




www.groundwaterecology.de

# Landauer Fachtreffen 2016

## Tiere im Trinkwasser: Biologische Tracer – HighTech im Trinkwasserschutz



Landauer Fachtreffen 2016, 9. Juni 2016

1




www.groundwaterecology.de

Inhalt:

- **Dr. Burkhard Westphal** (WVU): Invertebraten in Trinkwasserversorgungsanlagen
- **Prof. Dr. Klaus Schwenk** (Uni Landau): Genetik in der aquatischen Umweltbewertung
- **Dr. Susanne van den Berg-Stein** (IGÖ GmbH): StygoTracing – ein neues Verfahren zur Bekämpfung der Wasserasseln
- **Martin Hanke** (Verbandsgemeindewasserwerke Edenkoben): Erfahrungen mit Tracern bei Quelfassungen
- **Prof. Dr. Nico Goldscheider** (KIT): Abgrenzung von Einzugsgebieten und Grundwasserschutzzonen
- **Prof. Dr. Andreas Tiehm** (TZW Karlsruhe): Microbial Source Tracking – Ermittlung von fäkalen Eintragspfaden
- **PD Dr. Hans Jürgen Hahn** (Uni Landau): Wasserschutzgebiets-Abgrenzung mit biologischen Tracern - Perspektiven

2

## Tiere im Trinkwasser – ein sensibles Thema

### Punkte, die die Behandlung der Thematik erschweren und als Folge die Beschäftigung damit häufig verhindern

- Kaum Informationsfluss → Unkenntnis
- Entspricht nicht der Erwartungshaltung → Unverständnis
- Störendes „Bauchgefühl“ → hohe Emotionalität
- Mangelnde Bereitschaft zur Kommunikation → Tabuisierung

**Grundproblem ist die Appetitlichkeit, teilweise spielen auch phobische Elemente (Urängste vor „Krabbeltieren“) und Verdrängungsmechanismen eine Rolle**

## Beprobung Rohwasserleitung DN-1200 (mit selbst konfektionierten Netzgeweben)



## Organismen in 20 000 m<sup>3</sup> (Rohwasser)



Westphal: Invertebraten (Landau 09.06.2016)

3

## Systematische Gliederung gefundenen Fauna

Stamm: Hohltiere (Coelenterata)

KL.: **Polypen (Hydrozoa)**

Stamm: Plattwürmer (Plathelminthes)

KL.: **Strudelwürmer (Turbellaria)**

Stamm: Schlauchwürmer (Nemathelminthes)

KL.: **Fadenwürmer (Nematoda)**

KL.: **Rädertiere (Rotatoria)**

Digononta, Monogononta

Stamm: Weichtiere (Mollusca)

KL.: **Schnecken (Gastropoda)**

KL.: **Muscheln (Bivalvia)**

Stamm: Ringelwürmer (Annelida)

KL.: Gürtelwürmer (Clitellata)

Ordg.: **Wenigborster (Oligochaeta)**

Aeolosomatidae, Naididae,  
Enchytraeidae

Stamm: **Bärtierchen (Tardigrada)**

Stamm: Gliederfüßer (Arthropoda)

KL.: Insekten (Hexapoda)

Ordg.: **Springschwänze (Collembola)**

Ordg.: **Zweiflügler (Diptera)**

Zuckmücken-Larven (Chironomidae)

KL.: Spinnentiere (Arachnida)

Ordg.: Milben (Acari)

Süßwassermilben (Hydracarina)

KL.: Krebse (Crustacea)

U-Kl.: **Ruderfußkrebse (Copepoda)**

Ordg.: Cyclopoida

Ordg.: Harpacticoida

U-Kl.: **Muschelkrebse (Ostracoda)**

U-Kl.: Blattfußkrebse (Phyllopoda)

Ordg.: **Wasserflöhe (Cladocera)**

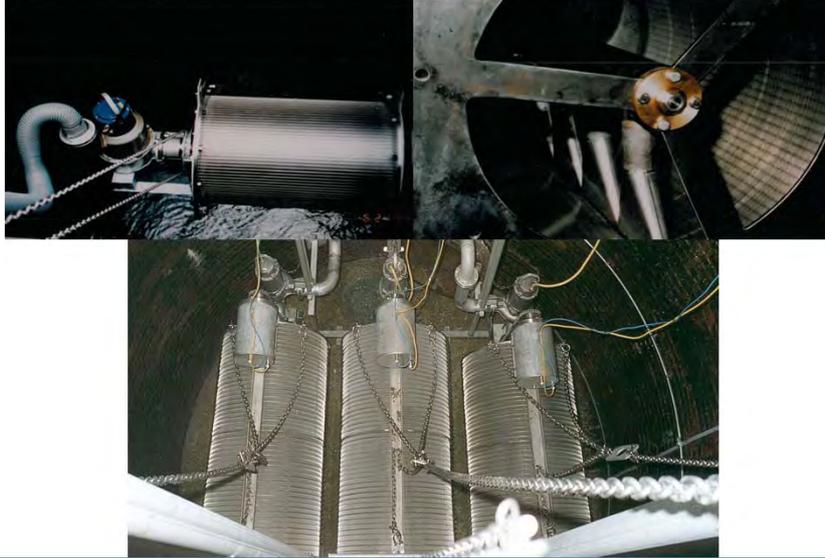
U-Kl.: Höhere Krebse (Malacostraca)

Ü-Ordg.: Peracarida

Ordg.: **Asseln (Isopoda)**

Ordg.: **Flohkrebse (Amphipoda)**

## Technische Lösung: Mikrosiebanlagen



Westphal: Invertebraten (Landau 09.06.2016)

5

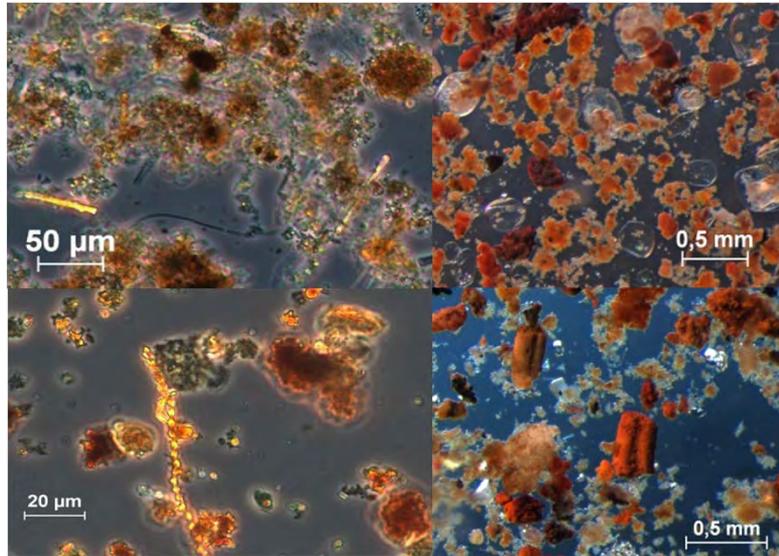
## Kontrollgerät Netzbesiedlung



Westphal: Invertebraten (Landau 09.06.2016)

6

## Behälter- und Leitungssedimente unter dem Mikroskop



Westphal: Invertebraten (Landau 09.06.2016)

7

## „Produktion“ von Invertebratenpellets



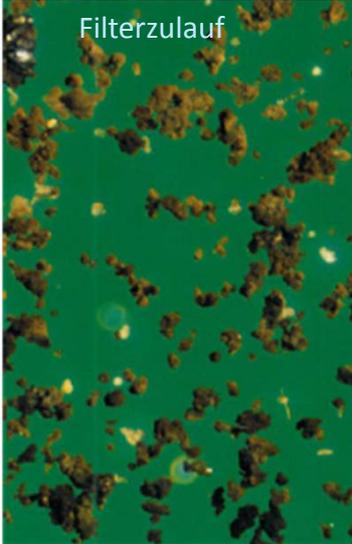
Westphal: Invertebraten (Landau 09.06.2016)

8

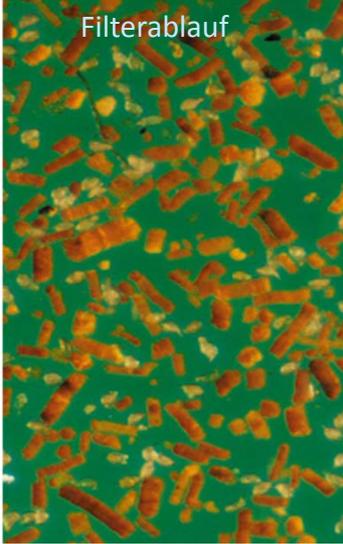
Westfälische  
Wasser- und  
Umweltanalytik 

## Besiedlung eines Filters (nach Ozon!)

Filterzulauf



Filterablauf



Westphal: Invertebraten (Landau 09.06.2016) 9

Westfälische  
Wasser- und  
Umweltanalytik 

## DVGW W 271

Neuaufgabe als **Arbeitsblatt** in Arbeit!

**Warnvermerk:** Das Merkblatt ist in der Bearbeitungs- bzw. Verabschiedungsphase und nicht zur Anwendung freigegeben!!

  
Regelwerk

Ausgabe Februar 1997

Technische  
Mittlung  
Hinweis  
**W 271**  
Februar 1997

Tierische Organismen  
in Wasserversorgungs-  
anlagen

Deutscher Verein des  
Gas- und Wasserfaches e.V.   
REGELWERK

### Technischer Hinweis - Merkblatt

S. www.dvgw-regelwerk.de

DVGW W 271 (M) Januar 2016

**Tierische Organismen in Wasserversorgungsanlagen**

Technical rules

ENTWURF

WASSER

Westphal: Invertebraten (Landau 09.06.2016) 10

## Überarbeitung DVGW W 270

„Tierische Organismen in Wasserversorgungsanlagen“

### Arbeitsblatt

#### 1. Ökologische Grundlagen

Lebensbedingungen in Wasserversorgungsanlagen  
(Nahrungsnetzstrukturen, Ernährungstypen)

#### 2. Probenahme und Untersuchungsmethoden

#### 3. Bewertung und Kommunikation

### Wasserinfo

#### 1. Fallbeispiele

#### 2. Organismenportraits

**Untergliedert in: Rohwasser, Aufbereitung, Leitungsnetz**

Schwierig die Antwort auf die Frage:

Was ist normal, was viel, was zu viel?

Lässt sich Immer nur individuell beurteilen!

## Vorläufige Daten aus Überarbeitung des W 271 (noch nicht abschließend frei gegeben)

Kompartiment	10 - 90-Perzentil	Median	n
<b>Rohwasser</b>			
Quellen	0 - 20	1,5	50
Grundwasser und Uferfiltrat	0 - 26	3,0	441
Oberflächenwasser	0 – 26.500	2.500	767
<b>Wasserwerk</b>			
Quellen, Grundwasser, Uferfiltrat	0,1 – 335	95	530
Oberflächenwasser	443 – 6.624	1.515	252
<b>Verteilungsnetz</b>			
Quellen, Grundwasser, Uferfiltrat bis 0,5 mm	13 – 937	127	398
größer 0,5 mm	0 – 169	14	369
Oberflächenwasser bis 0,5 mm	29 – 1.051	191	168
größer 0,5 mm	0 – 106	10	168

## Trinkwasserversorgungsanlagen sind Ökosysteme (es gelten dieselben Regeln)



- Trinkwassergewinnungsanlagen sind in der Regel mit verschiedensten Lebensformtypen intensiv besiedelt
- Die Organismen interagieren in einem stabilen Beziehungsgeflecht
- Zeitlich befristet aus dem Gleichgewicht geraten, kann es zu einem wolkenartigen Austrag in die nachgelagerten Anlagen kommen

Aus populationsökologischer Sicht wäre es verwunderlich, wenn keine Tiere vorkommen würden!

