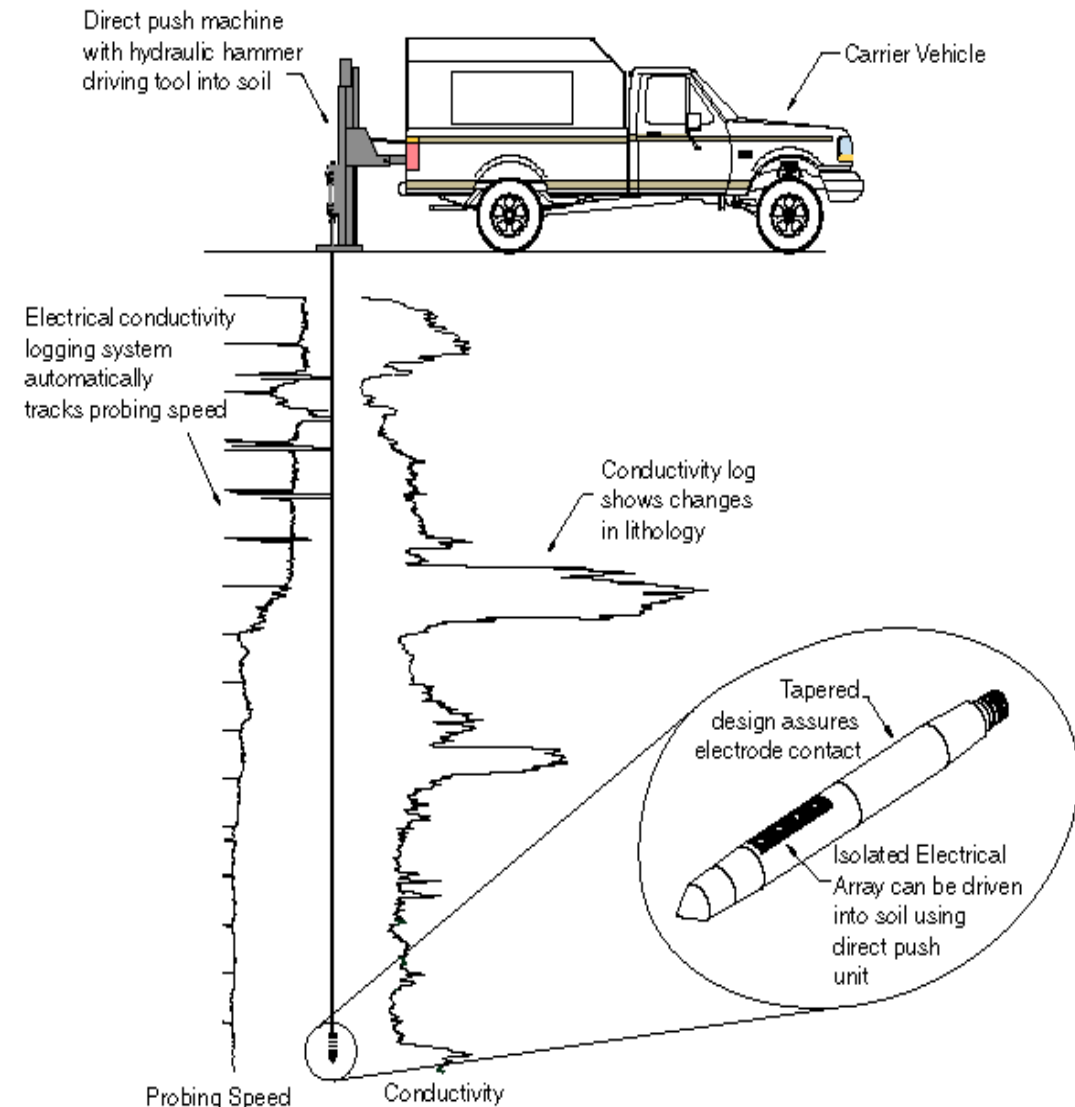
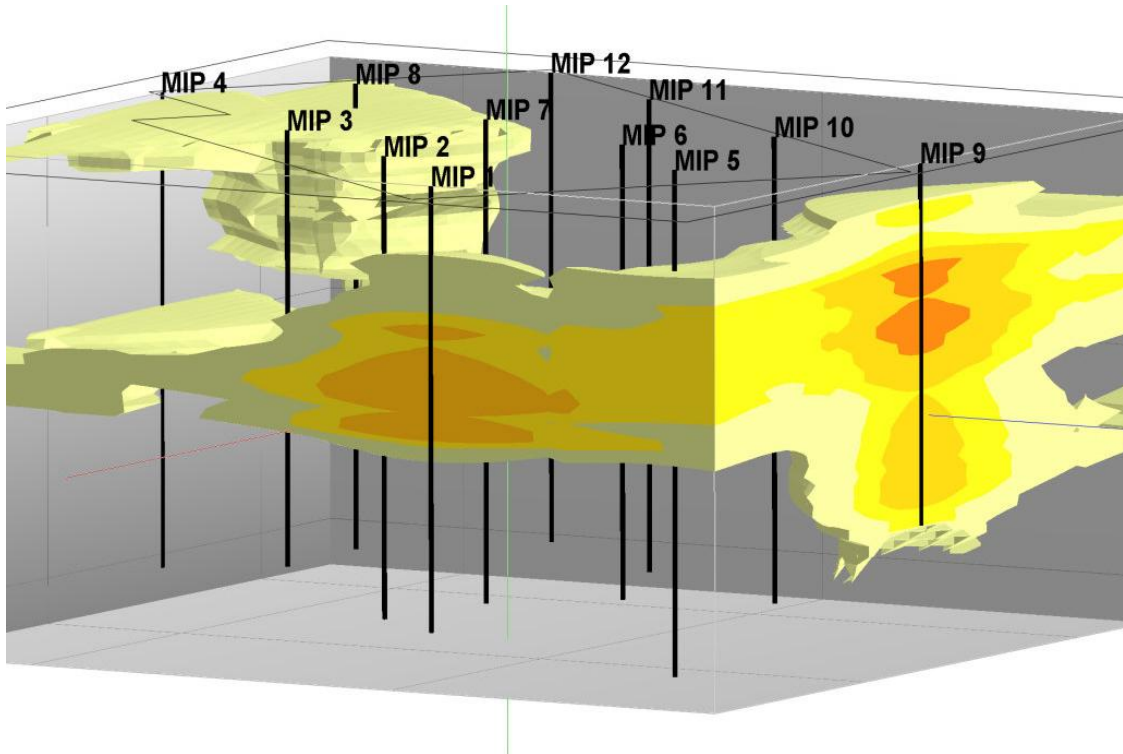


Verfahrenskombinationen

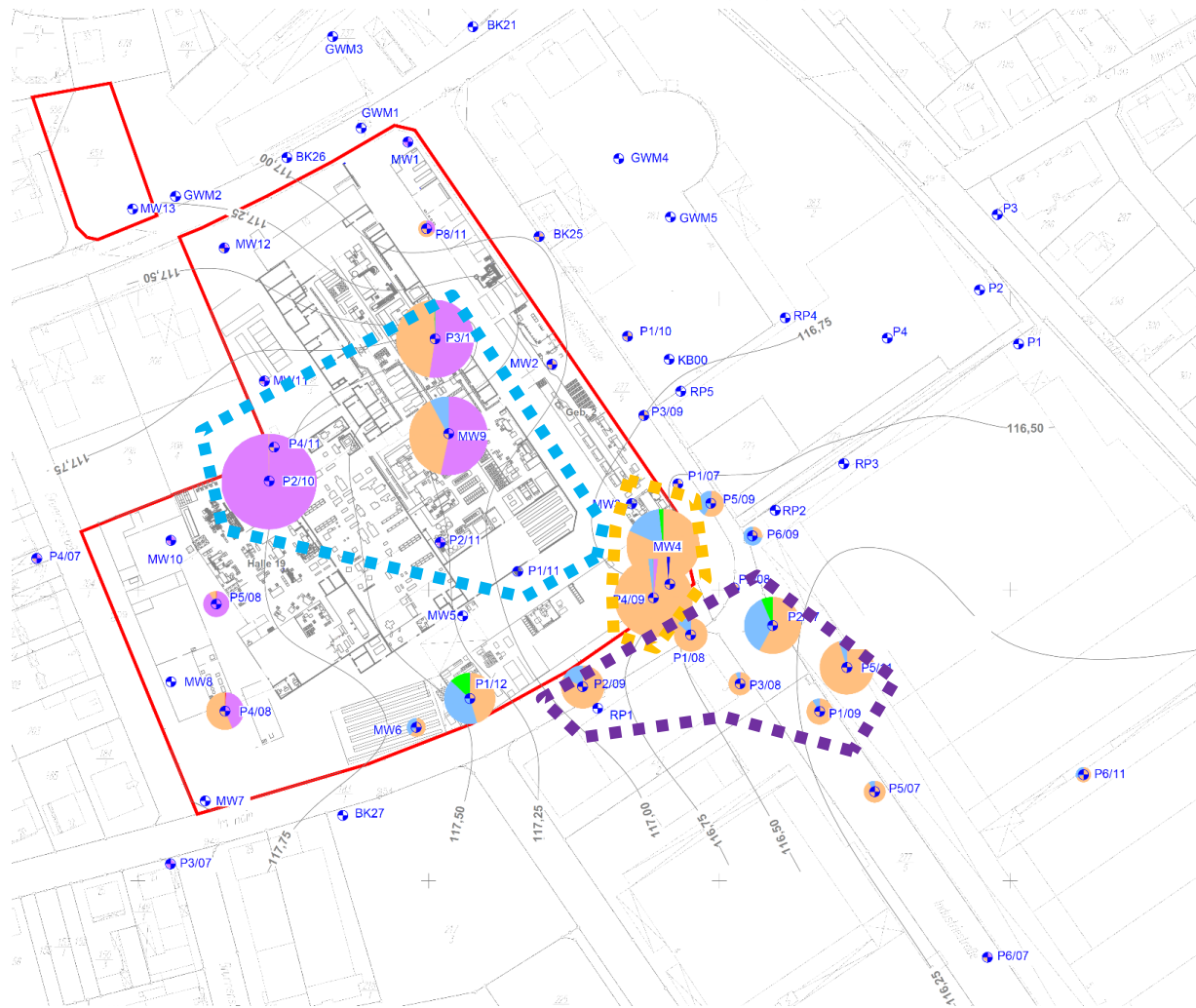


EINSATZ VON DIRECT IMAGE BOHRTECHNOLOGIE – GUTE GRUNDLAGE FÜR MINIMALINVASIVE IN-SITU-SANIERUNG

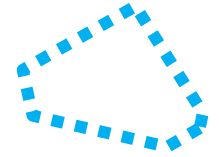
1. Sensorgestützte Bohrungen
2. Detektion von organischen und anorganische Schadstoffen (MIP, OST, MPT)
3. Sensorgestützte Analyse des Bodenaufbaus (CPT, EC)
4. Hydraulic Profiling Tool (HPT)



STANDORT IM GROßRAUM FRANKFURT – BEIM WETTBEWERBER SCHLUGEN VORHER BEREITS BIOSANIERUNG UND ISCO FEHL – NUN SOLLTE SENSATEC RAN!



