



# ZENTRUM WASSER

BERATUNG – FORSCHUNG – WEITERBILDUNG



# Sichere Wasserversorgung in Deutschland: Herausforderungen und Lösungsansätze

2. Westfälische Trinkwassertagung  
Paderborn (23. September 2015)

Dr.-Ing. Wolf Merkel



IWW RHEINISCH-WESTFÄLISCHES INSTITUT FÜR  
WASSERFORSCHUNG GEMEINNÜTZIGE GMBH

Institut an der

UNIVERSITÄT  
DUISBURG  
ESSEN



# Sichere Trinkwasserversorgung

1. ... beginnt im Einzugsgebiet
2. Wer viel misst .....
3. Neue Ansatzpunkte in der Wasseraufbereitung
4. Auf den letzten Metern sauber bleiben
5. Risiken entdecken und abstellen

# Themenübersicht

- Ursachen mikrobiologischer Belastungen
- **Organik im Rohwasser: Strategie, Erfassung, Bewertung**
- **Unerwünschte Stoffe im Rohwasser:**  
Nitrat, Eisen, Mangan, Nickel, Chrom, Uran, ...
- **Entwicklung der Spurenanalytik**
- **Radioaktivität**
- **Automatisierung von Mikrobiologischen Analysen**
- **Neukonzeption einer Grundwasseraufbereitung**
- **Aufbereitungsproblem (1): Korrosion durch Luft**
- **Aufbereitungsproblem (2): Manganleaching aus Aktivkohle**
- **Pilotierungen und Laborversuche**
- **Hygiene in Trinkwasser-Installationen (Metalle, Legionellen)**
- **Was hat Korrosion mit Hygiene zu tun?**
- **Cu-Korrosion: Häufung von Schadensfällen**
- **Technisches Risikomanagement**
- **Erfahrungsaustausch: von anderen lernen**
- **Strategische Vorsorge: Technik - Ökonomie**
- **Wasserversorgungskonzept: im Entwurf des LWG-NRW**

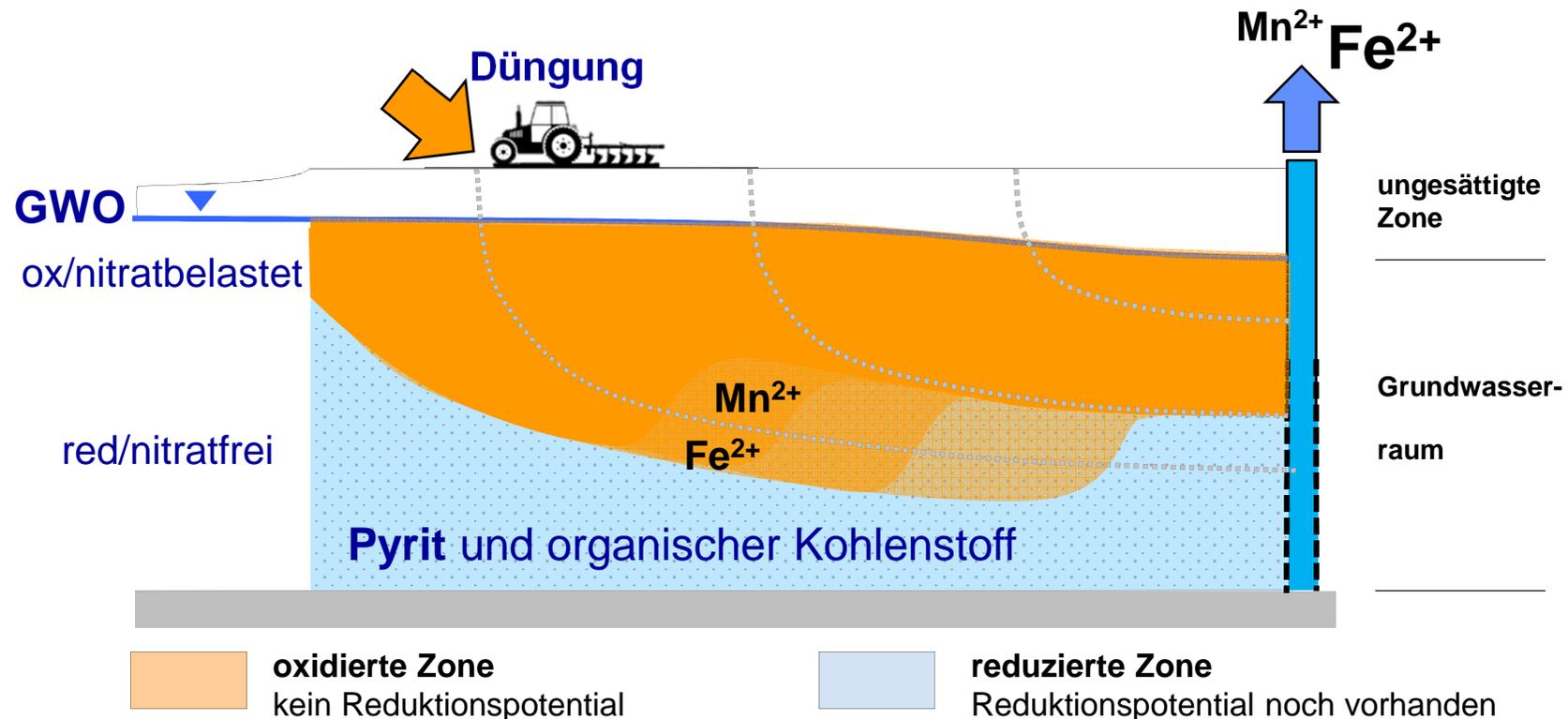
# Mobilisationsprozesse - Nitratproblematik

Typisch für viele Grundwasserleiter mit Redoxschichtung

- Eisen- und Mangankonzentrationen steigen mit Zunahme der Düngeintensität
- Mit der Pyritoxidation verbunden: Anstieg von Sulfat, Chrom, Nickel u.a.