# Genetik in der aquatischen Umweltbewertung



*Klaus Schwenk*

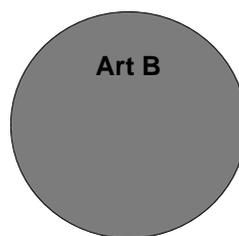
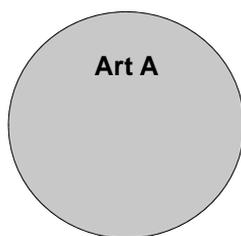


## 1. Identifikation

## 2. Die Bedeutung der genetischen Variation

## 1. Identifikation

### ➤ Arname – Ökologie – Umweltbewertung



Art

### **Morphologie**

- Nur Adulte/bestimmte Lebensformen
- Geringe Standardisierung
- Plastizität/kryptische Arten/
- Limitierte Probenanzahlen

### **DNA**

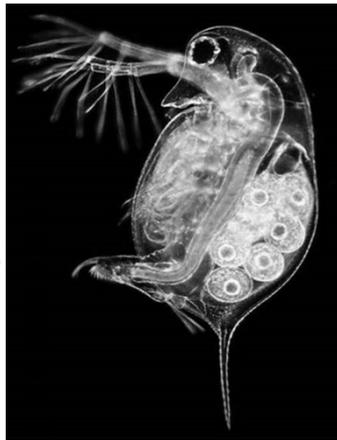
- Juvenil/Eier/Samen/ Fragmente/Zellen
- Hohe Standardisierung und Transparenz
- Eindeutige Identifikation
- Hochdurchsatz

### **Fragen der Naturschutzgenetiker**

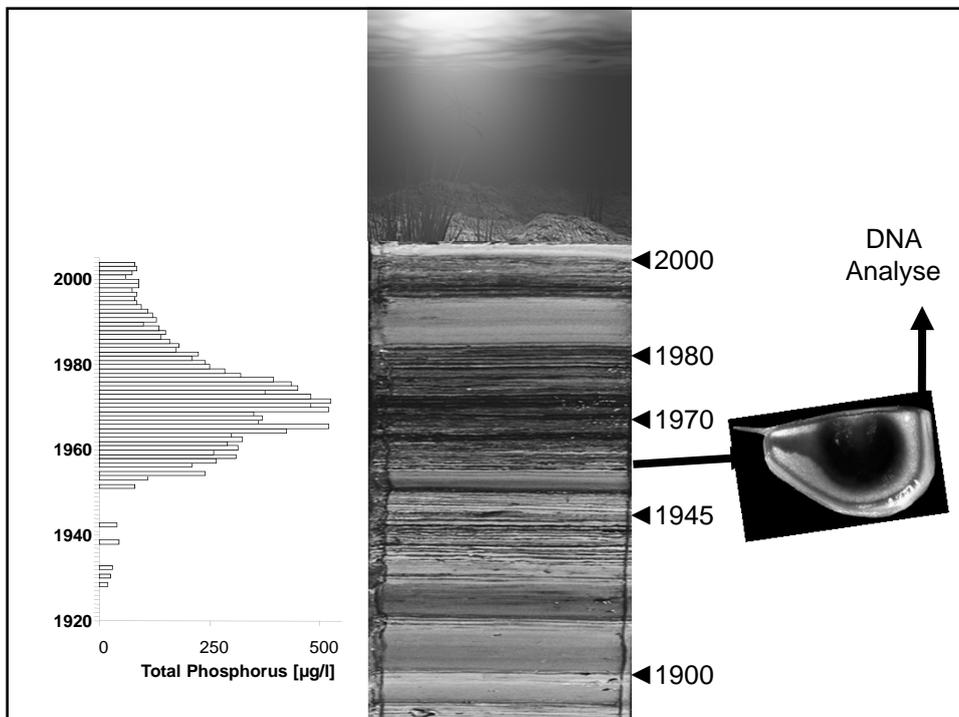
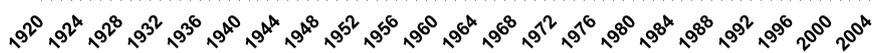
1. Haben Umweltveränderungen nachhaltige (evolutionsbiologische) Konsequenzen?
2. Sind Umweltveränderungen reversibel?

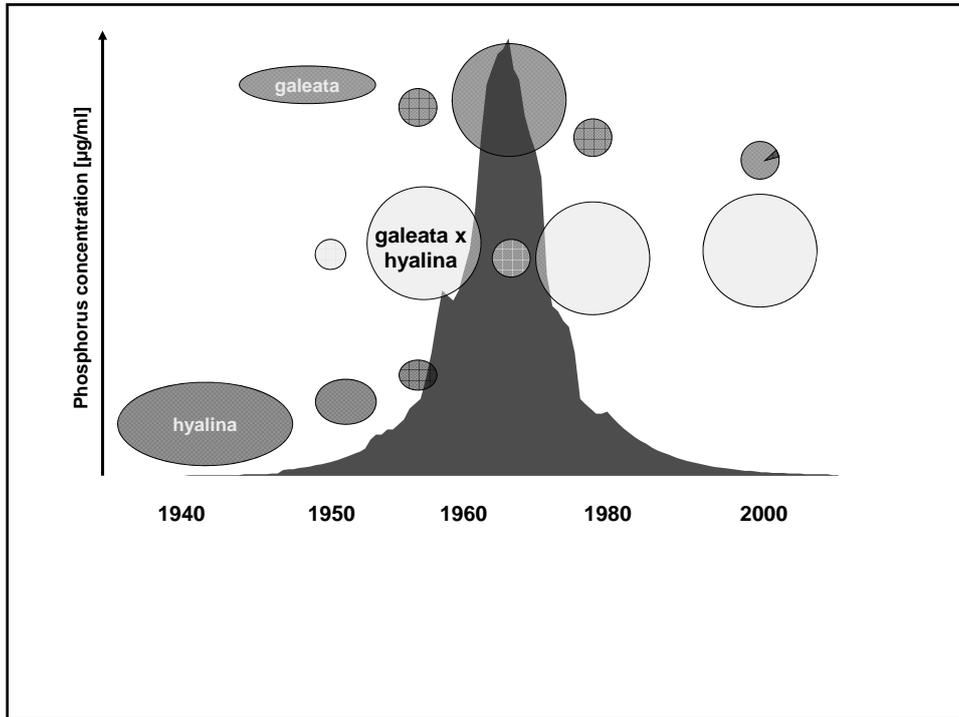


**Welche Konsequenzen hat die Eutrophierung der Seen für die Evolution von Zooplanktonarten**



Total Phosphorus [ $\mu\text{g/l}$ ]





### Schlussfolgerungen

- Grundlegende Veränderung der Artenzusammensetzung
- Nachhaltige Veränderungen
- Evolution

**WELT ONLINE**

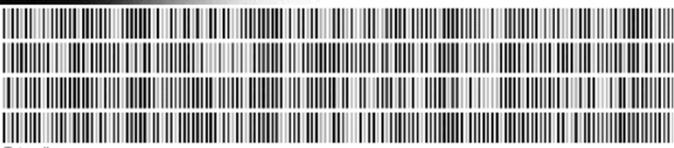
**Wasserflöhe – Die einzig echten Zombies auf Erden**

Umweltverschmutzung kann Biosysteme massiv verändern: Forscher aus Deutschland und der Schweiz haben herausgefunden, dass aus ursprünglich zwei im Bodensee und im Greifensee lebenden Wasserfloharten zahlreiche Mischformen entstanden sind. Den Beweis liefern lebende Tiere, die in Dauereiern 60 Jahre überlebt hatten. mehr...

**BILOGIE**

Krebstiere

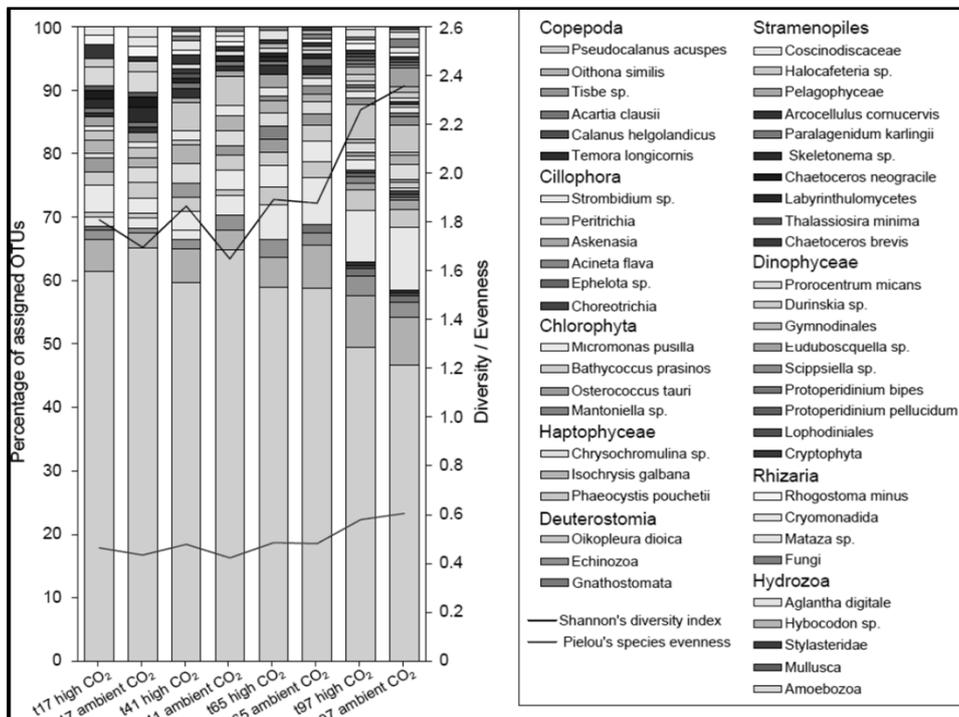
**VES**

	 <p>Astraptes fuligator CELT</p>
	 <p>Astraptes fuligator TRIGO</p>
	 <p>Bubo virginianus</p>
	 <p>Tyto alba</p>

13

# Oceanversauerung





**Identifikation ist effizient**

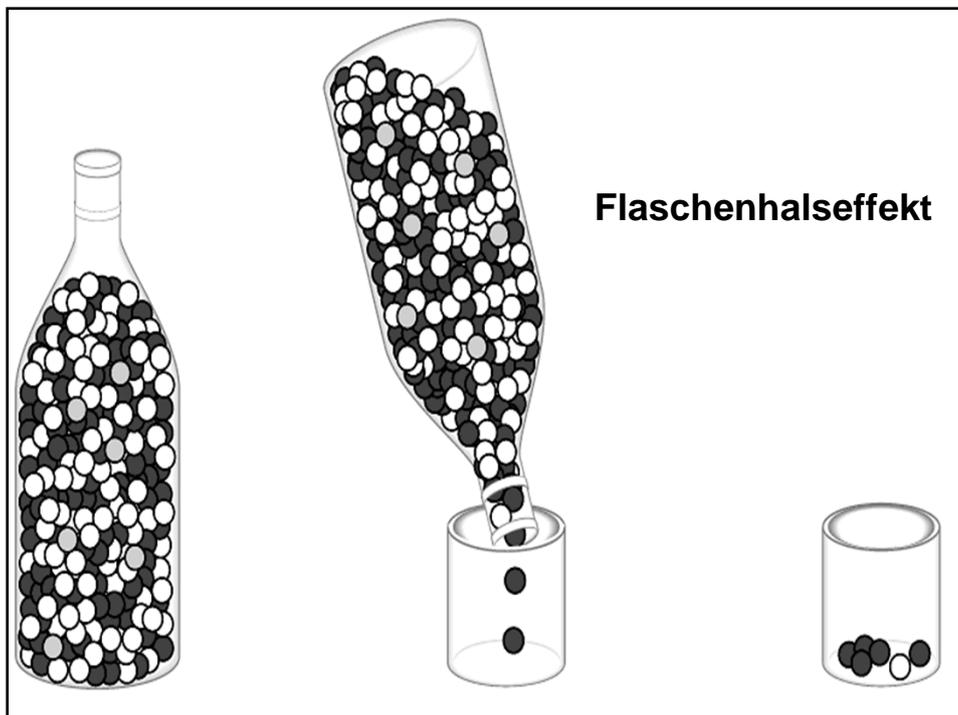
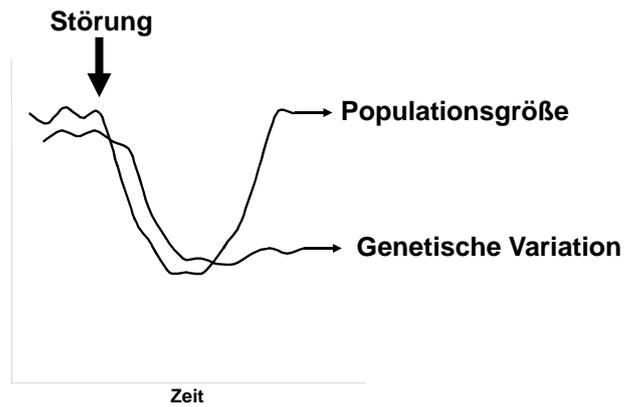
- a) Art
- b) Gemeinschaft
- c) Krankheitserreger
- d) GMO

