

## Ist das Vertrauen in die „natürliche Schadstoffminderung“ (NA) gerechtfertigt gewesen?

### 23. NIEDERSÄCHSISCHES BODENSCHUTZ FORUM

Robert Kringel<sup>3)</sup>, Martin Wegner<sup>1)</sup> und Paul Jelen<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> c/o Mull & Partner Ingenieurgesellschaft mbH, Hannover

<sup>2)</sup> Region Hannover – FB Umwelt – Team Bodenschutz

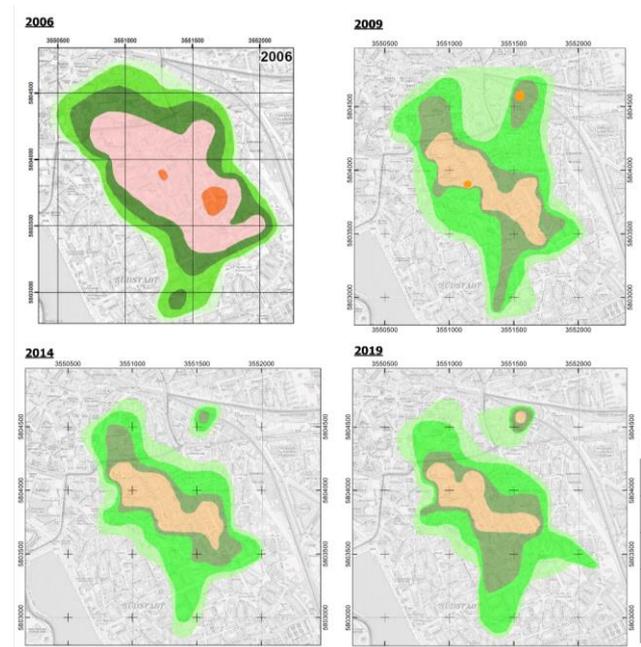
<sup>3)</sup> [Robert.Kringel@bgr.de](mailto:Robert.Kringel@bgr.de)



Region Hannover



Interpolierte Summen LHKW  
in der Südstadtfahne aus dem  
Monitoring-Bericht von M&P  
an die Region Hannover (2019)



24.10.2024

# Lage der „Fahne als Quelle“ im Netz der ÜSTRA



- 3** Stadtbahn mit Haltestelle  
Turn line with station
- RE2** RegionalExpress  
Regional express train
- RB30** RegionalBahn  
Regional train
- S2** S-Bahn  
S-Bahn train
- Park+Ride**  
Not barrier-free accessible
- Nicht barrierefrei**  
Not barrier-free accessible
- A B C** Tarifzonen im GVH  
GVH tariff zones

**DB City-Ticket**  
gültig in Zone **A**  
valid in zone **A**

**GVH Kombiticket**  
gültig in den Zonen **A B C**  
valid in zones **A B C**

**U** Stadtbahn Hannover

Stand: Dezember 2023  
As of December 2023

Änderungen vorbehalten  
Always subject to change

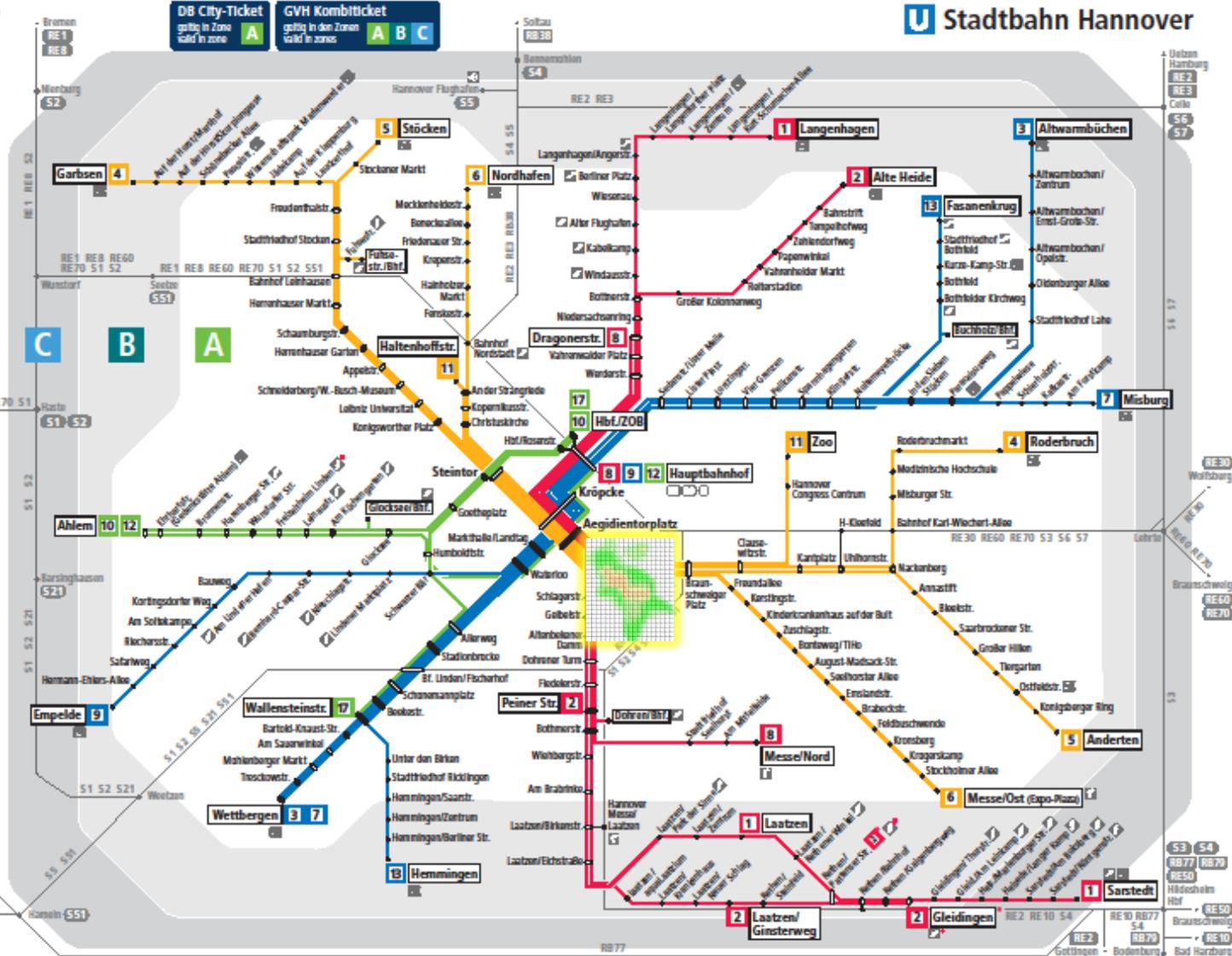
Subject to modifications  
Current information:  
gvh.de

• Linie 2 ab Mitte 2024:  
Verlängerung nach  
Gleidingen (Endhaltestelle).  
Info: gvh.de

Line 2 from mid-2024: extension to  
Gleidingen, information at gvh.de

• Haltestelle voraussichtlich ab  
Anfang/Mitte 2024 barrierefrei.  
Info: gvh.de

Station expected to be barrier-free  
from early/mid-2024  
information at gvh.de



## 2. Aufgabenstellung und Voraussetzungen

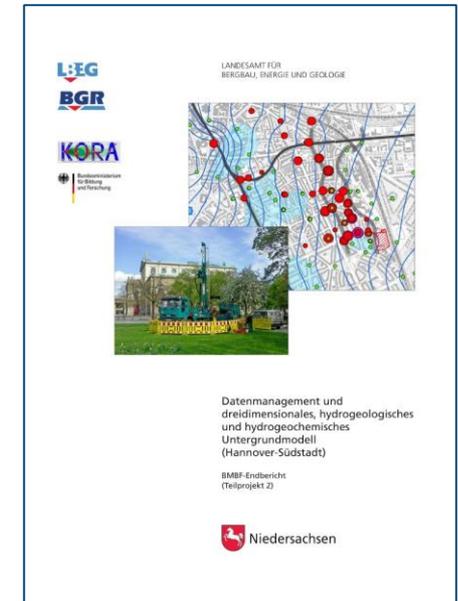
Im Rahmen des BMBF-Forschungsvorhabens sollte am Beispiel des CKW-Schadensfalls Hannover-Südstadt untersucht werden, ob „Natural Attenuation“ eine ökologisch und ökonomisch sinnvolle Alternative zu herkömmlichen Sanierungsverfahren darstellt. Wesentliche Zielsetzung des Vorhabens war es, eine Entscheidungsgrundlage über die beiden folgenden Optionen zu gewinnen:

- Tritt eine Schadstoffminderung ohne weitere Maßnahmen ein (Natural Attenuation), die weitere aktive Maßnahmen überflüssig macht?

Im Fall, dass Natural-Attenuation allein nicht ausreicht, sondern dass additive oder alternative Methoden zur Sanierung des Schadens erforderlich sind, schließt sich die Frage an:

- Können ansonsten die Schadstoffminderung unterstützende biologische *in-situ*-Techniken sinnvoll eingesetzt werden (Enhanced Natural Attenuation)?

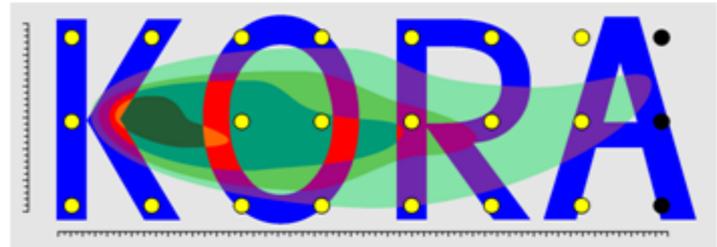
Das Forschungsvorhaben beschäftigte sich schwerpunktmäßig mit der ersten Fragestellung und der Erarbeitung von Planungsgrundlagen für die zweite Fragestellung. Die unterstützende Maßnahmen (Enhanced Natural Attenuation) wurden nicht durchgeführt.