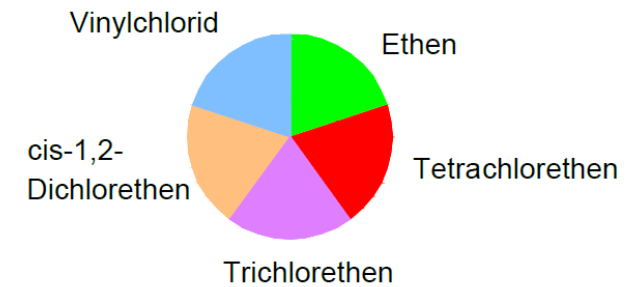
Einflussbereich aktive Zirkulation



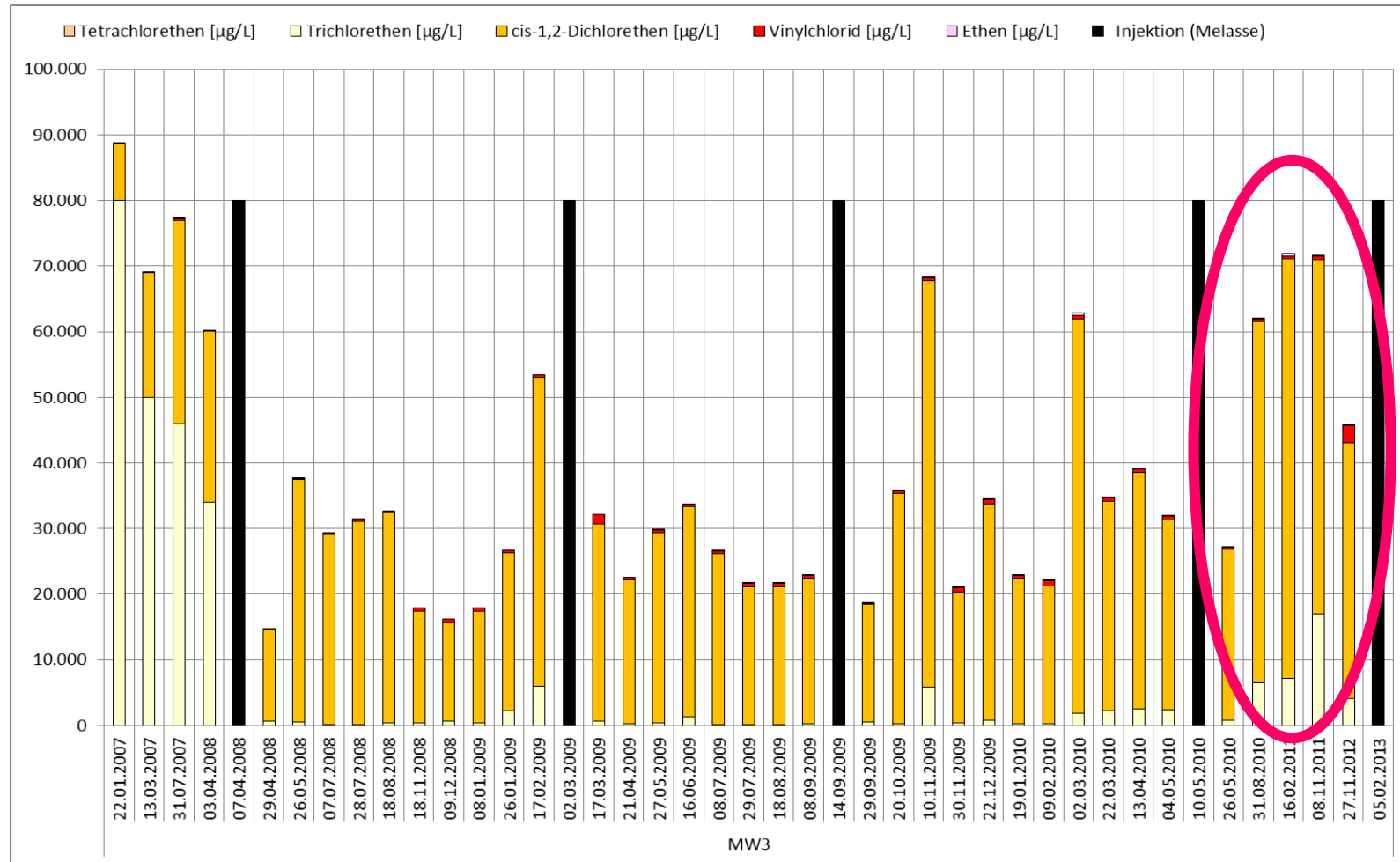
Melasse-Infiltrationen



ISCO-Maßnahme

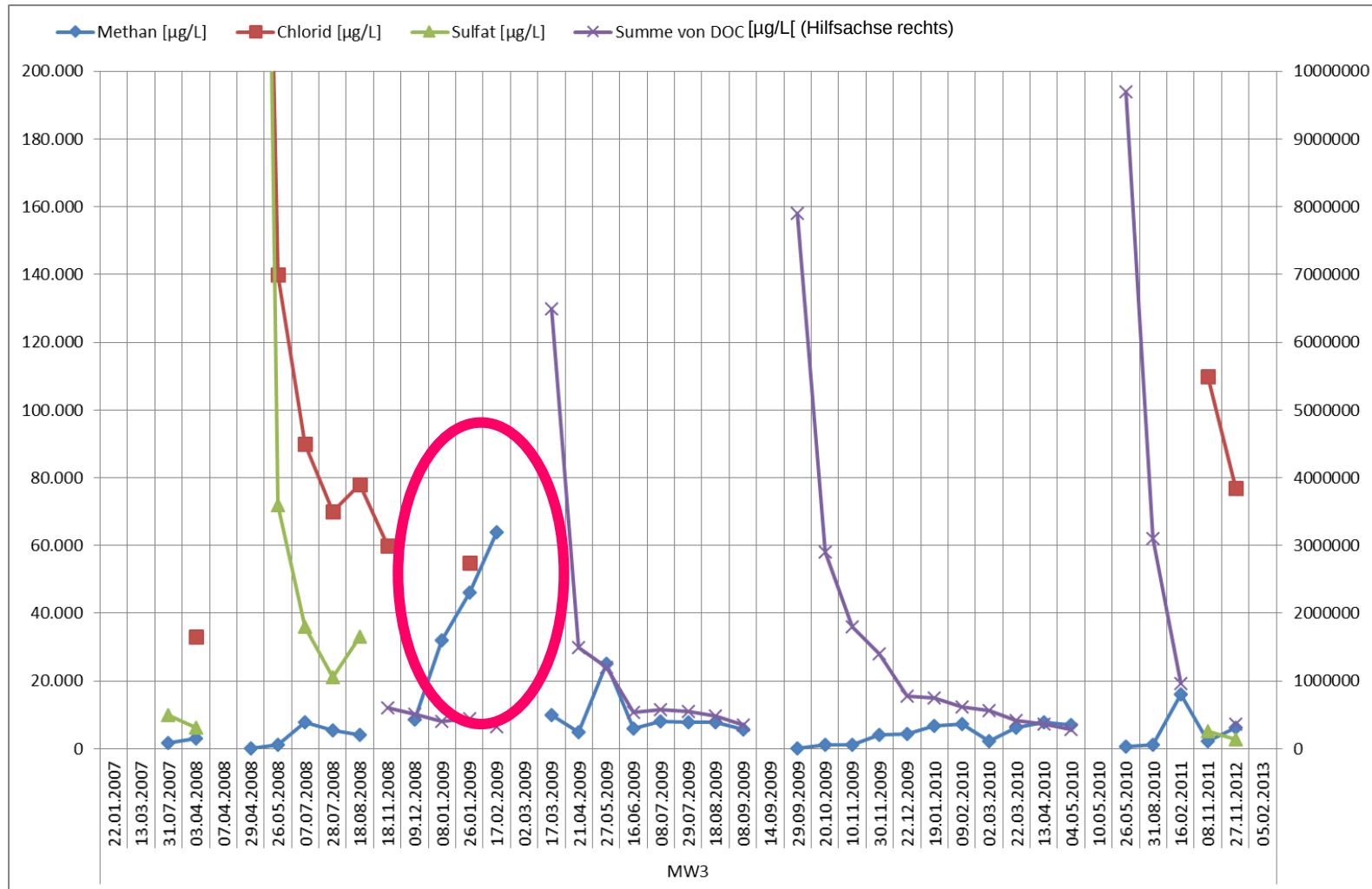


DATENMATERIAL DER FEHLGESCHLAGENEN SANIERUNGSVERSUCHE DURCH VORGÄNGERFIRMA



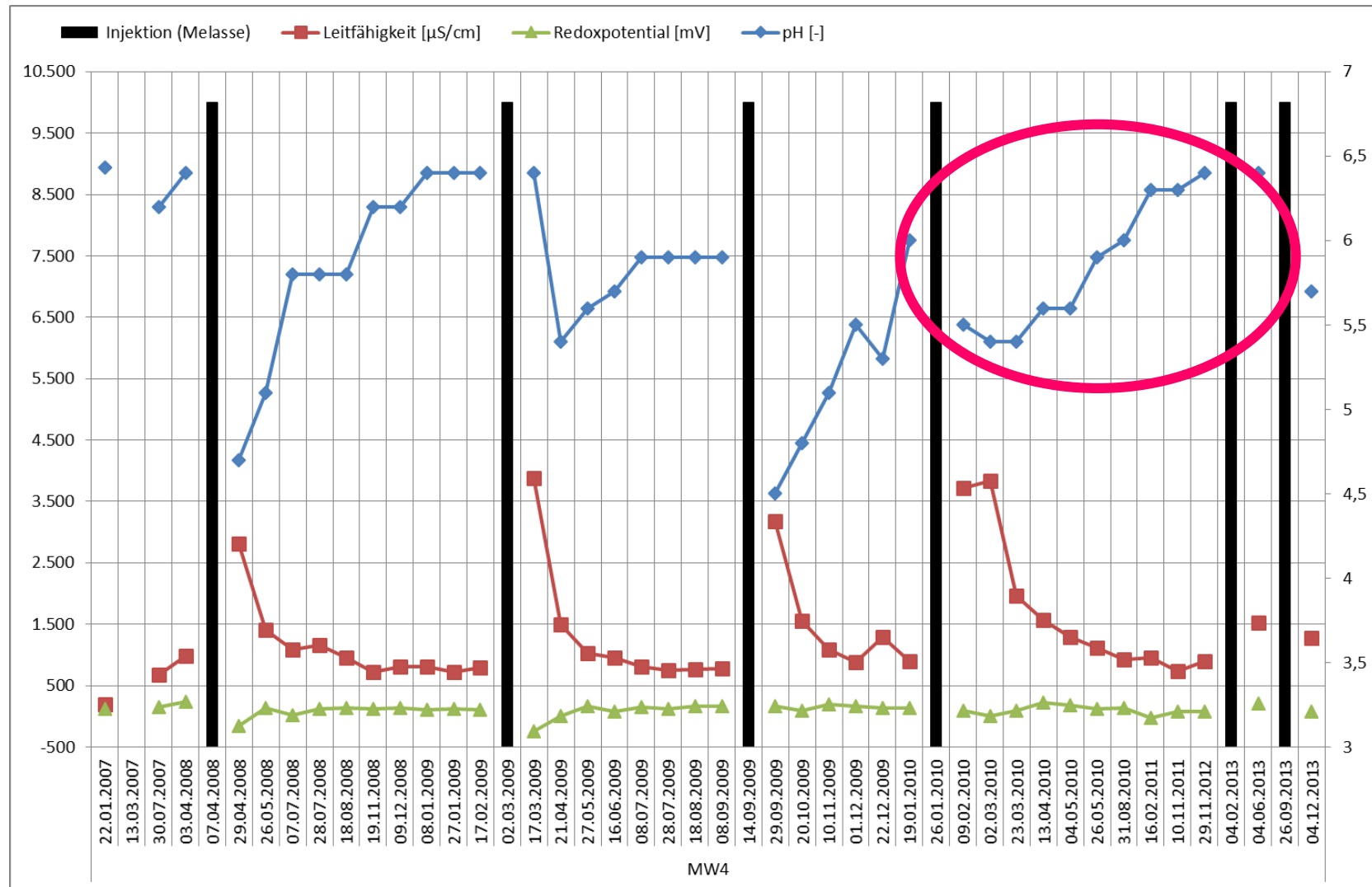
Beispiel MW3: Umbau von PCE/TCE zu c-DCE, dann Stagnation bzw erneuter Werteanstieg

DURCH UNSINNIGE ZUGABE GROßER MENGEN MELASSE KAM ES ZWISCHENZEITLICH ZU SEHR HOHEN METHANKONZENTRATIONEN IM GWL



Wendepunkt Jan 2009: massive Methanogenese =>
nachhaltige Störung der Biozönose

DAS PH-PUFFERPOTENZIAL WURDE DURCH MELASSEINJEKTIONEN ÜBERSTRAPAZIERT



Melasseinjektion => pH runter, LF rauf, dann verzögerte Rückpufferung

EINSTIEG 2014: LABORUNTERSUCHUNGEN ZUM STATUS QUO – IDENTIFIZIERUNG GEEIGNETER EINGRIFFSMÖGLICHKEITEN

Tabelle 6: Überblick Ergebnisse der mikrobiologischen Abbauntersuchungen