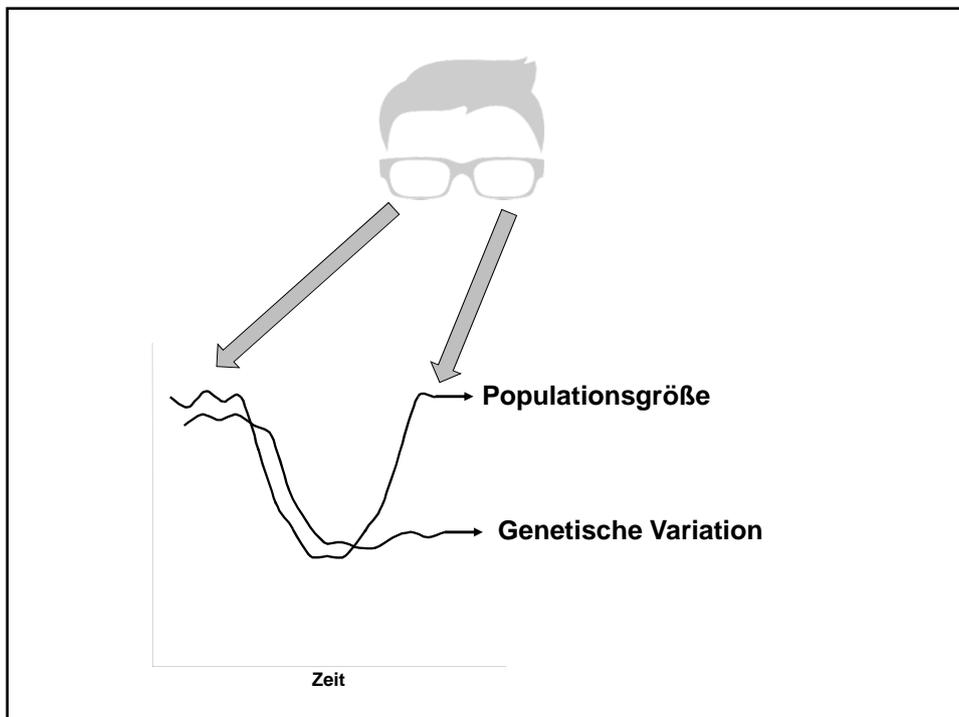
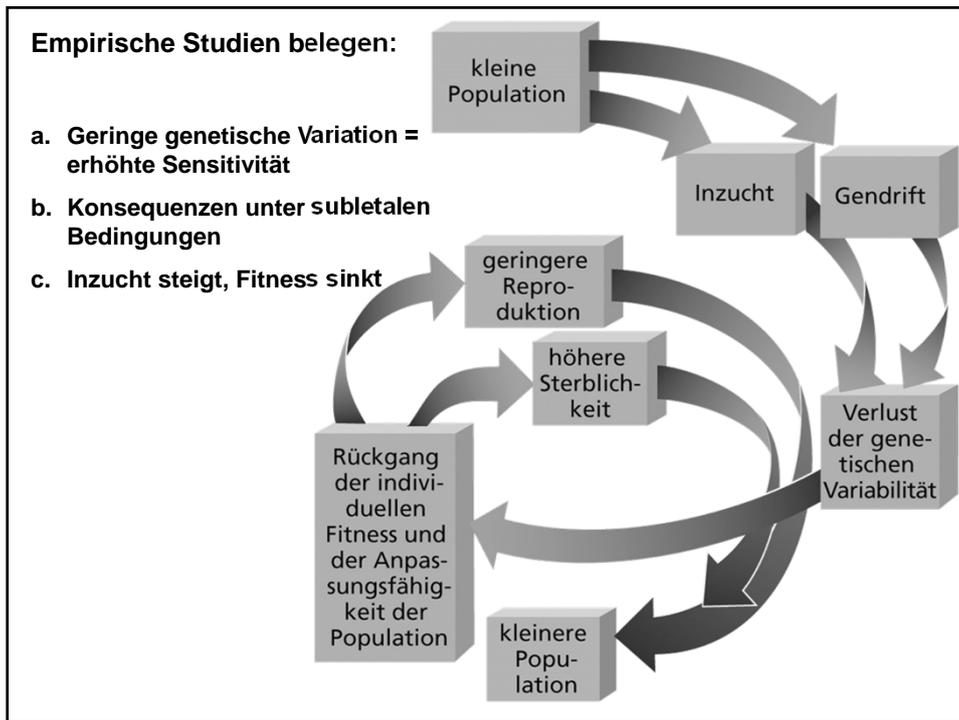
**1. Identifikation**

**2. Die Bedeutung der genetischen Variation**

### Anthropogene Belastung ~ Erniedrigung der Biodiversität

- 1) Erniedrigung der Fertilitäts- und Reproduktionsraten
- 2) Erhöhung der Aussterberate
- 3) Erniedrigung der genetischen Vielfalt





## **1. Identifikation**

Haben Umweltveränderungen evolutionsbiologische Konsequenzen?

Ja

Sind Umweltveränderungen reversibel?

unwahrscheinlich

## **2. Die Bedeutung der genetischen Variation**

Abschätzung des Anpassungspotentials



# StygoTracing

## Ein neues, genetisches Verfahren zur Ermittlung der Ausbreitungsmuster von Wasserasseln

- I Einführung
- II Methode
- III Ergebnisse
- IV Perspektiven
- V Zusammenfassung

Susanne van den Berg-Stein  
Klaus Schwenk  
Hans Jürgen Hahn

1

### I Einführung

# Modellorganismus *Asellus aquaticus* (Wasserassel)

- Biofilm
- strömungsberuhigte Bereiche



UNIVERSITÄT KOBLENZ · LANDAU

INSTITUT FÜR GRUNDWASSER ÖKOLOGIE GMBH

www.groundwaterecology.de

# Süddeutsche Zeitung

SZ.de Zeitung Magazin

Wirtschaft Panorama Sport München Bayern Kultur Wissen Digital Chancen Reise

Trinkwasser - Wenn Assel-Kadaver aus dem Hahn sprudeln

23. Februar 2012, 08:22 Uhr Trinkwasser

## Wenn Assel-Kadaver aus dem Hahn sprudeln

Was wie Rost in der Leitung aussieht, sind oft Kot und Kadaver von Asseln. Wasserwerke wissen das, reden aber nicht gern darüber. Aus guten Gründen.

Von R. Lücke

Nur selten erzeugt das Problem Schlagzeilen. Doch im brandenburgischen Brieselang war es in diesem Frühjahr so. Einer der 11.000 Einwohner hatte keine Tiere im Leitungswasser gefunden und die Lokalpresse

Deutschlandfunk

Startseite » Umwelt und Verbraucher » Von Asseln und Menschen » 31.07.2009

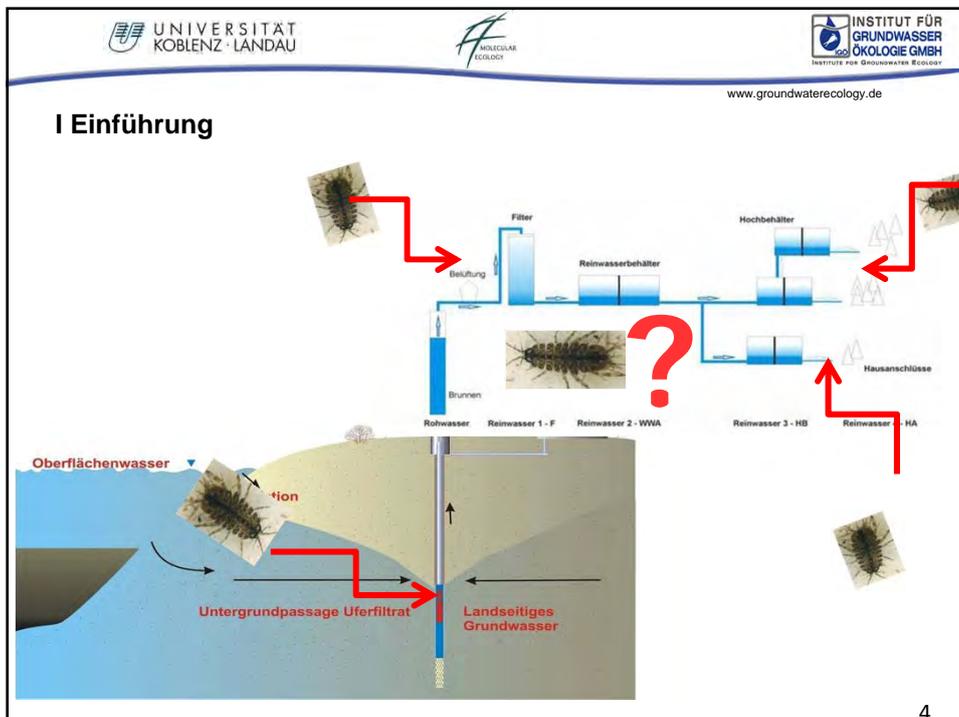
## Von Asseln und Menschen

Wasserasseln in deutschen Trinkwasserrohren

In vermutlich fast allen Trinkwasserrohren der Republik leben Wasserasseln. Solange sich ihre Zahl in Grenzen hält, bleiben sie unbemerkt. Doch wenn sie überhand nehmen, gibt es ein Problem. Asseln wird man nicht so einfach los.

Berliner Zeitung

Die Leitungen in Brieselang sind verschmutzt. Die Ursache ist unklar: Asseln aus dem Wasser?

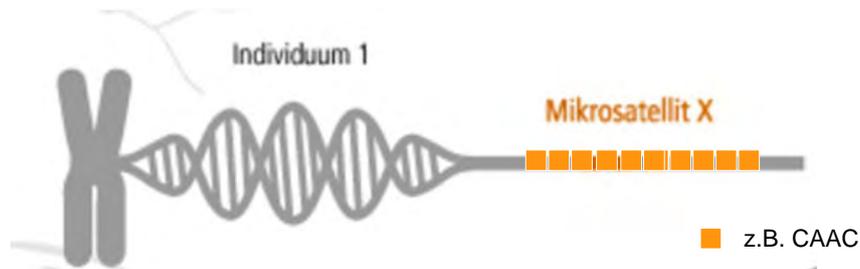




## II Methodik

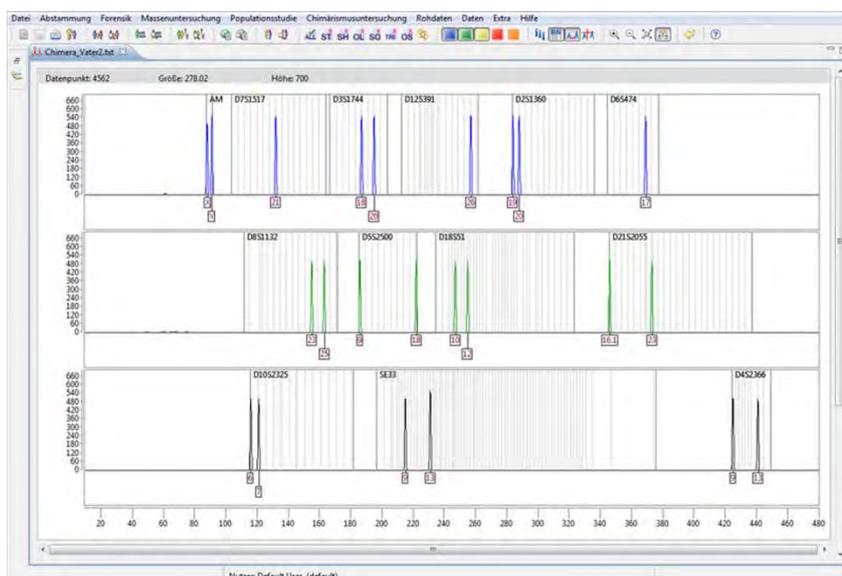
# Mikrosatelliten:

kurze, nicht kodierende, sich im Genom eines Organismus oftmals wiederholende DNA-Sequenzen

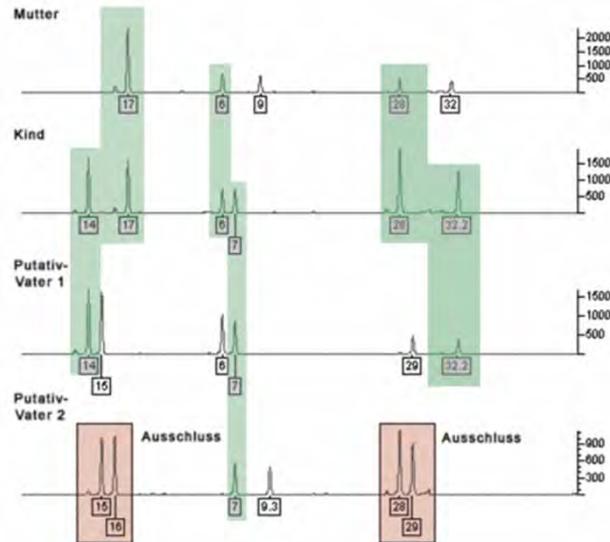


verändert nach: <http://www.abstammungsbegutachtung.de/ARTENSCHUTZ/technologie-mikrosat.html>

## II Methodik Mikrosatelliten-Analyse



## II Methodik Mikrosatelliten: Vaterschaftstest



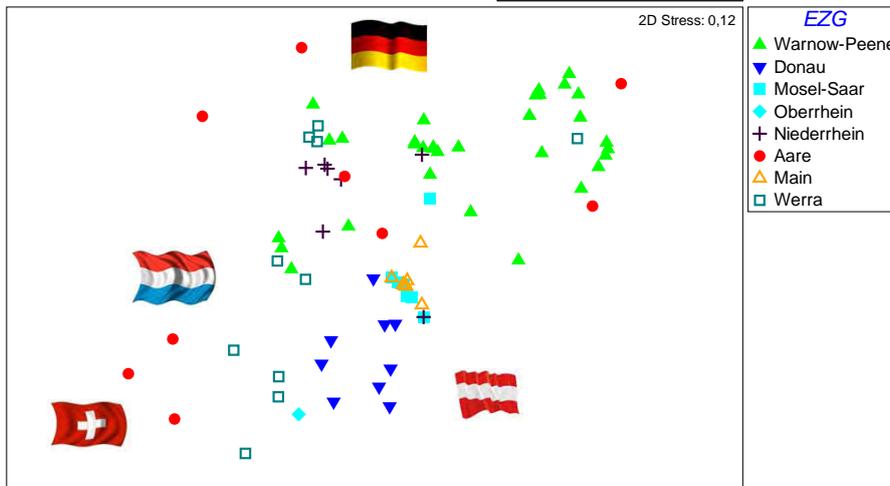
[http://www.medicinische-genetik.de/fileadmin/\\_processed\\_/csm\\_01\\_abstammung\\_bild1\\_03\\_aeec2baadd.gif](http://www.medicinische-genetik.de/fileadmin/_processed_/csm_01_abstammung_bild1_03_aeec2baadd.gif)

## III Ergebnisse

### Großräumig: Woher stammen die Tiere?

mds, multidimensionale Skalierung (Ähnlichkeitsstrukturanalyse)