Aus dem technischen BMBF Endbericht, DOI: [10.13140/RG.2.1.4950.8326](https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4950.8326)

# BMBF-Förderschwerpunkt

„Kontrollierter natürlicher Rückhalt und Abbau von Schadstoffen bei der Sanierung kontaminierter Böden und Grundwässer“ (KORA)



- Über 60 Projekte an 18 branchentypisch belasteten Standorten
- Rechtliche und Akzeptanzfragestellungen
- Erstellung von Branchenleitfäden und Handlungsempfehlungen zu NA

## Forschungsprojekt Hannover-Südstadt

- Laufzeit 2002 - 2007
- Budget: 745.800 € + 321.600 € = 1.067.400 €
- Eigenanteil Region: 153.400 € + 20.000 € = 173.400 €
- Eigenanteil NLFB/BGR: Bohrgerät, Laboranalytik, jede Menge **Arbeitskraft**

GEFÖRDERT VOM

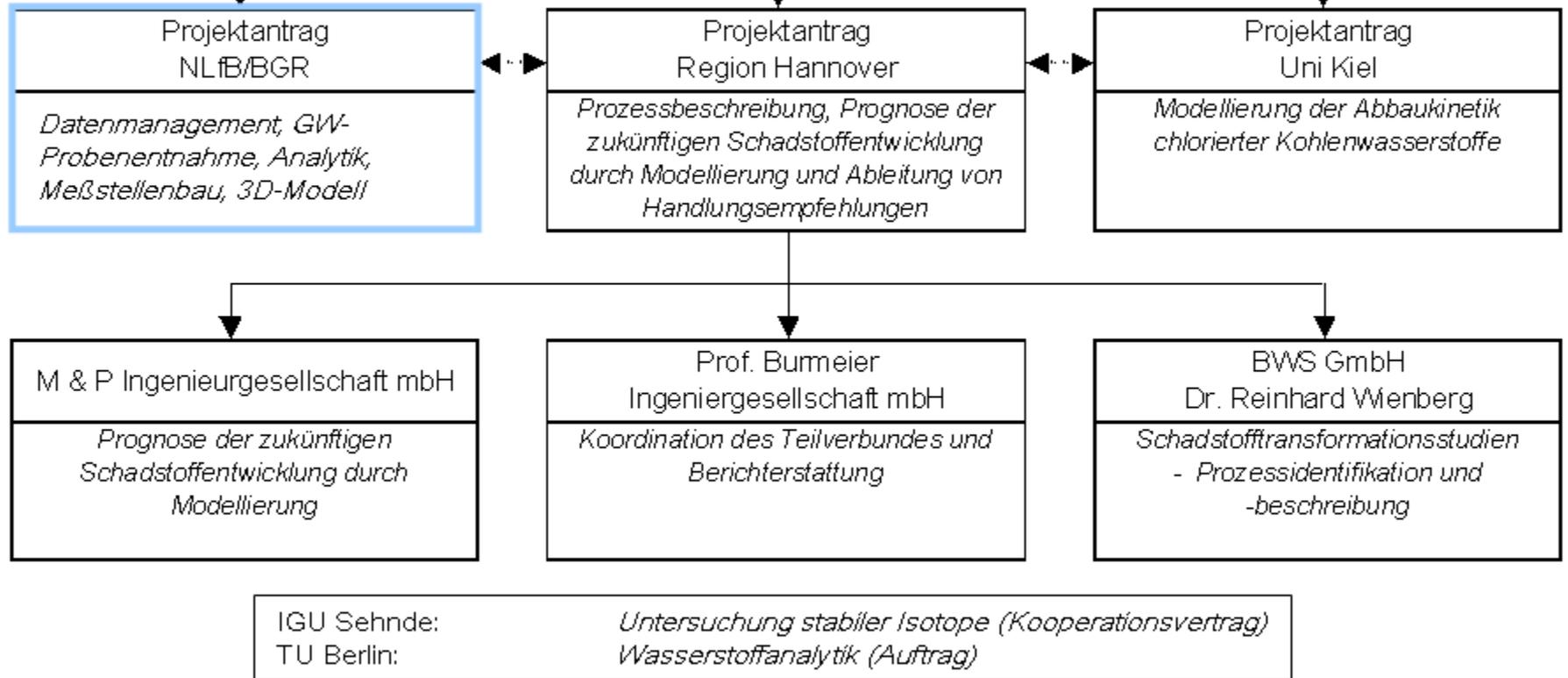


Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung



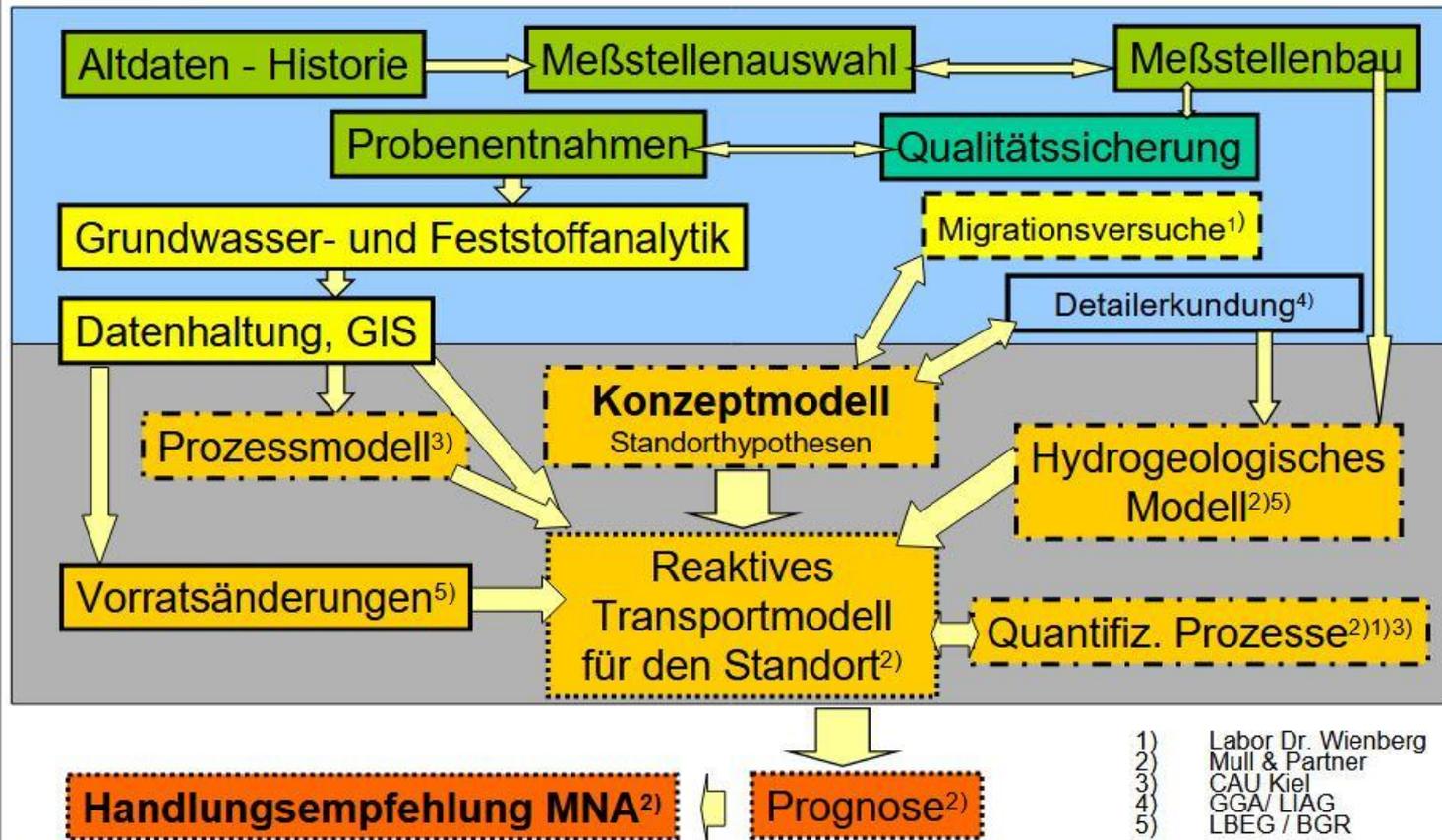
# Partner des Teilverbundes

## Teilverbund Hannover-Südstadt



# Vorgehen, Aktivitäten und Outputs im TP 3.1

## Wichtige Arbeitsschritte im KORA-Projekt



Geoday 2009

## Danksagung tut not:

### Den Co-Autoren:

S. Hoffmann, K. Fischer, A. Vidal,  
F. Dethlefsen, B. Schlenz, C. Poggendorf, R. Wienberg,  
T. Beilecke, B. Engeser, R. Blumöhr sowie

M. Wegner & M. Wieschemeyer

Den Mitstreiter/innen: Ulrich Polom, Andreas Bahr, Hermann Wehner, Momme S. Petersen, Hanno Paetsch, Dietrich Klosa, Jolanta Kus, Aenne Balke, Annegret Tietjen, Wolfgang Glatte, Juergen Rausch, Fred Flohr, Juergen Poggenburg, Christian Woehrl, Melanie Hein, Michaela Zimmermann, Christoph Vinke, Dorothee Koch, Janice Wilke, Claire Mautalen, Florent Bertin, Floriant Viollet, Adrien Jobard, Stefan Cramer, Wolfgang Weitmueller, Walter Rode, Christoph C. Tebbe, Rona Miethling-Graff, Kerstin Dowideit, Carsten Leven, Ulrike Werban, KORA-TV3 Koordinator Andreas Dahmke & Team, PT-BMBF Iris Bernhardt & Team und BABA (gegenüber der Nazarethkirche)

