

# Wärmeträgerfluide in der Geothermie - Exemplarische Gefährdungsabschätzung

Kathrin R. Schmidt, Tobias Augenstein, Andreas Tiehm



**TZW**  
Technologiezentrum  
Wasser



## GLIEDERUNG

- **Grundlagen: WARUM**  
wird eine Gefährdungsabschätzung  
für Wärmeträgerfluide benötigt ?



Abbildung von [www.wwa-r.bayern.de](http://www.wwa-r.bayern.de)

- **Methoden: WIE**  
wurde die Gefährdungsabschätzung durchgeführt ?



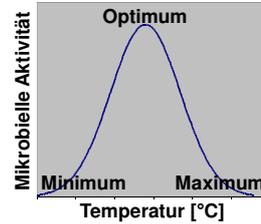
- **Ergebnis: WAS**  
für Empfehlungen werden gegeben ?

- sind folgende Punkte beim Einsatz von Wärmeträgerfluiden zu bedenken:
  - chemische Zusammensetzung nicht zu 100% bekannt
  - toxische Wirkung auf Leuchtbackterien und Fischeier
  - je nach Versuchsbedingungen gute biologische Abbaubarkeit
    - Sauerstoffzehrung
  - je nach Versuchsbedingungen schlechte biologische Abbaubarkeit
    - chemische Grundwasserbelastung
  - in beiden Fällen Erhöhung der Hintergrundbelastung mit persistenten Substanzen wie z.B. Benzolspitzen möglich



## GEOTHERMIE: RISIKEN FÜR GW-QUALITÄT

- Temperaturveränderungen  
→ Einfluss auf Hydrochemie und Biologie möglich
- Verbindungen zwischen Grundwasserstockwerken  
→ Mischung unterschiedlicher Wässer  
→ Veränderung der Lebensbedingungen
- Wegsamkeiten von der Oberfläche bis in Grundwasser  
→ erleichterter Zutritt von Schadstoffen und Pathogenen
- Schadstoffeinträge durch Bau und Betrieb



18.09.2012

TZW

## GEOTHERMIE: MÖGLICHE SCHADSTOFFEINTRÄGE

- Spülzusätze bei der Bohrung können zu organischen Belastungen führen
- Bohrlochhinterfüllungen können toxische, grundwassergefährdende Substanzen enthalten
- Wärmeträgerfluide der Erdwärmesonden
  - zirkulieren durch den Untergrund
  - geschlossene Rohrsysteme
  - Austritt der Fluide bei Leckagen kann nicht ausgeschlossen werden



18.09.2012

TZW

## REGELUNGEN BEZÜGLICH DER FLUIDE



Leitfäden zur Nutzung von Erdwärme mit Erdwärmesonden



### LEITFÄDEN DER BUNDESLÄNDER:

- als Wärmeträgerfluide dürfen nur nicht wassergefährdende Stoffe oder Stoffe der WGK 1 verwendet werden
  - organischer Hauptbestandteil als Frostschutz
  - Additive als z.B. Korrosionsschutz, Biozid
- Leckageüberwachungseinrichtungen erforderlich
- ordnungsgemäße Entsorgung bei Außerbetriebnahme der Erdwärmesonde

TZW

## GEFÄHRDUNGSABSCHÄTZUNG

An 10 exemplarisch ausgewählten Fluiden anhand von:

- Chemischer Zusammensetzung
  - Literaturrecherche
  - Chemische Analytik
- Ökotoxizität
  - Leuchtbakterienhemmtest
  - Fischeitest
- Biologischer Abbaubarkeit
  - Bakterien aus unbelastetem Grundwasser
  - Bakterien aus belastetem Grundwasser
  - Bakterien aus Belebtschlamm



TZW

## CHEMISCHE ANALYTIK – METHODEN

---

- organische Summenparameter (DOC, TOC)  
→ mögliche Sauerstoffzehrung
- unspezifische Screening-Analytik per  
Gaschromatographie-Massenspektrometrie
- Einzelstoffe: Nitrit, Phosphat, Bor, Molybdän,  
Ethylhexansäure, Triazole: Benzotriazol,  
4-Methylbenzotriazol, 5-Methylbenzotriazol
- Stoffgruppen: Amine, Nitrosamine, Isothiazolinone