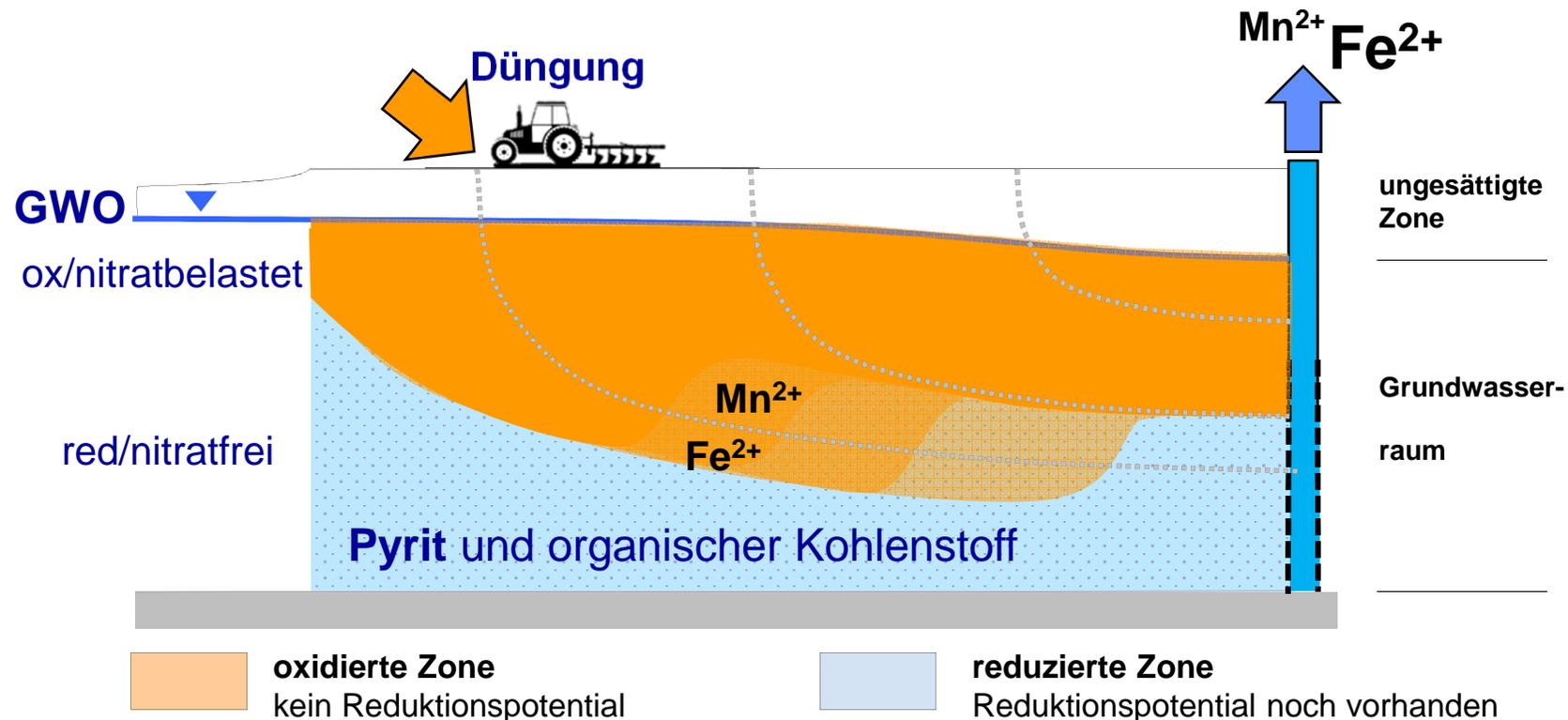
Denitrifikation



# Mobilisationsprozesse - Nitratproblematik

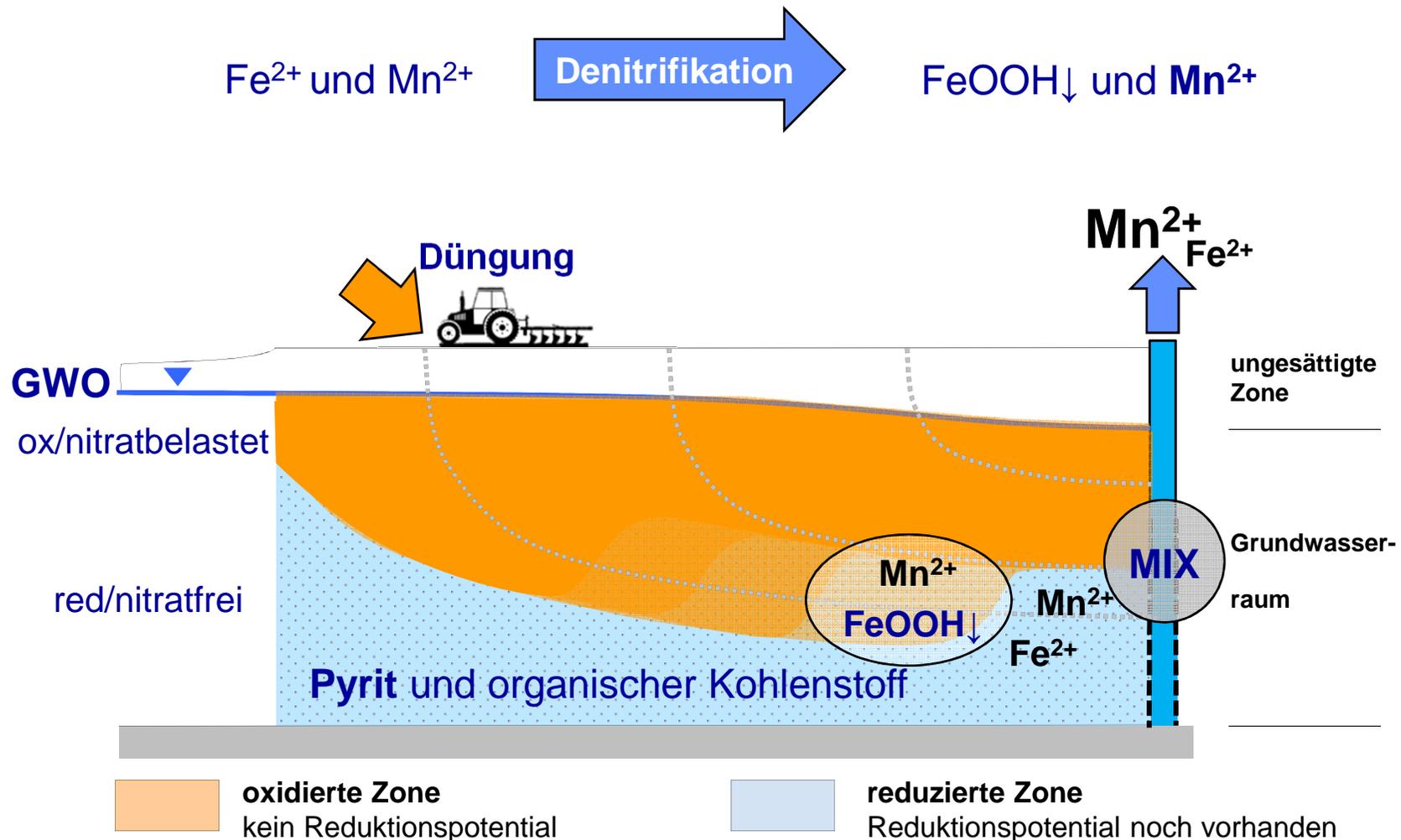
Typisch für viele Grundwasserleiter mit Redoxschichtung

- Eisen- und Mangankonzentrationen steigen mit Zunahme der Düngintensität
- Mit der Pyritoxidation verbunden: Anstieg von Sulfat, Chrom, Nickel u.a.
- Schutzmaßnahmen: nachhaltige Bewirtschaftungsstrategien mit einer Verminderung des Nitratreintrags in das Grundwasser



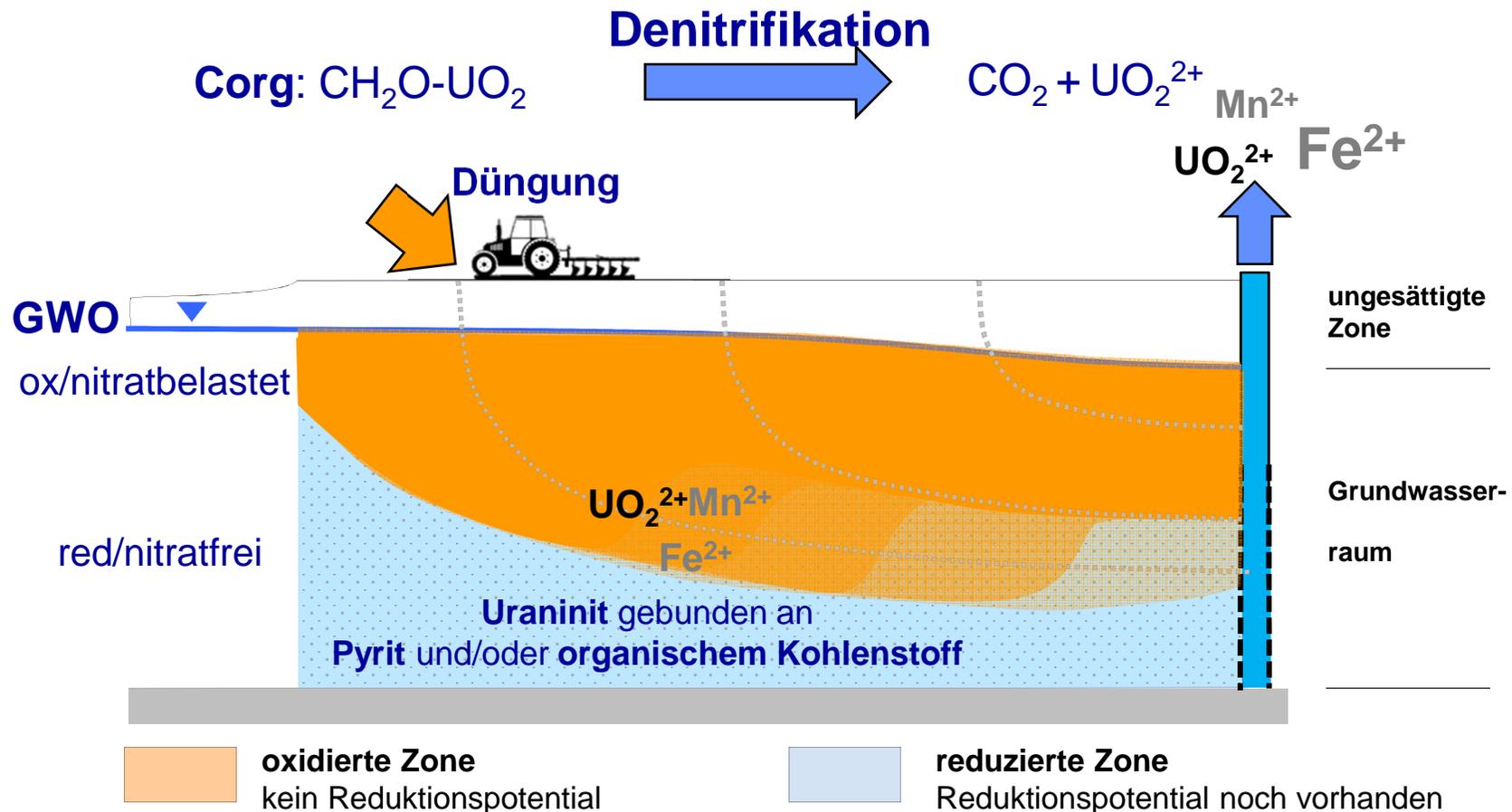
# Nitrat: Eisen- und Manganfreisetzung

- Bildung von Manganoxid/-hydroxidphasen kinetisch gehemmt
  - „Aufkonzentration“ von Mangan im Vergleich zu Eisen