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

BMBF-Grant (Förderkennzeichen)  
02 WN 0367-69

Geoday 2009



BWS GmbH  
BÖDEN ■ WASSER ■ WATER ■ SOIL

BIG

CAU  
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

M&P  
Ingenieurgesellschaft

Region Hannover

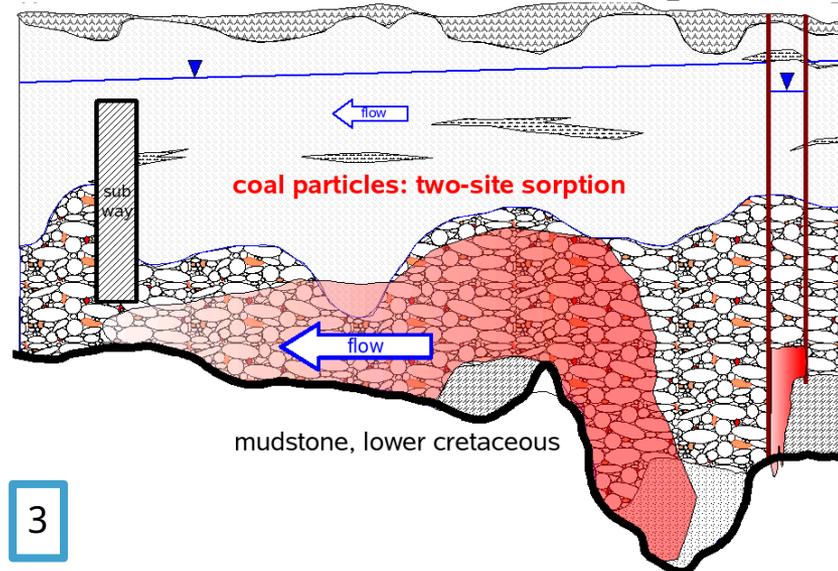
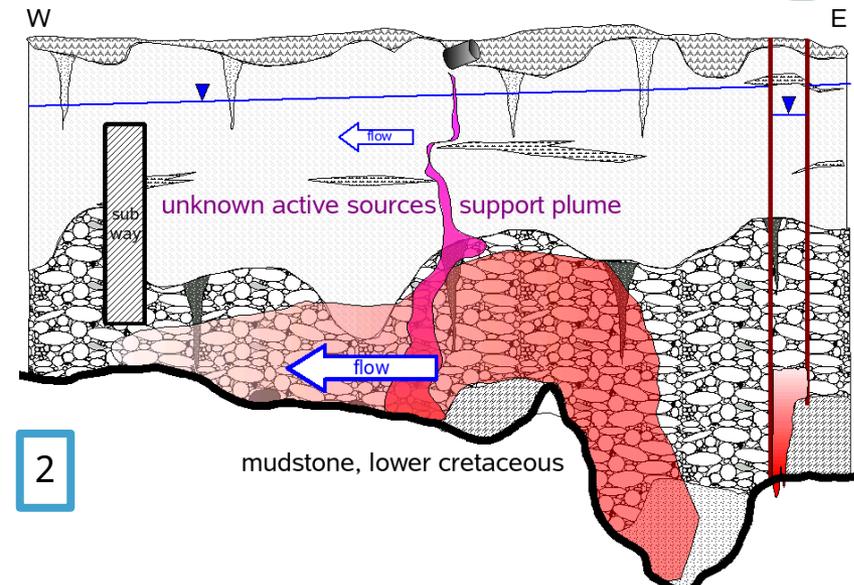
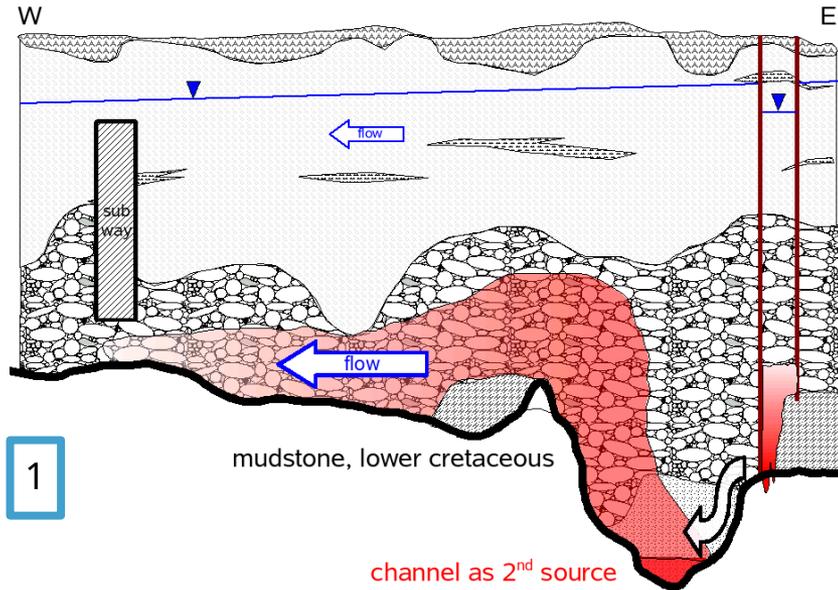


LEGBGRGGA

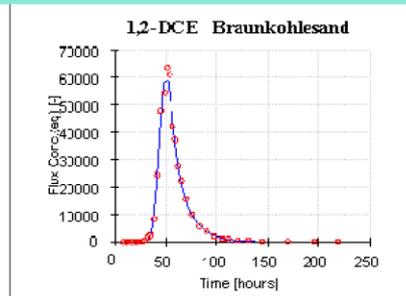
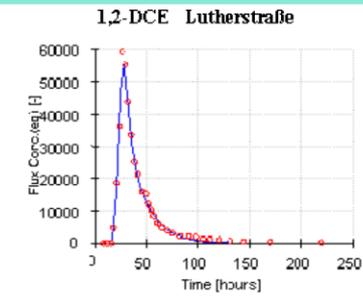
INSTITUT  
Hannover

*Till Gorgs, Paul Jelen und die beiden M&P PN-Teams, Anna Degtjarev, Marina Linnenschmidt, Tanja Fastert (BGR Labor), LaborMitarb. von UCL und Eurofins*

# 3 Standort-Hypothesen



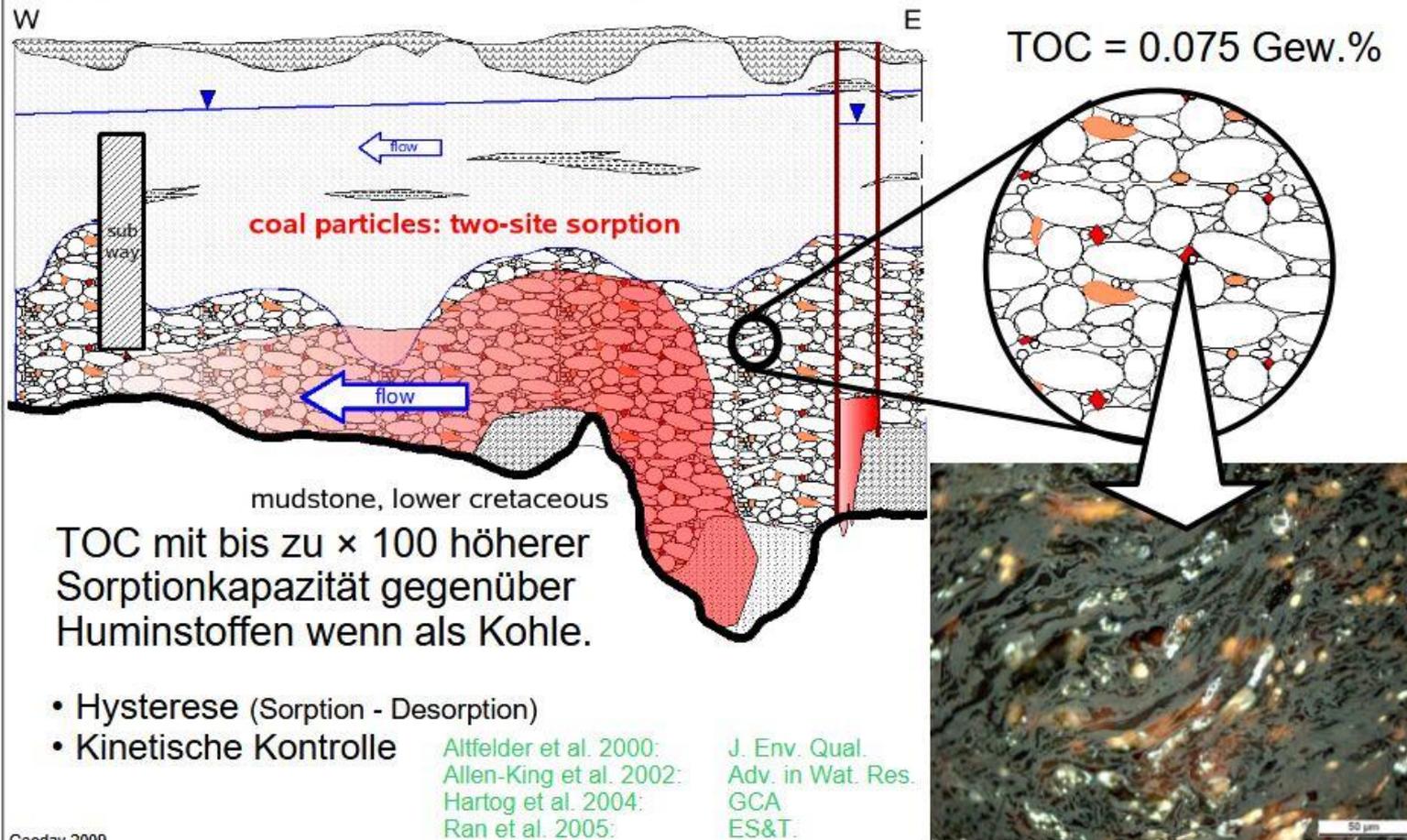
Säulenversuche ( $^3\text{H}_2\text{O}$ ,  $^{14}\text{C}$ -cDCE) mit Standortmaterial und Braunkohle  $\rightarrow$  Ermittlung von Sorptionsparametern – analytisch (STANMOD) (Wienberg & Dethlefsen 2006)



# Bevorzugte Standort-Hypothese

## Hypothese starke Sorption

(... auf Kohlepartikeln)



- Hysterese (Sorption - Desorption)
- Kinetische Kontrolle

Altfelder et al. 2000:  
Allen-King et al. 2002:  
Hartog et al. 2004:  
Ran et al. 2005:

J. Env. Qual.  
Adv. in Wat. Res.  
GCA  
ES&T.

Geoday 2009



BWS GmbH  
BÖDEN ■ WASSER ■ WATER ■ SOIL



CAU  
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel



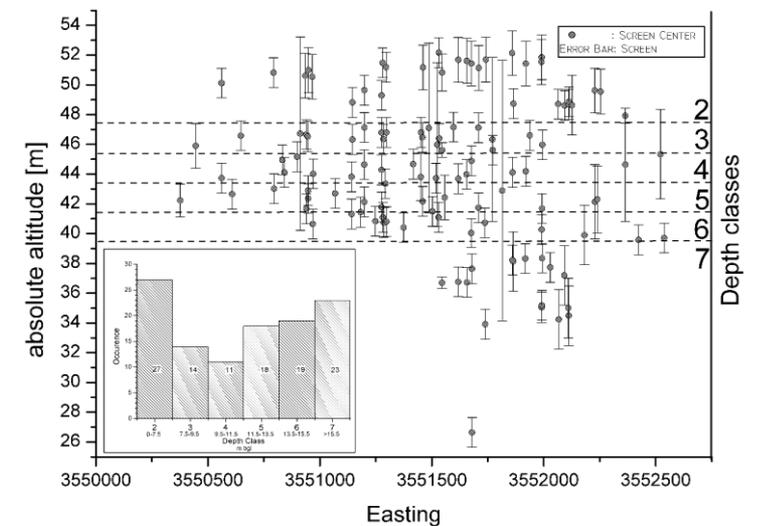
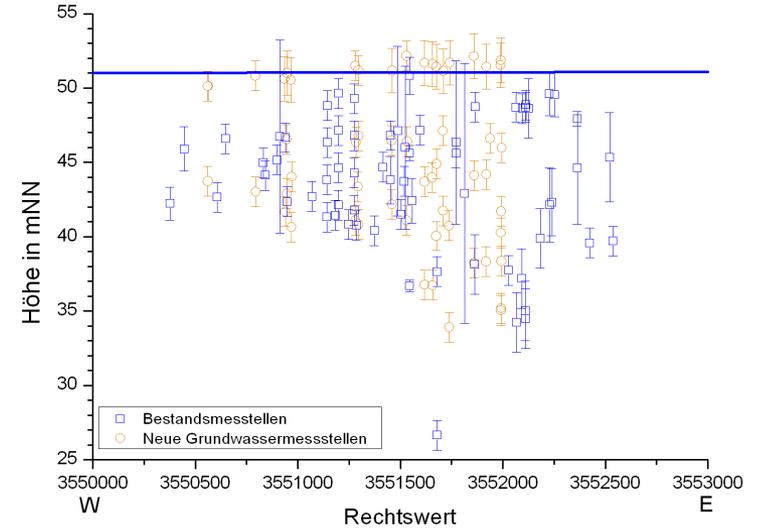
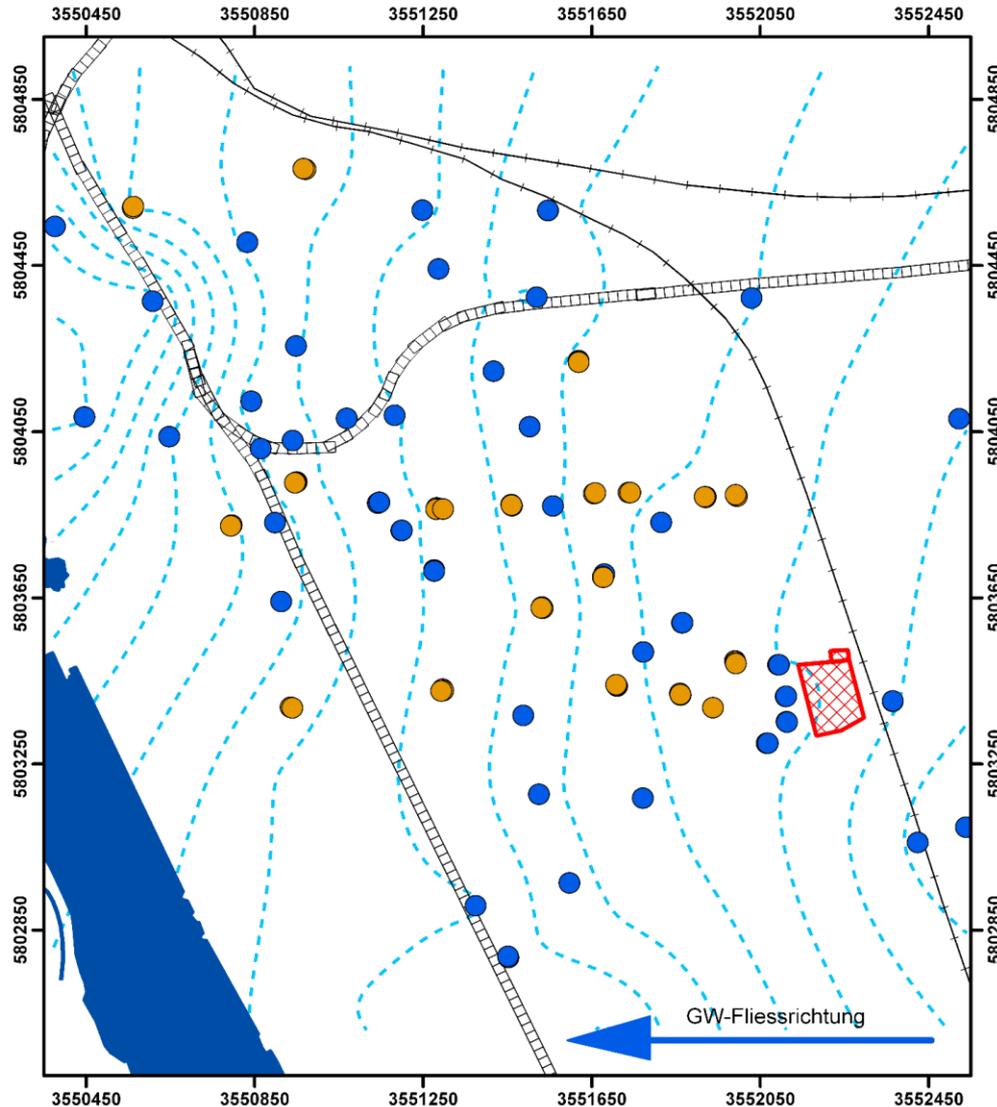
Region Hannover

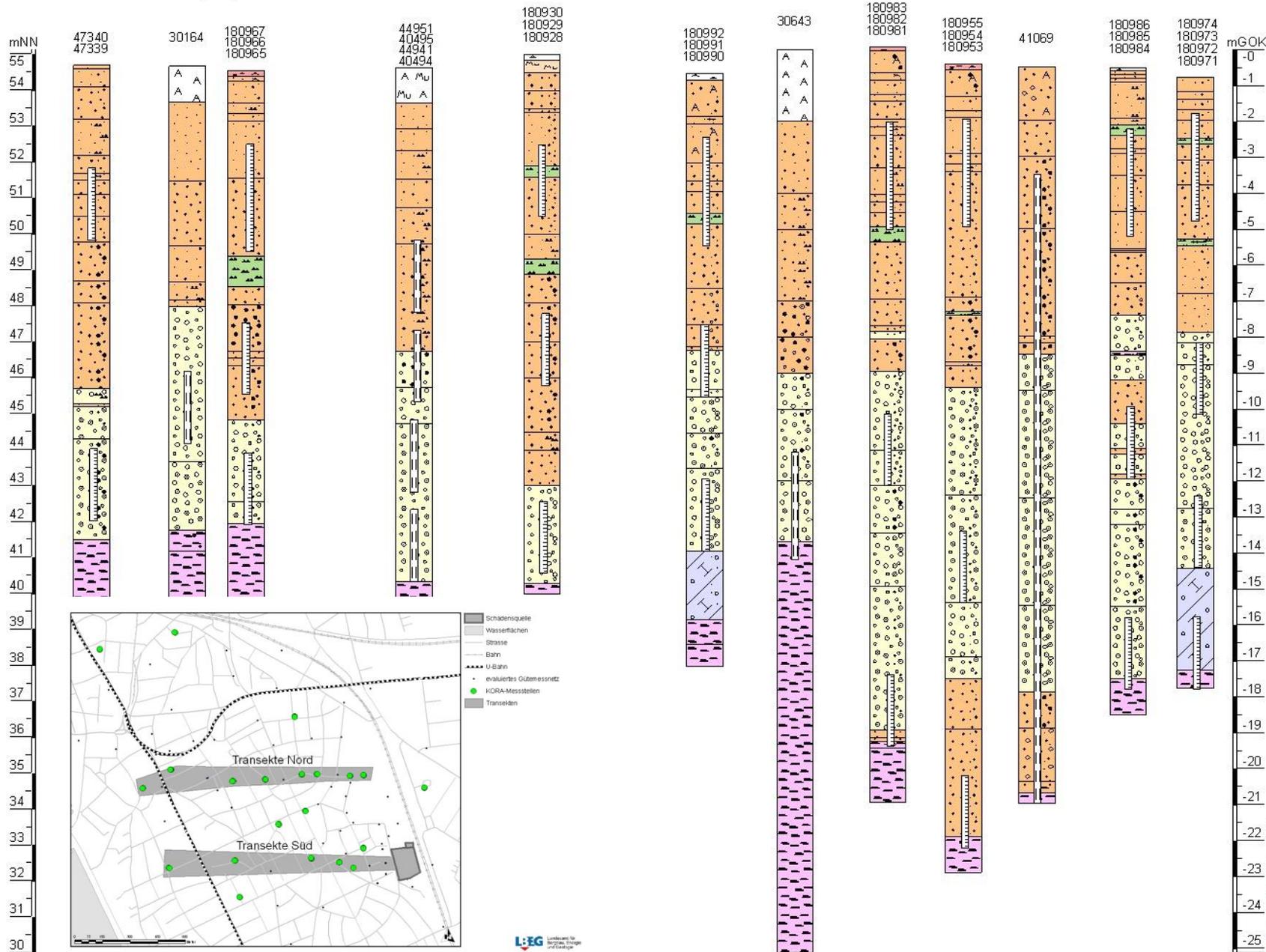


LBEG BGR GGA

INSTITUT Hannover

# Messnetz: Blau = Bestand, Gelb = KORA TV3





BMBF-Projekt NA  
Hannover-Südost

**Tranekte Nord**

**NHB** Technische Universität Hannover

**KORA**

© Hoffmann 2004/2005

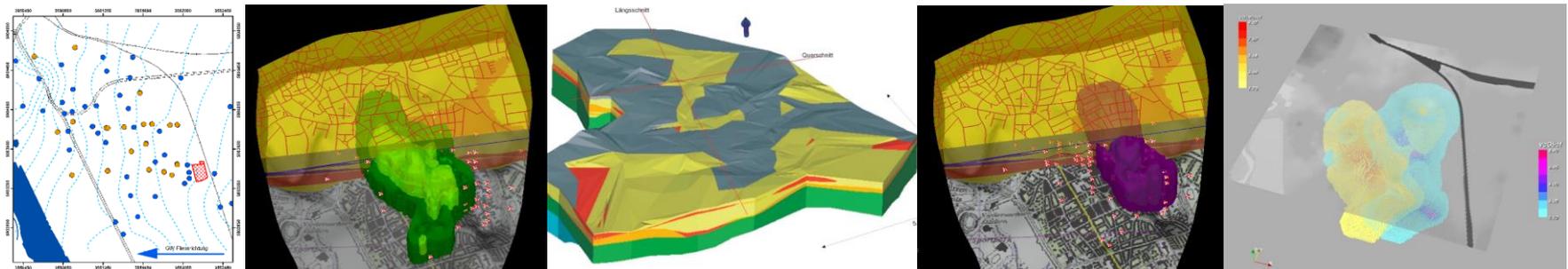
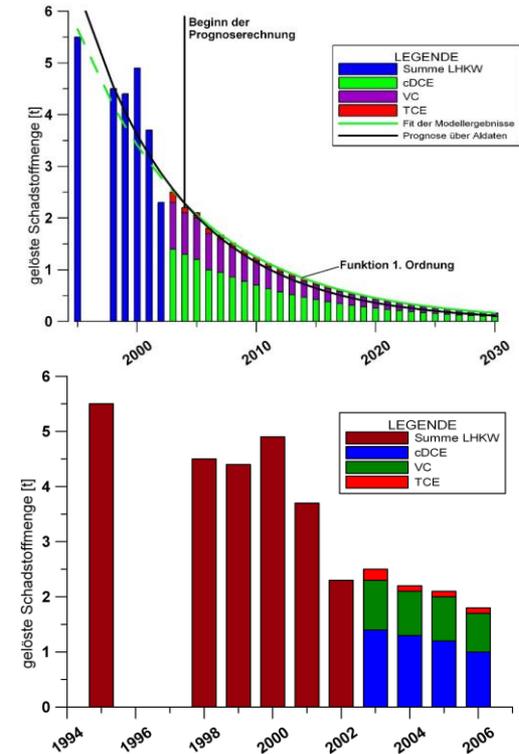


Die Region Hannover entscheidet auf Grundlage der KORA Ergebnisse für das MNA-Konzept:

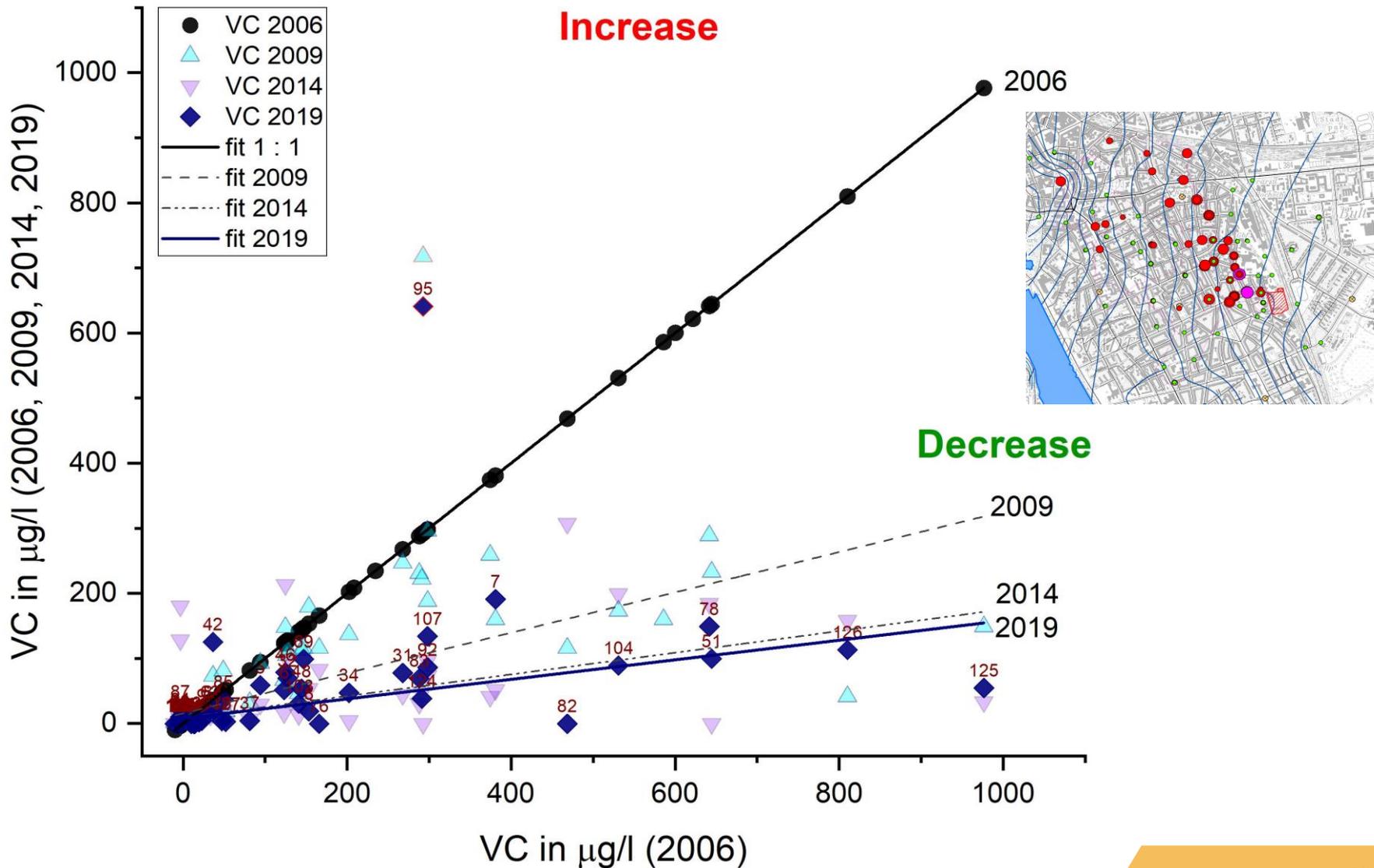
1. Quelle saniert,
2. Fahne inventarisiert und immobil,
3. NA Prozesse nachgewiesen und quantifiziert,
4. Prognose reaktives Schadstofftransportmodell (9 Sp.)

- **Trend-Monitoring** (ca. 20 ausgewählte GWM)  
November 2008, 2024 Abrufauftrag
- **Status-Monitoring**  
Juni 2009, Dezember 2014, November 2019

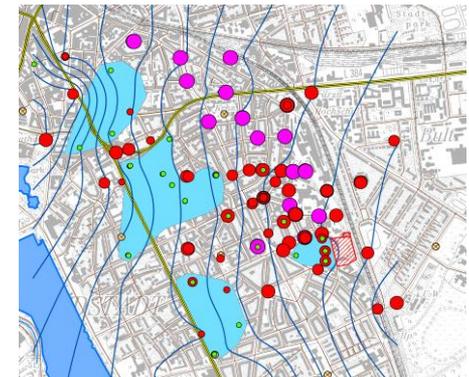
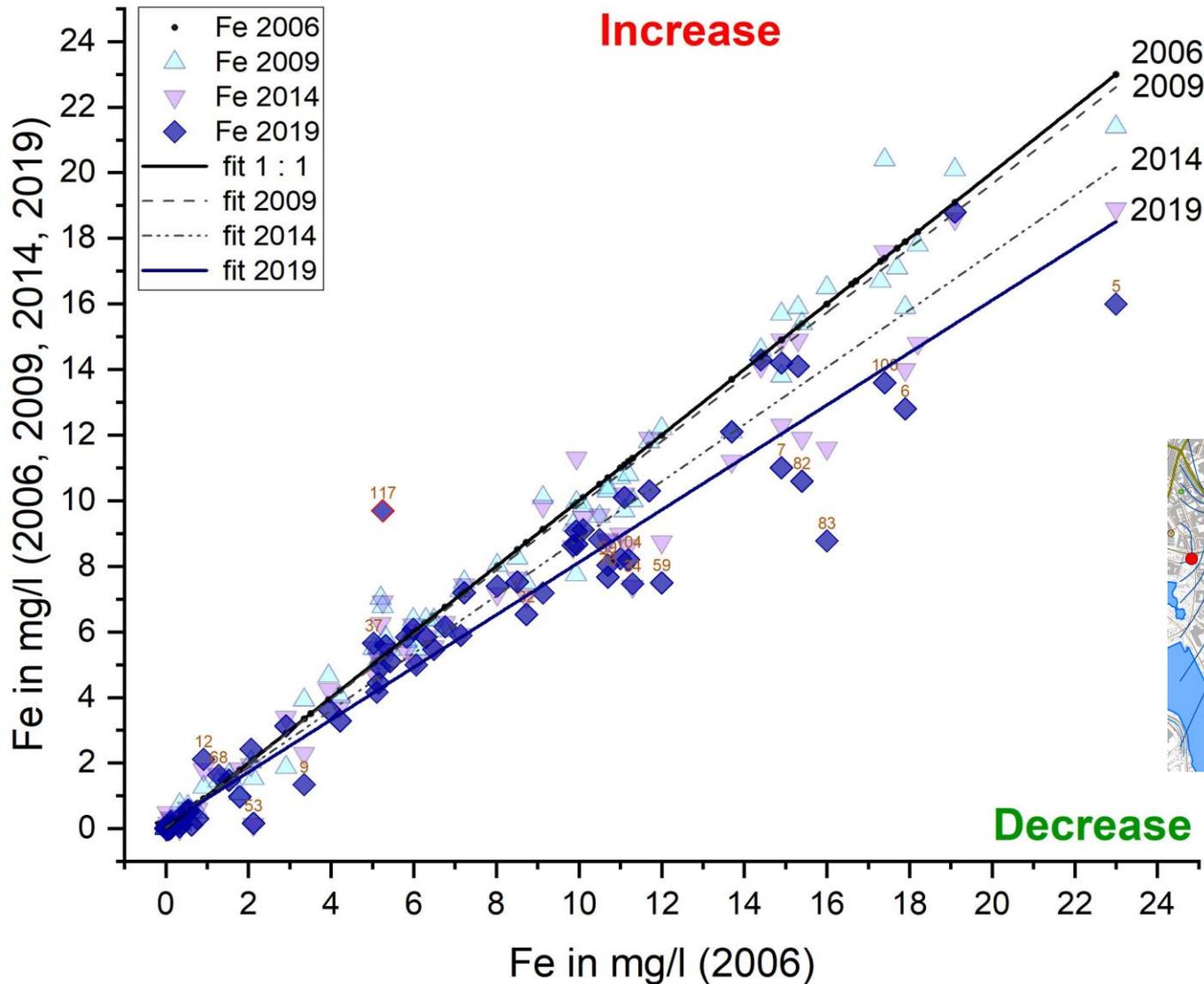
Sanierungszielwert von **250 µg/L Σ LCKW** soll in **20 bis 35 Jahren** erreicht werden



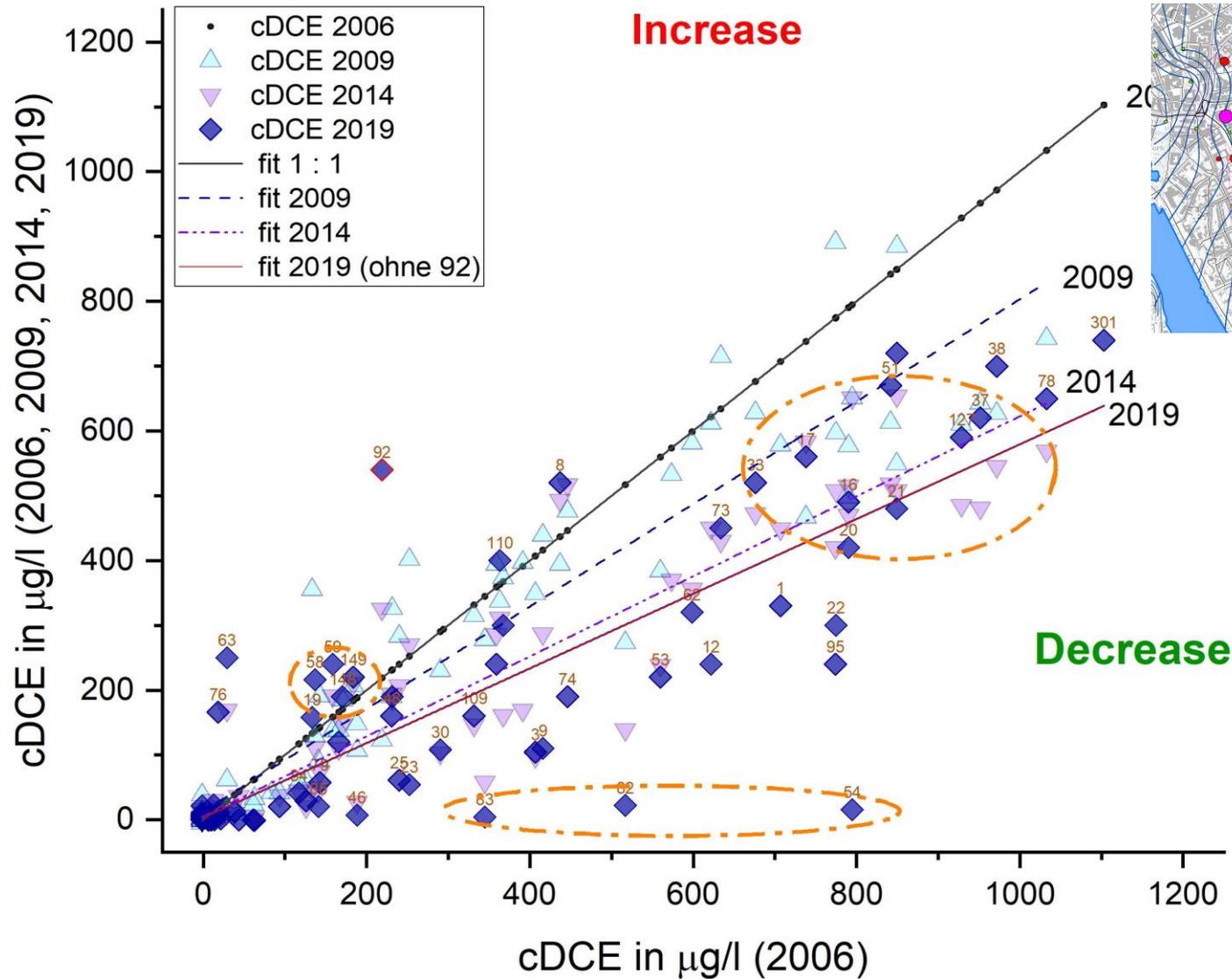
# VC Fahne im Zustrom - Ende der reduktiven Dechlorierung