18.09.2012

 TZW

## CHEMISCHE ANALYTIK – ERGEBNISSE

---

- DOC            130-490 g/L    alle Fluide  
→ Gefahr von starker Sauerstoff-Zehrung bei biologischem Abbau;  
Sauerstoff-zehrende Substanzen sind Schadstoffe im Sinne der  
Grundwasserverordnung
  - Triazole        1-13 g/L            in 8 von 10 Fluiden   
→ sind als persistente Problemstoffe im Wasserkreislauf bekannt
  - Bor             0,6-1,6 g/L        in 3 von 10 Fluiden
  - Molybdän    0,2-1,3 g/L        in 3 von 10 Fluiden
  - Nitrit          5,8 g/L             in 1 von 10 Fluiden     
→ sind Schadstoffe im Sinne der Grundwasserverordnung
- Überschreitung der Hintergrundwerte für DOC, Molybdän und Nitrit  
noch bei 50.000-facher Verdünnung der Fluide in Grundwasser

18.09.2012

 TZW

## ÖKOTOXIZITÄT – HINTERGRUND

- **Test der biologischen Wirkung auf Standard-Organismen**
  - z.B. akute Toxizität (sofortige Wirkung),
  - chronische Toxizität (Langzeit-Wirkung),
  - Kanzerogenität (krebserzeugende Wirkung),
  - endokrine Wirkung (hormonähnliche Wirkung) ...
- **summarische Erfassung der (additiven) Wirkung verschiedener Chemikalien**
- **Erfassung unbekannter und analytisch nicht messbarer Chemikalien sowie von Abbauprodukten**
- **Messung von Verdünnungsreihen bis zu einer nicht toxischen Verdünnung**
- **→ wichtiger Parameter für Umweltfolgenabschätzung**



Abbildungen von RWTH

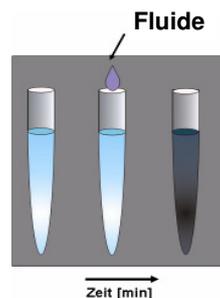
TZW

18.09.2012

## ÖKOTOXIZITÄT – METHODEN

### LEUCHTBAKTERIENHEMMTEST

- **Leuchtintensität von *Vibrio fischeri* (marines Bakterium) wird durch toxische Substanzen geschwächt**
- **→ Messung der Abnahme der Leuchtintensität nach 30 Minuten**
- **Durchführung analog DIN EN ISO 11348-1**