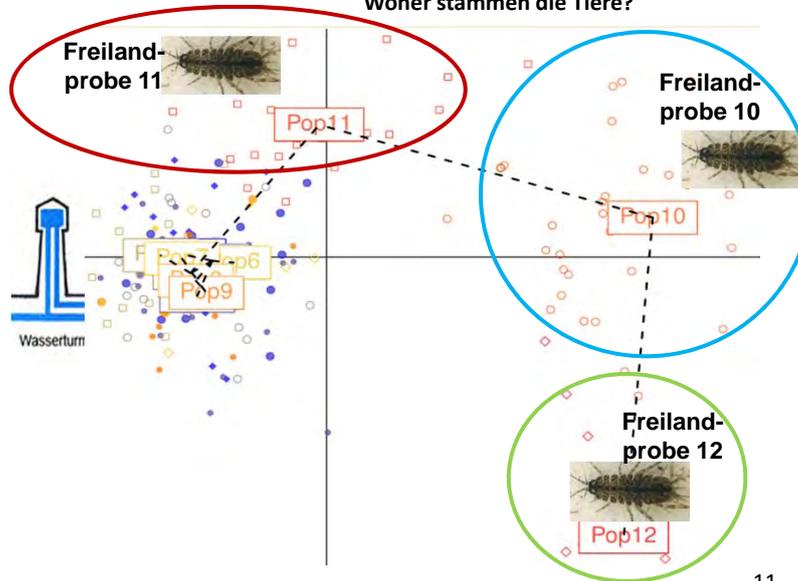
Transform: Log(X+1)  
Resemblance: D1 Euclidean distance



### III Ergebnisse

### Kleinräumig: Versorgungsanlagen Woher stammen die Tiere?

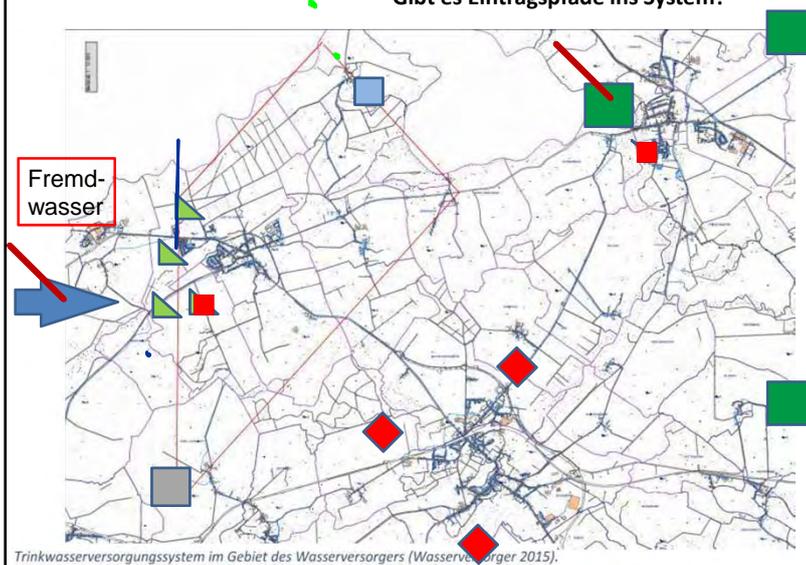
www.grundwaterecology.de



### III Ergebnisse

### Versorgungsanlagen: Gibt es Eintragspfade ins System?

www.grundwaterecology.de



Trinkwasserversorgungssystem im Gebiet des Wasserversorgers (Wasserversorger 2015).

### III Methodik

Zuverlässig und sehr empfindlich!



Der Assel wird ein Bein  
abgetrennt

Der Femur wird vom Restbein  
abgetrennt

Das Gewebe wird aus dem Femur  
herausgepresst = 100%

100,00%	161	161	244	261	165	165	187	187	128	128	148	148	103	113	386	386	120	124
50,00%	161	161	244	261	165	165	187	187	128	128	148	148	103	113	386	386	120	124
25,00%	161	161	244	261	165	165	187	187	128	128	148	148	103	113	386	386	120	124
12,50%	161	161	244	261	165	165	187	187	128	128	148	148	103	113	386	386	120	124
6,25%	161	161	244	244	0	0	187	187	128	128	148	148	103	113	0	0	120	124
3,13%	163	163	244	244	165	165	187	187	128	128	148	148	103	113	0	0	120	120
1,56%	0	0	0	0	0	0	0	0	128	128	148	148	113	113	0	0	0	0
0,78%	162	162	0	0	0	0	188	188	128	128	148	148	103	113	0	0	120	120

13

### IV Perspektiven

Bestimmung der WSG-Grenzen



Verändert, aus: www.aktiongrundwasserschutz.de

14

## V Zusammenfassung

Jedes einzelne Tier

- ist genetisch individuell identifizierbar und
- lässt sich einer best. Population zuordnen

Eindeutig bestimmbar:

- Herkunft der Tiere im System
- Eintragswege
- Ausbreitung

➔ **Biologisches Tracer-Verfahren für hydrologische Wechselwirkungen**

15



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

		20	201	1	182	Region1									
		SP43	SP44												
		AA05 A2	AA05 A3	AA05 A3	AA04 A1	AA04 A2	AA03 A1	AA03 A2	AA02 A1	AA02 A2	AA01 A1	AA01 A2			
187		128	128	148	148	111	113	0	0	120	124				
187		128	128	148	154	103	111	386	386	120	120				
187															
183															
187															
184															
188		128	128	154	156	97	113	386	386	123	134				
184		128	128	148	148	95	113	386	386	124	124				
0		0	0	156	156	90	113	386	386	124	134				
188		128	128	156	156	90	113	386	386	124	124				
187		128	128	148	156	97	113	386	386	120	123				
0		0	0	154	150	113	117	386	386	123	123				

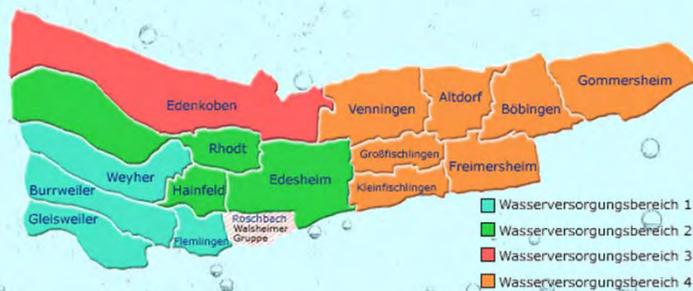
13	TE45	161	161	244	261	165	163	183	188	128	128	152	152	90	113	376	386	124	134
14	TE45	161	165	231	244	165	165	183	188	128	128	152	152	90	113	376	386	124	134
15	Fw2	161	165	233	233	175	175	188	188	128	128	148	148	156	97	386	386	120	120
16	Fw2	165	165	0	261	165	165	188	183	0	0	148	160	113	113	386	386	124	134
17	Fw2	161	163	0	0	163	177	188	183	128	128	148	160	113	113	386	386	123	123
18	Fw2	161	165	233	244	165	165	187	187	128	128	148	160	113	113	386	386	120	123
19	Fw2	161	161	244	244	175	177	183	183	128	128	148	148	97	113	376	376	124	134
20	Fw2	161	165	237	237	165	163	184	185	0	0	148	148	113	113	386	386	124	134
21	Fw2	161	161	0	0	165	177	187	187	0	0	148	148	113	113	0	0	124	124
22	Fw2	161	161	23	27	165	163	187	187	128	128	148	148	113	113	386	386	124	124
23	Fw2	161	161	23	262	165	177	183	187	128	128	148	148	113	113	386	386	124	124
24	Fw2	161	161	243	262	165	177	183	187	128	128	148	148	113	113	386	386	124	124
25	Fw2	161	161	244	244	165	165	183	187	0	0	148	148	90	103	386	386	120	120
26	Fw2	161	163	244	244	165	165	187	187	128	128	148	148	103	111	0	0	120	120
27	Fw2	161	163	243	243	165	165	187	187	128	128	148	148	90	111	0	0	120	120
28	Fw2	163	163	243	243	165	165	187	187	128	128	148	148	90	103	386	386	120	120
29	Fw2	163	163	262	262	165	165	187	187	128	128	148	148	111	113	386	386	120	120
30	Fw2	161	163	262	262	165	165	187	187	128	128	148	148	103	111	386	386	120	124
31	Fw2	0	0	244	244	165	165	187	187	128	128	148	154	111	111	386	386	120	120
32	Fw2	163	163	244	244	165	165	183	187	128	128	148	148	111	111	376	376	120	124
33	Fw2	161	161	244	244	165	165	187	187	128	128	148	148	103	111	386	386	120	120
34	Fw2	163	165	0	0	165	163	183	184	127	128	148	152	98	113	0	0	12	124
35	Fw2	165	165	24	261	177	177	188	188	128	128	148	148	111	111	386	386	124	134
36	Fw2	161	161	244	244	165	165	183	183	126	126	148	148	113	113	376	386	124	134
37	Fw2	161	161	233	233	165	173	188	183	128	128	148	148	97	111	386	386	124	134
38	Fw2	161	163	244	244	163	177	183	187	128	128	148	156	113	113	386	386	120	124
39	Fw2	161	165	237	237	165	175	183	188	126	126	148	148	113	113	0	0	124	124
40	Fw2	161	163	244	244	165	165	183	183	128	128	148	152	90	97	376	386	124	124
41	Fw2	161	165	261	261	165	177	188	183	126	126	156	156	113	113	376	386	120	123
42	Fw2	161	163	0	0	165	165	183	188	128	128	148	148	97	113	386	386	124	124

16

## Verbandsgemeindewerke Edenkoben

Untersuchung von Oberflächeneinflüssen an Quellen im Modenbachtal  
und Quellsanierung am Beispiel der Quelle an der Eiche

## Verbandsgemeindewerke Edenkoben Wasserversorgung



#### Daten zur Verbandsgemeinde:

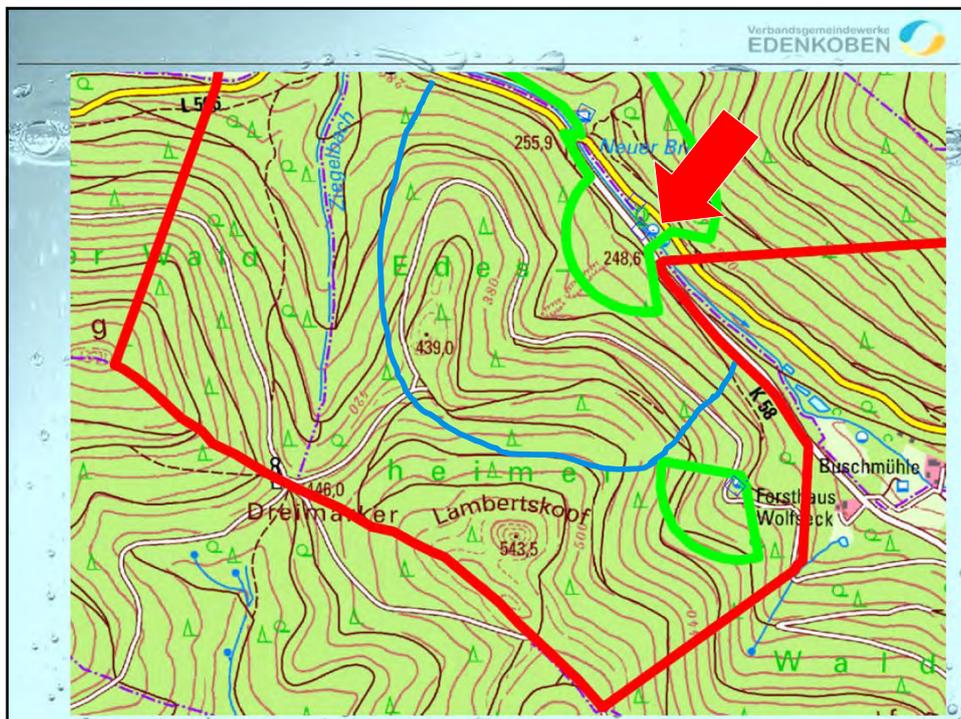
- 20.000 Einwohner
- 182 km Hauptleitungen
- 55 km Hausanschlüsse
- 1 Mio m<sup>3</sup> Wasserverbrauch
- 3 Wasserwerke
- 5 Hochbehälter
- 3 Vorlagebehälter
- 10 PW/DEA
- 7 DMS
- 12 Quellen
- 2 Brunnen
- 10 WMS / US

#### Anteile der Quellwasserversorgung:

Insgesamt: rd. 600.000 m<sup>3</sup>/a => 60 % VGW

Modenbachtal: 270.000 m<sup>3</sup>/a

Tiefenbachtal: 340.000 m<sup>3</sup>/a





### Befunde und Untersuchungen, die einen Oberflächeneinfluss anzeigen:

- Öfter positive bakteriologische Befunde (coliforme)
- Untersuchung Universität Landau – Tiere im Grundwasser
- Streusalzeinfluss über Lf gemessen
- Gas-Tracerversuch

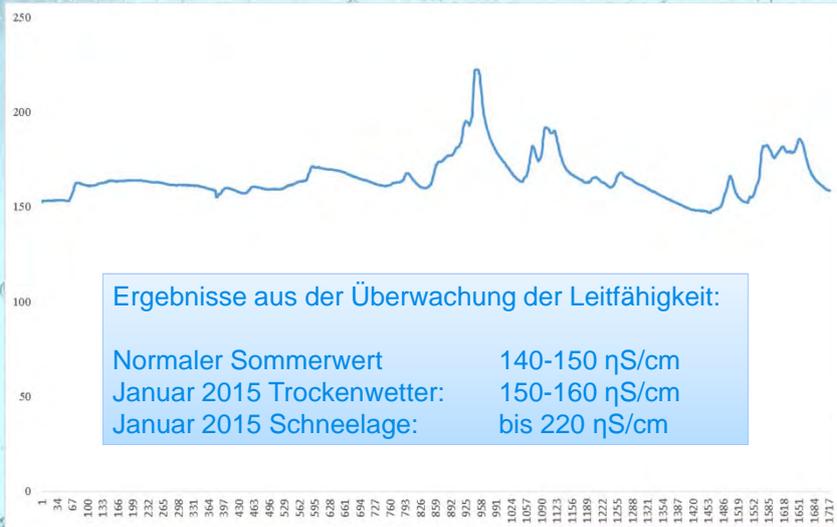
Ergebnisse der Uni Landau zeigen vermehrt Harpacticiden (Raupenhüpferlinge), welche im Pfälzerwald als Indikator für oberflächennahes Kluftwasser gelten.