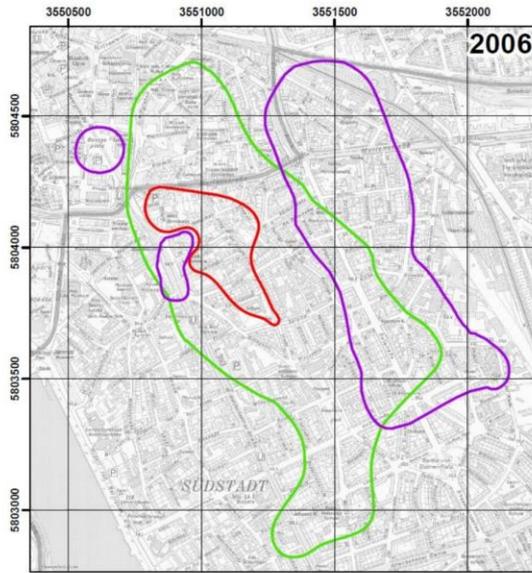
# Fe Konz. Abnahme - weniger reduktiv



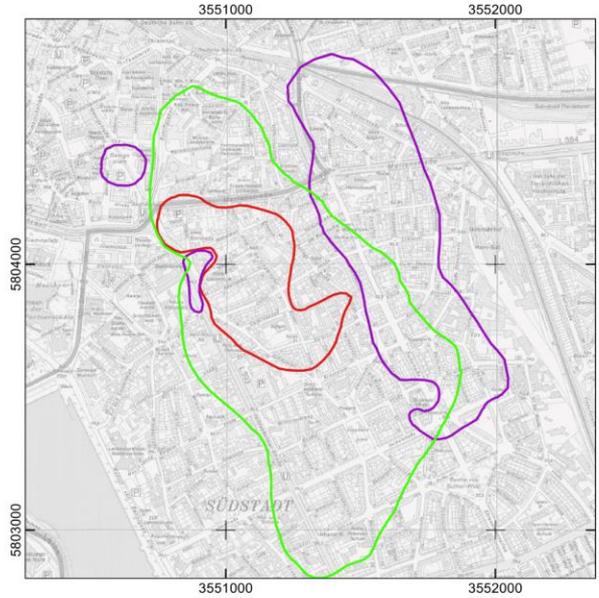
# cDCE Konz.-Abnahme - geringere Nachlieferung



**2006**



**2009**

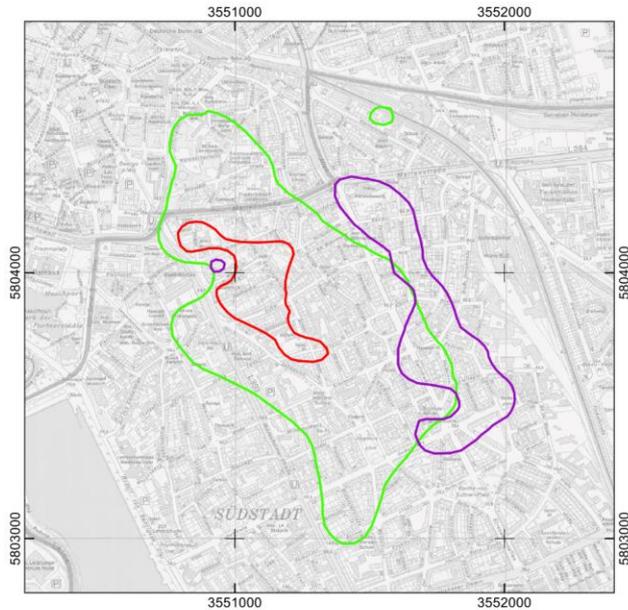


**Legende**

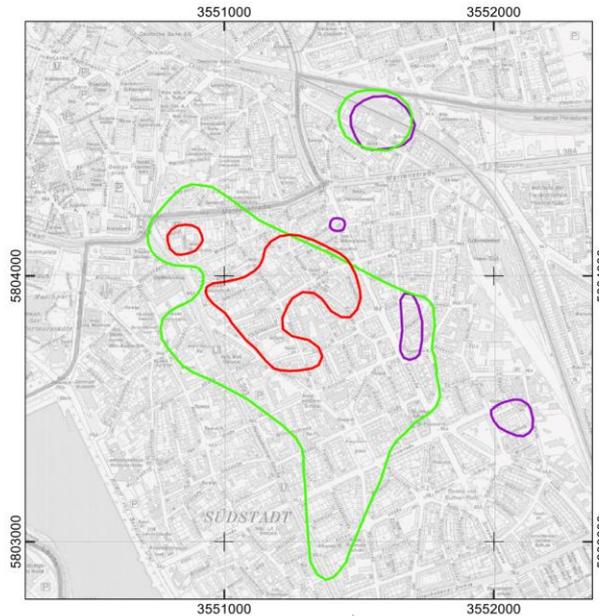
**Metabolitenverteilung (100 µg/l-Linie)**

- █ TCE
- █ cDCE
- █ VC

**2014**



**2019**



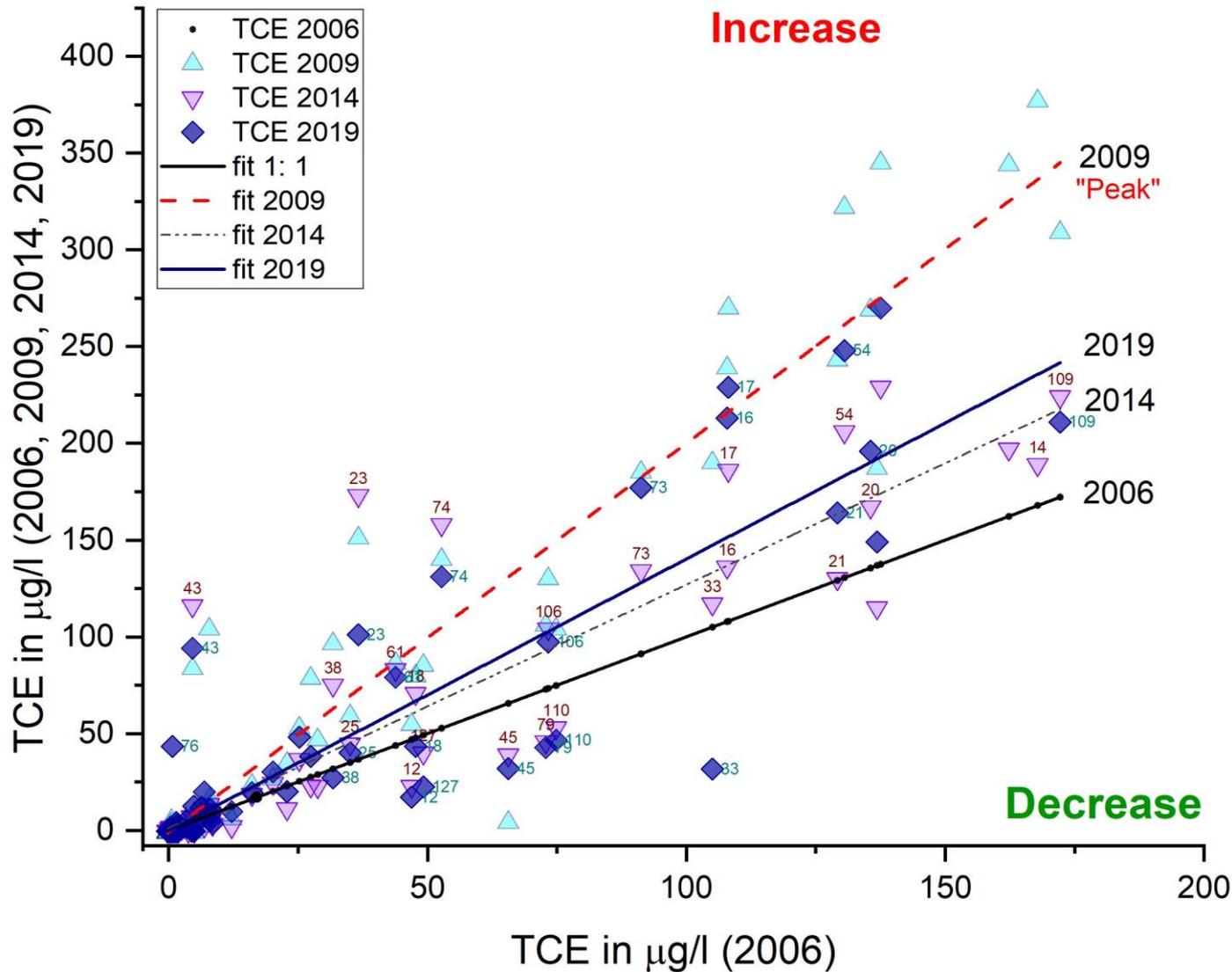
**Kartographische Grundlagen:**

DGK5, Blatt 410524  
 Quelle: Landesvermessungsamt Niedersachsen  
**Geodätische Grundlagen:**  
 EPSG 31467  
 DHDN/ 3-degree Gauss-Kruger zone 3

