

ISCO, ISBR, GZS – Combinaison de techniques conventionnelles et innovantes pour le traitement d'une pollution de la nappe souterraine aux solvants chlorés

Colloque

Stratégies de réhabilitation des sols et des eaux souterraines

Intersol, 18.-20. Mars 2014 à Lille

Joachim Kühner, Züblin Umwelttechnik GmbH

The logo consists of a solid yellow square with the word "ZÜBLIN" in black, uppercase, sans-serif font centered within it.

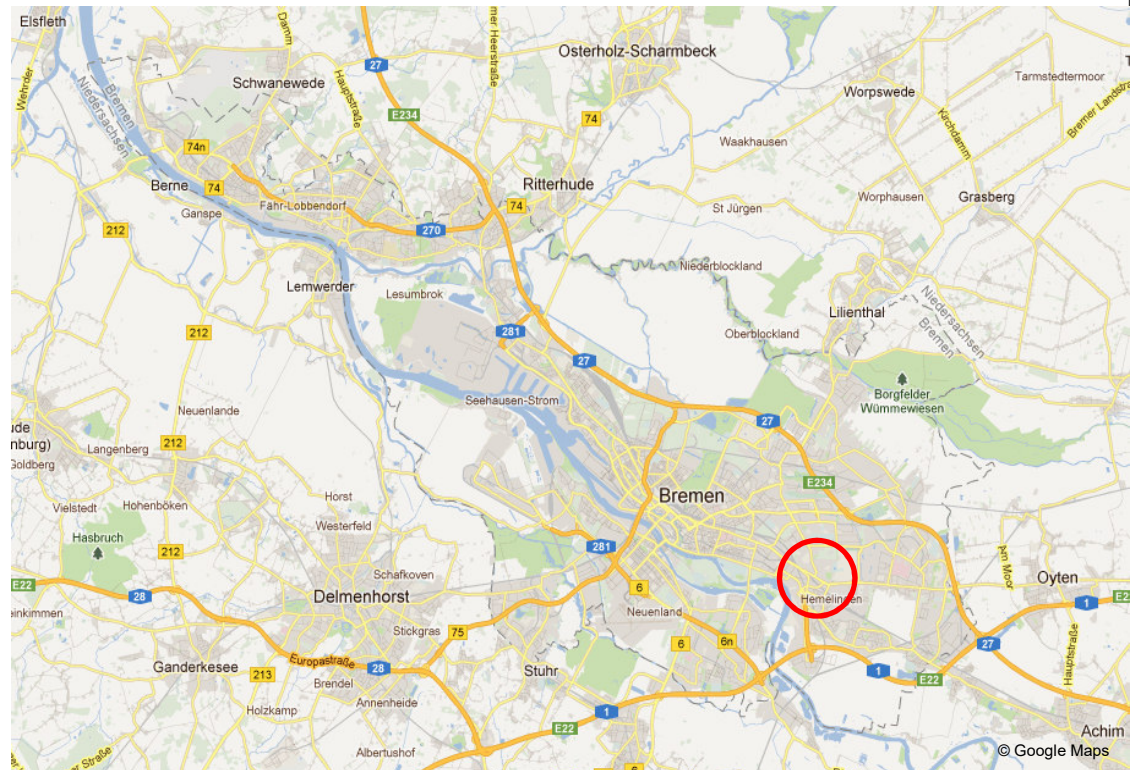
ZÜBLIN

Sommaire

- Historique
- Hydrogéologie
- Etat de la contamination
- Mesures de traitement opérées - résultats
- Projet de traitement
- Essai de terrain
- Conclusion et perspectives

Historique

- Ancienne usine de fabrication d'objets en argent à Brême (environ 12.000 m²; en activité de 1905 à 1986)
- Démolition de l'usine (1986 / 1987)
- Utilisation actuelle: parking automobile



Composition du sol et du sous-sol

Recouvrement superficiel

Zones perméables et imperméables.

Matériaux de remblai

Sable avec une proportion variable de limons et graviers et contenant ponctuellement scories et gravats jusqu'à 4m sous le TN, dans les parties déjà traitées par remplacement des sols: sable uniquement jusqu'à 7 m sous le TN.

Alluvions

Sables fins limoneux peu perméables, rares limons, inclusions ponctuelles de couches de sables et de limons jusqu'à 5m sous le TN, dans la partie déjà traitée par remplacement des sols: sable uniquement.

Sables de la Weser (aquifère principal)

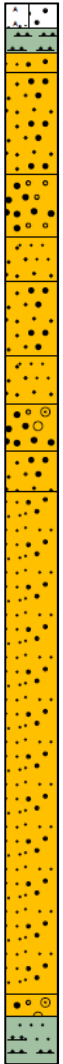
Sables moyens, dans une moindre mesure sables fins et grossiers, différentes proportions de sables et de graviers, apparition d'inclusions limoneuses ponctuelles (surtout dans les horizons peu profonds), puissance de l'aquifère entre 12 et 17 m.

Couches de limons et sables fins (Lauenburger Schichten)

Sables fins avec différentes proportions de limons et de sables moyens à partir de 14m environ et jusqu'à 33m sous le TN.

Argiles et limons (fond de l'aquifère)

partiellement sableux, au-delà de 33m environ sous le TN.



Hydrogéologie

Sables de la Wesers (aquifère principal)

Puissance: 14 m

Nappe partiellement captive

Niveau de la nappe: à - 2 m

Direction globale de l'écoulement : Nord Nord Est

Coefficient de conductivité hydraulique (k_f): de 1×10^{-3} à 5×10^{-4} m/s

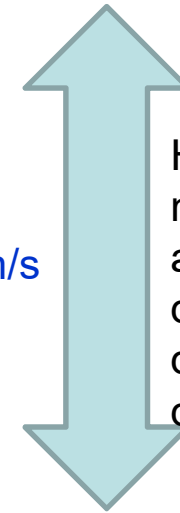
Vitesse moyenne d'écoulement annuelle (v_a): 30 m/a