# Nitrat: Uranfreisetzung

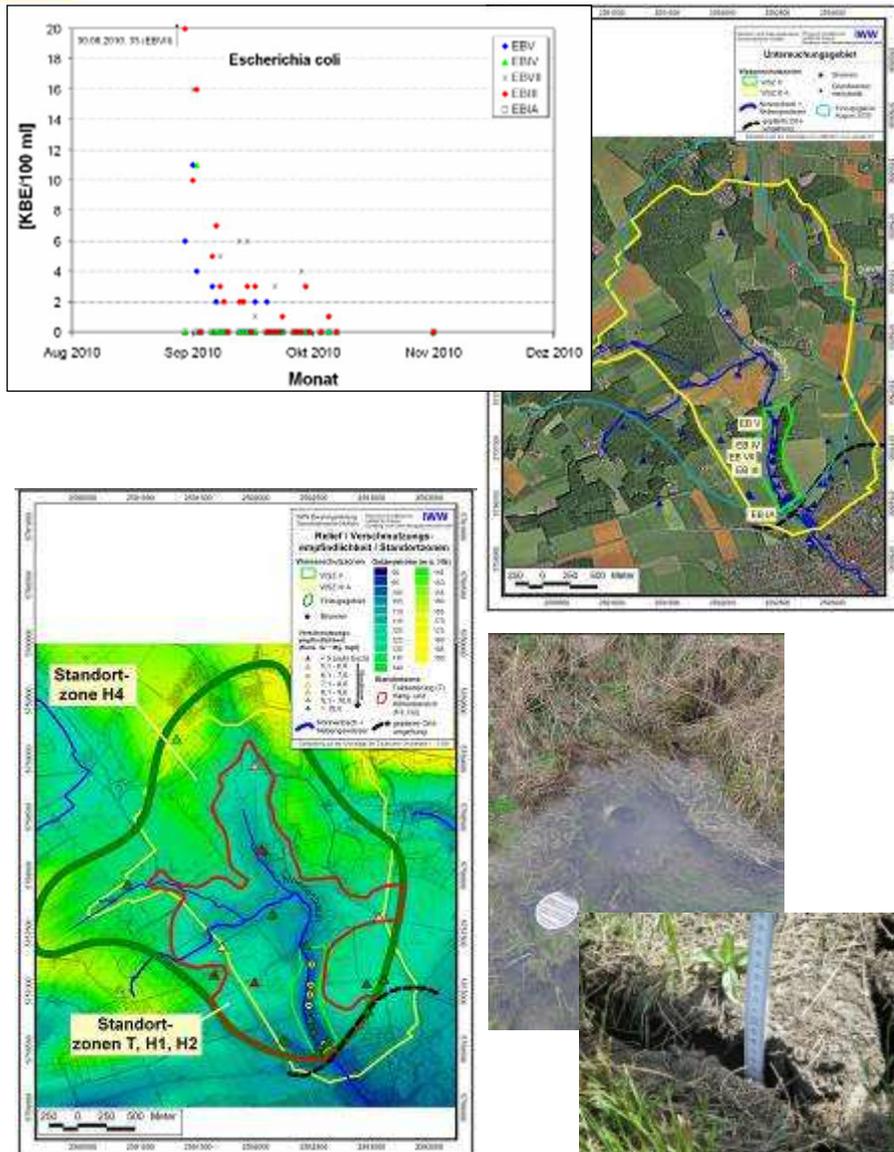
- **Uran liegt gebunden an Pyrit oder organischem Kohlenstoff (Corg) vor**
  - unter reduzierenden Bedingungen nahezu unlöslich (U (IV);  $\text{UO}_2$ , Uraninit)
  - unter oxidierenden Bedingungen wasserlöslich (U(VI);  $\text{UO}_2^{2+}$ , Uranyl)
- **Urankonzentrationen hängen von Urangehalten und der Umsatzrate von Pyrit und Corg ab: hohe Umsatzrate = hohe Freisetzung**





# Ressourcenschutz - punktuelle und diffuse Stoffeinträge (WVU)

## Ursachenanalyse mikrobiologischer Belastungen



### Problemstellung

- *E.coli*-Befunde in vier von fünf Rohwässern im November 2009 und August 2010 (Dauer: jeweils ca. 4 Wochen)
- Ursache(n) + Zusammenhänge unklar

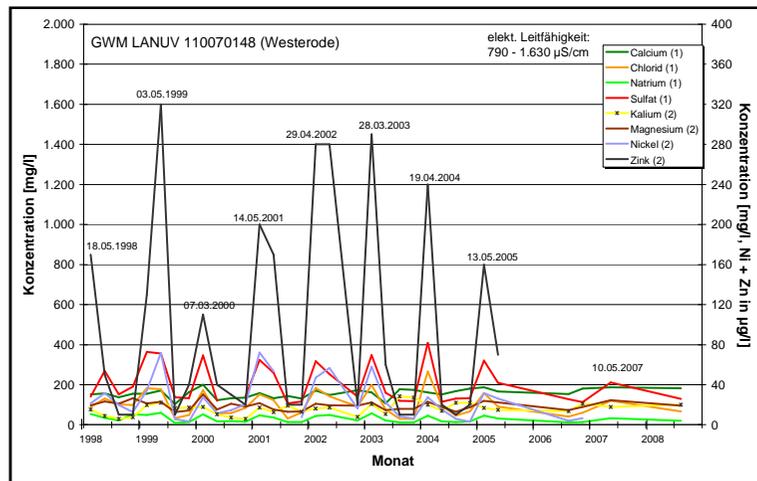
### Aufgaben und Lösungen

- Gutachten, Monitoring und Beratung zu
  - Standort (Einfluss Vorfluter, Boden, Niederschlag, Relief, Untergrund etc.)
  - Nutzung (Landwirtschaft, Gülleausbringung, Abwasserbehandlung, Teichwirtschaft etc.)
  - Hydrochemische Detailbetrachtung (Grund-, Oberflächen- und Rohwasser, Entwicklung eine Überwachungskonzeptes u. a. SAK<sub>254</sub>)
- Ermittlung der Verschmutzungsempfindlichkeit, Priorisierung der Handlungsempfehlungen
  1. Dichtheitsprüfung von Hausanschlüssen, 2. Gülleverbot im Herbst, 3. Neudimensionierung Wasserschutz-zonen insb. Zone II etc.

# Ressourcenschutz - Organische Spurenstoffe

## Zukunftsstrategie für die Wasserversorgung

### Grundwasser



versus

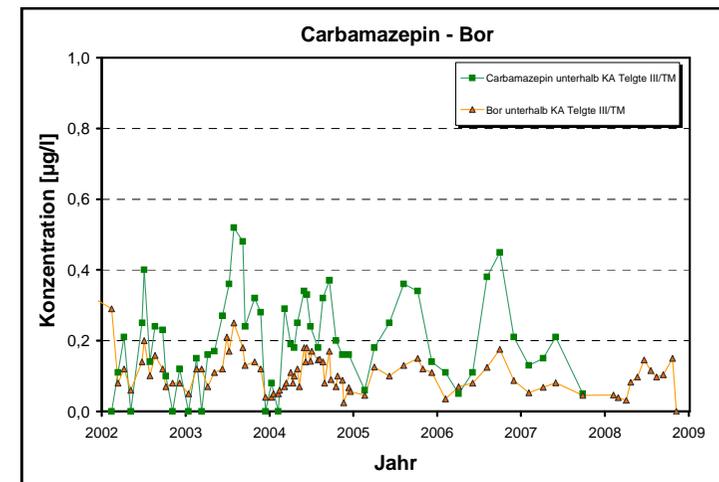
### Problemstellung

- Stoffeinträge aus Wirtschaftsdüngern im oberflächennahen Grundwasser
- Spurenstoffe im uferfiltrierten Oberflächenwasser (Carbamazepin etc.)
- Unsicherheit hinsichtlich zukünftiger (Grenz-)Werte bei Kontaminanten
- Auslotung verfahrenstechnischer Möglichkeiten

### Aufgaben und Lösungsweg

- Entwicklung von Monitoringprogrammen
- Auswertung aller verfügbaren quantitativer und qualitativer Daten
- Aufbereitungskonzept
- Bewertung aus qualitativer, verfahrenstechnischer und wirtschaftlicher Sicht

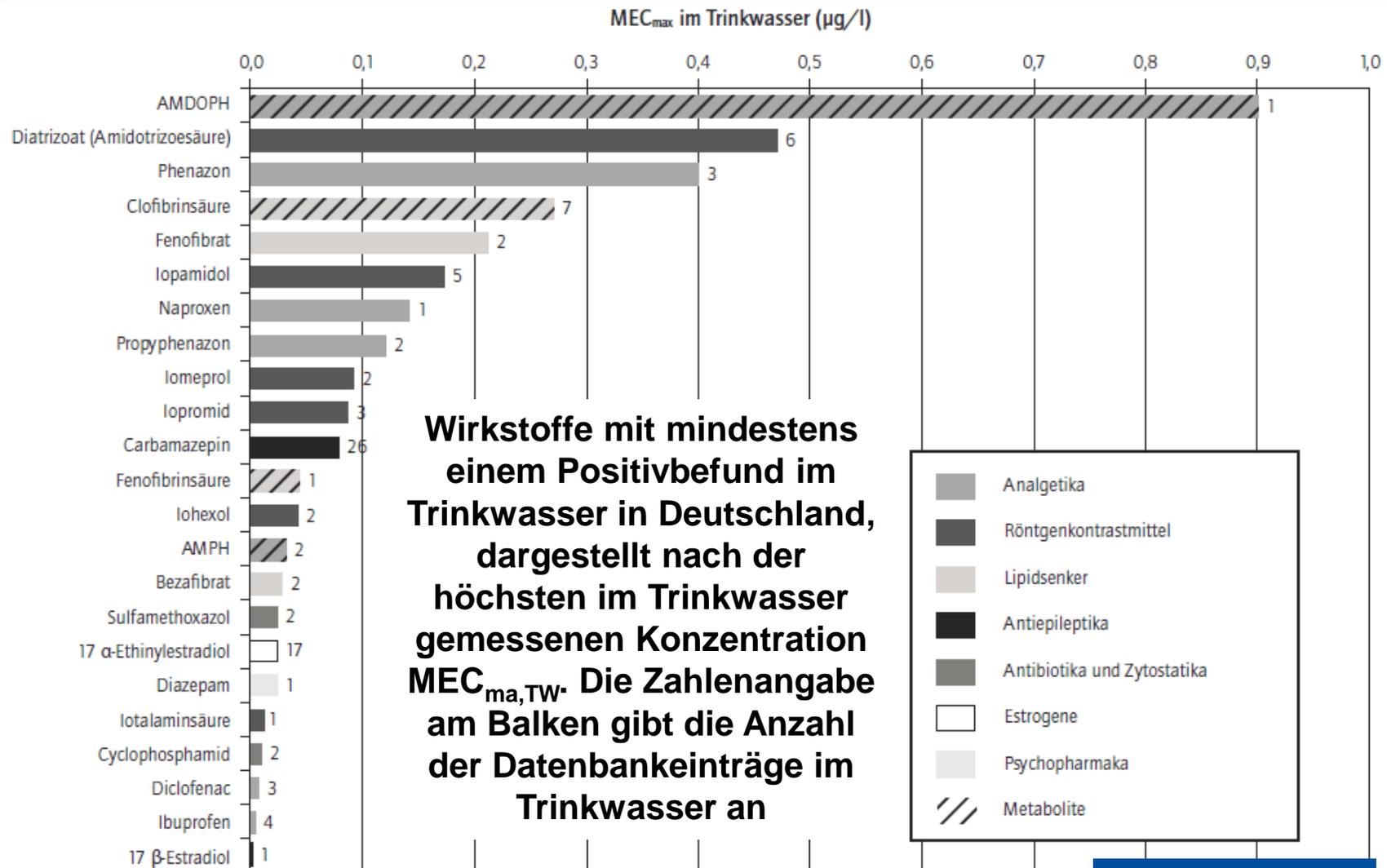
### Uferfiltrat / Oberflächenwasser



# Sichere Trinkwasserversorgung

1. ... beginnt im Einzugsgebiet
2. Wer viel misst .....
3. Neue Ansatzpunkte in der Wasseraufbereitung
4. Auf den letzten Metern sauber bleiben
5. Risiken entdecken und abstellen