	Umbau	Abbau C/Co < 0,75	Ethen C/Co > 1	Methan C/Co < 1	Redoxpot Eh < 100 mV
A1: Sterilkontrolle	-	-	-	+	-
A2: unbehandelt	+	+	-	+	-
A3: unbehandelt + Animpfkultur	+	n.b.	+	+	-
A4: NPK	+	+	+	-	-
A5: NPK + Augmentation	+	+	+	+	+
A6: NPK + Cosubstrat high donor	+	-	-	-	-
A7: NPK + Cosubstrat high donor + Animpfkultur	+	-	~	-	+
A8: NPK + Cosubstrat low donor	+	+	-	+	+
A9: NPK + Cosubstrat low donor + Animpfkultur	+	-	~	+	+

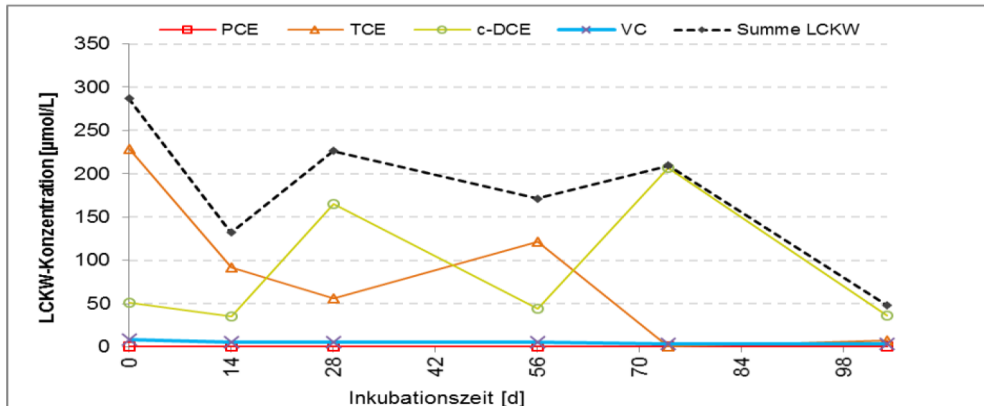


Abbildung 1: Verlauf der LCKW-Konzentration im Versuchsverlauf (Ansatz NPK-Medium mit Animpfkultur)

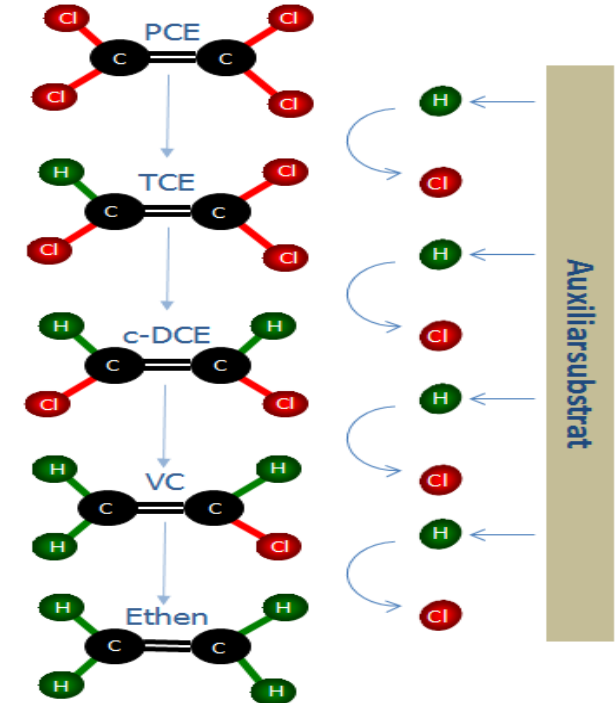
Tabelle 1: Ergebnisse der molekularbiologischen Untersuchungen

Messstelle	Datum PN	bvcA	vcrA
[Bezeichnung]	[dd.mm.jjjj]	[Kopien/mL]	[Kopien/mL]
MW4	11.06.2014	8,75E+02	3,77E+03
MW9	11.06.2014	4,46E+01	0,00E+00
P2/08	11.06.2014	0,00E+00	0,00E+00