Couches du Lauenburger

Puissance: 19 m

Coefficient de conductivité hydraulique (k_f): de 1×10^{-6} à 5×10^{-5} m/s

Vitesse moyenne d'écoulement (v_a) : < 10 m/a

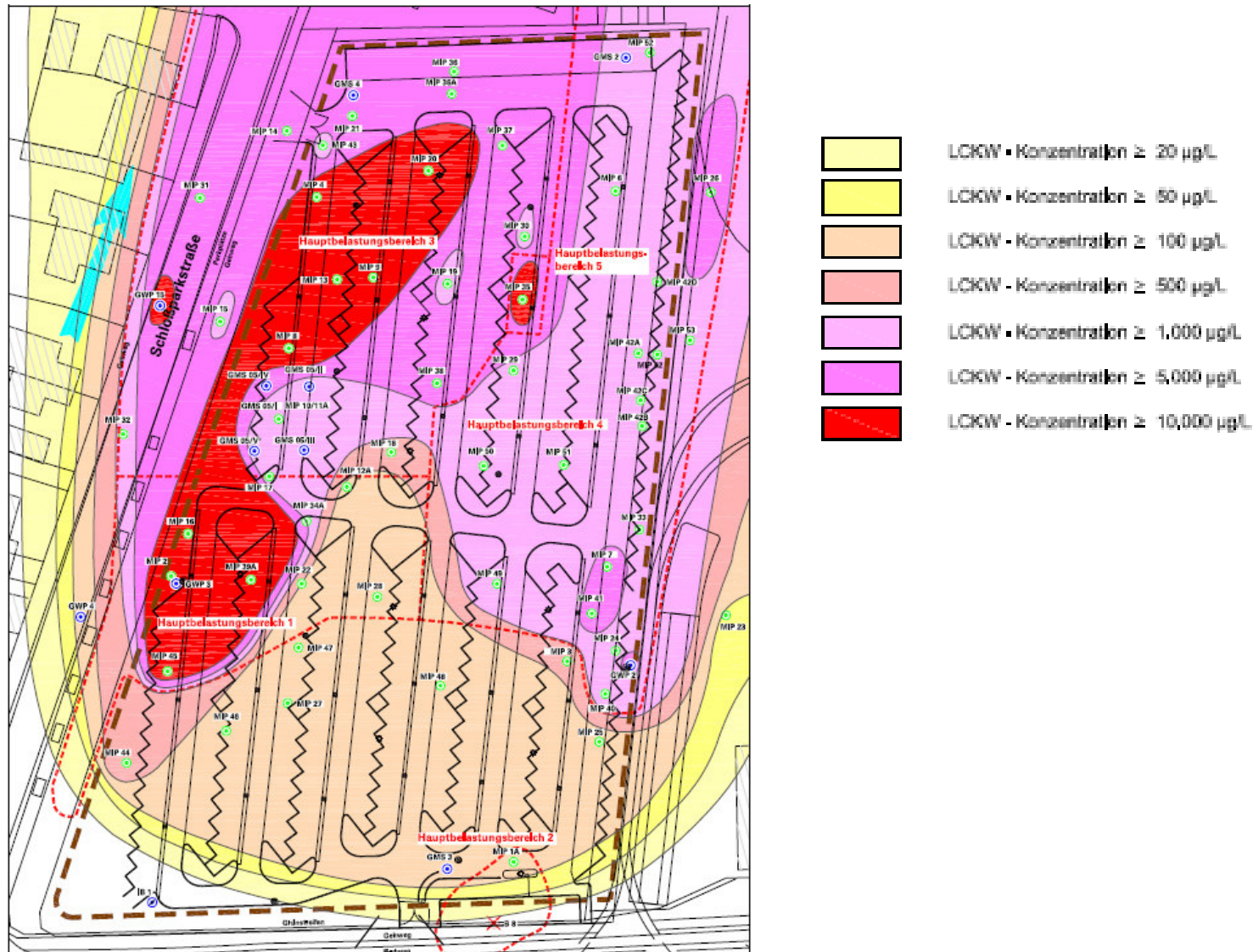


Hydrauliquement
non séparés mais
avec des
dynamiques
d'écoulement
différentes

Argiles et limons du miocène



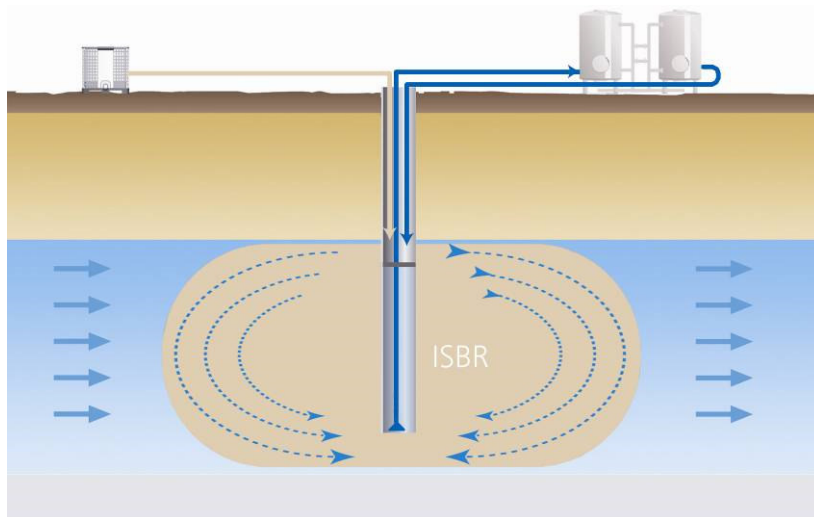
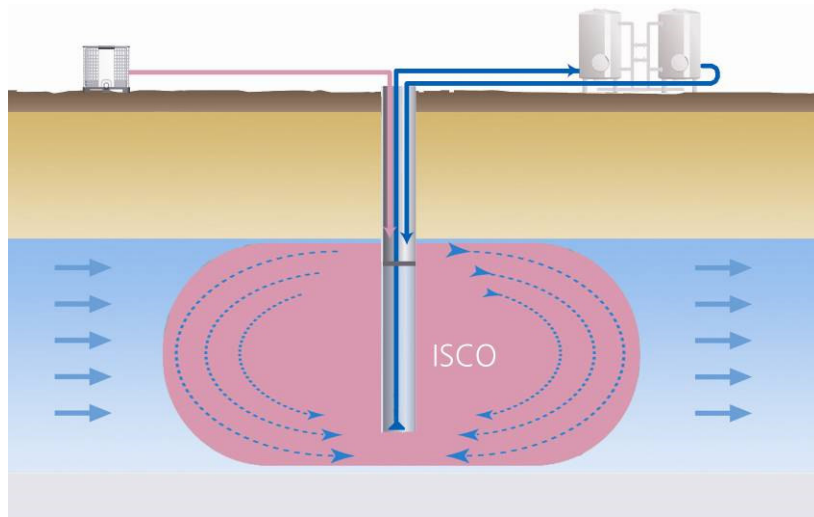
Etat de la contamination (solvants chlorés LCKW)



Mesures de traitement opérées - résultats

- Mesures de traitement entreprises (1986 – 2006):
 - Excavation et remplacement des sols dans les zones contaminées proches de la surfaces et les hot-spot
 - Mesures de protection hydraulique immédiates
 - Essai pilote pour une extraction en phase liquide des solvants grâce à des agents tensioactifs
- Afin de trouver une solution économiquement intéressante d'un traitement complet de la pollution de la nappe, il a été mis en concurrence différentes techniques de traitement innovantes comme partie intégrante du projet de traitement global.
- En comparant techniquement et économiquement les propositions, il a été choisit un projet de traitement faisant appel à une combinaison de méthodes innovantes et conventionnelles.

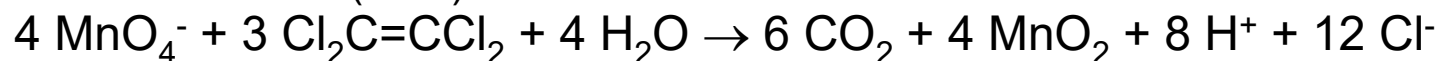
Projet de traitement Züblin Umwelttechnik



- Technologie ISCO
→ teneurs en solvants élevées
- Technologie ISBR
→ teneurs en solvants moyennes
- GZB
→ aide hydraulique pour la distribution des réactifs
 - Circulation verticale
 - Mobilisation des solvants chlorés
 - Transport et diffusion du permanganate ou de mélasse
→ Milieu redox spécifique

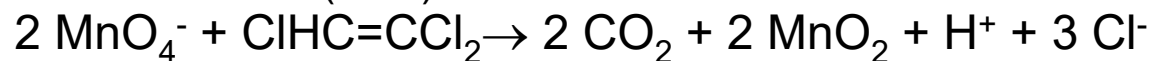
ISCO - Oxydation PCE, TCE, DCE, VC

Tétrachloréthène (PCE)



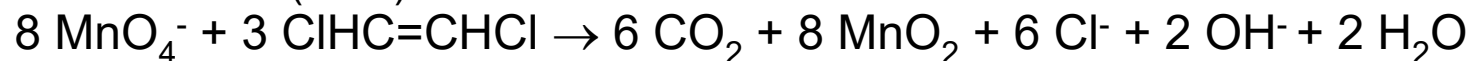
Consommation (stoechiométrique): 0,96 kg MnO_4^- / kg PCE

Trichloroéthène (TCE)



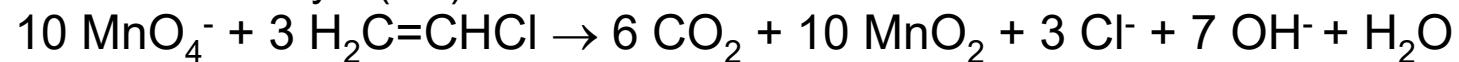
Consommation (stoechiométrique): 1,81 kg MnO_4^- / kg TCE

Dichloréthène (DCE)



Consommation (stoechiométrique): 3,27 kg MnO_4^- / kg DCE

Chlorure de Vinyle (VC)