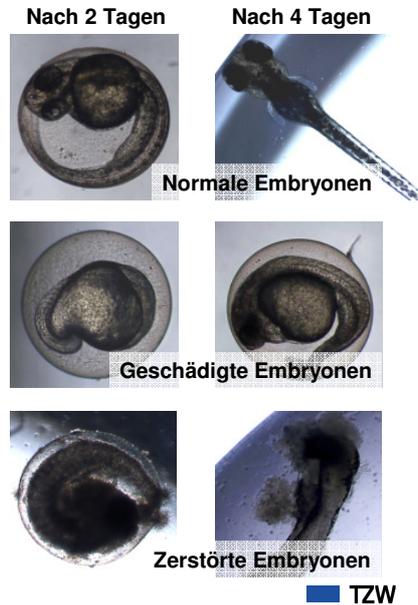
TZW

18.09.2012

## ÖKOTOXIZITÄT – METHODEN

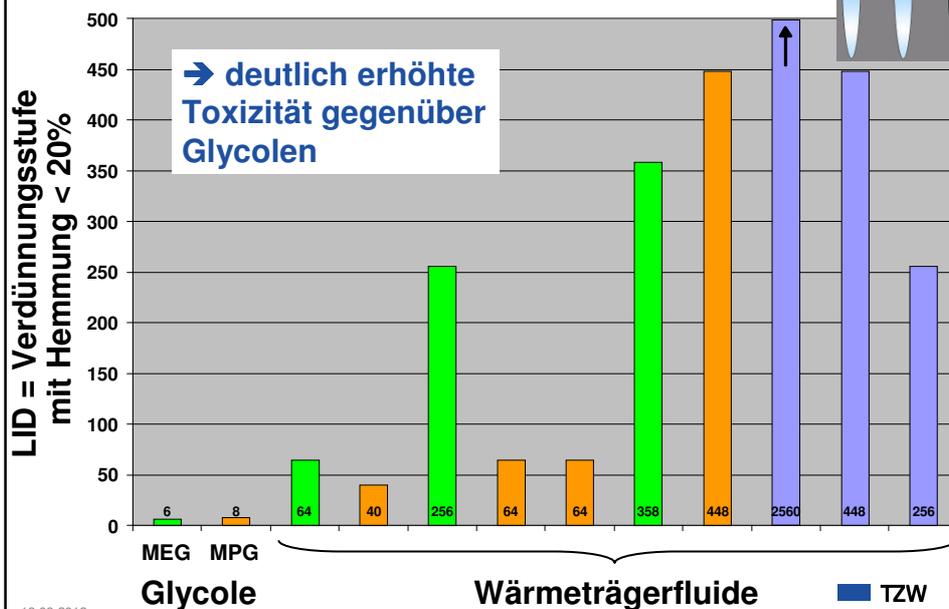
### FISCHEITEST

- Embryonalentwicklung von *Danio rerio* (Zebrafisch) wird durch toxische Substanzen gestört
- → Mikroskopische Untersuchung der Embryonen auf Schädigungen
- Durchführung nach DIN 38415-6 an der RWTH Aachen