# Befunde im Trinkwasser: Arzneistoffe



Bergmann A (2012).  
acatech-Nr.12, S. 40

# Mikroschadstoffe im Trinkwasser

- **Mikroschadstoffe im TW gefährden nicht die Gesundheit** (soweit heute bekannt), aber störende Substanzen > Zielwerte
- **Kommunikation:** Unsere Gesellschaft erwartet die „Null-Belastung“. Realistisch ist nur die „minimale“ Belastung
- **Instrumentarium zum Handeln ist vorhanden**
  - Akute Gefährdungen: Instrumente „Erkennen/Handeln“ sind da
  - Risikomanagement: Breites Instrumentarium, aber zu verbessern
  - Datenlage verbessern (z.B. industrielle Einleitungen)
- **Handlungsfeld Forschung**
  - Optimierung TW-Aufbereitung (Zielsubstanzen, Energie, Kosten)
  - Monitoring (Target, Non-Target) und toxikologische Bewertung
  - Instrumente zur Bestimmung des optimalen Eingreifmix (Multi-D)

# Radioaktive Stoffe im Trinkwasser

RICHTLINIE 2013/51/EURATOM DES RATES vom 22. Oktober 2013

Schutz der Gesundheit der Bevölkerung hinsichtlich radioaktiver Stoffe in Wasser für den menschlichen Gebrauch

## Änderung der TrinkwV bis Ende 2015 (vorgesehen)

### ■ Parameter

- Radon
- Richtdosis: näherungsweise **Gesamt-Alpha-Aktivität**
- (Tritium): nur in Ausnahmefällen erforderlich

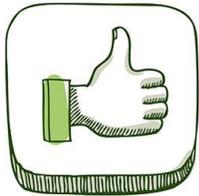
### ■ Orientierende „Erstuntersuchung“ wird verpflichtend: 4 Proben in 4 Quartalen innerhalb von 12 Monaten

Parameter	Nachweisgrenze (Bq/l)
- Tritium	10
- Gesamt-Alpha-Aktivität	0,020
- Gesamt-Beta-Aktivität	0,200
- <u>Uran-Isotope</u> (U-238, U-235, U-234)	0,010
- Uran, gesamt	(0,001 mg/l)
- <u>Radium-Isotope</u> (Ra-228, Ra-226, Ra-224)	0,015 (Ra-228) 0,005 (Ra-226) 0,005 (Ra-224)
- <u>Radium-Isotope (ohne Ra-228)</u> (Ra-226, Ra-224)	0,005
- Radon-222	0,100
- Gamma-Spektrometrie (Screening auf natürliche und künstliche Isotope)	Auf Anfrage

<http://iww-online.de/leistungen/radioaktivitaets-analytik/>

# Trinkwasserüberwachung / Prozessmonitoring

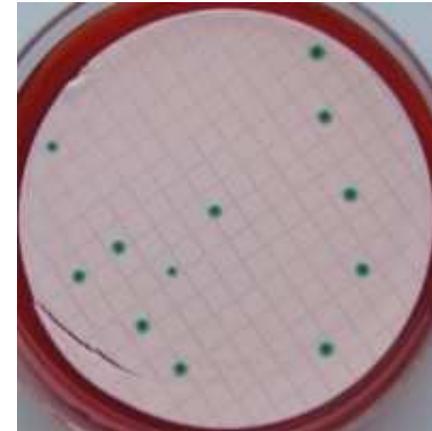
## Kulturelle Verfahren



- robust
- empfindlich
- quantifizierbar
- anerkannt



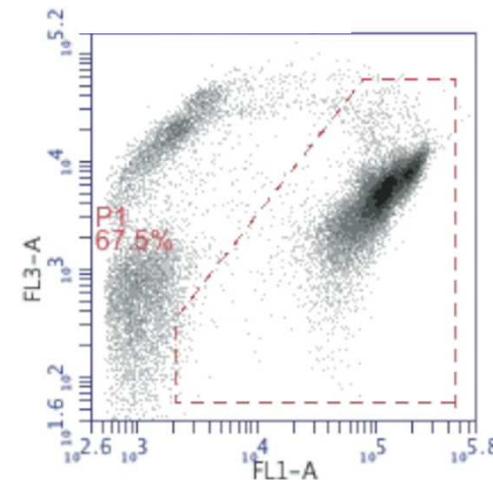
- zeitintensiv
- keine online-Messung
- nur kultivierbare Bakterien
- binär (Kolonie ja/nein)



## Andere Methoden z. B. Durchflusszytometrie

- modular
- automatisierbar
- potentiell online
- komplex
- tot oder lebend?
- nicht anerkannt

Beispiel für praxistaugliche Methode: **Durchflusszytometrie**  
(behördlich empfohlen in der Schweiz, Verfahren Nr. 333,  
Schweizer Lebensmittelbuch)



# Trinkwasserüberwachung / Prozessmonitoring

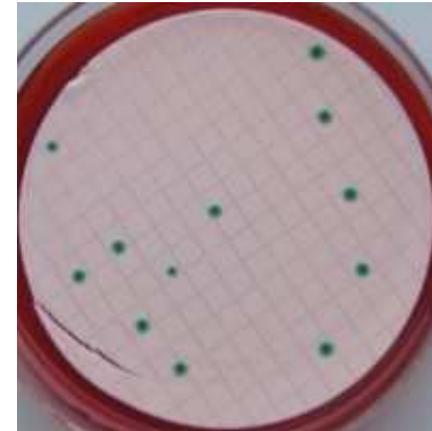
## Kulturelle Verfahren



- robust
- empfindlich
- quantifizierbar
- anerkannt



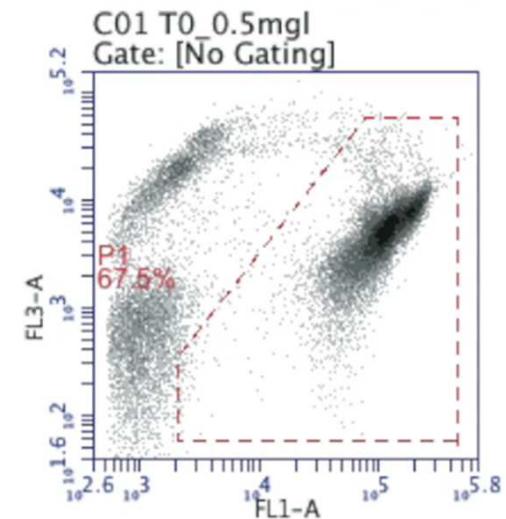
- zeitintensiv
- keine online-Messung
- nur kultivierbare Bakterien
- binär (Kolonie ja/nein)



## Andere Methoden z. B. Durchflusszytometrie

- modular
- automatisierbar
- potentiell online
- komplex
- tot oder lebend?
- nicht anerkannt

Beispiel für praxistaugliche Methode: **Durchflusszytometrie**  
(behördlich empfohlen in der Schweiz, Verfahren Nr. 333,  
Schweizer Lebensmittelbuch)



# Sichere Trinkwasserversorgung

1. ... beginnt im Einzugsgebiet
2. Wer viel misst .....
3. Neue Ansatzpunkte in der Wasseraufbereitung
4. Auf den letzten Metern sauber bleiben
5. Risiken entdecken und abstellen

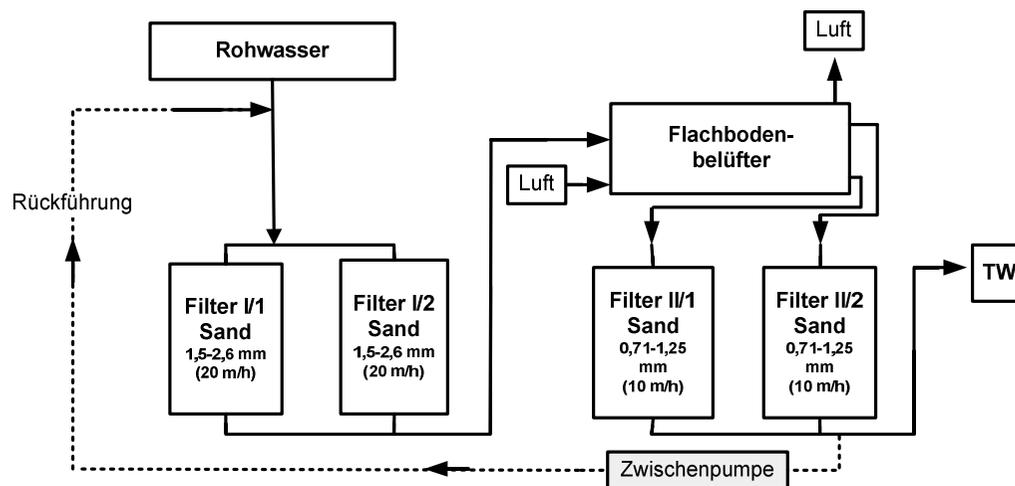
# Neukonzeption Grundwasseraufbereitung

## ■ Anforderungen: einfach, platz- und energiesparend

- Eisen (10 mg/l), Mangan (0,6 mg/l), Ammonium (0,14 mg/l), pH: 6,8
- Ersatz Altanlage - Einpassung in vorhandenes Gebäude
- Möglichst einfache Verfahrensführung !
- Hohe Energieeffizienz !
- Alle Richtwerte der aaRdT einhalten