Consommation (stoechiométrique): 6,34 kg MnO_4^- / kg VC

ISBR –Déchloration réductrice

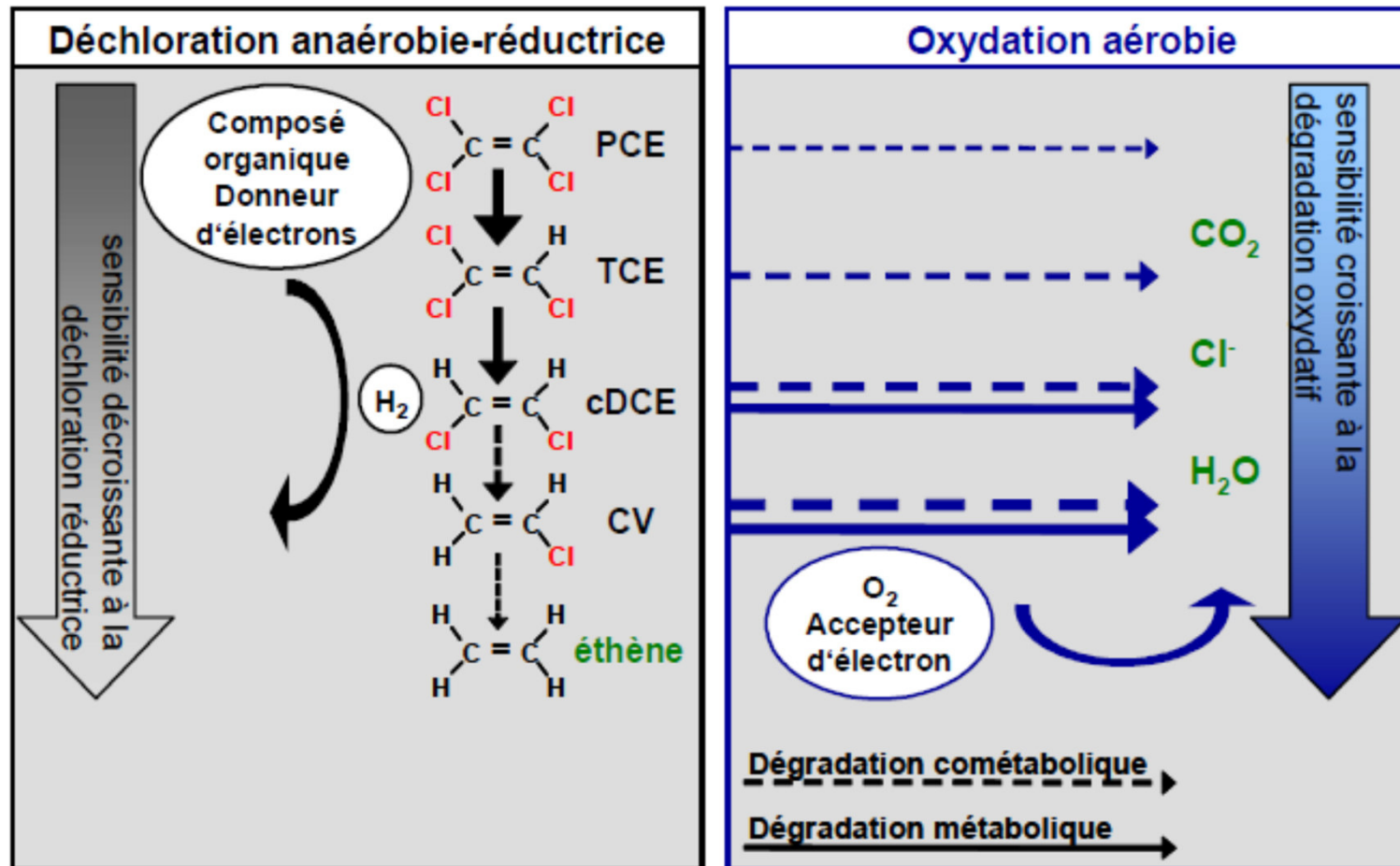
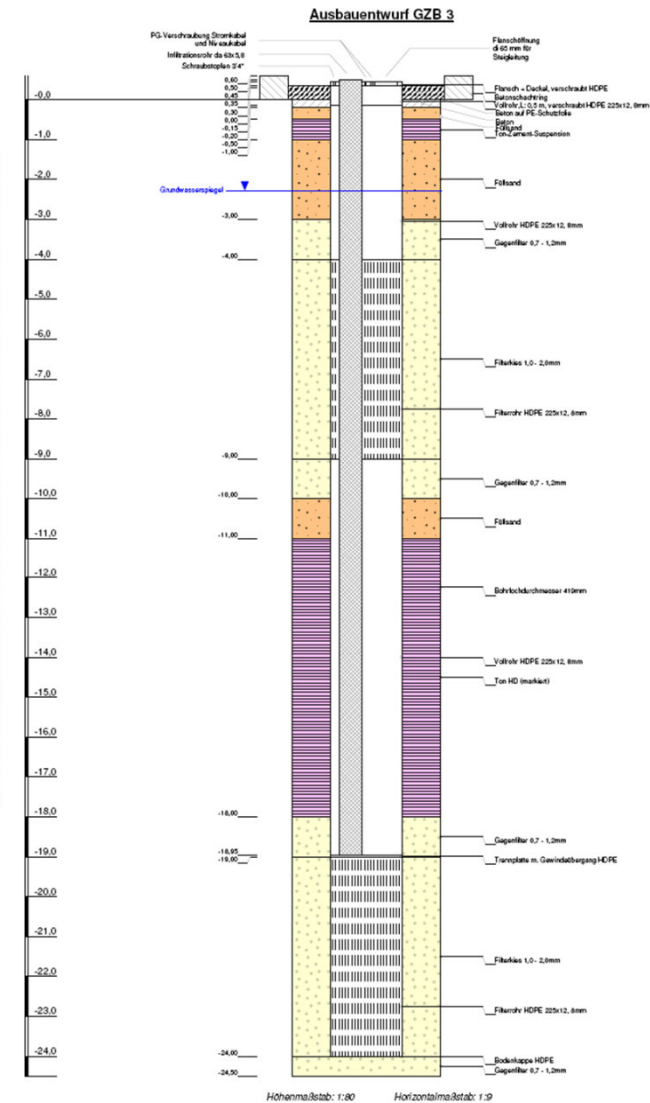
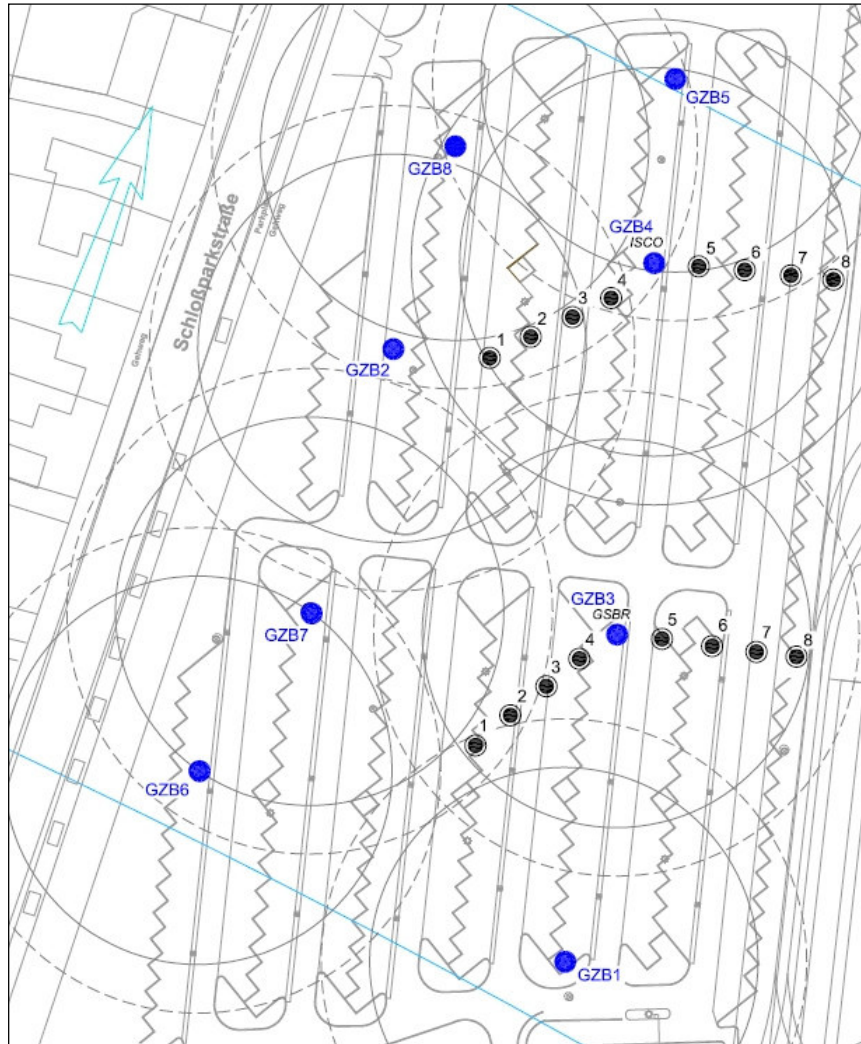