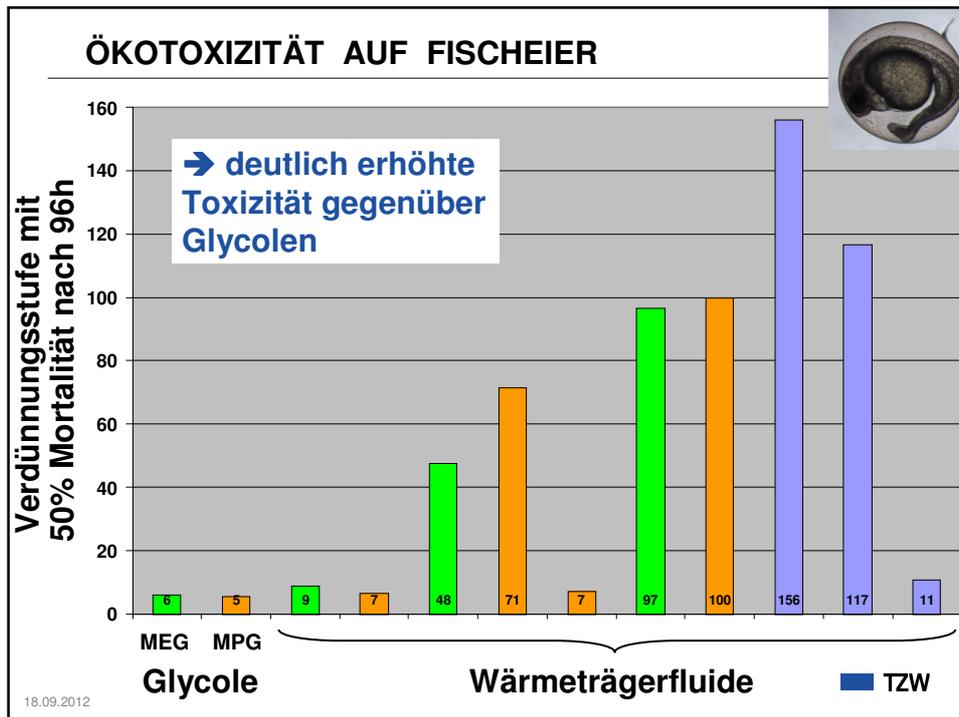


18.09.2012

## ÖKOTOXIZITÄT AUF LEUCHTBAKTERIEN



18.09.2012

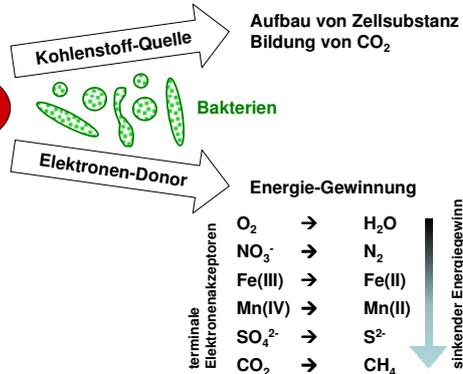


- ### ÖKOTOXIZITÄT – ZUSAMMENFASSUNG
- **Toxizitätsdaten in Sicherheitsdatenblättern:**
    - "Schätzungsweise nicht toxisch für Wasserlebewesen."
    - "Das Produkt wurde nicht geprüft. Die Aussagen zur Toxikologie sind von den Eigenschaften der Einzelkomponenten abgeleitet."
    - "In Analogie zu einem ähnlichen Produkt."
    - "Die Angaben beziehen sich auf den Hauptbestandteil."
  
  - → durchgeführte Ökotoxizitätstest zeigten, dass die Werte für den Hauptbestandteil nicht zwangsläufig denen der Fluide entsprechen
- TZW
- 18.09.2012

## ABBAUBARKEIT – HINTERGRUND

- **Test der biologischen Abbaubarkeit durch Bakterien**

Substrat  
z.B. Zucker,  
Schadstoffe



- **Abbau ist von Milieubedingungen abhängig**
- **biologischer Abbau kann Chemikalien vollständig aus der Umwelt entfernen ↔ nicht biologisch abbaubare Chemikalien sind oft persistent**
- **→ wichtiger Parameter für Umweltfolgenabschätzung**

TZW

18.09.2012

## ABBAUBARKEIT – METHODEN

### SAUERSTOFFZEHRUNG

- **aerobe Abbauprobe**
- **unbelastetes Grundwasser**
- **Belebtschlamm**
- **Gasdichte Flaschen im OxiTop®**
- **→ kontinuierliche Messung des Sauerstoffverbrauchs**
- **→ Messung des Organik-Gehalts (DOC) und ausgewählter Inhaltsstoffe zu Beginn und am Ende**



Abbildung von [www.wtw.com](http://www.wtw.com)

TZW

18.09.2012

## ABBAUBARKEIT – METHODEN

### MIKROKOSMEN

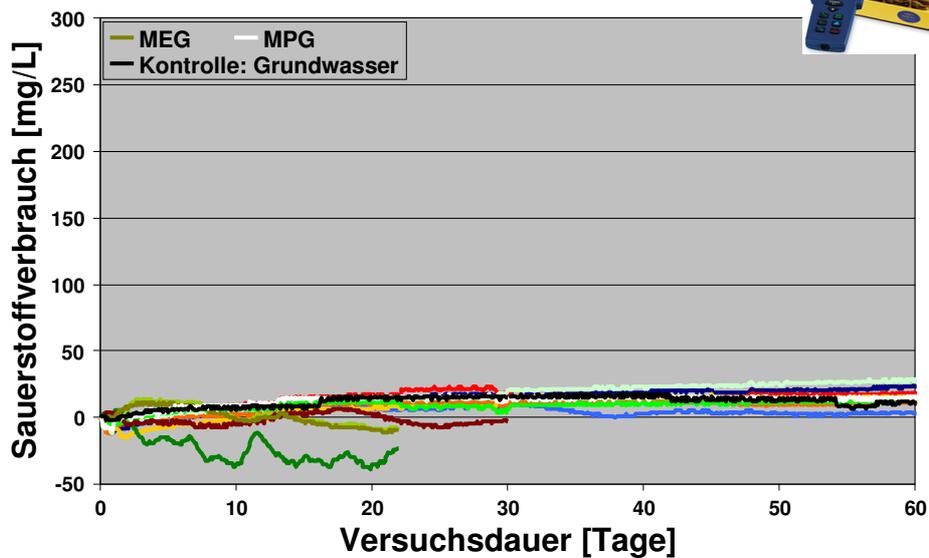
- aerobe, Nitrat- und Eisen(III)-reduzierende Abbauversuche in Mikrokosmen
- Grundwasser und Sediment von einem Altlastenstandort
- → Messung des Organik-Gehalts (DOC), hydrochemischer Parameter und ausgewählter Inhaltsstoffe an mehreren Zeitpunkten