## ■ Lösungsansatz

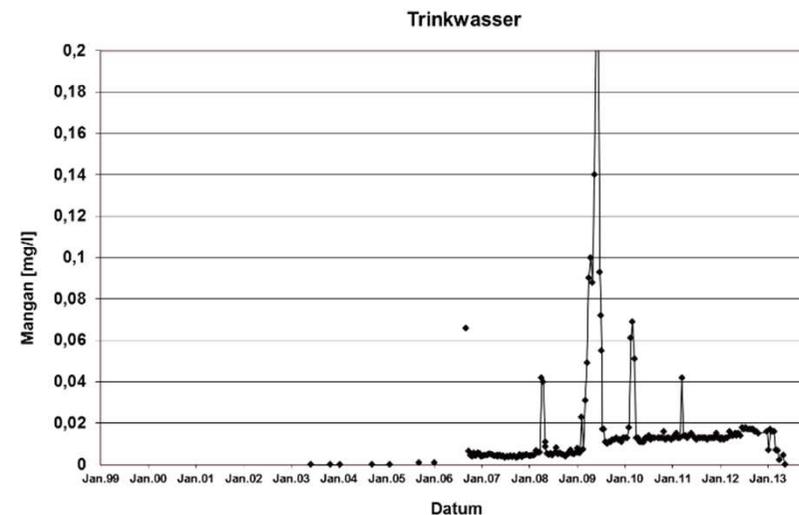
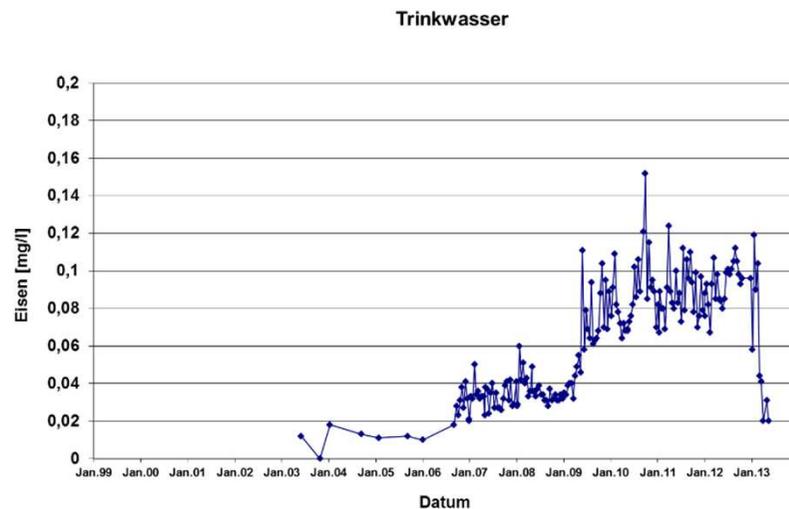
- Eisen(II)-Filtration – Kreuzstrombelüftung – Mangan (II)-Filtration



Bezeichnung	Einheit	RW	RW +RF	FS 1	FS 2
pH-Wert	-	6,79	6,80	6,80	7,26
Trübung	FNU	0,08	0,08	0,07	0,03
Sauerstoff	mg/l	< 0,1	1,6	0,40	10,1
Eisen, gesamt	mg/l	10,9	9,37	<0,010	<0,010
Eisen, gelöst	mg/l	10,4	8,64	0,01	<0,010
Mangan, gesamt	mg/l	0,62	0,51	0,50	<0,010
Ammonium	mg/l	0,14	0,11	0,07	<0,020

# Fehlersuche (1): Grundwasseraufbereitung

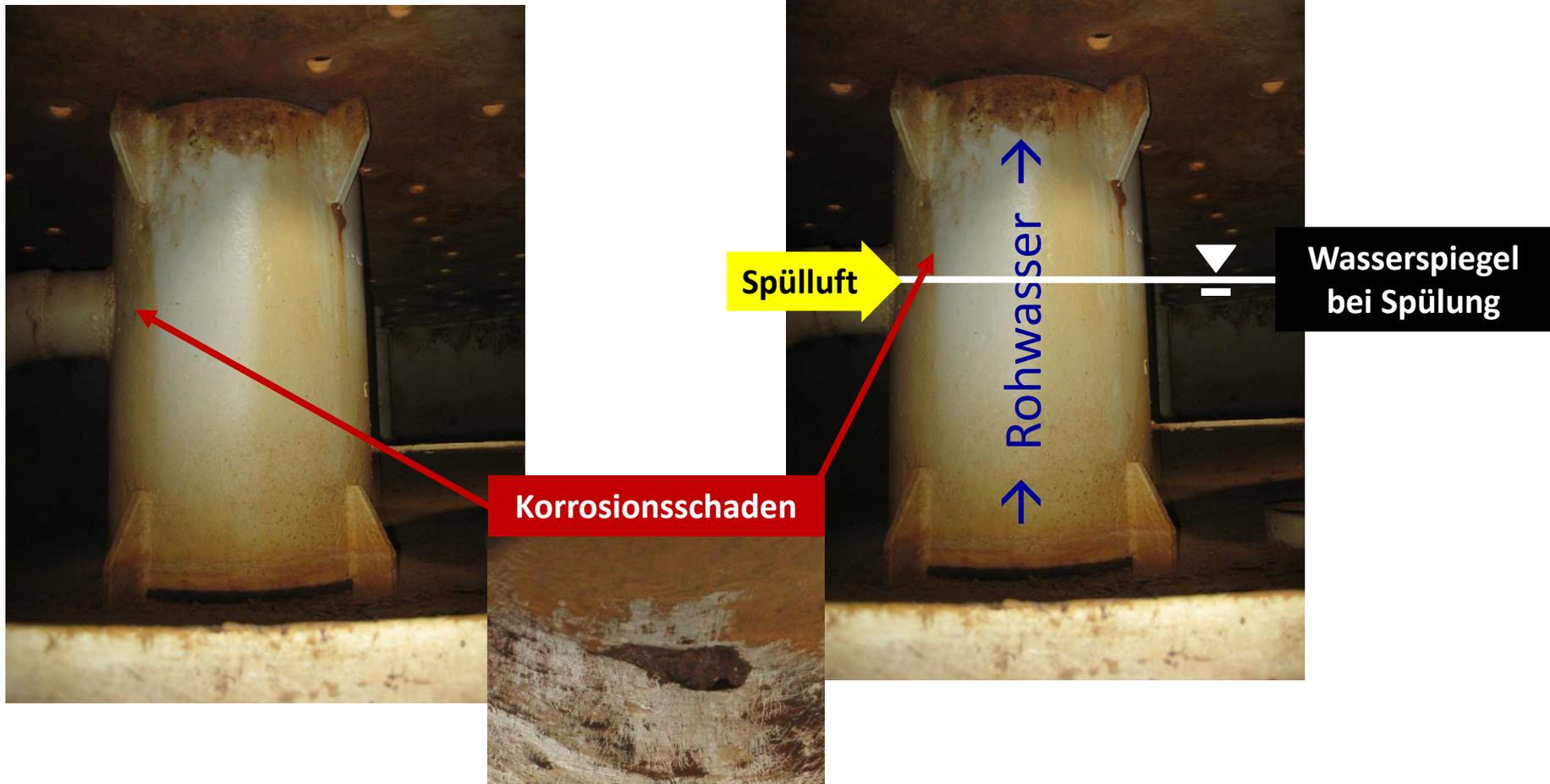
- **Aufgabe: steigende Eisenkonzentration im Trinkwasser**
  - Grundwasser-Enteisungsanlage (Luftpolveroxidator – Sandfilter)
  - Steigende Fe-/Mn-Werte: Ursachenklärung - Lösungsvorschlag
- **Funktionsprüfung zur Ermittlung der Ursachen**
  - Kontinuierliche Trübungsmessung
  - Analytik auf Eisen und Mangan an allen relevanten PN Stellen
  - Trinkwasser am WW-Ausgang: klar, aber: Fe-Ablagerungen im Behälter



# Fehlersuche Grundwasseraufbereitung

- Problem „Stete Blase höhlt den Stahl“: Korrosion durch Luft

Fotos: Filtratraum



# Fehlersuche (2) Mangan aus Aktivkohle

- **Aufgabe: Mangan erhöht nach Neubefüllung AK-Filter**
  - Aufbereitung Rheinuferfiltrat (Ozonung – Mehrschichtfilter – Aktivkohle – physikalische Entsäuerung)
  - Erhöhte Mangankonzentration (durch Ozonung) im Aktivkohlefiltrat nach Neubefüllung der Filter nach Reaktivierung
- **Vorgehensweise**
  - Rundgang und Messkampagne im Wasserwerk
  - Durchsicht der Schüttpläne und Lieferunterlagen der vorausgegangenen Sanierung der Vorfilter
  - Laborversuche mit Kleinfiltersäulen zur Entfernung von Permanganat
- **Lösung: Verwechslung \*Hydro-Anthrasit N mit H**
  - \* Hydro-Anthrasit N: Natürliches Anthrazit
  - \* Hydro-Anthrasit H: Voraktivat
  - Voraktivat entfernt  $\text{KMnO}_4$  zu mehr als 80 %
  - Austausch der oberen Filterschicht in den Vorfiltern