Schéma de la dégradation des chloréthènes

GZS Système de circulation des eaux souterraines



Essai pilote – Objectifs et réalisations



Objectifs

- Validation du projet de traitement
Faisabilité et efficacité
- Rayon d'influence de la circulation GZB
calcul \leftrightarrow détermination expérimentale
- Transport / répartition du permanganate ou
de la mélasse
- Etablissement d'une zone redox
- Développement
suivi des concentrations en solvants

Réalisations

- GZS 3, charge en solvants modérée
- GZS 4, charge en solvants élevée
- Programme de monitoring
prélèvements à différentes profondeurs
 - pH, conductivité, redox, O_2 , T
 - solvants chlorés
 - ISBR (GZB 3)
COD, SO_4^{2-} , Fe^{2+}
méthane, éthane, éthène

Essai pilote – problèmes et solutions

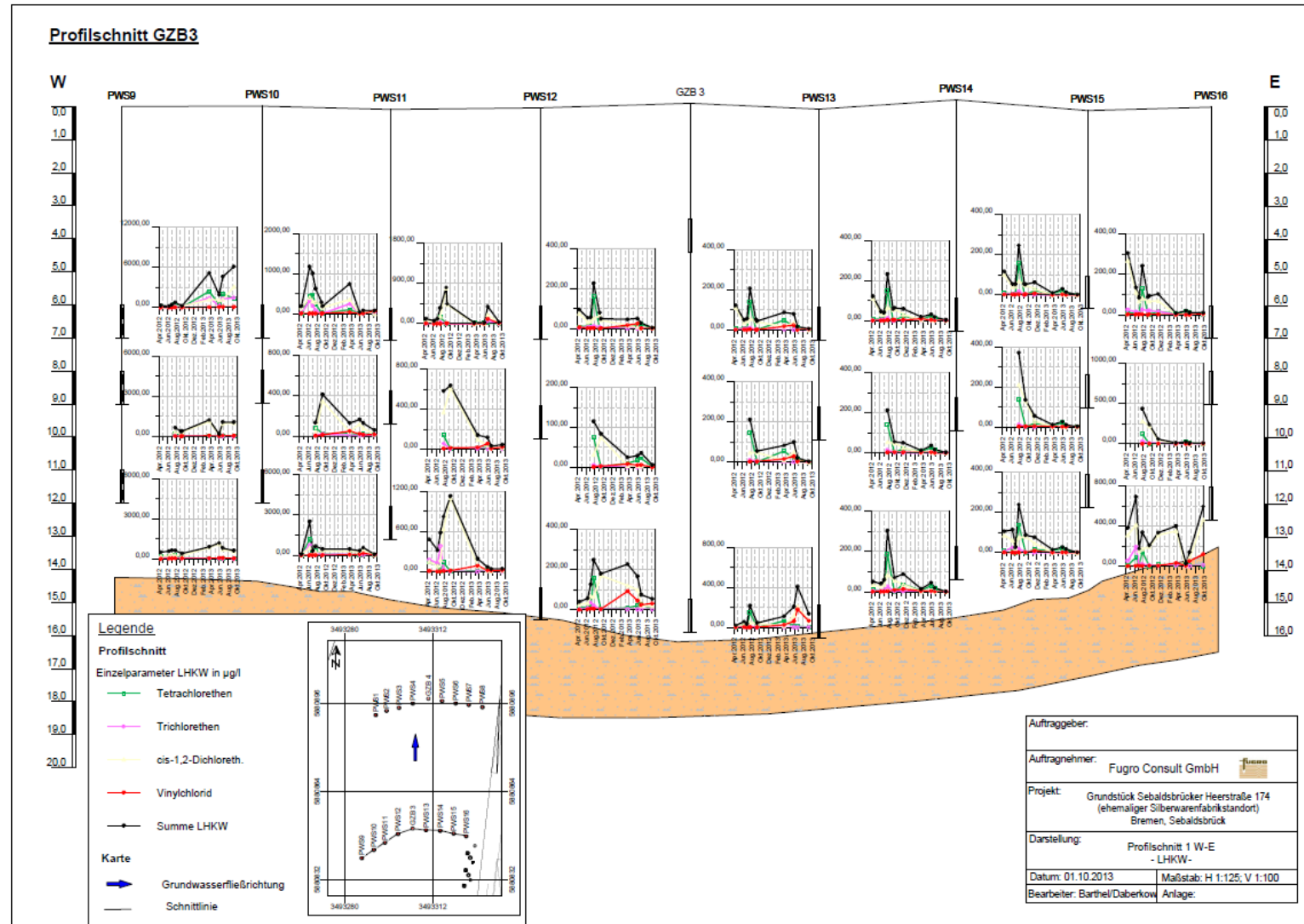
- Exploitation à un débit de 5 m³/h environ sur le puits GZS 3 faisable mais limité à 2 m³/h sur GZS 4 à cause d'un puits enterré.
- Essai de traçage avec une solution saline
Mesure de la propagation grâce à des sondes de conductivité
- Après une injection de mélasse dans GZS 3 et de permanganate dans GZS 4
→ réduction drastique du débit de circulation (1-2 m³/h)
- Solution: découplage des systèmes de pompage et de réinfiltration des eaux souterraines
 - pompage au sein du GZS
 - réinfiltration via des lances situées à l'extérieur du GZS
 - Injection de mélasse ou de permanganate par des lances distinctes

Essai pilote – résultats sur GZS 3 (ISBR)

- Débit: 5 m³/h environ (stable depuis février 2013)
- Influence radiale: environ 18 - 20 m à 5 m³/h (test du traceur)
- COD: augmentation après injection de mélasse
- pH: environ 6,0 - 7,0 (stable)
- E_h: potentiel redox corrigé (électrode H₂)
avant la 2^{ème} injection de mélasse entre +130 et +250 mV
après 2^{ème} injection de mélasse entre -200 et -250 mV
- Sulfates: diminution après injection de mélasse
Odeur de H₂S dans le GZS 3 et les puits de monitoring
→ conditions sulfato-réductrices
- méthane, éthane, éthène : présence confirmée
- Diminution significative des concentrations molaires en solvants halogénés