18.09.2012

TZW

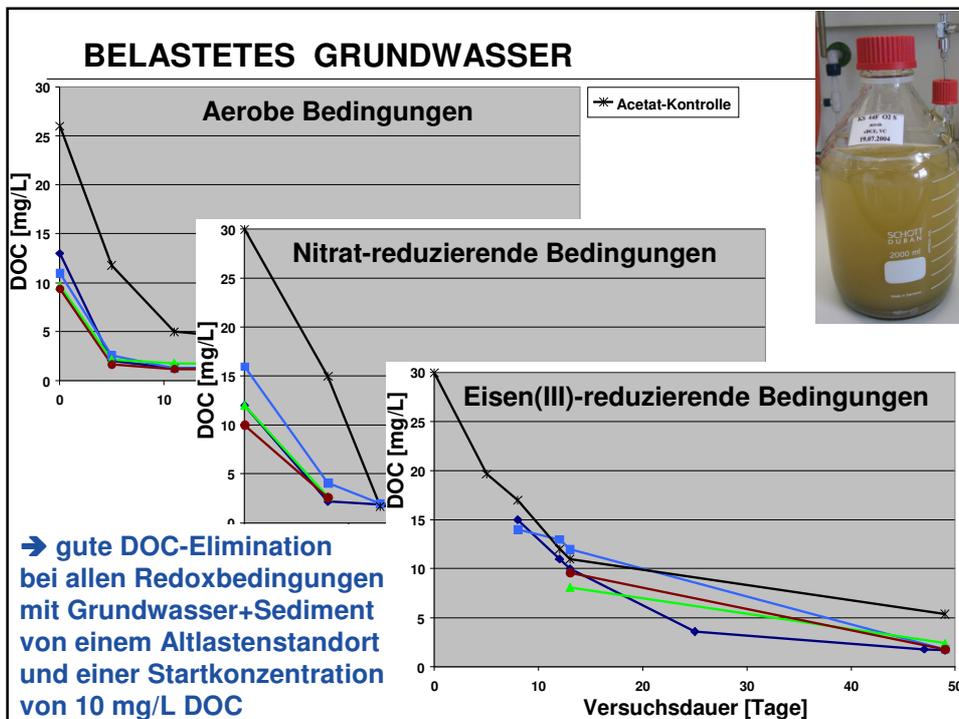
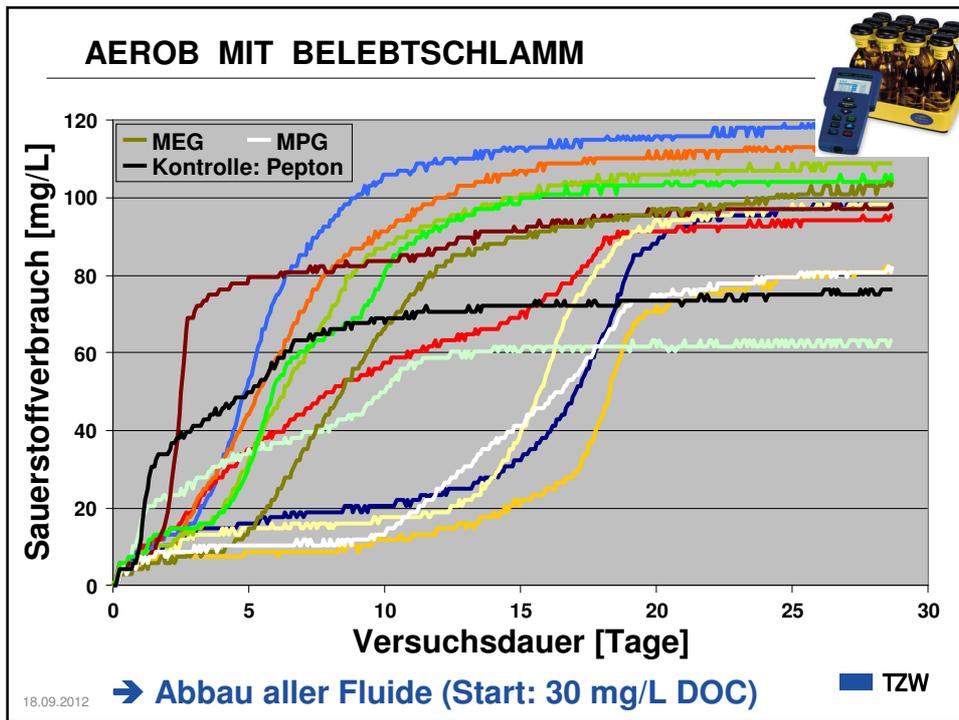
### AEROB MIT UNBELASTETEM GRUNDWASSER