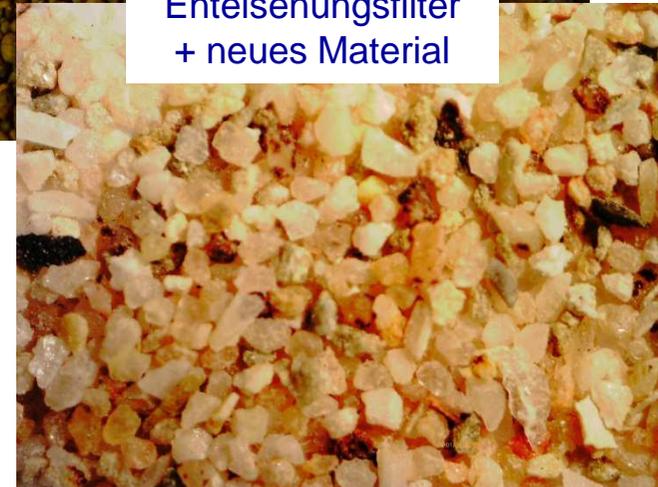
Foto: Filterschichten und Stützsichten der Vorfilter



# Entnahme und Bewertung von Filtermaterialien



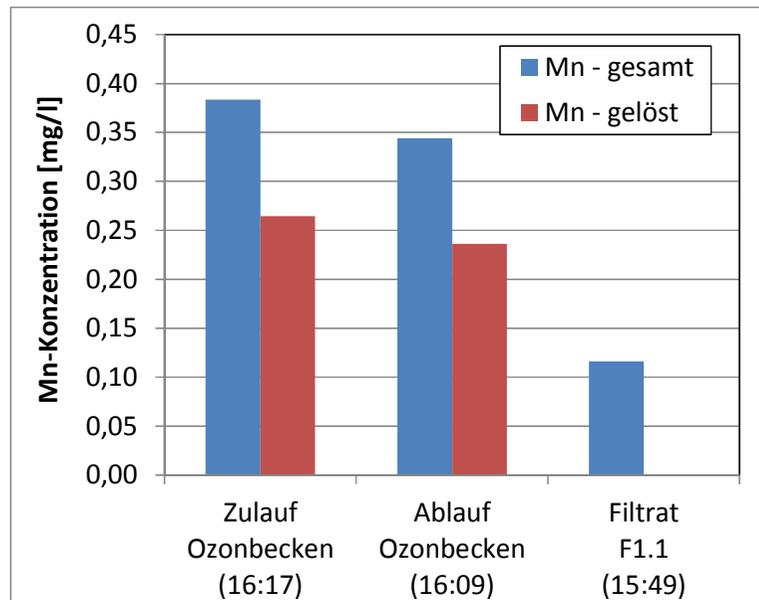
Material aus  
Enteisungsfiter  
+ neues Material



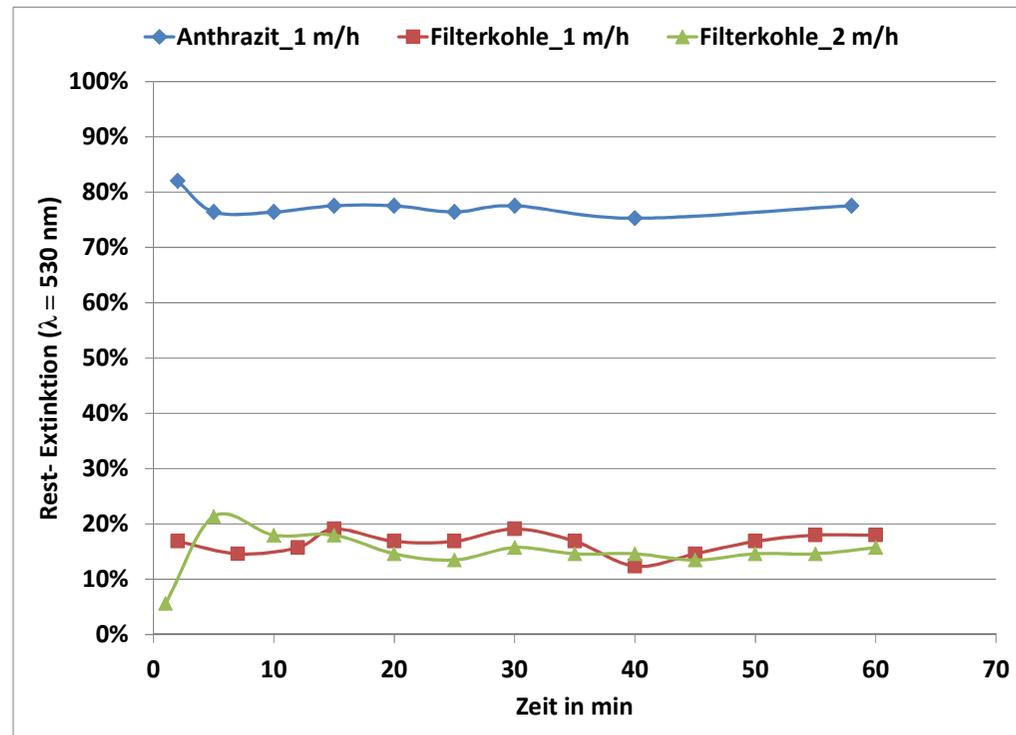
- Zustandskontrolle der Filtermaterialien
- Kontrolle der tatsächlichen Betthöhen
- Kontrolle der Spülwirksamkeit
- Beurteilung des Abnutzungsgrades von Filtermaterialien
- Testversuche in Labor-Filtersäulen

# Manganleaching an Aktivkohle

- Der Grund des Problems: Anthrazit eignet sich nicht zur vollständigen Entfernung von Permanganat



Mn - Messungen an der Aufbereitungsanlage:  
→ ca. 65 % Mn-Abbau im Vorfilter F1.1



Vergleich  $\text{MnO}_4^-$  Abbau an Laborfiltersäulen:  
→ Anthrazit: ca. 20 %  $\text{MnO}_4^-$ -Abbau  
→ Filterkohle: ca. 80 %  $\text{MnO}_4^-$ -Abbau

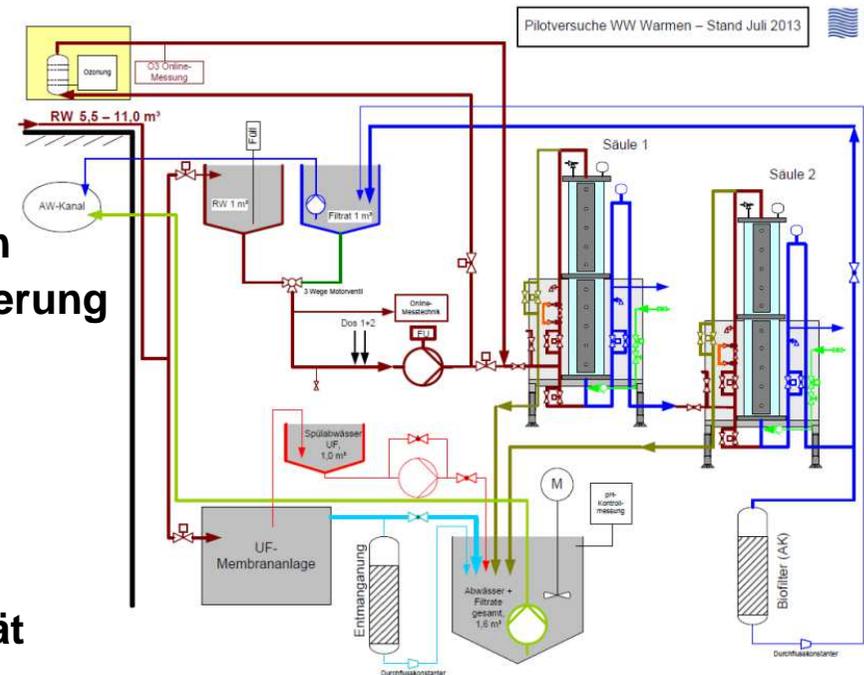


## Aufgabenstellung

- Evaluierung von Aufbereitungsvarianten
- Wissenschaftliche Begleitung der Pilotierung
  - Flockung, Ultrafiltration
  - Ozonung, Flockung, Tiefenfiltration  
→ ggf. Nachozonung/AOP
  - → Entmanganung
  - → Adsorption
  - Vergleich Kosten und Wasserqualität

## Projektziele

- Aufbereitung eines angereichterten Grundwassers zu Trinkwasser:
  - Rückhalt mikrobiologischer Wasserinhaltsstoffe
  - Elimination von Spurenstoffen
  - Elimination von Mangan



## Zielsetzung

- Optimale Auswahl der mehrstufigen Verfahrensführung (Partikel- und Spurenstoffelimination)



## *Pilotiert wurden:*

Ozonung  
Flockung  
Tiefenfiltration  
UF-Membranfiltration  
Entmanganung



# Ergänzende Laborversuche zur Optimierung von Aufbereitungsprozessen



Versuchsaufbau zur Untersuchung biologisch aktiven Filtermaterials



Flockungsversuche im Becherglas mit anschließender Filtration, direkt im Wasserwerk

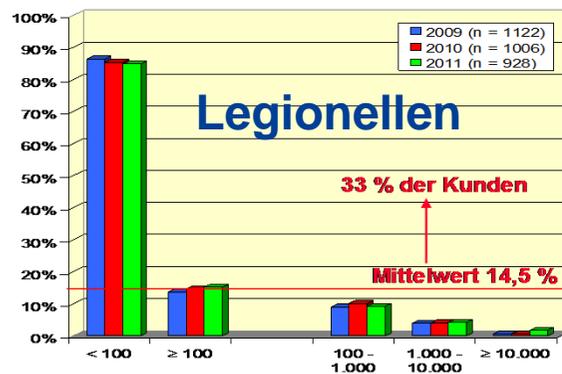
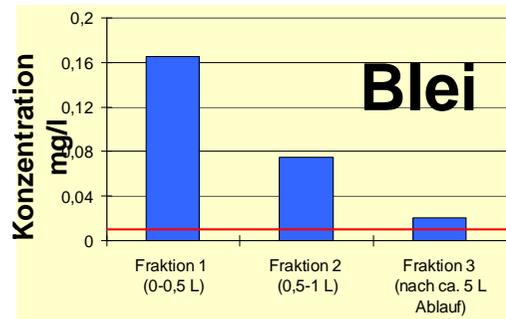
# Sichere Trinkwasserversorgung

1. ... beginnt im Einzugsgebiet
2. Wer viel misst .....
3. Neue Ansatzpunkte in der Wasseraufbereitung
4. Auf den letzten Metern sauber bleiben
5. Risiken entdecken und abstellen

# Untersuchungen der Trinkwasserqualität in öffentlichen Hausinstallationen

## ■ Ziele der Projekte

- Umsetzung der TrinkwV und nationaler Empfehlungen des UBA in Bezug auf:
  - Legionellen, sonstige mikrobiol. Parameter
  - Schwermetalle
- Dokumentation der Hausinstallation
- Analytik und Ergebnisbewertung
- Beratung und Problemlösung bei
  - hygienischen Problemen
  - Legionellen-Sanierung
  - erhöhten Schwermetallgehalten
  - Korrosionsproblemen



## Kooperationspartner (Beispiele)

- Landkreis Diepholz (Nds.)
- Kreis Herford (NRW)
- Stadt Oberhausen, OGM
- RWE-Turm Essen
- Zeche Zollverein

# Wie Korrosionserscheinungen zu einem hygienischen Risiko werden können



## Fallbeispiel

Die Veränderungen der Beschichtung mit

1. Blasenbildung
2. Öffnen der Blasen zum Trinkwasser
3. Enthftung vom Rohrwerkstoff

ist definitionsgemäß als Korrosion zu bezeichnen.