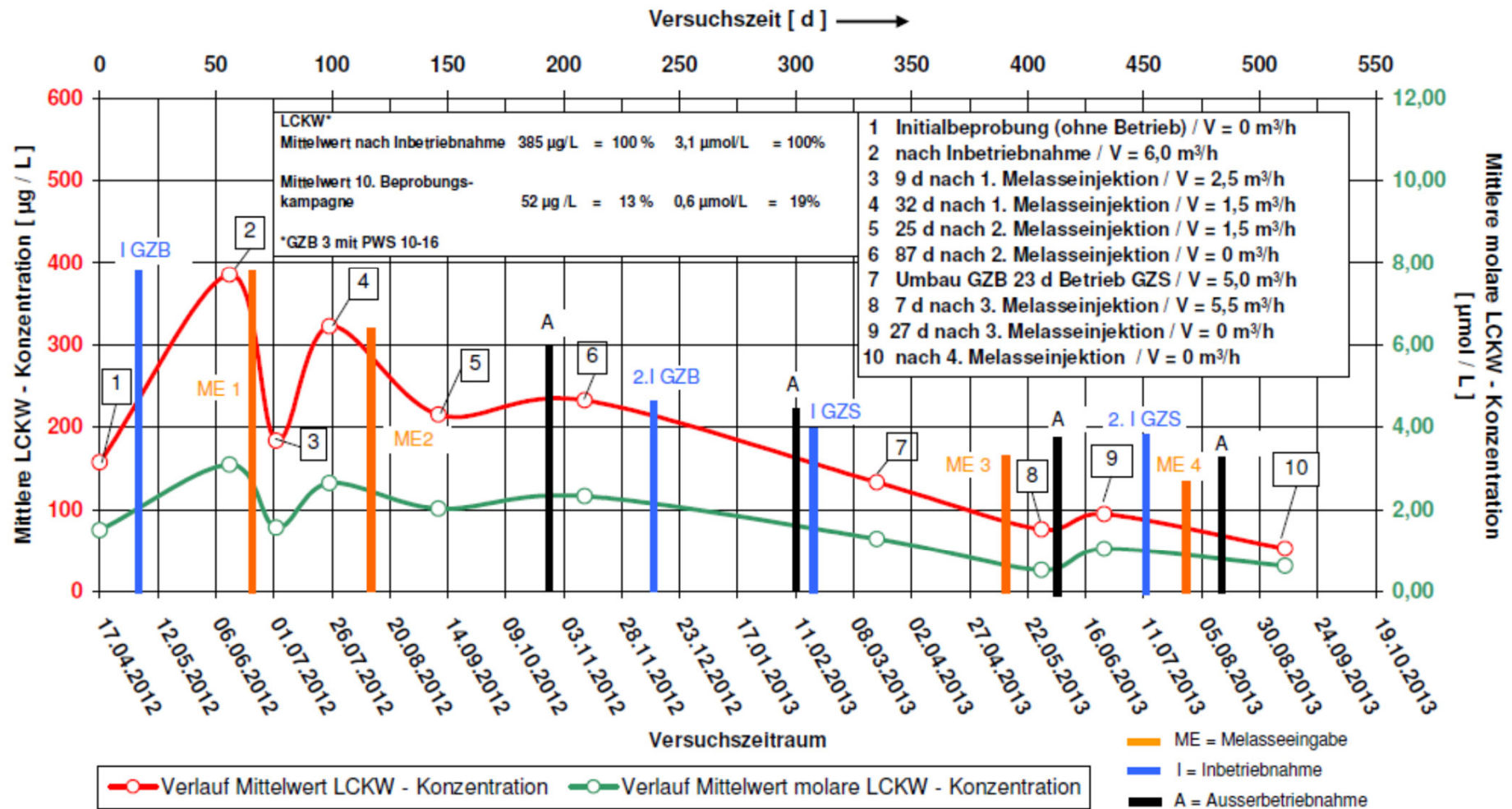
Essai pilote – résultats GZS 3 (ISBR)

Avril 2012 – Septembre 2013



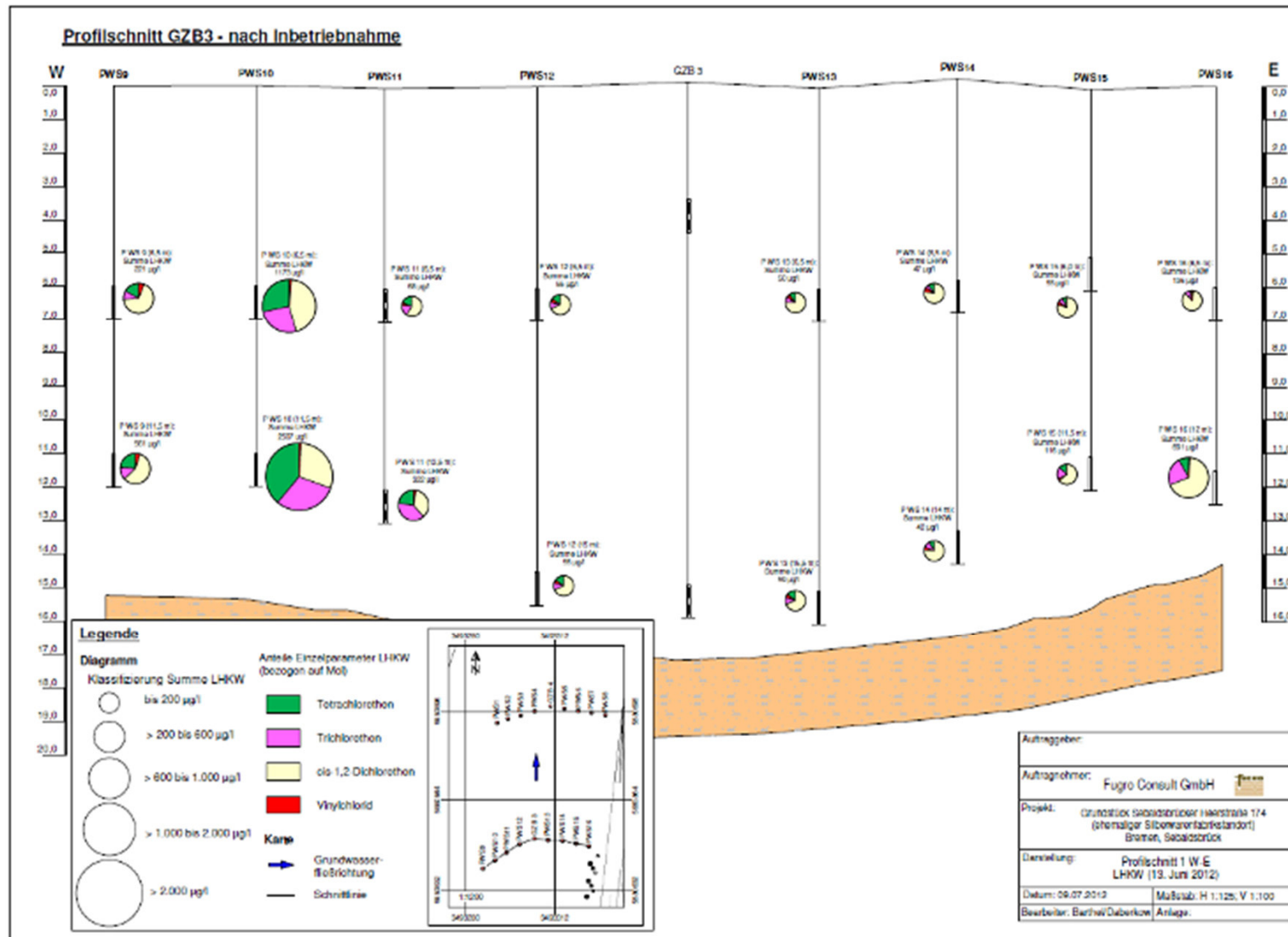
Essai pilote – résultats GZS 3 (ISBR)