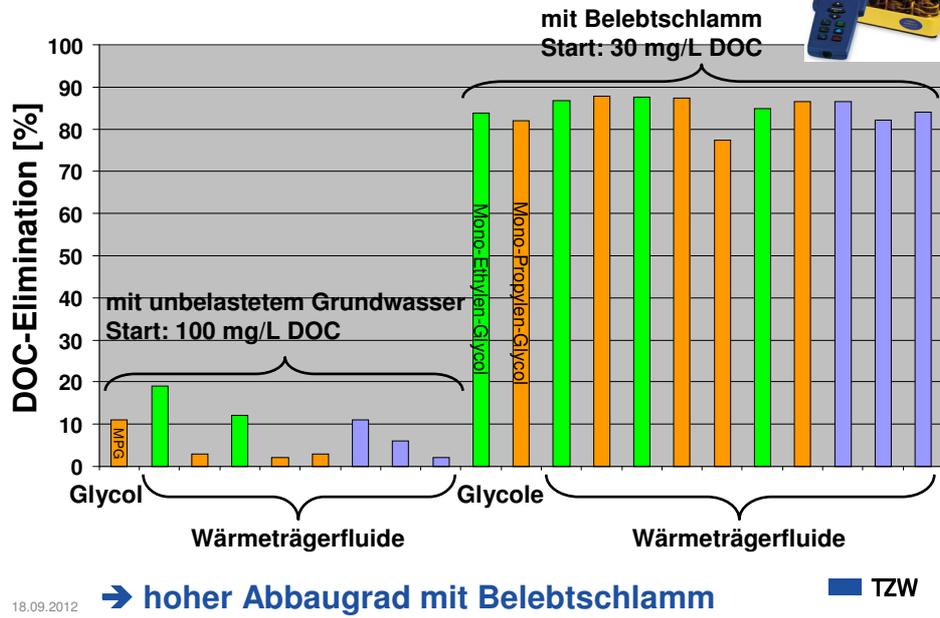
18.09.2012

→ kein Abbau (Start: 100 mg/L DOC)

TZW

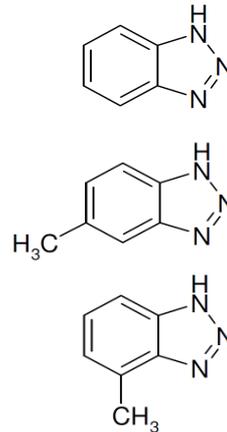
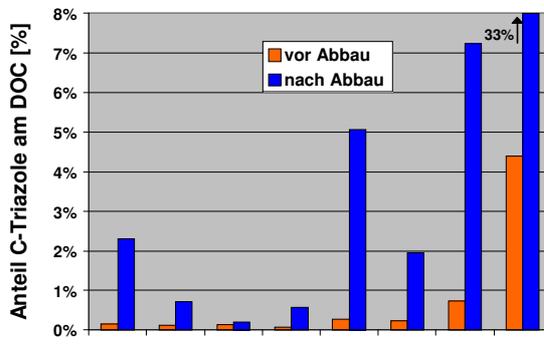