Die Folge ist ein hygienisches Risiko, da es zur Ansiedlung von Mikroorganismen wie Bakterien im Bereich zwischen Werkstoff und Beschichtung kommen kann.

Spülung wie auch chemische Desinfektion werden den Bereich in den Blasen nicht erreichen so dass sich ein mikrobiologisches Risiko dadurch ergibt.



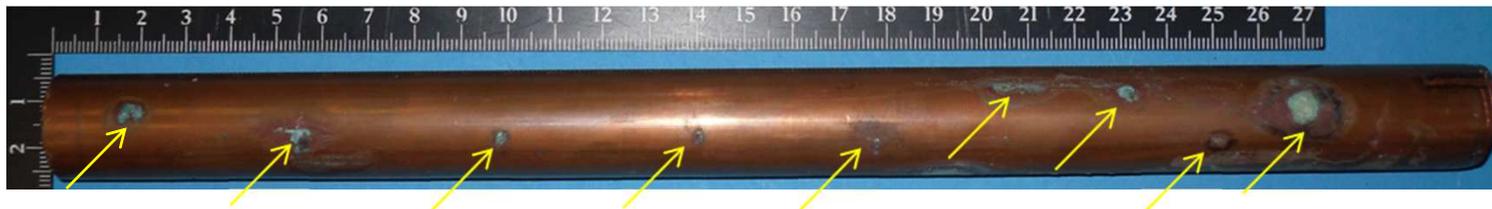
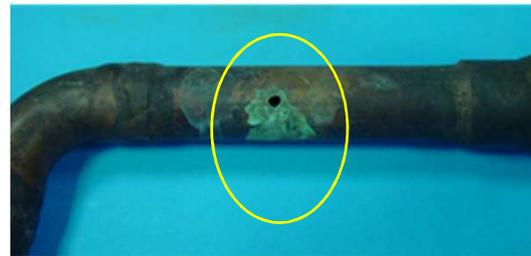
Offene  
Blasen



# Häufung von Cu-Schadensfällen



- Wellenförmige Schadensentwicklung bei alten, hartgelöteten Installationen
- Erste Schäden nach ca. 20 Jahren Betriebszeit



- Seit ca. 2005 neue Form von Schäden an neuen Installationen
- Verzweigte und tunnelartige Angriffsform

# Regionaler Wasserversorger Konzeption: Bau einer zentralen Enthärtungsanlage

## Zielsetzung

- Untersuchungen zum Korrosionsverhalten von metallischen Rohrleitungswerkstoffen nach Änderung der Wasserbeschaffenheit



Ringsäulen

## *Pilotiert wurden:*

- Schnellentcarbonisierung
- Nachfiltration
- Rohrschleifen mit Metallwerkstoffen



SEK-Reaktor mit Nachfilter

## Ergebnis

- Vermeidung von Korrosionsschäden am gesamten System: korrosionsbedingte Beeinträchtigung der Trinkwasserqualität, Vermeidung von Schäden am Werkstoff

# Sichere Trinkwasserversorgung

1. ... beginnt im Einzugsgebiet
2. Wer viel misst .....
3. Neue Ansatzpunkte in der Wasseraufbereitung
4. Auf den letzten Metern sauber bleiben
5. Risiken entdecken und abstellen

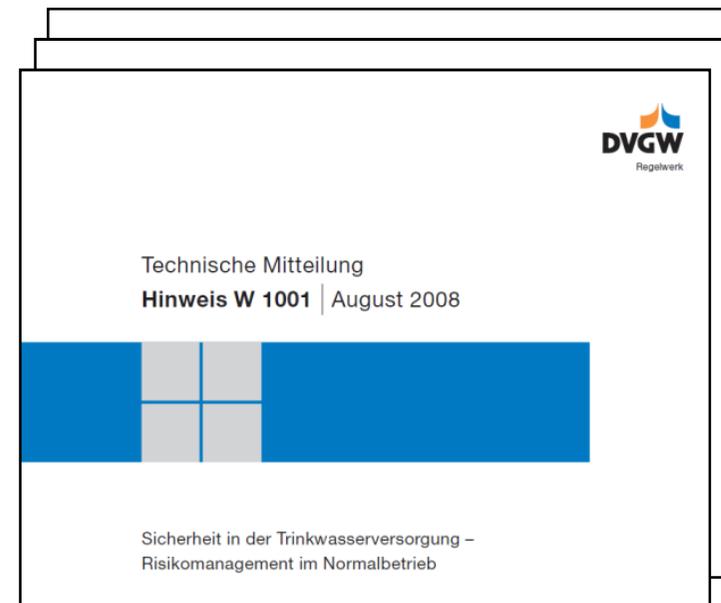
# Sichere Trinkwasserversorgung

## ■ WHO-Konzept: Water Safety Plans

- Guidelines for Drinking Water Quality, 3rd edition (2004)
- Guidelines for Drinking Water Quality, 4th edition (2011)

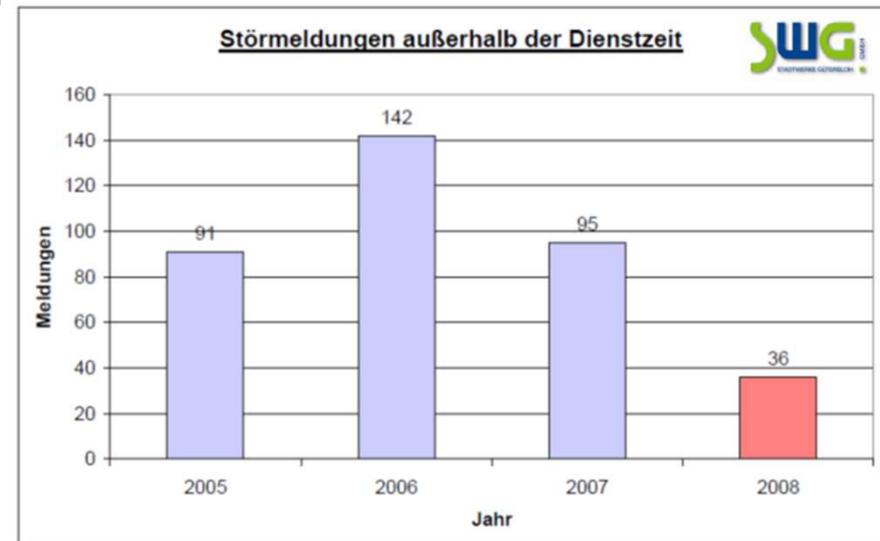
## ■ DVGW – Regelwerk

- W 1001 (2008): Sicherheit in der Trinkwasserversorgung - Risikomanagement im Normalbetrieb
- W 1001-B1 (2011):  
Beiblatt 1: Umsetzung für Wasserverteilungsanlagen
- W 1001-B2 (2015):  
Risikomanagement für Einzugsgebiete für Grundwasserfassungen zur Trinkwassergewinnung



# Erfahrungen bei der Umsetzung des TRiM

- **Systematische Gefährdungsanalyse identifiziert Handlungsbedarf**
  - Kreativer Prozess: “Was kann an welcher Stelle passieren?”
  - Externer Blickwinkel hilft gegen Betriebsblindheit
- **Umsetzung bisher bei 12+ Wasserversorgern**
- **Nutzen: Signifikant weniger Störungen im Betrieb**
  - Unterstützt interne Weiterbildung und Wissenstransfer
  - Konsequente Anwendung der aktuellen technischen Regeln
  - Wissenstransfer im Unternehmen
  - Erkennen von Zusammenhängen hygienische und technische Aspekte

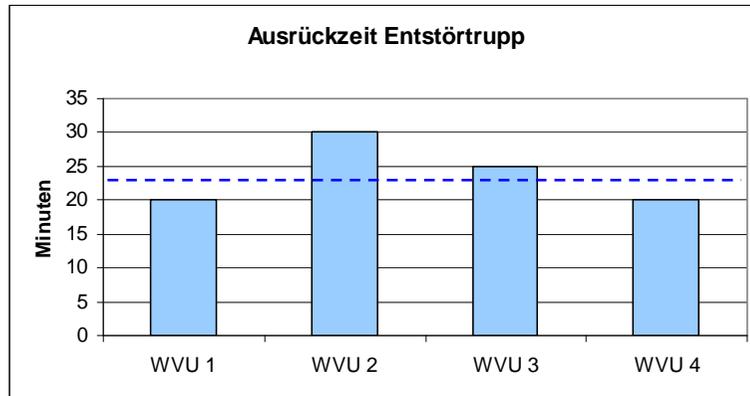


# W 1001-B1: Wasserverteilungsanlagen

Gefährdungsanalyse				Risikoabschätzung									Risikobeherrschung		
Gefährdungspotential	Bezug	Auswirkung	bestehende Maßnahmen	Eintrittswahrscheinlichkeit			Schadensausmaß			Risikoklasse			Handlungsbedarf ab 5, ggf. ab 4 Punkte		
				gering	mittel	hoch	gering	mittel	hoch	niedrig	mittel	hoch	Maßnahmen	Überwachung	
															Punktsumme