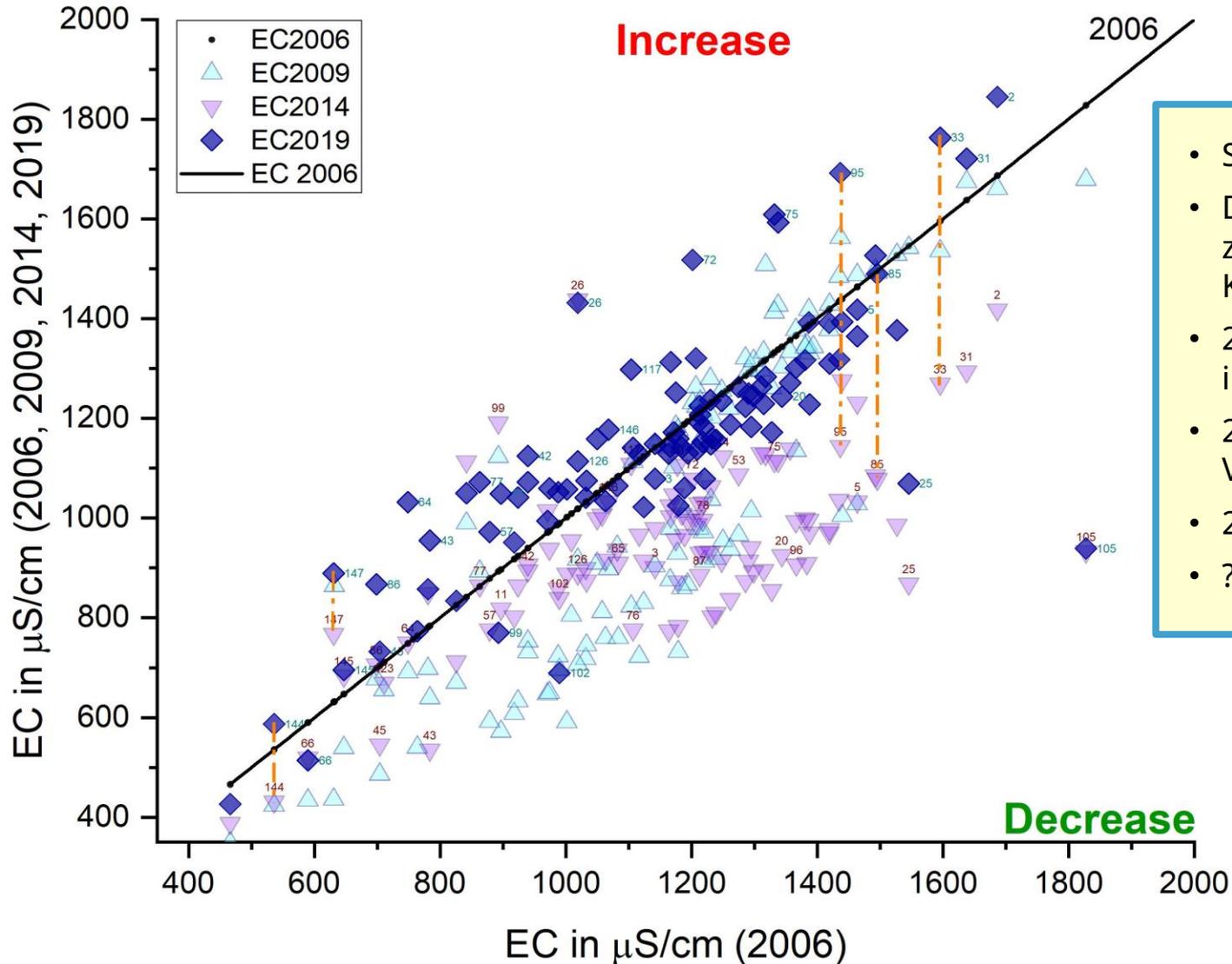


Auftraggeber Region Hannover, Fachbereich Umwelt/ Gewässer- u. Bodenschutz Höltystr. 17 30171 Hannover										
Projekt 190830 / Auswertung und Darstellung der aktuellen Schadstoffverteilung für den Schadensfall "Hannover Südstadt" - Statusmonitoring 2019 -										
Benennung Flächige Verteilung ausgewählter LHKW-Metaboliten im unteren Aquiferbereich 2006/2009/2014/2019										
Mull und Partner Ing.-Ges. mbH Hans-Böckler-Allee 9 30173 Hannover Telefon: 0511 - 123 559 - 0 E-Mail: hannover@mup-group.com Internet: www.mullundpartner.de Umweltberatung · Planung · Bauleitung		<table border="1"> <tr> <td>Anlage</td> <td>15</td> </tr> <tr> <td>Blatt (DIN A 3)</td> <td>1 von 1</td> </tr> <tr> <td>Maßstab</td> <td>1:18000</td> </tr> <tr> <td>Datum</td> <td>04.03.2020</td> </tr> </table>	Anlage	15	Blatt (DIN A 3)	1 von 1	Maßstab	1:18000	Datum	04.03.2020
Anlage	15									
Blatt (DIN A 3)	1 von 1									
Maßstab	1:18000									
Datum	04.03.2020									

# TCE - erhebliche Varianz im Grundwasser (2009 Peak)



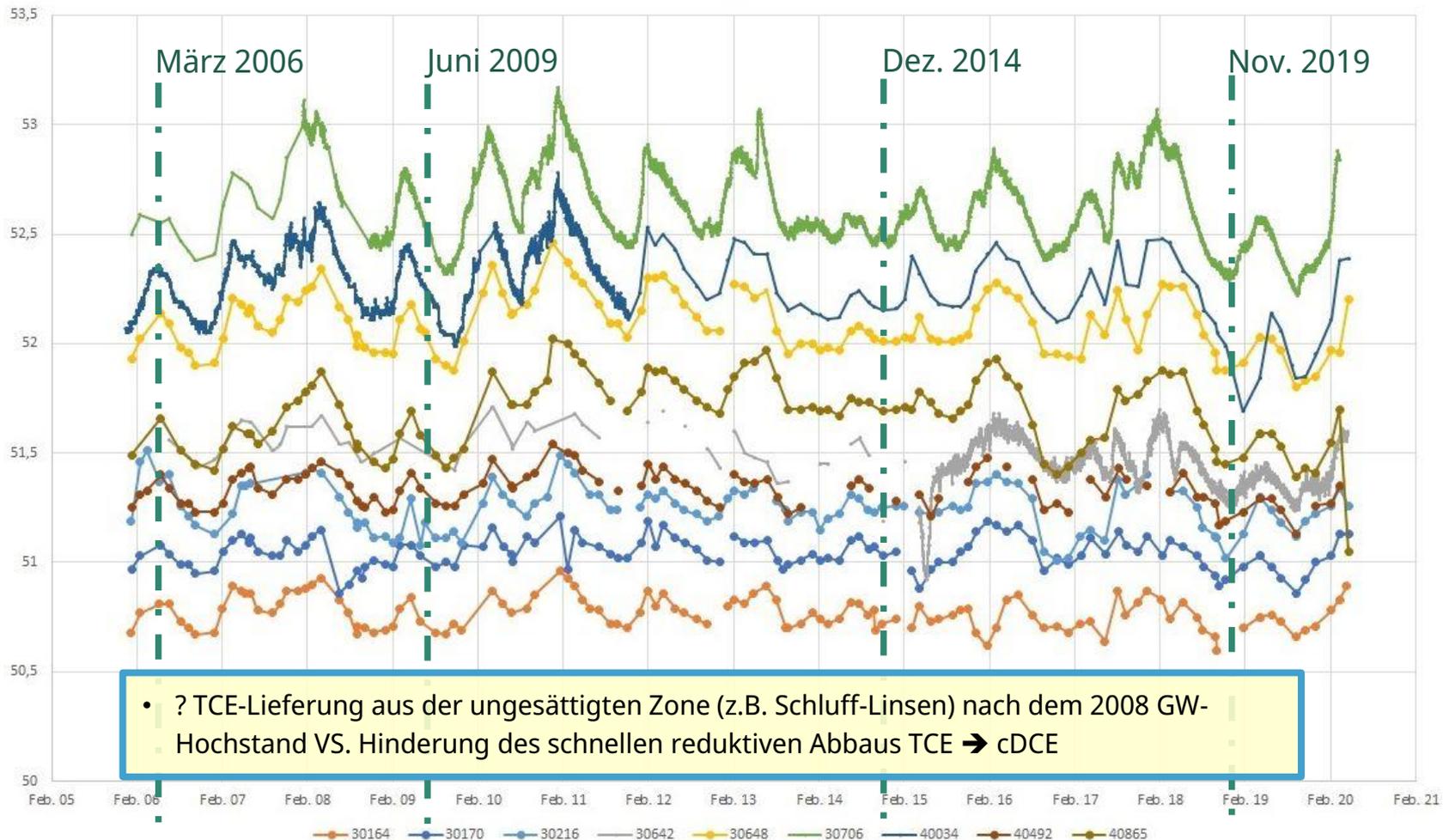
# LF - erstaunliche Varianz - Ursache bisher unklar



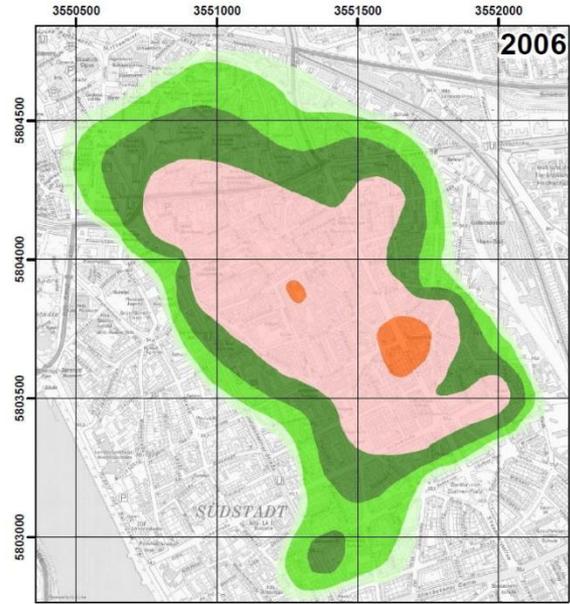
- Strikte QS bei PN
- Diff.  $\leq 400 \mu\text{S}/\text{cm}$  zwischen Status-Kampagnen
- 2009 Verdünnung im ofl.-nahen GW
- 2014 allg. Verdünnung
- 2019  $\approx$  2006
- ???