An der frisch sanierten Hesselbachquelle 4 aus dem ersten Vortragsteil wurde keine Indikatoren für Oberflächenwasser festgestellt.

**Bewertung**

Mittlere Besiedlungsdichten: Amphipoden (Höhlenflohkrebse), Cyclopoiden (Hüpferlinge), Harpacticiden (Raupenhüpferlinge) und Isopoden (Grundwasserasseln).

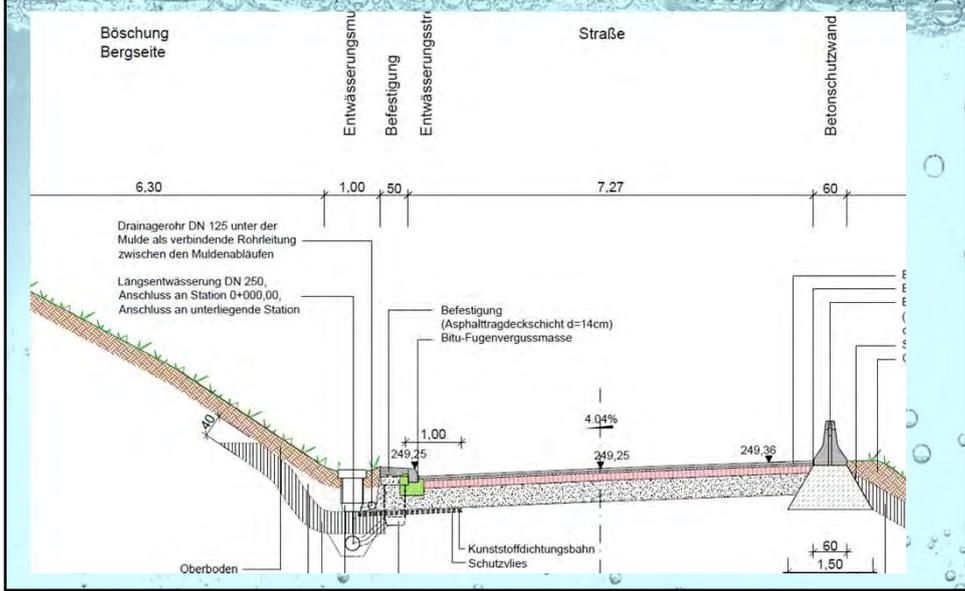
Amphipoden (Höhlenflohkrebse) und die hier festgestellten Asseln sind typische Grundwassertiere. Harpacticiden (Raupenhüpferlinge), aber auch Cyclopoiden (Hüpferlinge), weisen erfahrungsgemäß auf Oberflächenwassereinfluss hin. Bei beiden Tiergruppen gibt es sowohl Oberflächen- als auch Grundwasserarten. Der Standort unterliegt vermutlich zumindest temporärem Oberflächenwassereinfluss. Für eine belastbare Aussage ist die Bestimmung der Tiere auf Artniveau erforderlich. Ggf. bringt eine Beprobung unter kritischen Witterungsbedingungen (z. B. nach Perioden starker Niederschläge) weitere Informationen.



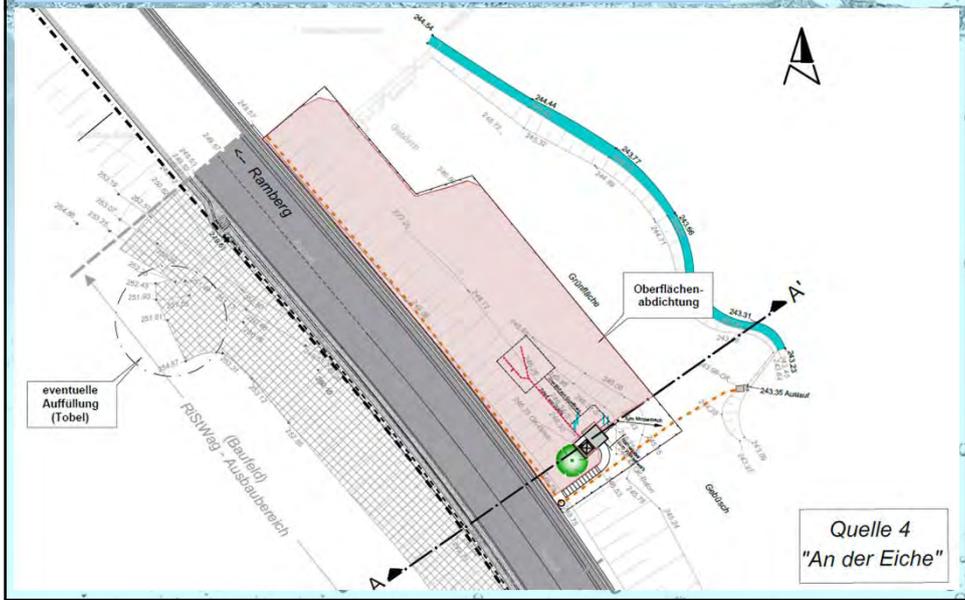
## Gas-Tracerversuch an der Quelle an der Eiche und an der Hainfelder Quelle



Vorschlag zum Ausbau nach RiStWag!



Wie geht es weiter ?







Landauer Fachtreffen 2016  
- Tiere im Trinkwasser -

## Abgrenzung von Einzugsgebieten und Grundwasserschutzzonen

Nico Goldscheider & Nadine Göppert

Institut für Angewandte Geowissenschaften – Abteilung Hydrogeologie – Prof. Dr. Nico Goldscheider





Wasser-  
Schutzgebiet



KIT – Universität des Landes Baden-Württemberg und  
nationales Forschungszentrum in der Helmholtz-Gemeinschaft

[www.kit.edu](http://www.kit.edu)

### Drei Typen von Grundwasserleitern

- **Porengrundwasserleiter**
  - Lockersedimente, wie Sand und Kies
  - Beispiel: Oberrheinebene
- **Kluftgrundwasserleiter**
  - Geklüftete Festgesteine, wie Sandstein oder Basalt
  - Beispiel: Buntstandstein im Pfälzer Wald
- **Karstgrundwasserleiter**
  - Carbonatgesteine, wie Kalkstein oder Dolomit
  - Ein Teil der Klüfte ist zu Spalten, Röhren und Höhlen erweitert.
  - Beispiel: Schwäbische Alb



2

Fotos: Goldscheider

## Sicherheitskette: Grundwasser → Trinkwasser

Notfalls kann Abwasser zu Trinkwasser aufbereitet werden.

Argumente für eine Sicherheitskette:

- Natürlich sauberes Trinkwasser ist appetitlicher.
- Man ist auf der sicheren Seite, selbst wenn ein Element der Kette ausfällt.
- Es gibt auch Schadstoffe, die nicht vollständig entfernt werden können.
- Aufbereitungstechnik kostet Geld und Energie und ist nicht immer verfügbar.
- Grundwasserleiter sind Ökosysteme und sollten allein deshalb geschützt werden.



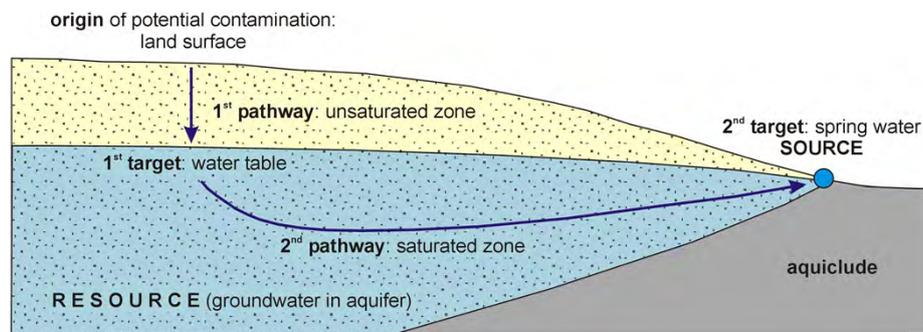
3

Goldscheider, in Kresic & Stevanovic (2010)

## Herkunft-Pfad-Ziel Modell (*origin-pathway-target model*)

Es wird unterschieden zwischen:

- Ressourcen-Schutz (*resource protection*)
- Schutz einer Quelle oder eines Brunnens (*source protection*)



4

Goldscheider, in Kresic & Stevanovic 2010

## Grundwasser-Schutzzonen I-III

**Grundlage:** Wasserhaushaltsgesetz (WHG), § 19

**Ausführung:** DVGW-Arbeitsblatt W101: Richtlinien für Trinkwasserschutzgebiete

- Zone I – Fassungsbereich. Schützt die Fassungsanlage (Brunnen, Quelle) im Nahbereich. Nutzung und Betreten verboten.
- Zone II – Engeres Schutzgebiet. Schutz vor bakterieller Kontamination. Abgegrenzt durch 50-Tages-Linie. Verletzung der Deckschicht verboten. Einschränkungen für Bebauung, Landwirtschaft, Umgang mit wassergefährdenden Stoffen, Straßenbau, etc.
- Zone III – Weiteres Schutzgebiet. Schutz vor sonstigen Verunreinigungen. Umfasst i.d.R. das gesamte Einzugsgebiet. Einschränkungen: Ablagern von Abfallstoffen und wassergefährdenden Stoffen, Ausbringen von Gülle, Klärschlamm und Pestiziden, etc.

5

## Fassungsbereich Brunnen und Quellen: Schutzzone I

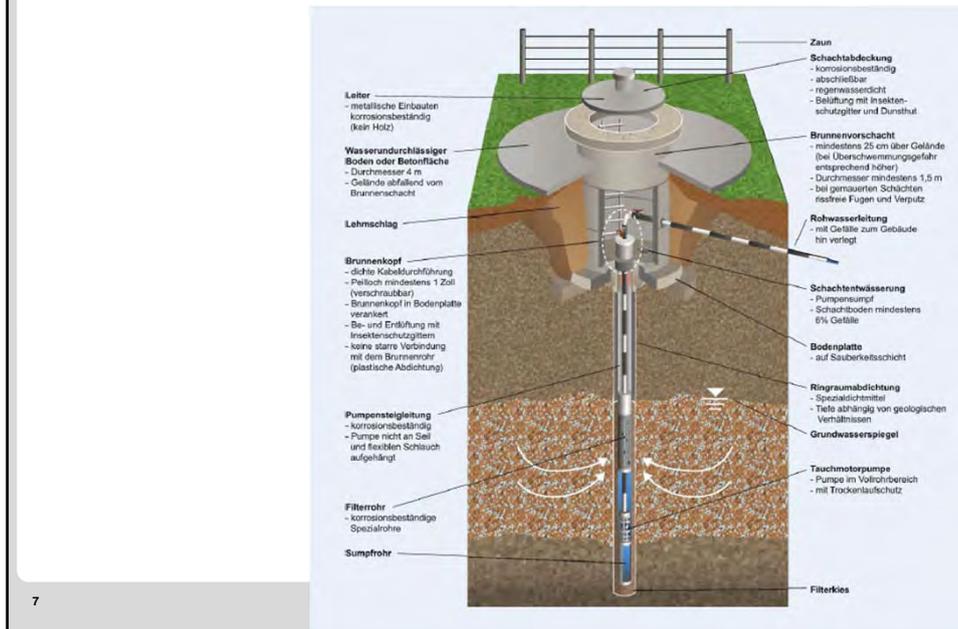
Schutz der Fassungsanlage, jegliche Nutzung untersagt, wird eingezäunt



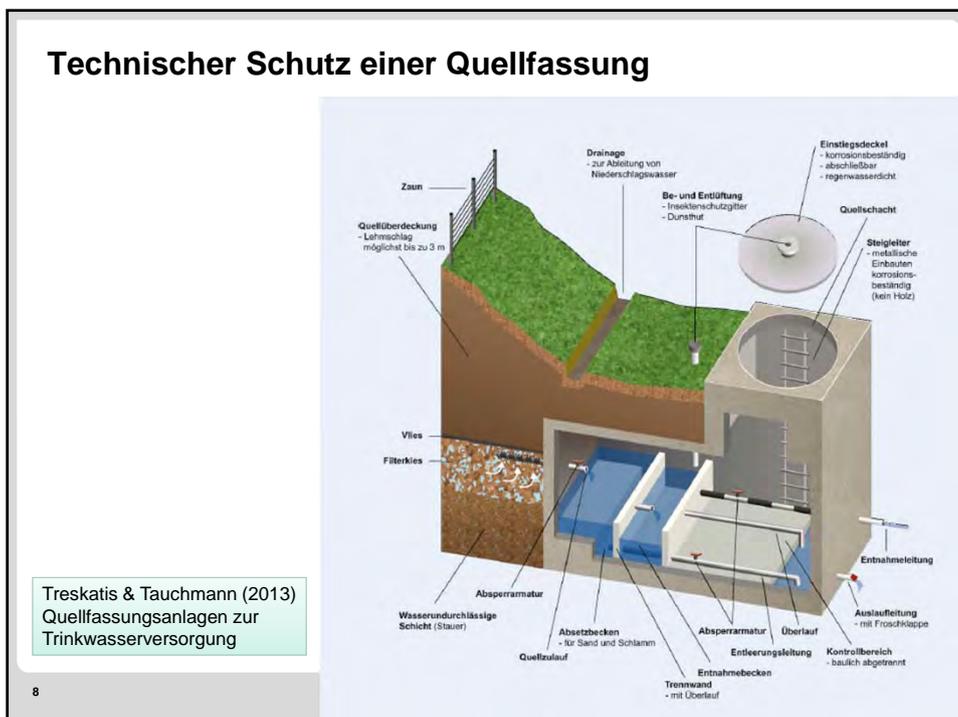
Die Ausdehnung der Zone I soll von einem Brunnen allseitig mind. 10 m, von einer Quelfassung in Richtung des ankommenden Grundwassers mindestens 20 m, bei Karstaquiferen mindestens 30 m betragen.