- **Beispiel für einfache Dokumentation**
- **Gefährdungsanalyse für individuelle Gefährdungen**
  - **Gefährdungspotenzial**
  - **Bezug zu Vorschriften**
  - **Auswirkung auf Versorgungssicherheit**
- **Risikoabschätzung anhand Höhe der Eintrittswahrscheinlichkeit und Auswirkung**
  - **Klassen: gering, mittel, hoch**
- **Festlegung von Maßnahmen zur Risikobeherrschung**

# Verschiedene Wasserversorgungsunternehmen Kennzahlenbasierter Erfahrungsaustausch Wassernetze



## Aufgaben

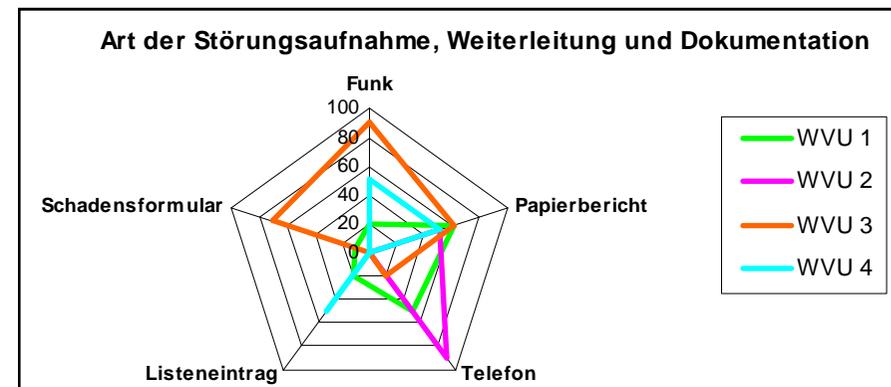
- **Aufbereitung und Verwertung von Prozesskenndaten**
- **Moderation der Expertenrunde**

## Beteiligte WVU

- **Berliner Wasserbetriebe**
- **HamburgWasser**
- **HSE AG Darmstadt**
- **RWW Mülheim**
- **Stadtwerke Augsburg**
- **u.v.m.**

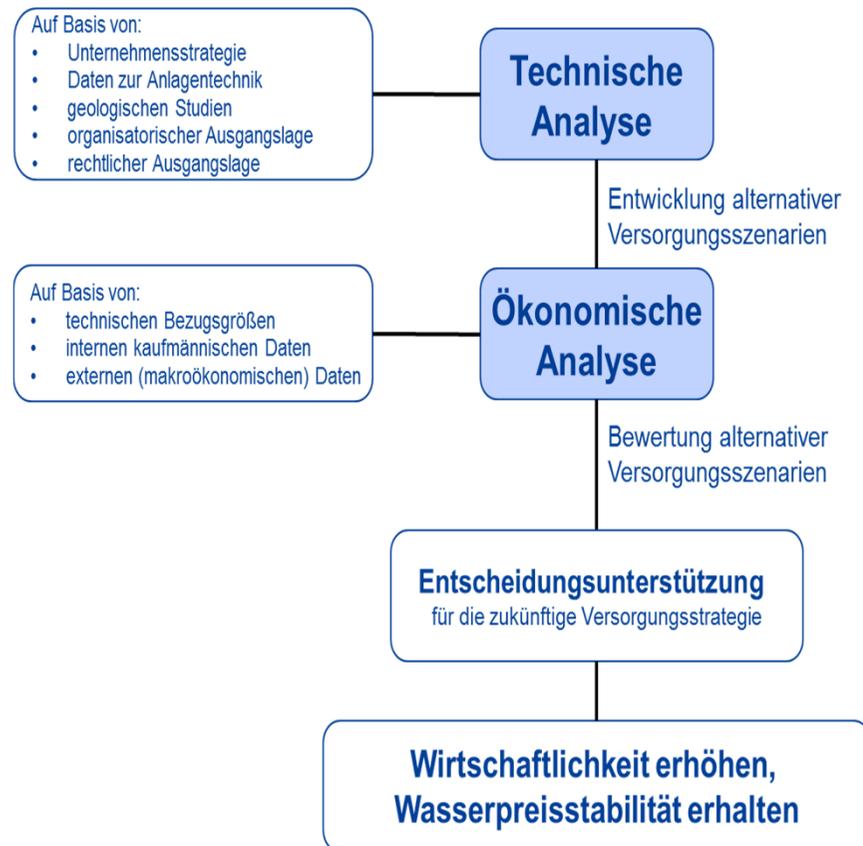
## Projektziele

- **Standortbestimmung der Unternehmen mit wenigen aber prägnanten Kennzahlen**
- **Fachlicher Austausch mit Experten zu definierten Prozessen und Aufgaben aus Betrieb und Instandhaltung, z.B.**
  - **Erstentstörung**
  - **Materialeinsatz**
  - **Organisation Bereitschaftsdienst**
  - **Instandhaltungsmaßnahmen**
  - **Löschwasserbereitstellung**
  - **Individuelle Themen der Projektpartner**



# Beratungsprojekt Wasserversorgungsstrategie - technisch/kaufmännische Entwicklung und Bewertung alternativer Versorgungsszenarien

- **Interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen Wasserökonomie und -technologie für die REW Rhein Hessische Energie- und Wasserversorgungs-GmbH, Ingelheim**
  - Laufzeit: September 2013 bis November 2014



# Ausblick: Wasserversorgungskonzepte



## Aktueller Gesetzentwurf: LWG-NRW Trinkwasser

... Außerdem sollen die Kommunen (...) ein **Wasserversorgungskonzept** erstellen und darlegen, wie sie ihrer Pflicht zur nachhaltigen Trinkwasserversorgung dauerhaft gesichert nachkommen. (...)

Erstmalige Erstellung: geplant für den 1.1.2018

## IWW-Projekte zu Wasserversorgungskonzepten

### Istzustand

- Versorgungsgebiet, TW-abgabe, Spitzenbedarf
- Wasserressourcen: Entnahme, Neubildung, Rechte, Nutzung
- Rohrnetz (Einspeisungen, Leitungen, Pumpwerke, Schieber, Zonen)
- Wasserbedarf, Kapazitäten, begrenzende Faktoren (Mengen, Drücke, Kapazitäten)
- Energiemanagement (Bedarf, Planung, Emissionen)

### Prognosen, Szenarien, Planungsdaten

- Wasserbedarf: Zeitreihen für Wasserbilanzen, Analyse der Kundensegmente
- Wasserbedarf: Prognosen 2015 / 2020 / 2040
- Szenarien: Min-Max, Klimawandel, anthropogene Belastungen, ...
- Energiebedarf

<http://iww-online.de/leistungen/wasserversorgungskonzepte-machbarkeitsstudien/>

# Sichere Trinkwasserversorgung

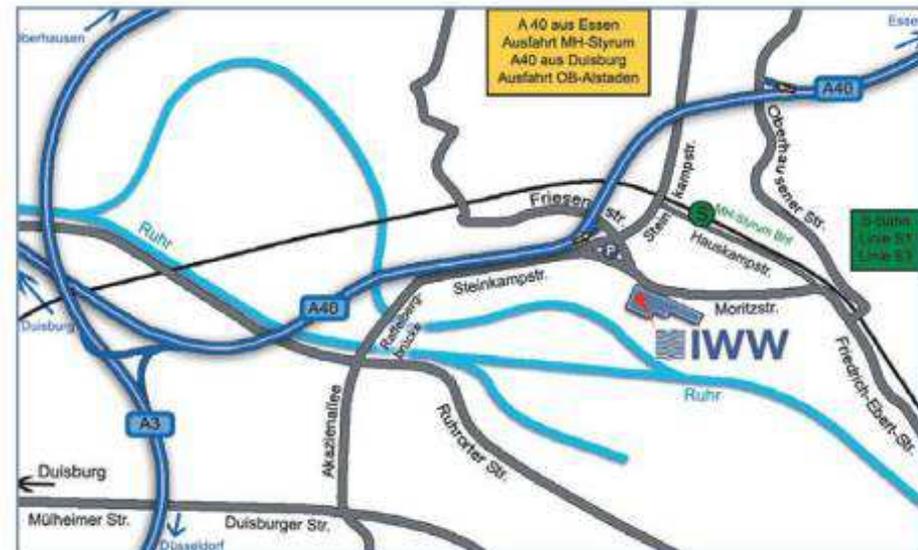
- 1. ... beginnt im Einzugsgebiet**
- 2. Wer viel misst .....**
- 3. Neue Ansatzpunkte in der Wasseraufbereitung**
- 4. Auf den letzten Metern sauber bleiben**
- 5. Risiken entdecken und abstellen**



Dr.-Ing. Wolf Merkel  
[w.merkel@iww-online.de](mailto:w.merkel@iww-online.de)

Moritzstraße 26  
45476 Mülheim an der Ruhr

Telefon | +49 (0)208-4 03 03-0  
Fax | +49 (0)208-4 03 03-80  
E-Mail | [info@iww-online.de](mailto:info@iww-online.de)  
Web | [www.iww-online.de](http://www.iww-online.de)



IWW RHEINISCH-WESTFÄLISCHES INSTITUT FÜR  
WASSERFORSCHUNG GEMEINNÜTZIGE GMBH