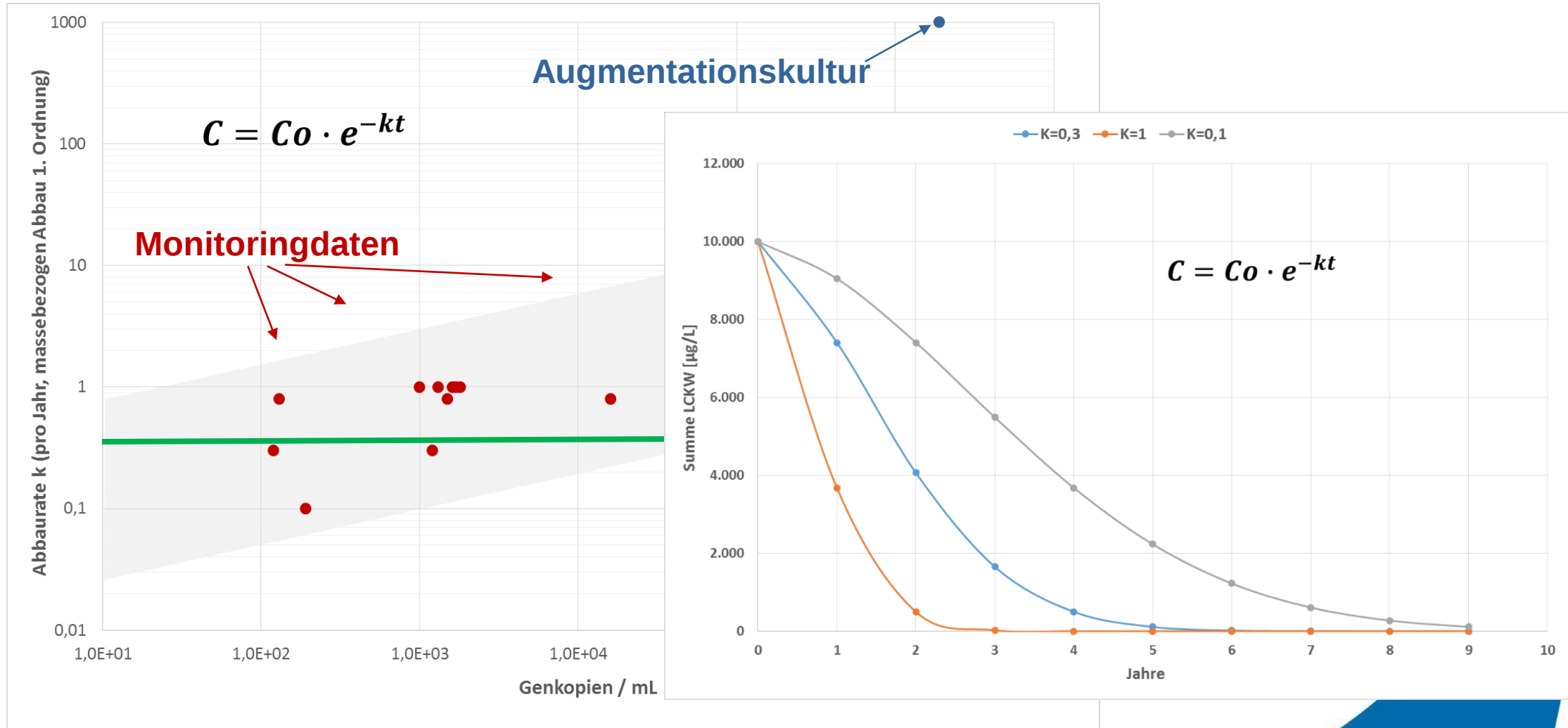
Abbauspektren
der Enzyme von
Dehalococcoides

PceA

TceA BvcA VcrA



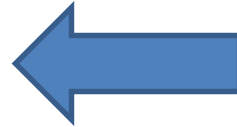
ZUSAMMENHANG ZWISCHEN DEHALOCOCCOIDES-PRÄSENZ UND ABBAUGESCHWINDIGKEIT!



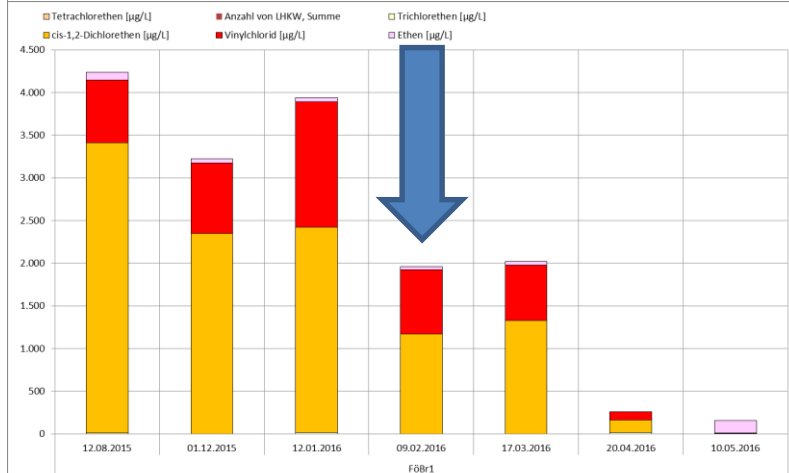
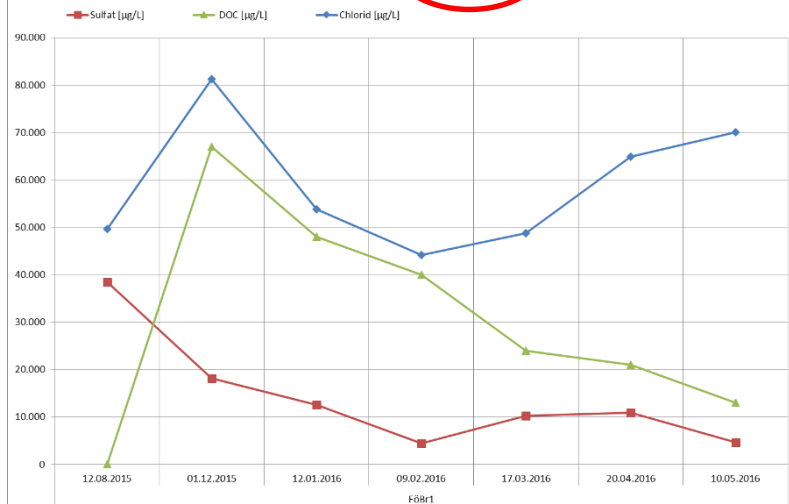
EINSETZEN DER DYNAMIK NACH BIOAUGMENTATION

Messstelle	Datum PN	bvcA	vcrA	tceA	score
[Name]	[dd.mm.jjjj]	[copies/mL]	[copies/mL]	[copies/mL]	[copies/mL]
FöBr1	12.08.2015	1,30E+02	1,20E+01	1,28E+01	1,55E+02
FöBr1	03.12.2015	4,99E+04	4,72E+05	2,53E+04	5,47E+05
FöBr1	31.05.2016	6,92E+03	1,59E+05	8,02E+03	1,74E+05

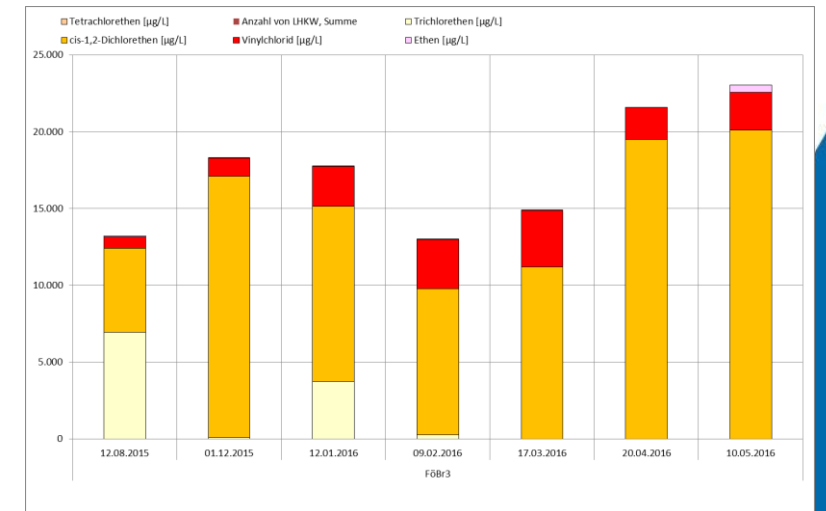
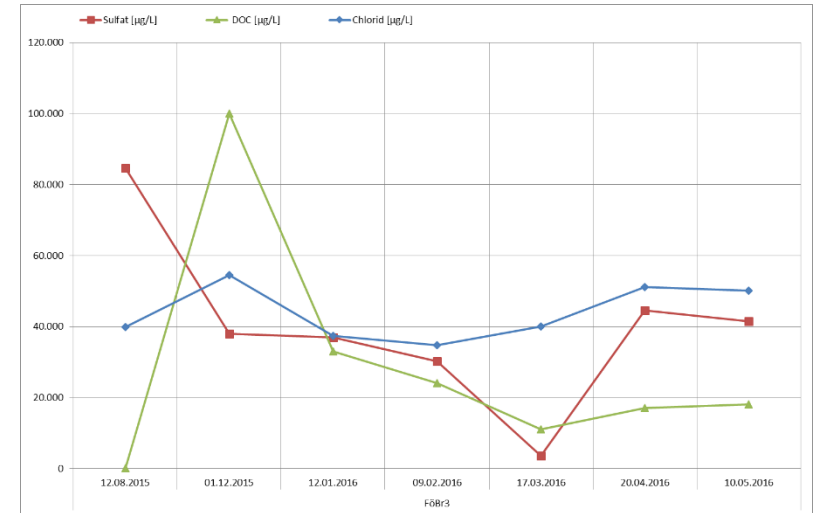
FöBr1: bioaugmentiert am 28.10.2015