6

## Technischer Schutz eines Bohrbrunnens



## Technischer Schutz einer Quelfassung



## Ziel und Bemessung der Engeren Schutzgebiets, Zone II

- Ziel: Schutz vor pathogenen Mikroorganismen.
- Hierfür entscheidend: Verweildauer im Untergrund.
- Bemessung: Zone II soll bis zu einer Linie reihen, von der aus das Grundwasser eine Verweildauer von mindestens 50 Tagen bis zum Eintreffen in der Trinkwassergewinnungsanlage hat.
- Die 50-Tage-Linie\* wird allgemein nach geohydraulischen Methoden ermittelt (Pumpversuche, Grundwassergleichenpläne, Wasserbilanzen, numerische Grundwassermodelle, z.B. FEFLOW)
- Zusätzlich können Markierungsversuche durchgeführt werden, zur direkten experimentellen Bestimmung / Überprüfung der 50-Tage-Linie.

\* Österreich 60 Tage, Irland 100 Tage, Schweiz 10 Tage, etc.

9

## Überlebenszeit von Mikroorganismen im Grundwasser

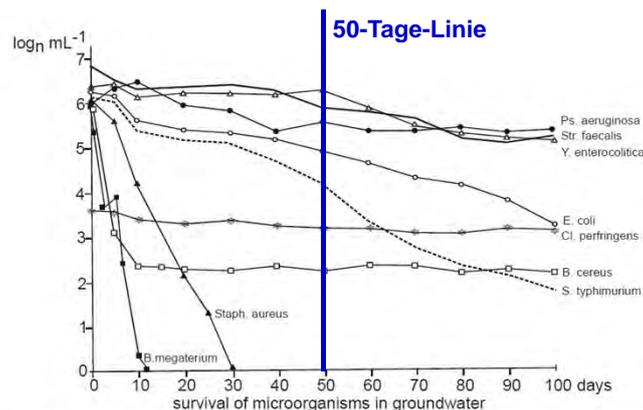
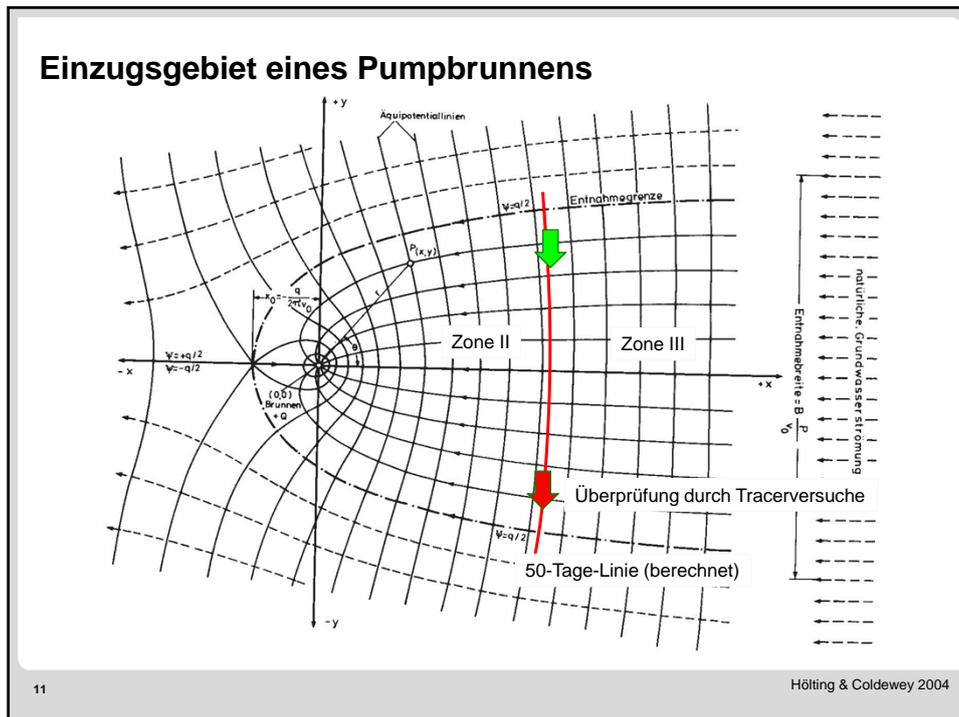


Fig. 2.1: Survival time of microorganisms in groundwater at 10 ± 1°C [Kaddu-Mulindwa et al. 1983].

- Hinzu kommen Filtration, Adsorption, etc.
- 50-Tage-Linie hat sich in der Praxis bewährt

10



### Tracerversuch zur Überprüfung der 50-Tage-Linie

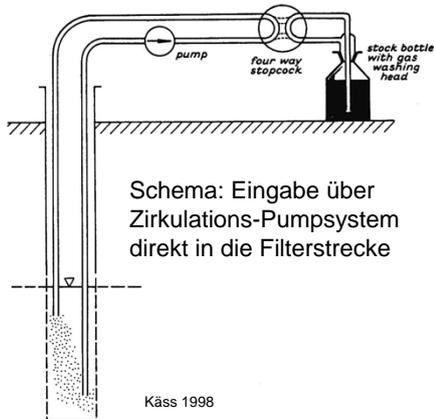
- **Beispiel:** Eingabe von Amidorhodamin G ins Grundwasser im vermuteten Einzugsbereich eines Brunnens
- **Ziel:** Überprüfung der 50-Tage-Linie; Bestimmung von Fließgeschwindigkeit und Dispersion.
- **Testgebiet:** Alpenvorland, Porengrundwasserleiter
- **Versuchsaufbau:** Tracerversuch mit 3 Eingaben, über Baggerschürfe



Foto: Nadine Göppert

12

## Eingabe in Grundwassermessstellen (GWM)

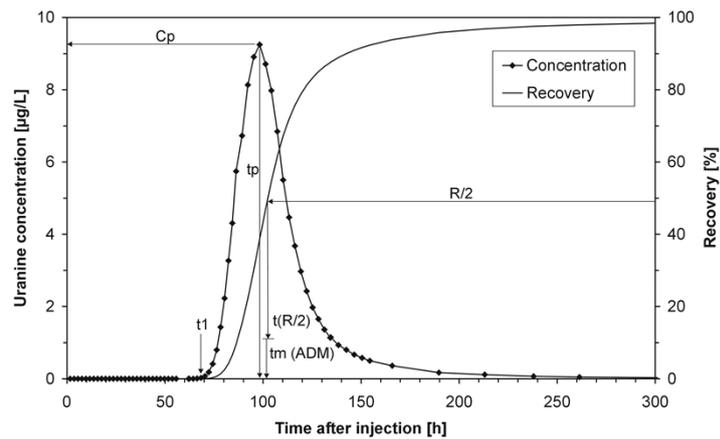


Nadine Göppert & Werner Käss bei der Eingabe von zwei Fluoreszenztracern in eine GWM

13

Foto: N. Goldscheider

## Ergebnis eine Tracerversuchs: Durchgangskurve



- $t_1$  = Zeit des ersten Nachweises,
- $t_p$  = Peak-Zeit, Zeit der Maximalkonzentration
- $t(R/2)$  = Zeit, nach der die Hälfte des Tracers angekommen ist
- $t_m$  (ADM) = mittlere Verweilzeit (mit Advektions-Dispersions-Modell)

14

Goldscheider et al. (2008)

## Weiteres Schutzgebiet, Zone III

- Zone III soll den Schutz vor weitreichenden Beeinträchtigungen, insbesondere vor schwer abbaubaren chemischen oder vor radioaktiven Verunreinigungen gewährleisten.
- Zone III soll in der Regel bis zur Grenze des unterirdischen Einzugsgebietes der Trinkwassergewinnungsanlage reichen.
- Oberirdisch dort hinein entwässernde Flächen können zusätzlich einbezogen werden.
- In begründeten Fällen Unterteilung in Zonen III B und III A.
- Kriterien hierfür: Abstand ( $> 2$  km), gering durchlässige Deckschichten.

15

## Typische Schutzzonen in einem Porengrundwasserleiter

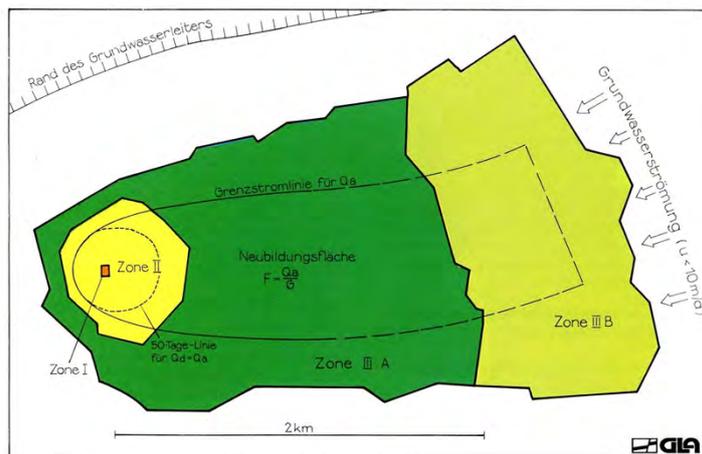
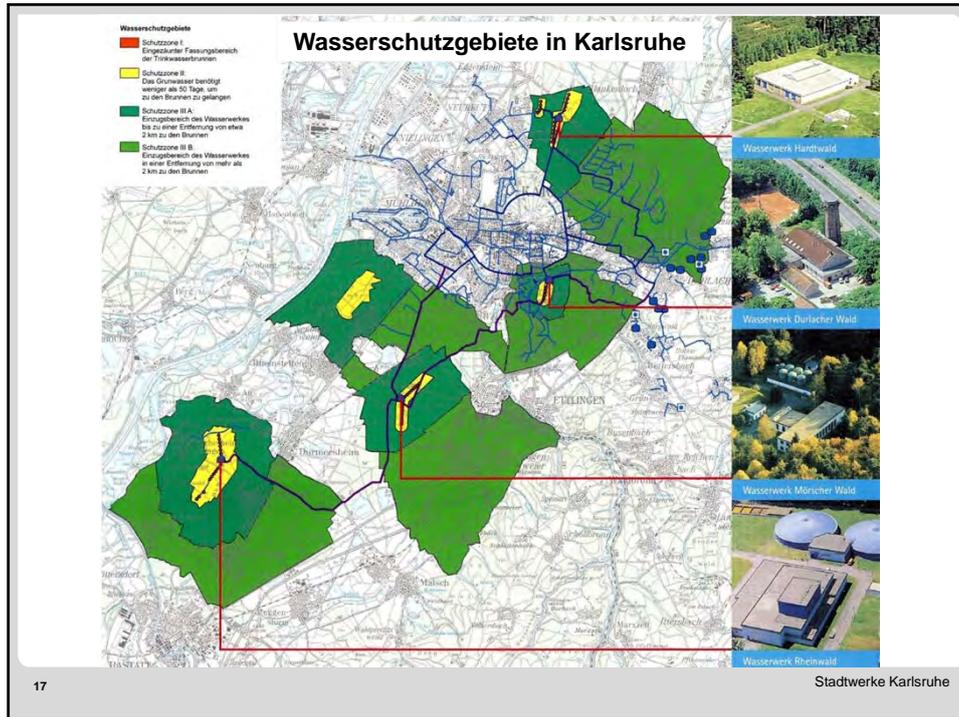


Abb. 1: Beispiel eines Wasserschutzgebietes für einen Brunnen in einem Porengrundwasserleiter (Grundwasserabstandsgeschwindigkeit  $u < 10$  m/d) mit großer Ausdehnung des Einzugsgebietes (Ermittlung der erforderlichen Neubildungsfläche  $F$  für die Entnahmerate  $Q_a$ , hier jährliche Rate  $Q_a$ , bei gegebener Grundwasserneubildungsrate  $G$ )