Avril 2012 – Septembre 2013



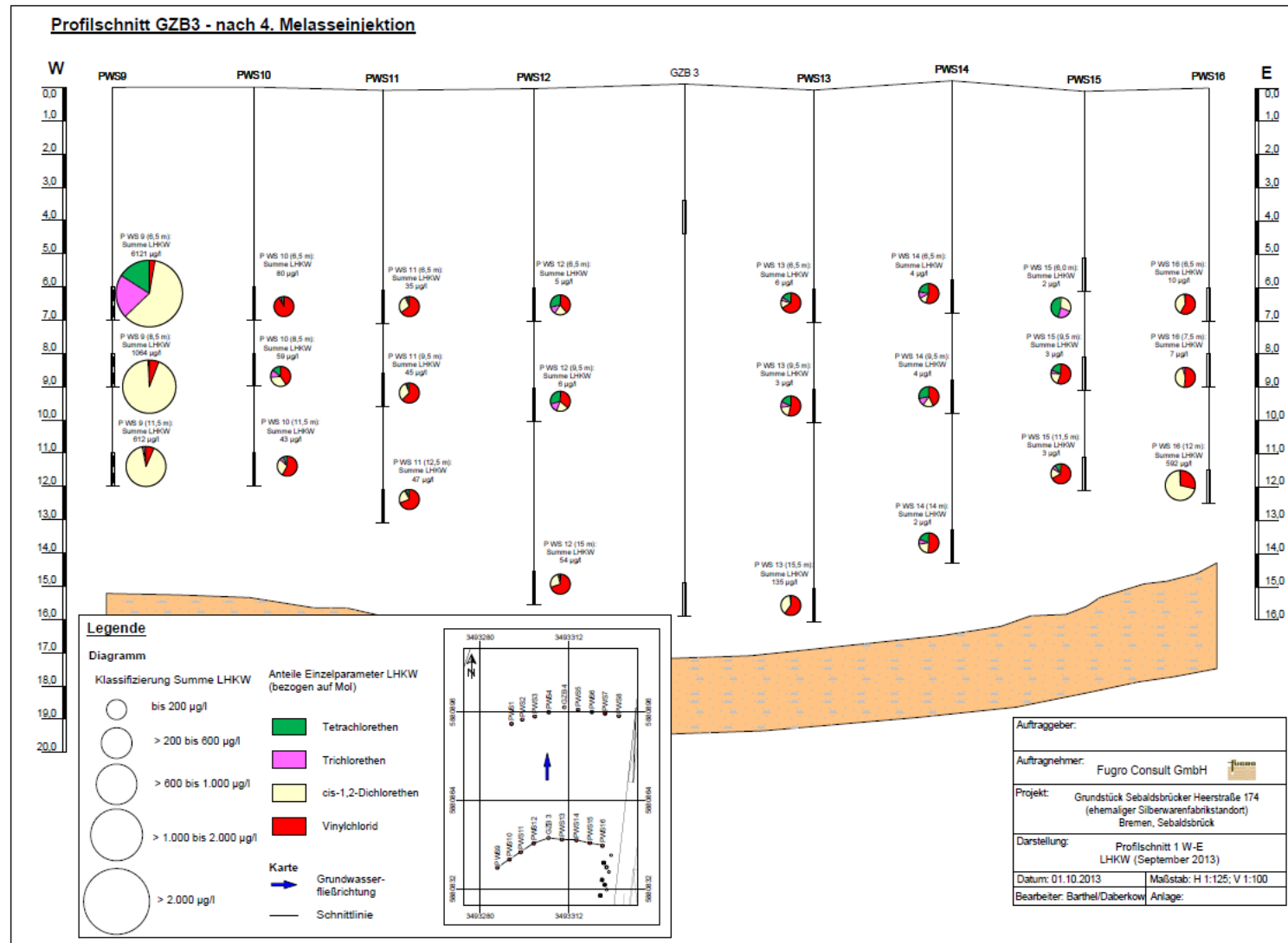
Essai pilote – résultats GZS 3 (ISBR)

Juin 2012 – après la mise en route



Essai pilote – résultats GZS 3 (ISBR)

Juin 2013 – après la 4^{ème} injection de mélasse



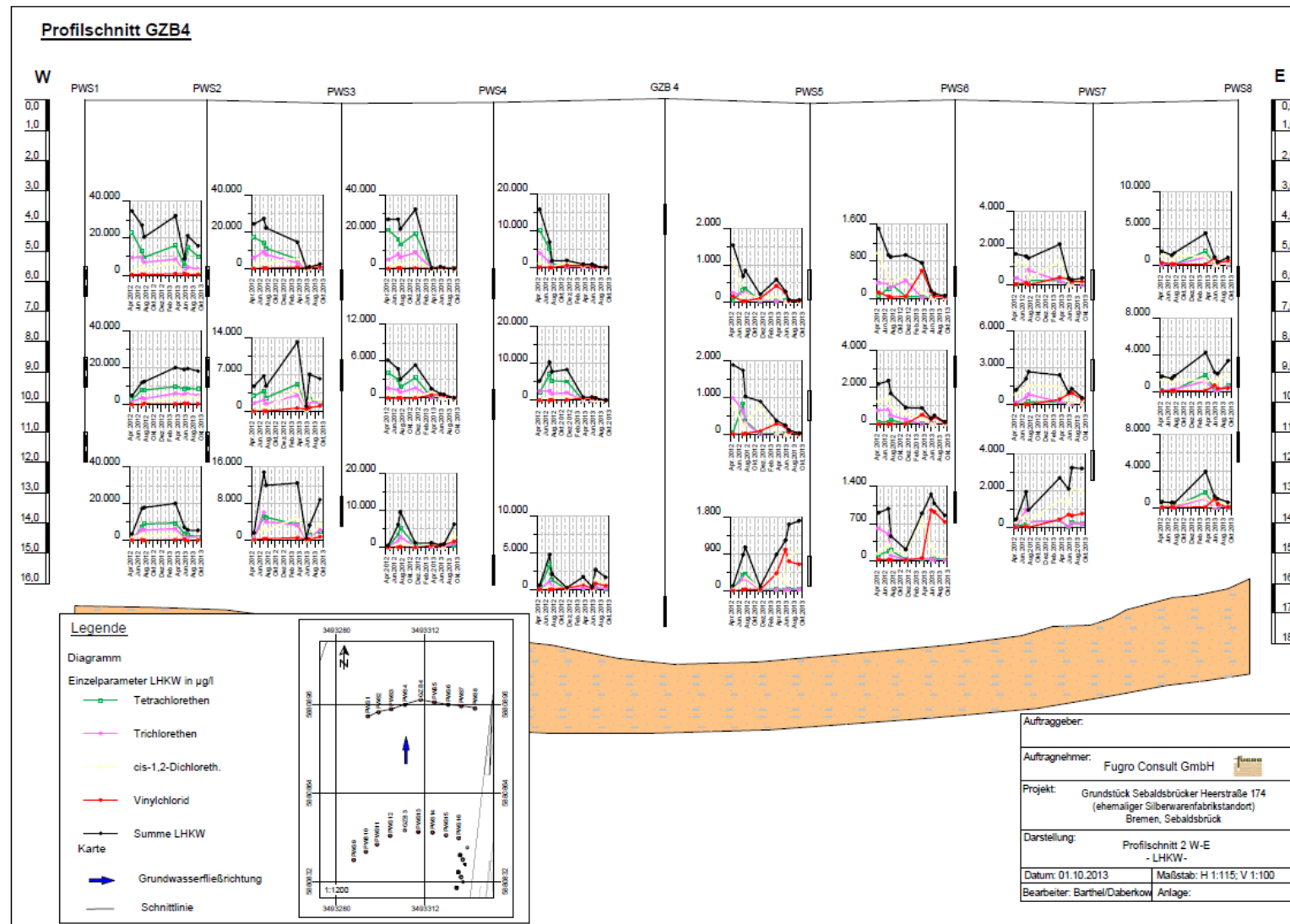
Essai pilote – résultats GZS 4 (ISCO)

- Débit: 5 m³/h (stable depuis Mars 2013)
- Rayon d'influence : environ 20 m à 5 m³/h (mesures de monitoring)
- pH: ca. 6,5-7,5 (stable)
- E_h: potentiel redox corrigé (électrode H₂)
Augmentation entre 200 et 300 mV
(après la 2^{ème} injection de permanganate)
- Conductivité: augmentation entre 300 et 600 µS/cm
(après la 2^{ème} injection de permanganate)
- Diminution significative des concentrations molaires en solvants halogénés