## DOC-ELIMINATION BEIM AEROBEN ABBAU



## NICHT ABGEBaute ORGANIK

- aerob mit Belebtschlamm: zwischen 5% und 30% des DOC werden nicht abgebaut
- Beispiel Triazole (Komplexbildner, Korrosionsschutzmittel)



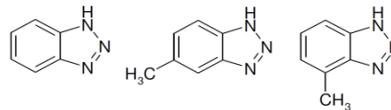
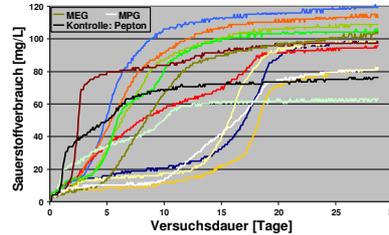
→ Kaum Abbau, Anreicherung von Triazolen

TZW

18.09.2012

## ABBAUBARKEIT – ZUSAMMENFASSUNG

- je nach Versuchsbedingungen gute Abbaubarkeit (70 – 95%) mit entsprechender Sauerstoffzehrung
- kein Abbau zu 100%
- Inhaltsstoffe wie z.B. Triazole sind kaum abbaubar
- Abbaubarkeit hängt ab von
  - eingesetzter Mikroflora und/ oder
  - eingesetzter Konzentration



TZW

18.09.2012

## ERGEBNISSE UND EMPFEHLUNGEN

aus Sicht des vorsorgenden Grundwasserschutzes

- sind folgende Punkte beim Einsatz von Wärmeträgerfluiden zu bedenken:
  - chemische Zusammensetzung nicht zu 100% bekannt
  - toxische Wirkung auf Leuchtbakterien und Fischeier
  - je nach Versuchsbedingungen gute biologische Abbaubarkeit → Sauerstoffzehrung
  - je nach Versuchsbedingungen schlechte biologische Abbaubarkeit → chemische Grundwasserbelastung
  - in beiden Fällen Erhöhung der Hintergrundbelastung mit persistenten Substanzen wie z.B. Triazolen möglich
- ist Wasser der beste Wärmeträger; nächstbeste Variante sind die reinen Glycole

TZW

18.09.2012

## EMPFEHLUNGEN VON LAWÄ AND DVGW

Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft  
Wasser



Wasserwirtschaftliche Anforderungen  
an Erdwärmesonden,  
10.05.2011

- Wasser oder nicht wassergefährdende Stoffe als Wärmeträger
- Stoffe der WGK1 nur wenn keine schützenswerten Grundwasser-Vorkommen vorhanden
- keine Erdwärmesonden in Schutzzone I und II
- Einzelfall-Genehmigung in Schutzzone III möglich
- frostfreier Betrieb ist sicherzustellen

Deutscher Verein des Gas- und  
Wasserfachs



Positionspapier Erdwärmennutzung  
in Trinkwassereinzugsgebieten,  
30.09.2010

- Wärmeträger mit möglichst geringem Verschmutzungsrisiko für Grundwasser und Boden
- in Trinkwassereinzugsgebieten nur nicht wassergefährdende Wärmeträger
- keine Erdwärmesonden in Schutzzone I, II und IIIA
- Einzelfall-Genehmigung in Schutzzone IIIB möglich

 TZW

18.09.2012

## TRINKWASSERSCHUTZ VOR ENERGIEGEWINNUNG



### DANK

- dem DVGW e.V. und dem badenova Innovationsfonds für die finanzielle Förderung
- den Kollegen von TZW und RWTH Aachen für die Zusammenarbeit
- Ihnen für Ihre Aufmerksamkeit
- Hinweis: Ausführliche Veröffentlichung der Ergebnisse in energie | wasser-praxis sowie in der TZW-Schriftenreihe ([www.tzw.de](http://www.tzw.de))



 TZW