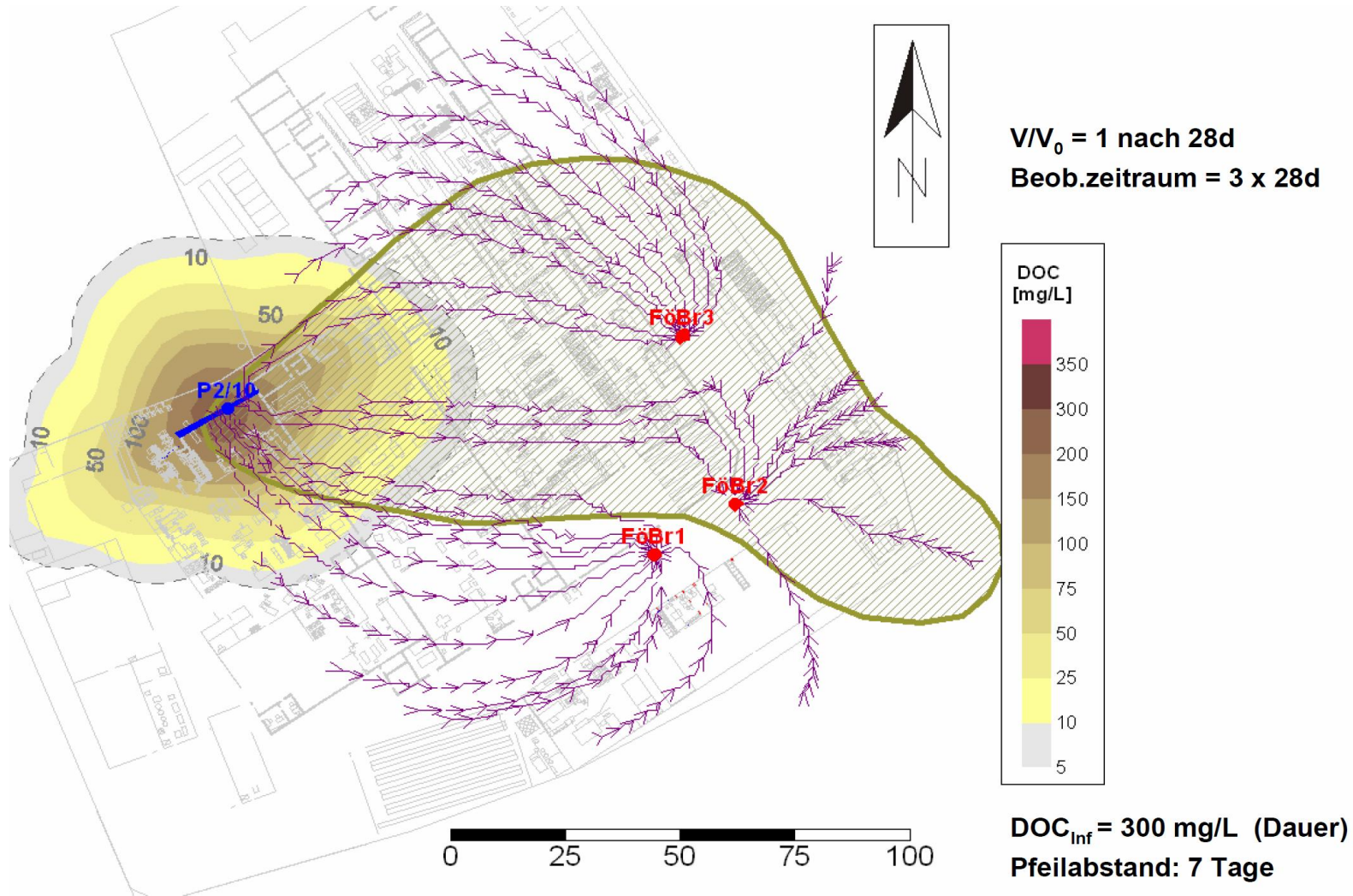
FöBr3: nicht bioaugmentiert



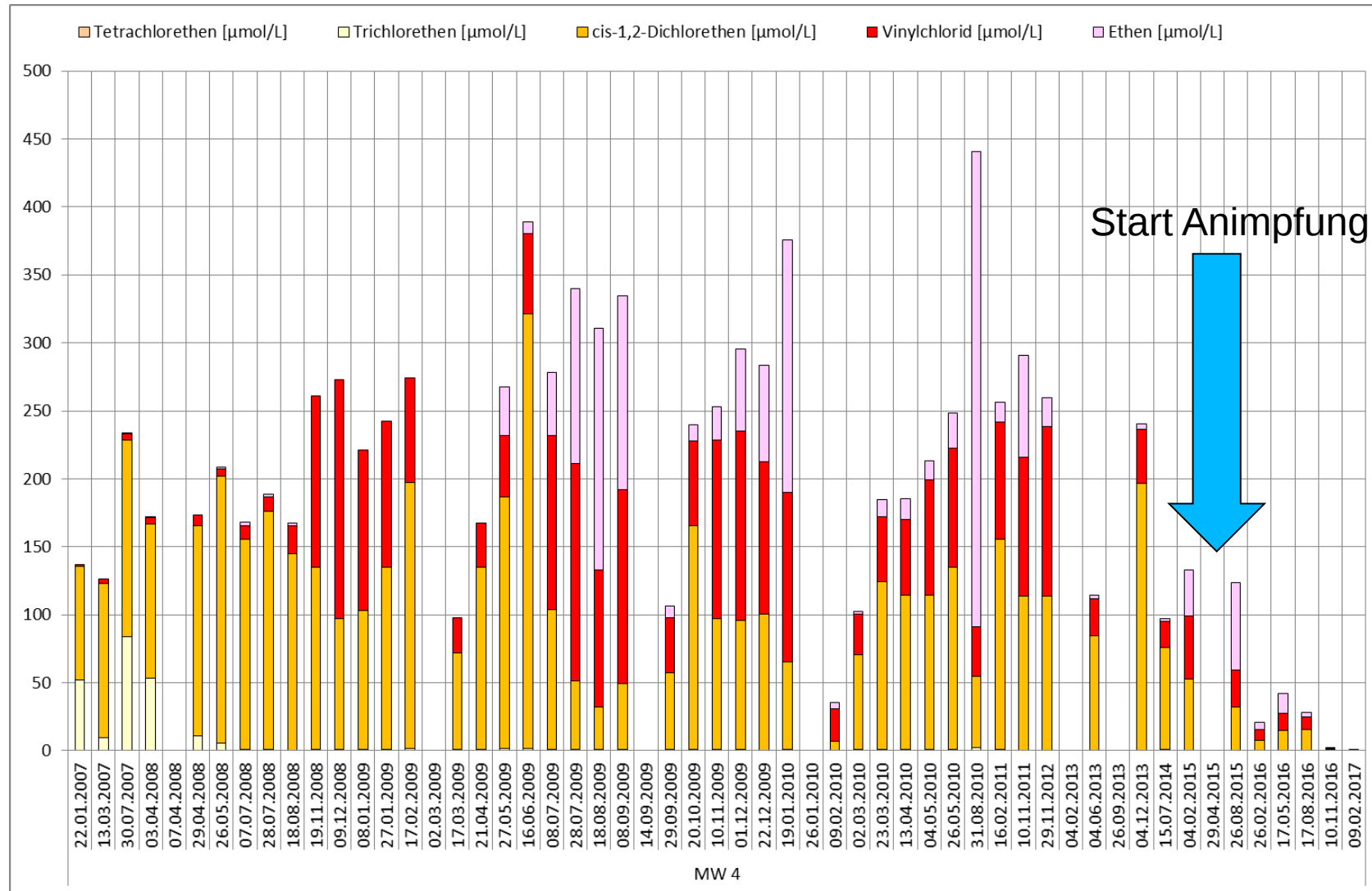
Messstelle	Datum PN	bvcA	vcrA	tceA	score
[Name]	[dd.mm.jjjj]	[copies/mL]	[copies/mL]	[copies/mL]	[copies/mL]
FöBr3	12.08.2015	1,39E+02	1,37E+00	2,79E+00	1,43E+02
FöBr3	03.12.2015	9,90E+01	1,20E+03	8,27E+01	1,38E+03
FöBr3	31.05.2016	5,36E+03	6,88E+04	4,33E+02	7,46E+04



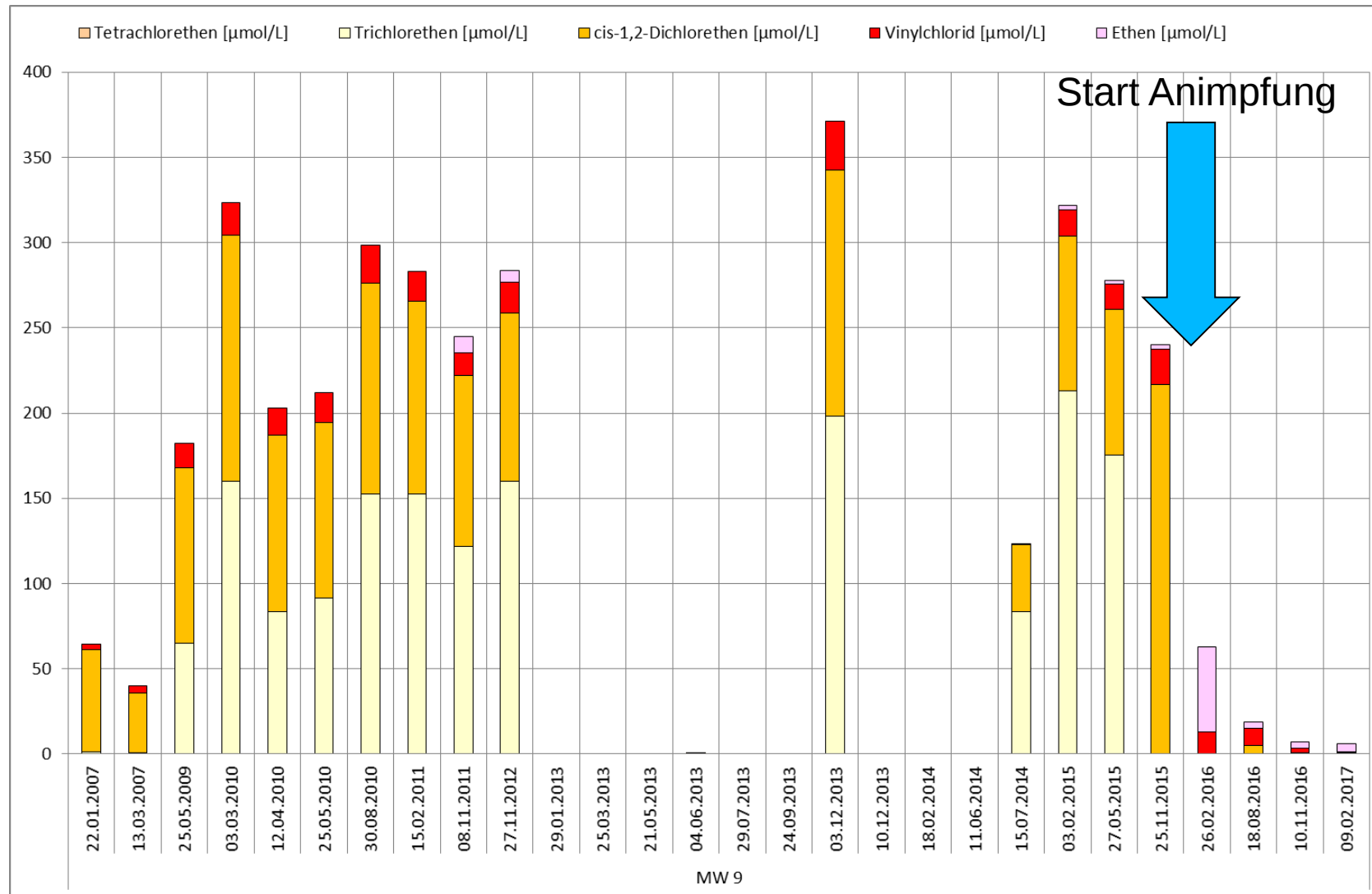
MODELLGESTÜTZTES, HYDRAULISCHES KONZEPT ZUR OPTIMISIERTEN VERTEILUNG VON BIOREAGENZEN