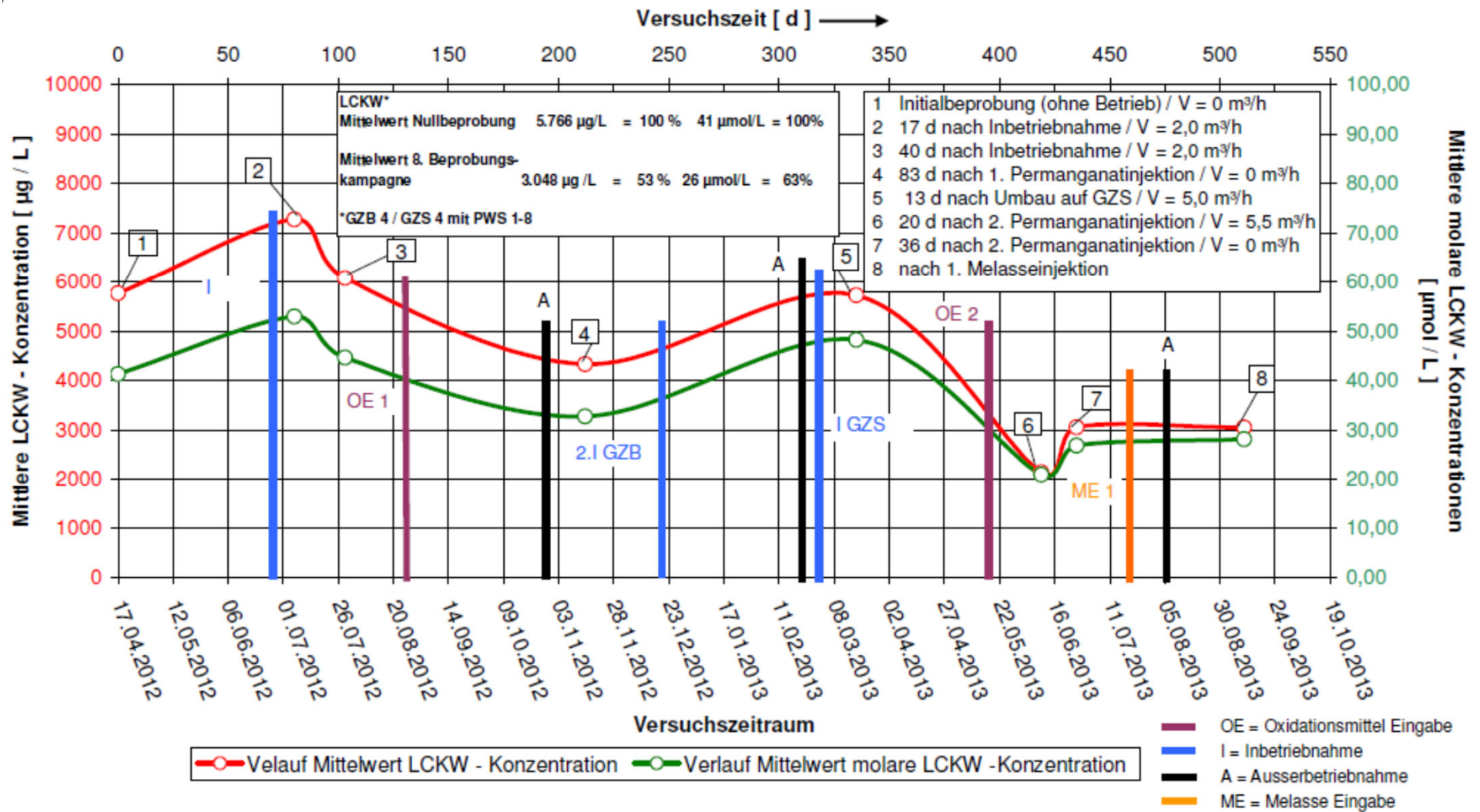
Essai pilote – résultats GZS 4 (ISCO)

Avril 2012 – Septembre 2013



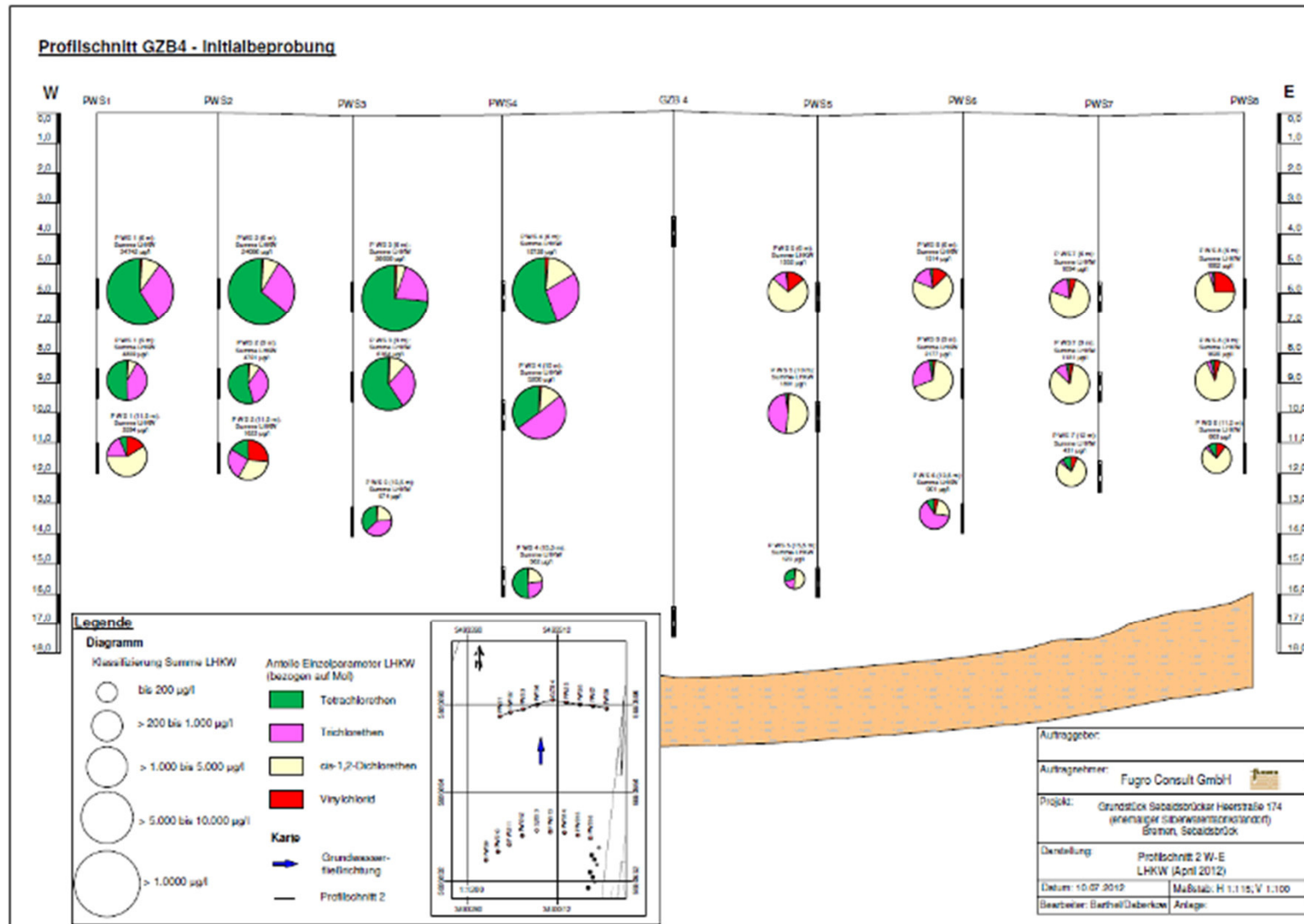
Essai pilote – résultats GZS 4 (ISCO)