# Wasserstands Monitoring der Stadtentwässerung (SEH)

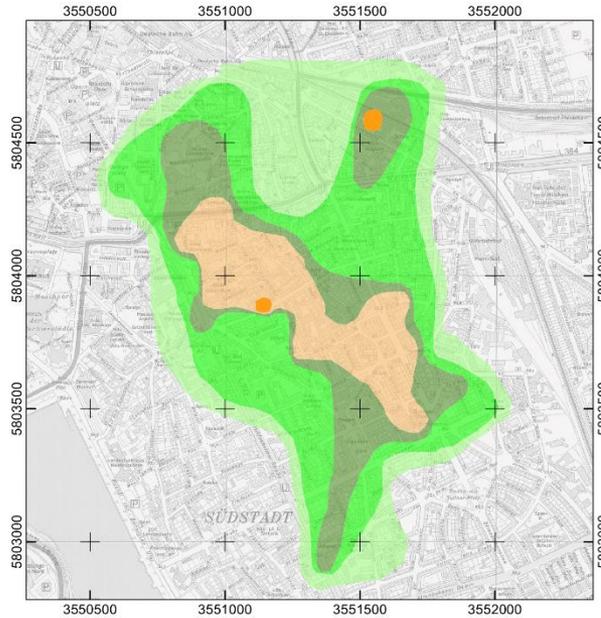
Entwicklung der Grundwasserspiegelhöhen in der Südstadt seit 2006



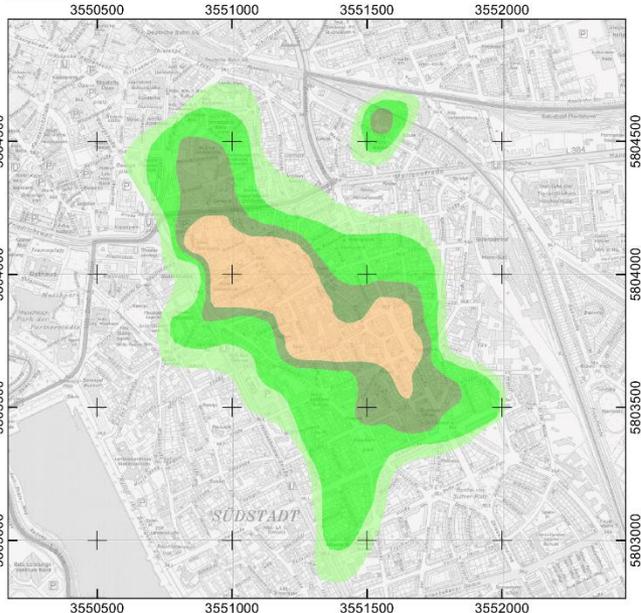
**2006**



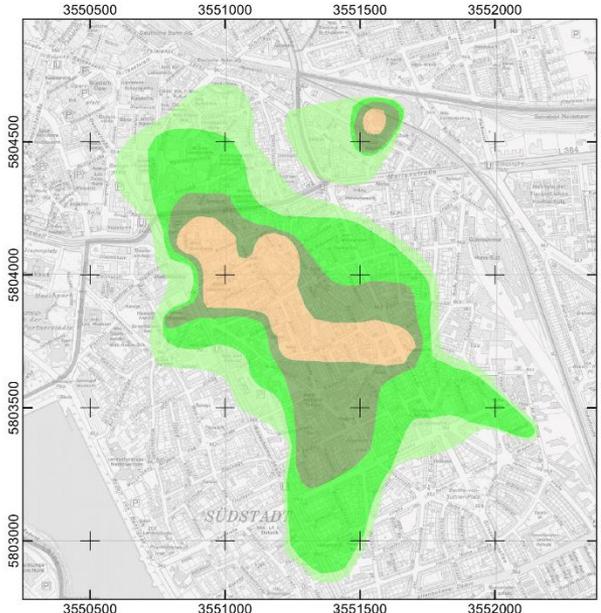
**2009**



**2014**



**2019**



**Legende**

Summe LHKW im Grundwasser

- < 50 µg/l
- 50 - 100 µg/l
- 100 - 250 µg/l
- 250 - 500 µg/l
- 500 - 1000 µg/l
- 1000 - 2000 µg/l



0 200 400 600 800 1000 m



**Geodätische Grundlagen:** EPSG 25832, ETRS89 Zone 32, 6-stellig  
**Kartographische Grundlagen:** Hauptkarte: Google Satellite (WMS) © Geobasis-DE/BKG 2019  
 Übersichtskarte: TopPlusOpen P XX © BKG 2019

Auftraggeber Region Hannover, Fachbereich Umwelt/ Gewässer- u. Bodenschutz Höltystr. 17 30171 Hannover		
Projekt 190830 / Auswertung und Darstellung der aktuellen Schadstoffverteilung für den Schadensfall "Hannover Südstadt" - Statusmonitoring 2019 -		
Benennung Entwicklung der Schadstoffbelastung Summe LHKW im unteren Aquiferbereich 2006/2009/2014/2019		
Mull und Partner Ing.-Ges. mbH Hans-Böckler-Allee 9 30173 Hannover Telefon: 0511 - 123 559 - 0 E-Mail: hannover@mup-group.com Internet: www.mullundpartner.de Umweltberatung · Planung · Bauleitung		Anlage 14 Blatt (DINA 3) 1 von 1 Maßstab 1:18000 Datum 04.03.2020

# Überprüfung der Prognose LCKW (M&P Auftrag)

Tabelle 10: Entwicklung der gelösten Schadstoffmassen im Statusmonitoring von 2004 bis 2019

Jahr	TCE [kg]	cDCE [kg]	VC [kg]	Σ LHKW [kg]
2004	100	1.200	800	2.100
2005	100	1.100	800	2.000
2006	100	1.000	700	1.800
2009	225	800	450	1.475
2014	66	662	118	846
2019	54	510	34	598

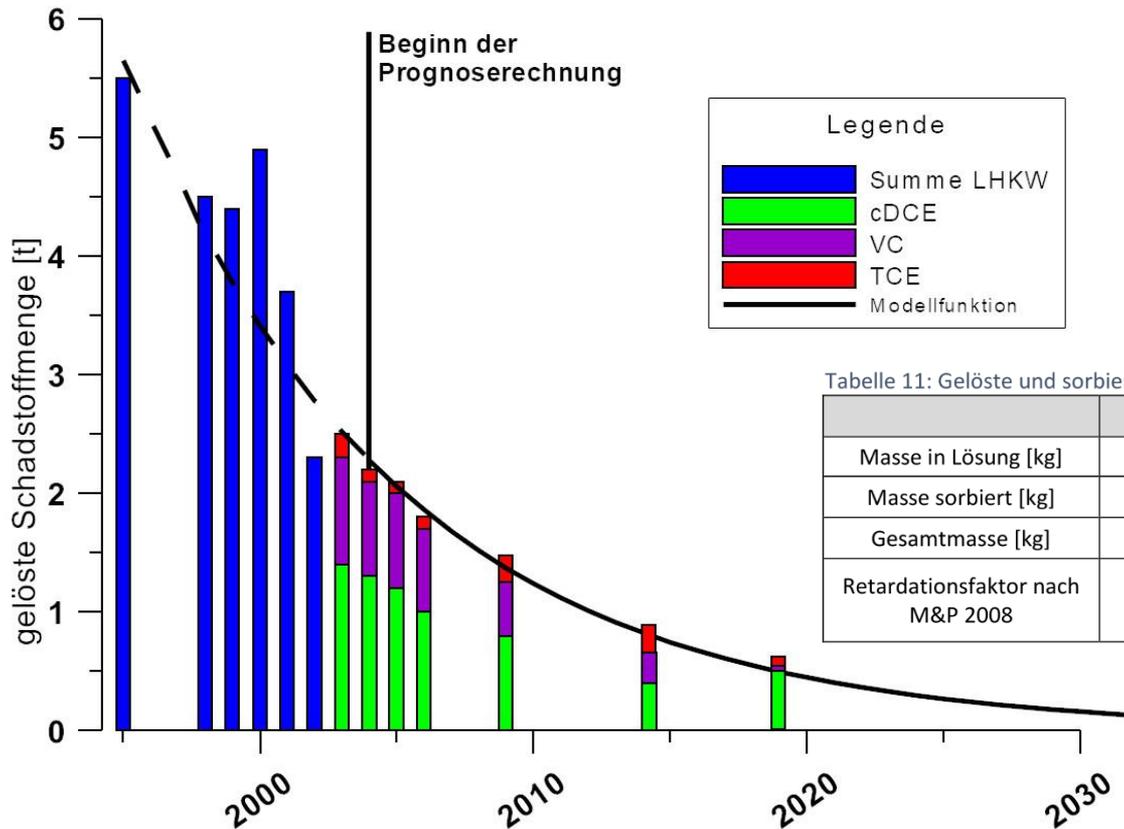


Tabelle 11: Gelöste und sorbierte Schadstoffmassen 2019

	TCE	cDCE	VC	Σ LHKW
Masse in Lösung [kg]	54	510	34	598
Masse sorbiert [kg]	259	1020	37	1316
Gesamtmasse [kg]	313	1530	71	1914
Retardationsfaktor nach M&P 2008	4,8	2,0	1,1	

## Zusammenfassung 1/2 „Fahne als Schadstoffquelle“

- Die markante **VC**-Fahne auf der Zustromseite (Ost) hat sich aufgelöst → das hydrogeochem. Milieu zu oxidierenderen Bedingungen verschoben.  
(- Fe, -- Ethen, -- BTEX)
- Die Maximalkonzentrationen von **cDCE** haben systematisch abgenommen, die Fahnenränder schrumpfen – das Verhalten entspricht der Prognose.
- Inventarisierung der gelöste Schadstoffe aus dem Status-Monitoring (2006 - 2019, 13 a): ungefähr  $\frac{1}{2}$  bei TCE und cDCE, nur noch ungefähr  $\frac{1}{20}$  bei VC
- Alle GW-Probennahmen (repräsentatives Volumen, Rate, Milieuparameter) und die Analytik unterlagen dem ursprünglichen KORA QS-Konzept.
- Der Übergang zu Auftragsanalytik wurden durch Kontrollanalytik abgesichert.

## Zusammenfassung 2/2 „Fahne als Schadstoffquelle“

- Die Prognose zur weiteren Entwicklung des Schadensfalles ist korrekt → Abweichungen ergeben sich in lokalen Einzelfällen.
- Die unerwartet hohe Varianz bei TCE und LF besitzt keine Relevanz für die Inventarisierung und den Modellabgleich.
- 2024 wird von der Region ein **Trendmonitoring** im Rahmen eines Abrufvertrags durchgeführt werden.

Die Behandlung der LCKW-Fahne im Untergrund von Hannover Südstadt ist ein Modell-Beispiel für eine gut begründete MNA-Entscheidung. Mit dem Monitoring der Region konnte, aufbauend auf den KORA-TP3.1 Ergebnissen eine systematische natürliche Schadstoffminderung – ohne weitere Maßnahmen – über einen Zeitraum von 13 Jahren belegt werden.

Vorraussetzung für diese MNA-Entscheidung waren:

1. Quelle saniert,
2. Fahne inventarisiert und immobil,
3. NA Prozesse nachgewiesen und quantifiziert,
4. Prognose reaktives Schadstofftransportmodell (9 Sp.)

**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!**

[#2020#](https://www.hannover.de/Leben-in-der-Region-Hannover/Umwelt-Nachhaltigkeit/Umweltinformation/Umweltreporte-der-Region-Hannover)

[https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Wasser/Projekte/abgeschlossen/F+E/Suedstadt/suedstadt\\_projektbeschr.html](https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Wasser/Projekte/abgeschlossen/F+E/Suedstadt/suedstadt_projektbeschr.html)

[https://www.researchgate.net/publication/376032129\\_Monitored\\_Natural\\_Attenuation\\_von\\_LCKW\\_am\\_Beispiel\\_des\\_KORA\\_TP3\\_Standortes\\_Hannover-Sudstadt\\_2006\\_bis\\_2019](https://www.researchgate.net/publication/376032129_Monitored_Natural_Attenuation_von_LCKW_am_Beispiel_des_KORA_TP3_Standortes_Hannover-Sudstadt_2006_bis_2019)



**Region Hannover**