ENTWICKLUNG DER LCKW NACH BIOAUGMENTATION UND DÜNGUNG IN MW4



EHEMALIGER ISCO-BEREICH, WENIG VERÄNDERUNG VON 2007-2015, DANN BIOABBAU INNERHALB VON 15 MONATEN VON Σ LCKW $\sim 25.000 \mu\text{g/L}$

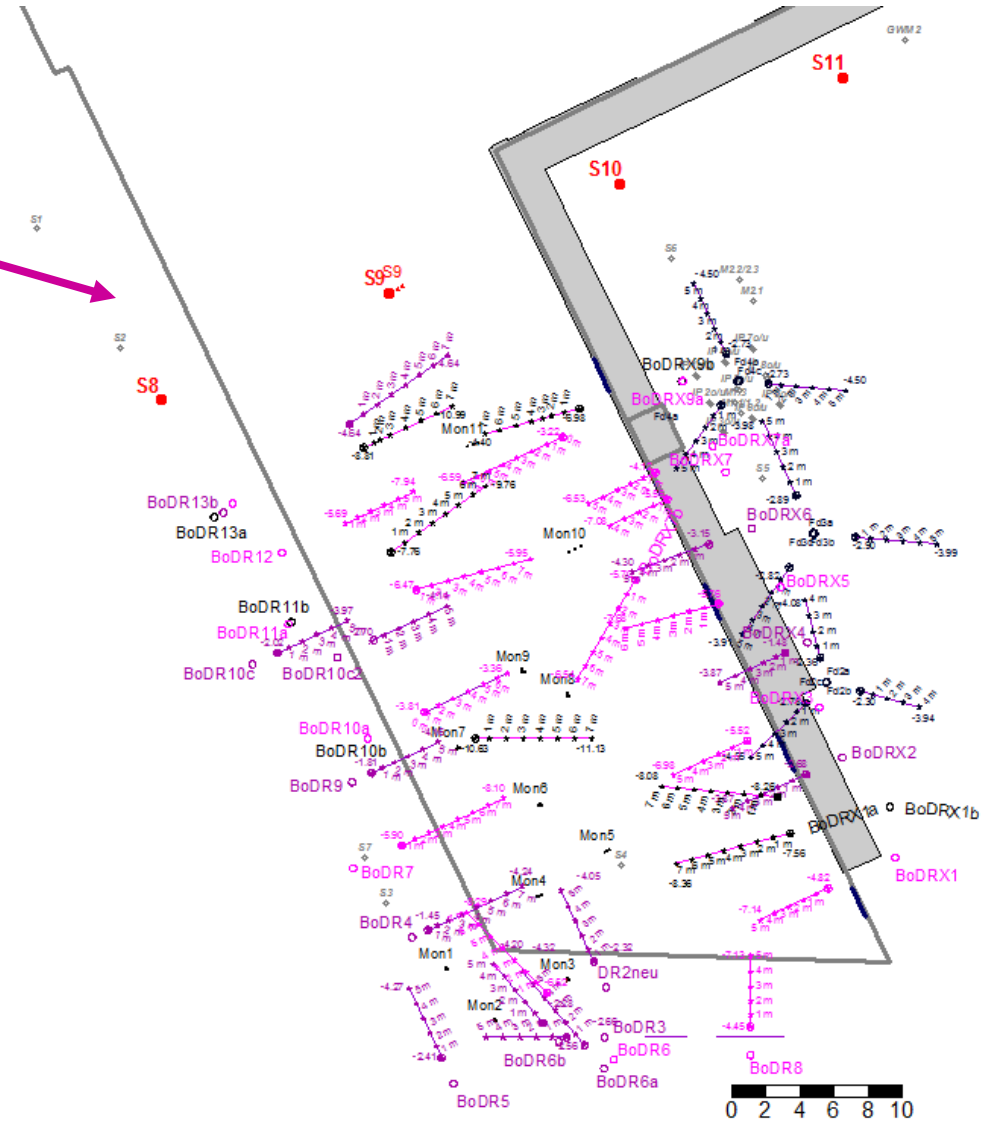


LCKW-SCHADENSFALL HAMBURG-BILLBROOK

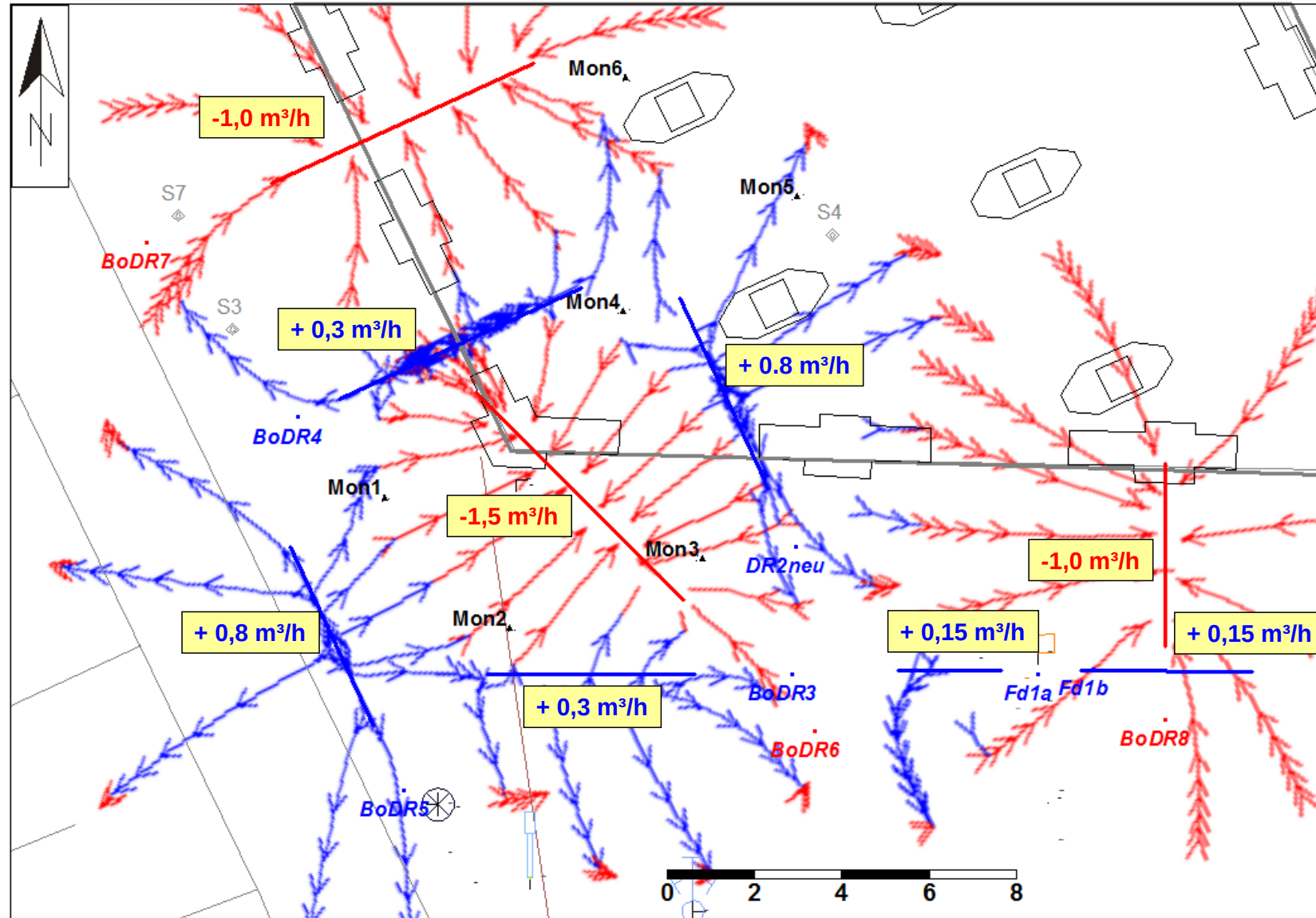


Projektsteckbrief:

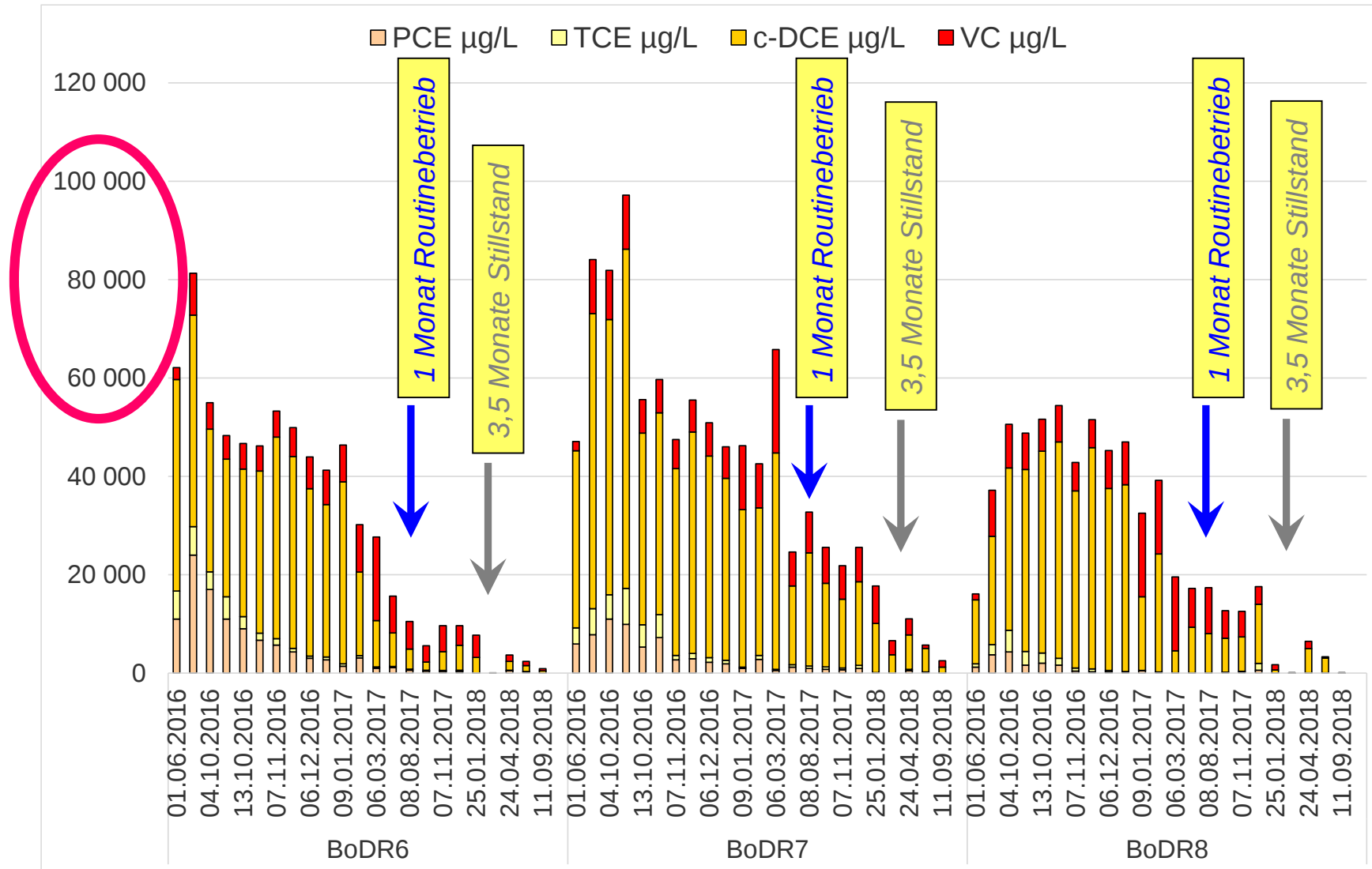
- Standort: Hamburg (ehem. chem. Reinigung)
- Auftraggeber: Vattenfall
- Ingenieurbüro: Nordheide Geotechnik
- Kontamination: LCKW
- Eingesetzte Wirkstoffe: Melasse, Carbonate, DHC-Kulturen