Avril 2012 – Septembre 2013



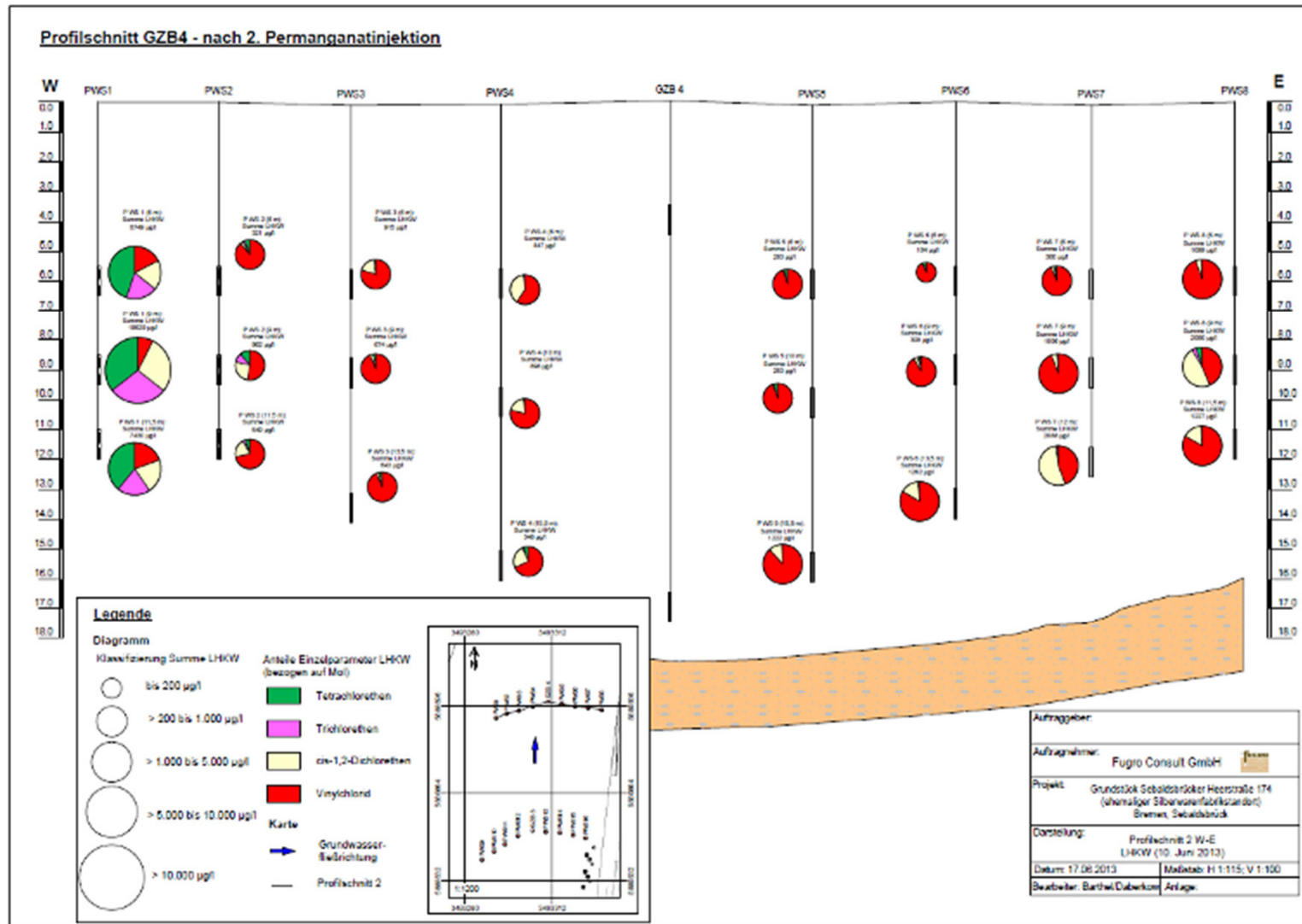
Essai pilote – résultats GZS 4 (ISCO)

Avril 2012 – prélèvement initial



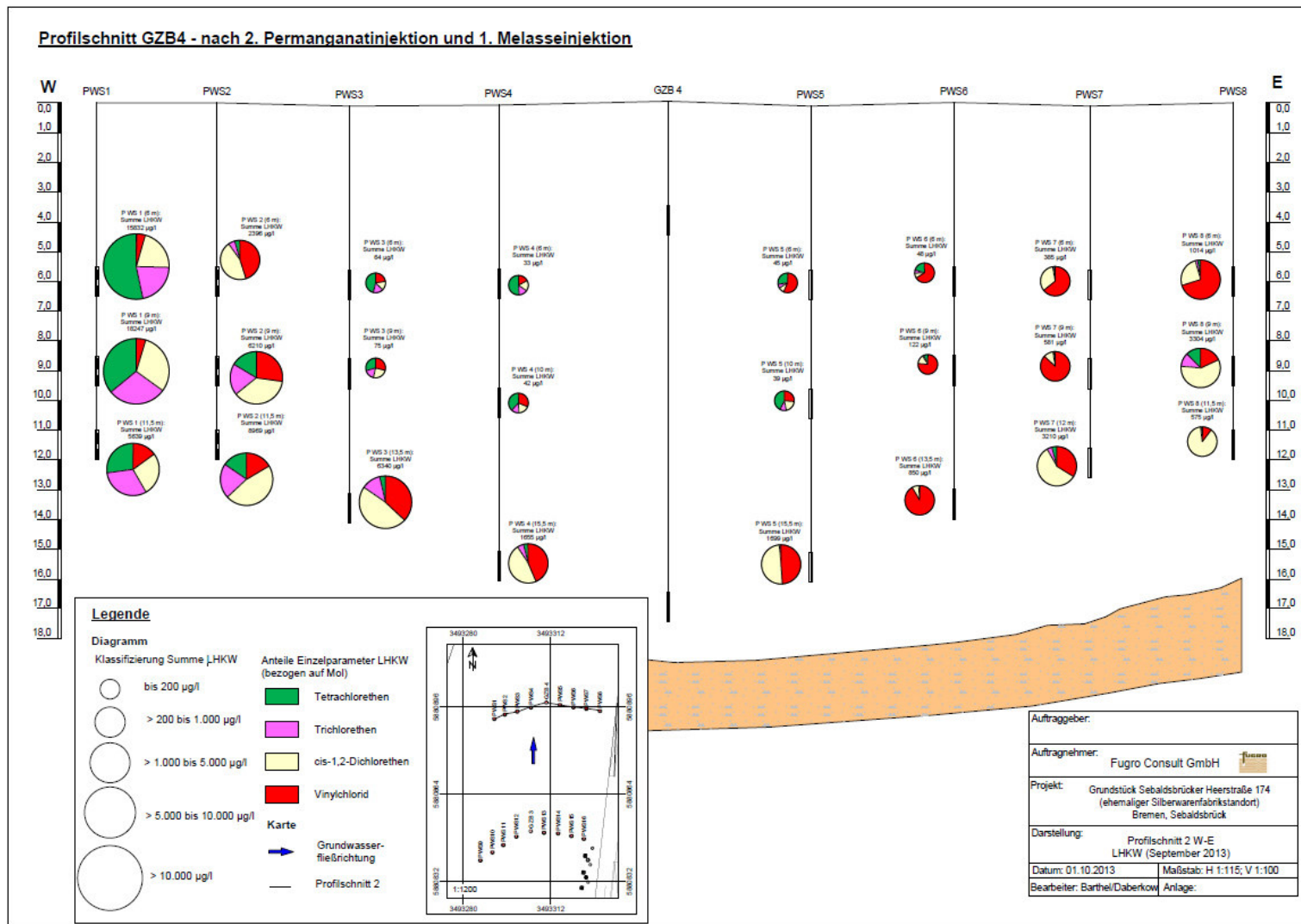
Essai pilote – résultats GZS 4 (ISCO)

Juin 2013 – après la 2^{ème} injection de permanganate



Essai pilote – résultats GZS 4 (ISCO)

Septembre 2013 – après la 2^{ème} injection de KMnO₄ et la 1^{ère} de mélasse



Conclusion et perspectives

- Les objectifs de l'essai pilote ont été atteints
 - La zone d'influence calculée de la circulation GZS a été confirmée
 - Le permanganate et la mélasse peuvent être transportés/distribués par le GZS
 - Les conditions sulfato-réductrices pour l'ISBR sont atteintes
 - Les teneurs en solvants ont sérieusement diminué
- Optimisation / Ajustement du projet de traitement
 - GZS avec un découplage entre le pompage et la réinfiltration
 - Mélasse: quantité, concentration et durée d'injection

→ Le projet de traitement s'avère faisable et efficace.

La porte pour entamer dès 2014 une réhabilitation complète du site sur la base d'objectifs identifiés et un traitement optimisé est donc ouverte!