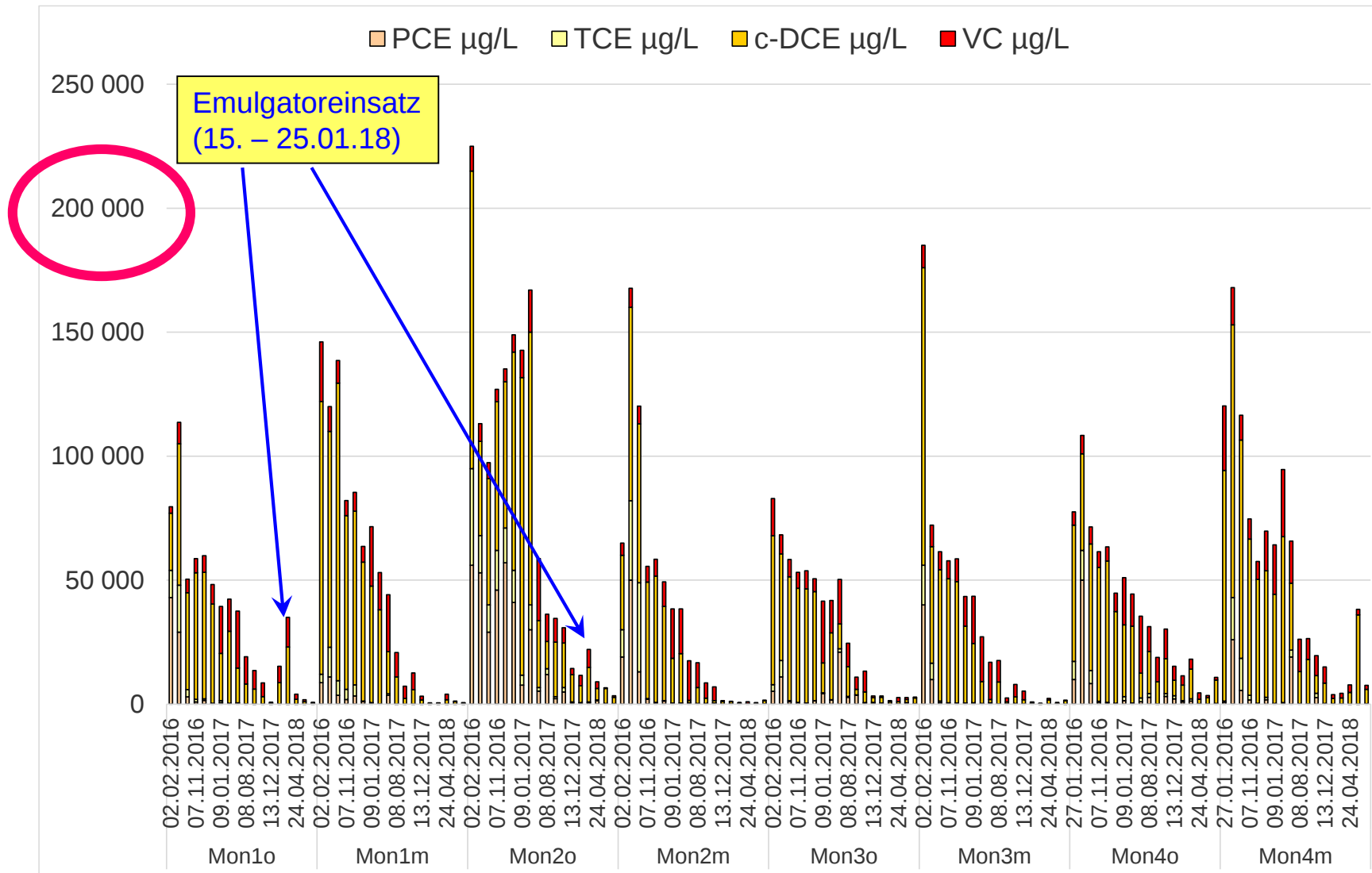
HYDRAULISCHES KONZEPT FÜR DIE WIRKSTOFFVERTEILUNG



LCKW-KONZENTRATIONEN IM SANIERUNGSBETRIEB

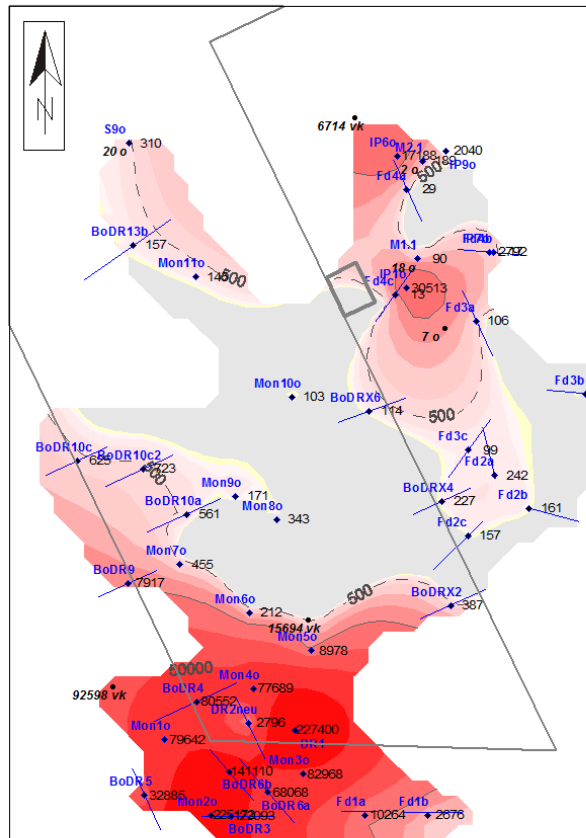


LCKW-WERTEVERLAUF IN MONITORINGPEGELN



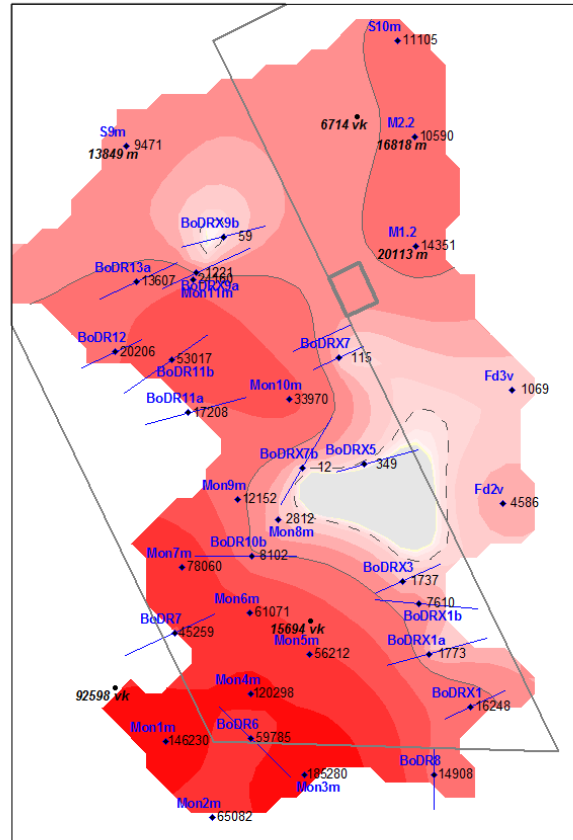
LCKW-VERTEILUNG VOR SANIERUNGSBEGINN

oberer GWL-Abschnitt



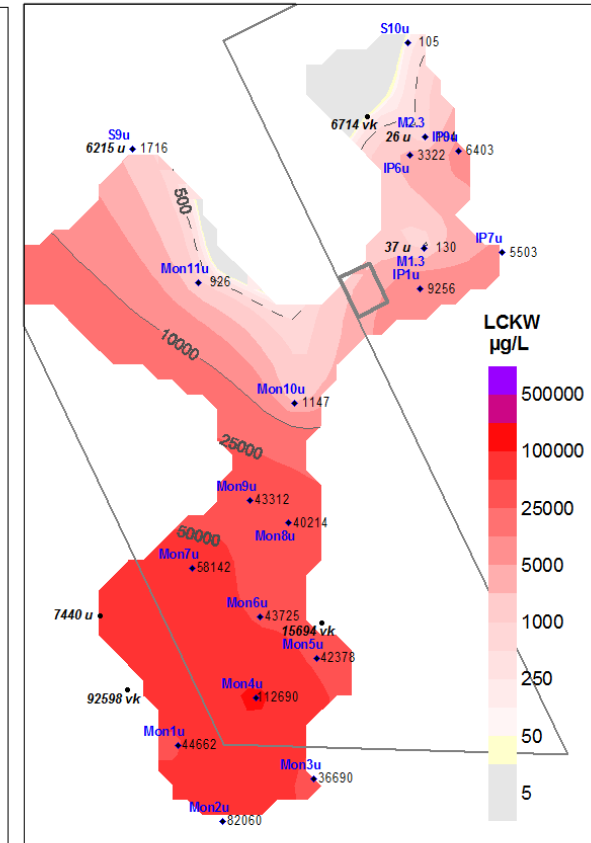
Filter 6 - 12 m uGOK / -2,0 bis -8,0 mNN

mittlerer GWL-Abschnitt



Filter 10 - 15 m uGOK / -6,0 bis -11,0 mNN

unterer GWL-Abschnitt

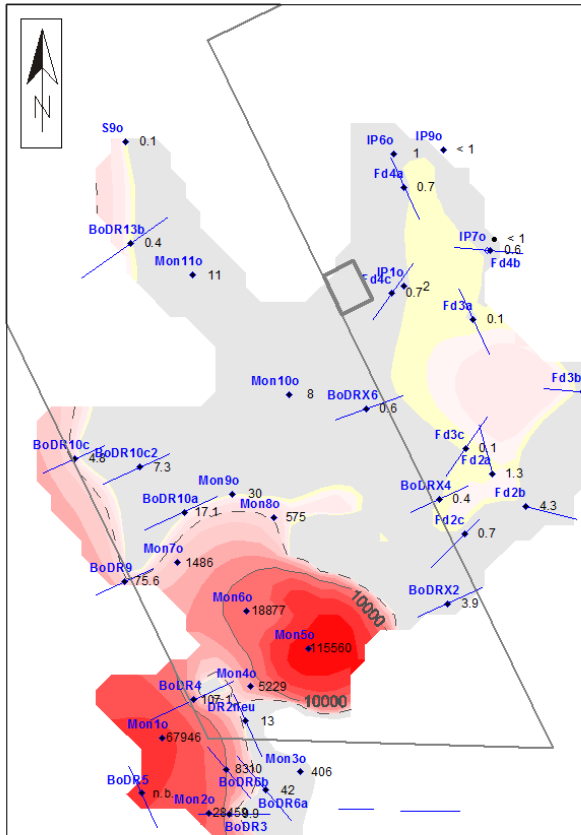


Filter 13 - 19 m uGOK / -10,0 bis -16,0 mNN

Beginn 2016

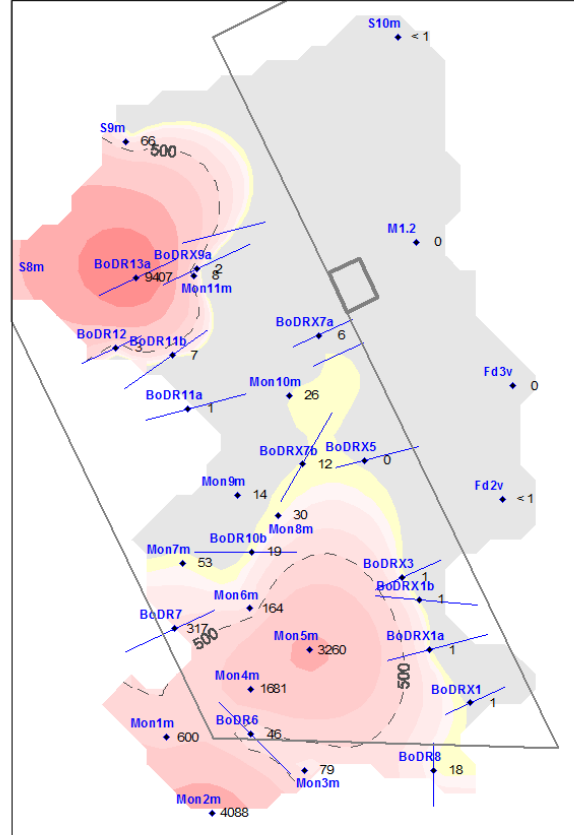
LCKW-VERTEILUNG NACH AKTIVER MELASSEZUGABE, DHC UND ZIRKULATION

oberer GWL-Abschnitt



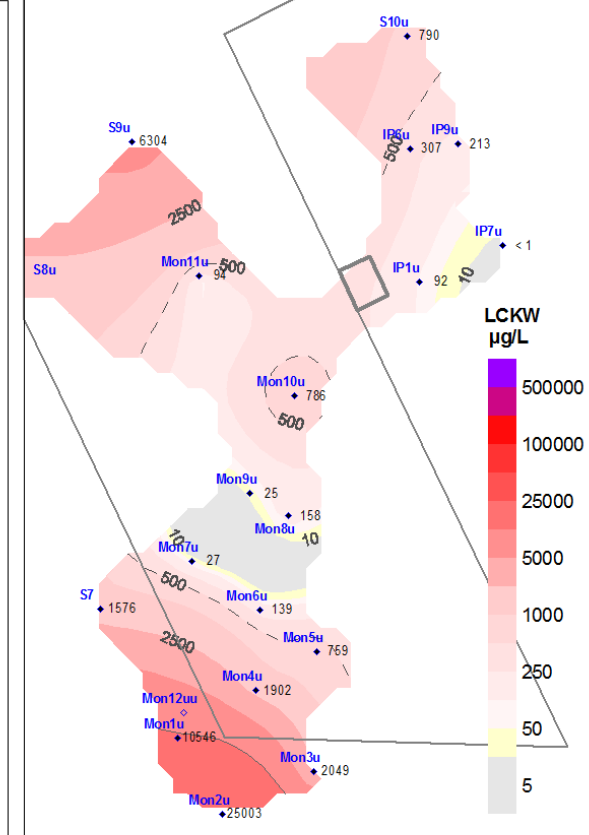
Filter 6 - 12 m uGOK / -2,0 bis -8,0 mNN

mittlerer GWL-Abschnitt



Filter 10 - 15 m uGOK / -6,0 bis -11,0 mNN

unterer GWL-Abschnitt



Filter 13 - 19 m uGOK / -10,0 bis -16,0 mNN

März 2019

FAZIT ZU BIOLOGISCHEN LCKW-IN-SITU-SANIERUNGEN MIT RESIDUALPHASENPROBLEMATIK

Das biotoxische Potenzial hoher LCKW-Konzentrationen ist in der Regel vernachlässigbar.



Entscheidend für einen Sanierungserfolg ist nicht die eingetragene Wirkstoffmasse.

Wichtig für einen wirksamen und schnellen Bioabbau sind stringende Milieubedingungen im Optimalbereich sowie die konstante Heranführung von Wirkstoffen und Ableitung von Stoffwechselprodukten.



Eine vertikale oder horizontale Grundwasserzirkulation erleichtert die Kontrolle über die Milieubedingungen gerade an Extremstandorten.



VIELEN DANK FÜR DIE
AUFMERKSAMKEIT.

Nächstes Webinar am 6.3.2025

Daniel Ruech, NL Ulm:
„Innovative In-situ-Sanierung eines
Fluorid-Grundwasserschadens aus
der Bleiglasindustrie“

KONTAKT

Sensatec GmbH
Sanierungs- und Sensoriktechnologien

Friedrichsorter Str. 32
D-24159 Kiel

s.huettmann@sensatec.de

info@sensatec.de

www.sensatec.de