16



## Hydrogeologie und Vulnerabilität von Karstaquiferen

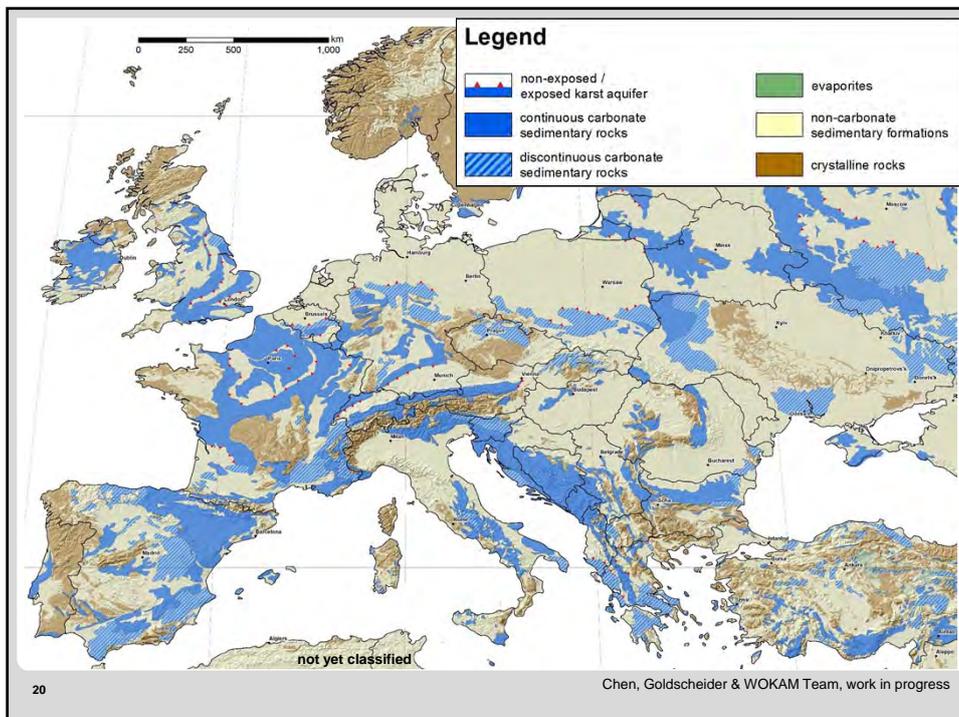
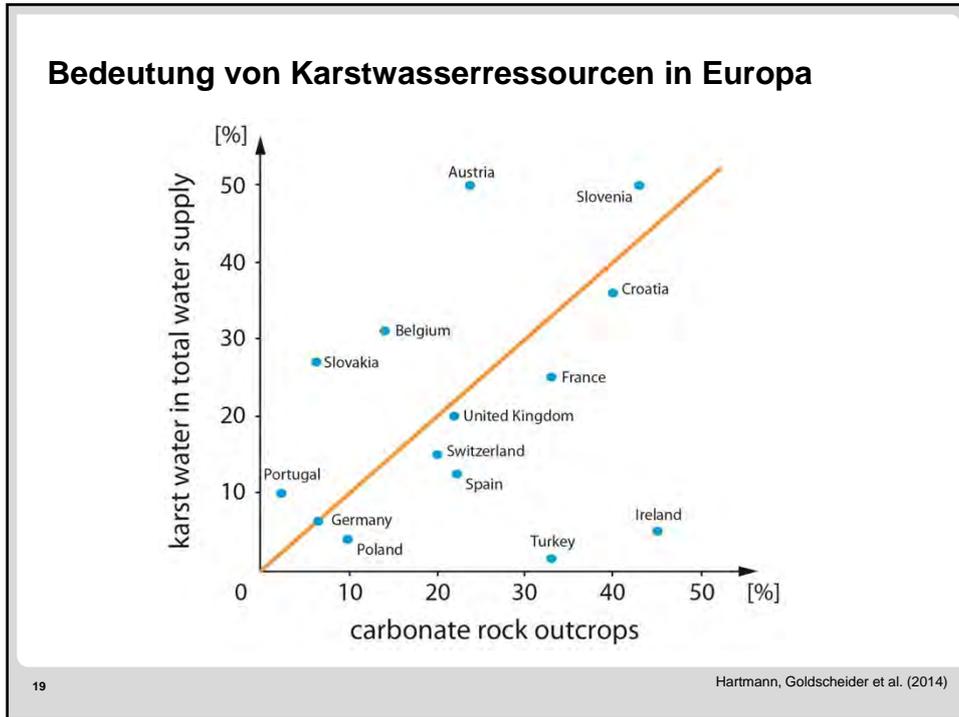
- Etwa 25 % der Weltbevölkerung werden ganz oder teilweise von Grundwasser aus Karstaquiferen versorgt (Ford & Williams 1989).
- Karstaquifere sind besonders schwer zu bewirtschaften und verletzlich gegenüber Schadstoffeinträgen.



Abwassereinleitung in einen alpinen Karstgrundwasserleiter



Trinkwasserstollen in einem Karstgrundwasserleiter



## Karst: Große Flächen ohne Oberflächenabfluss



Karstsystem "Hochifen-Gottesacker", Alpen

- Rasche Infiltration durch Spalten und Klüfte: Hohe Grundwasserneubildung
- Geringer Schutz gegenüber Schadstoffeinträgen

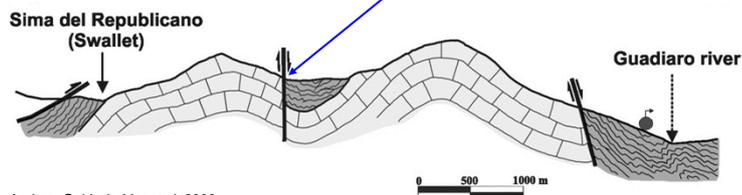
21

## Konzentrierte Infiltration an Bachschwinden

Oft an geologischen Kontakten:  
Schichtgrenzen, Störungen



Beispiel: Sierra de Libar, Spanien (Foto: Goldscheider)



Andreo, Goldscheider et al. 2006

- Auch Sedimentpartikel (Trübung) und Schadstoffe (z.B. Bakterien) gelangen schnell und ungefiltert ins Grundwasser

22

## Schnelle und turbulente Strömung in Röhren und Höhlen...

Reynolds Zahl,  $R$  [-]

$$R = \frac{\rho \cdot v \cdot d}{\mu}$$

$\rho$ : Fluid-Dichte  
 $v$ : Fließgeschwindigkeit  
 $d$ : Röhrendurchmesser  
 $\mu$ : Viskosität

[kg, m, s]

$R < 500$ : laminar  
 $500-2000$ : Übergang  
 $R > 2000$ : turbulent

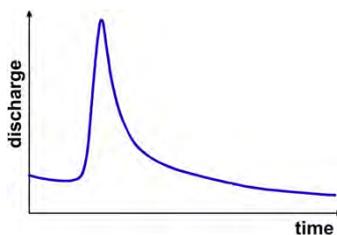


Wasserhöhle im Schweizer Jura (Foto: Rémy Wenger)

→ Rascher Schadstofftransport über weite Entfernungen

23

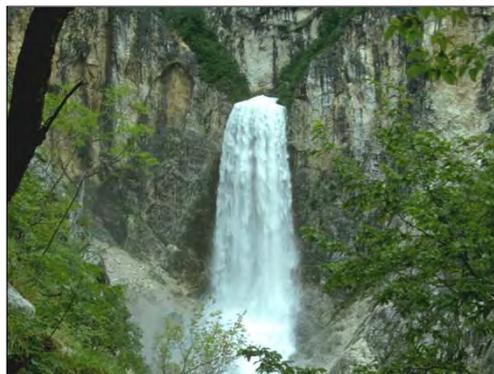
## ... hin zu großen Quellen mit starken Schwankungen



Mathematische Beschreibung:

$$Q = Q_{\max} \left( \frac{2eb}{3t} \right)^{3/2} e^{-b/t}$$

$Q$  = Schüttung       $b$  = Zeitkonstante  
 $e$  = Eulersche Zahl       $t$  = Zeit



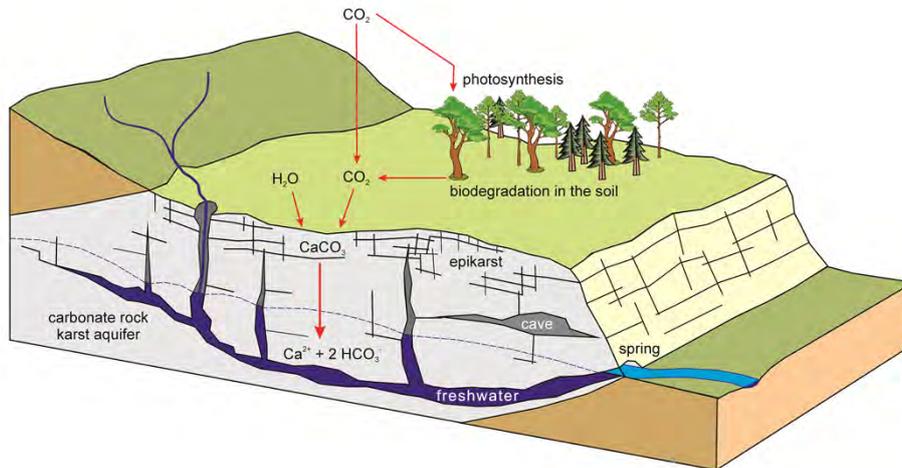
Boka-Quelle, Slowenien

Criss & Winston 2003

→ Wichtige Süßwasserressourcen, aber schwer zu bewirtschaften

24

## Blockbild eines Karstgrundwasserleiters



25

Goldscheider, 2012

## Markierungsversuche im Karst



Eingabe von 200 g des Fluoreszenztracers Uranin in eine Bachschwinde, Schwarzwassertal, Österreich, 1997

- Wichtigste Methode zur Abgrenzung von Einzugsgebieten im Karst
- Konventionelle Methoden / Modelle oft nur eingeschränkt anwendbar

26

Foto: Nico Goldscheider

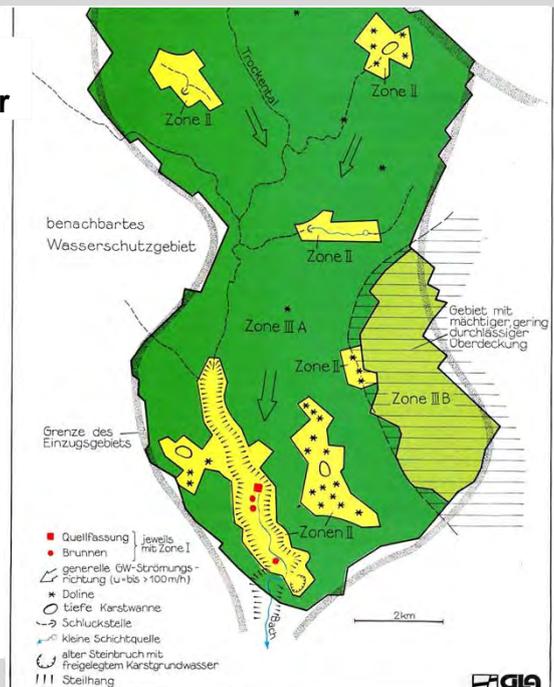
## Besonderheiten im Karst (DVGW W 101)

Bei Anwendung der 50-Tage-Linie im Karst würde Zone II häufig das gesamte Einzugsgebiet umfassen. Wenn dies nicht möglich ist, soll Zone II mindestens Flächen einschließen, von denen erhöhte Gefährdungen des Grundwassers ausgehen können:

- zum Fassungsbereich hin abfallende Hänge oder Trockentäler
- Karstwannen, Erdfälle und Dolinen, insbesondere wenn sie als Schluckstellen zeitweilig oder ständig größere Flächen entwässern
- Umgebung von Bachversinkungen
- Trockentäler, soweit sie streckenweise oder zeitweilig Oberflächenabfluss und Versickerungsstellen aufweisen
- Oberflächennahe Zerrüttungszonen und Störungsbereiche

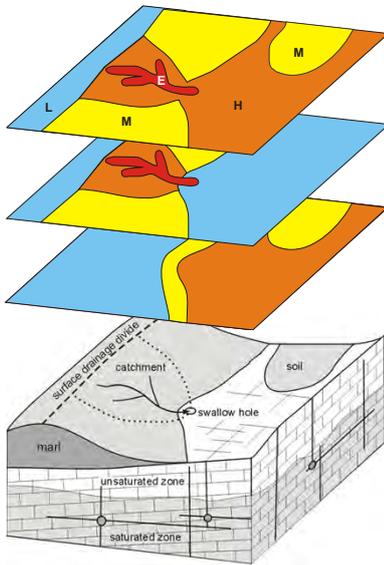
27

## Schutzzonen in einem Karstgrundwasserleiter



28

## Prinzip der Vulnerabilitätskartierung im Karst



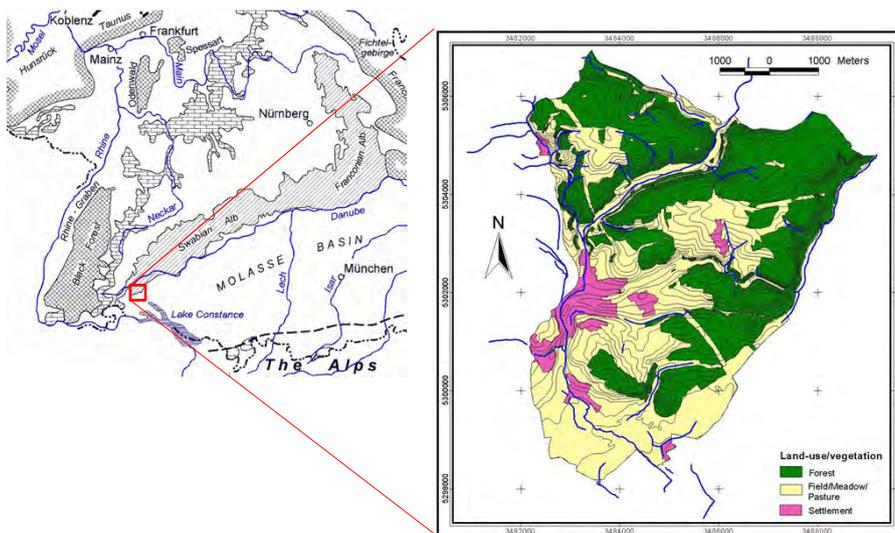
Mindestens zwei Faktoren müssen berücksichtigt werden:

- Schutzfunktion der Deckschichten: P (*protective cover*)
- Infiltrationsbedingungen: I (*infiltration conditions*)

29

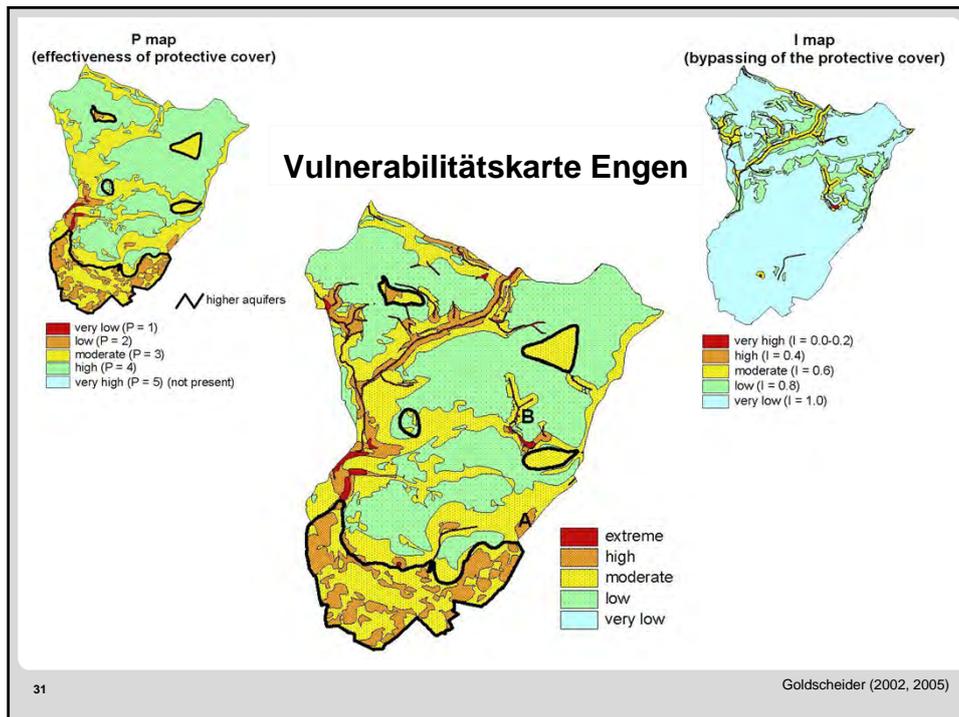
Nguyet & Goldscheider 2006

## Beispiel: Engen, Schwäbische Alb



30

Goldscheider (2002)



UNIVERSITÄT KOBLENZ · LANDAU

MOLECULAR ECOLOGY

INSTITUT FÜR GRUNDWASSER ÖKOLOGIE GMBH  
INSTITUTE FOR GROUNDWATER ECOLOGY

www.groundwaterecology.de

## WSG-Abgrenzung mit Biologischen Tracern - Perspektiven



Hans Jürgen Hahn  
Pascal Jung

Landauer Fachtreffen 2016, 9. Juni

1

UNIVERSITÄT KOBLENZ · LANDAU

MOLECULAR ECOLOGY

INSTITUT FÜR GRUNDWASSER ÖKOLOGIE GMBH  
INSTITUTE FOR GROUNDWATER ECOLOGY

www.groundwaterecology.de

### Hypothese 1: Die Arten reflektieren den Oberflächenwassereinfluss

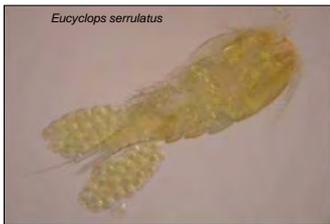
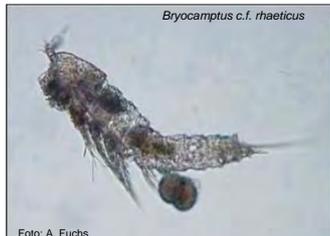
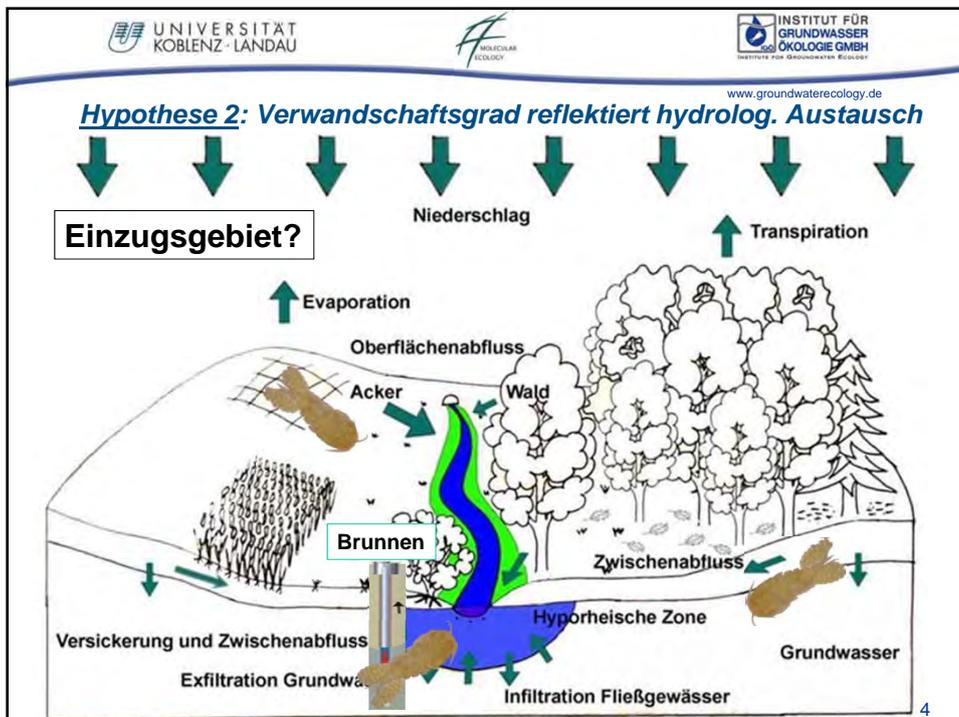
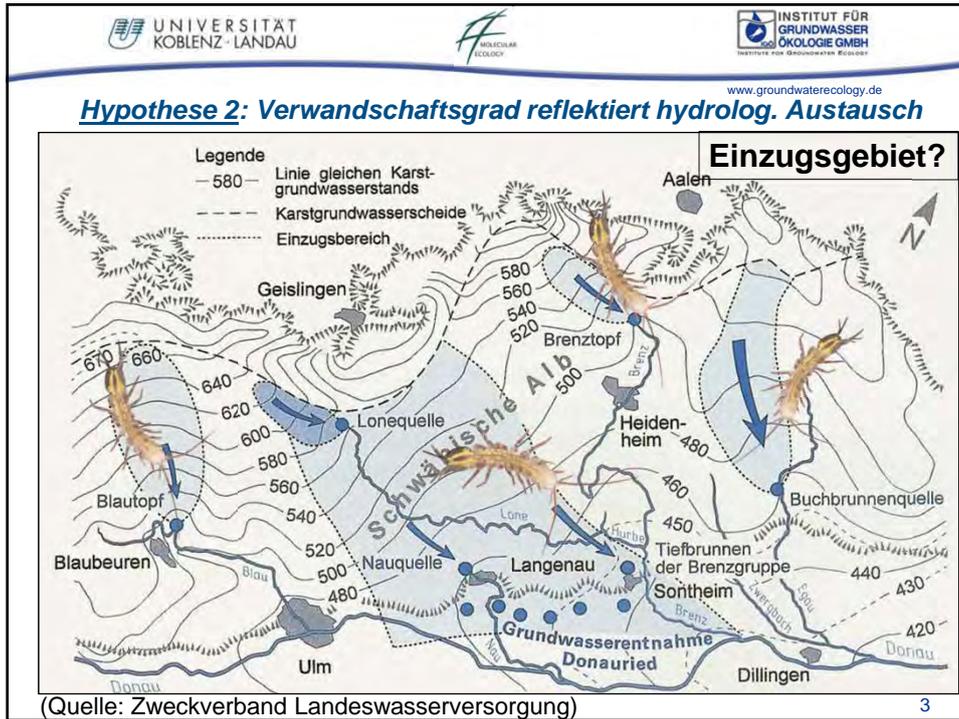
Oberflächenwasser	Stygoxene	
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">                 Organ. C Temp. O<sub>2</sub> </div> Hydrologischer Austausch	Stygophile	
Grundwasser	Stygoxente	

Foto: A. Fuchs

2



www.groundwaterecology.de

INSTITUT FÜR  
GRUNDWASSER  
ÖKOLOGIE GMBH  
INSTITUTE FOR GROUNDWATER ECOLOGY

**Methodik:**

- StygoTracing-EZG/Populationsgenetik (innerhalb einer Art)
- klassische Ökologie (Vergleich unterschiedl. Arten)
- Wasserchemie & stabile Isotopen
- Sonstige Gebietsdaten




© SIPRE/UMV  
Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

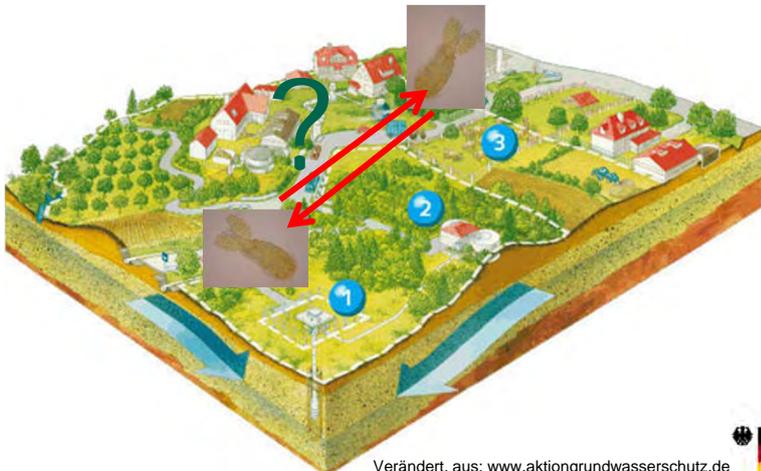
5

www.groundwaterecology.de

INSTITUT FÜR  
GRUNDWASSER  
ÖKOLOGIE GMBH  
INSTITUTE FOR GROUNDWATER ECOLOGY

**StygoTracing-EZG**

- Bestimmung der WSG-Grenzen
- Feuchtgebietsmanagement/Hydrolog. Wechselwirkungen



Verändert, aus: www.aktiongrundwasserschutz.de

© SIPRE/UMV  
Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

6

Perspektiven/Umsetzung StygoTracing-EZG

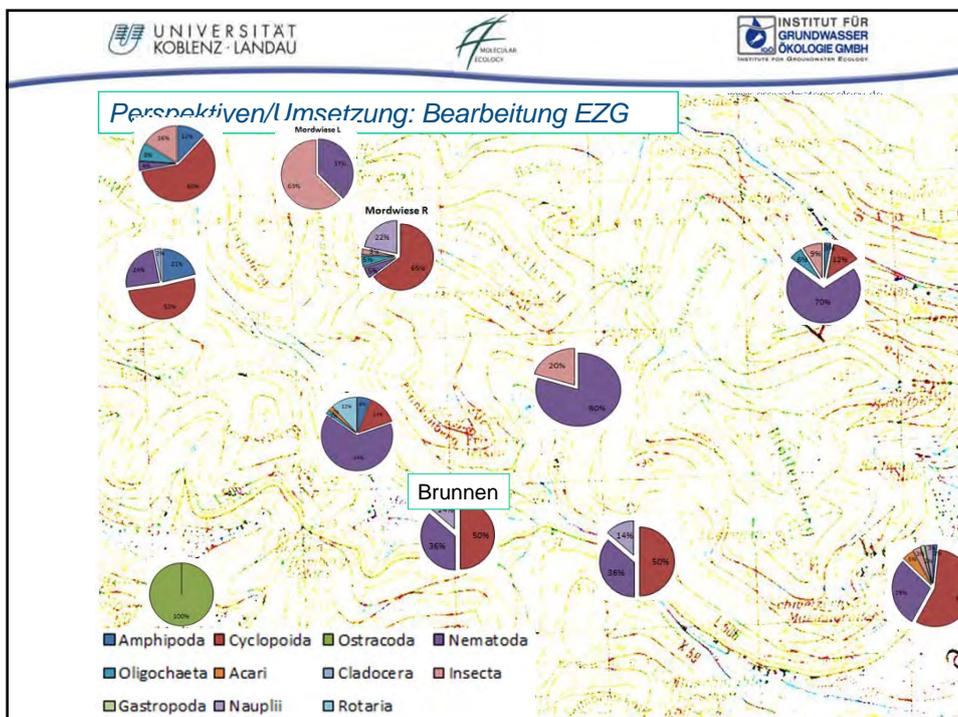
**Vorstudie:** 34 Einzugsgebiete

- faunist. Übersichtskartierung
- Hydrograph. Charakterisierung

**Pilotstudie:** Ca. 5 -7 Einzugsgebiete

- Gemeinschaftsanalyse/Art
- Populationsgenet. Analyse
- Wasserchem. & Isotopenanalyse

7



## Ergebnisse

### Schweiz: Quelle 1 & Quelle 2

Quelle	Quelle 1	Quelle 2
<i>Graeteriella unisetigera</i> (GRAETER 1908)	1	
<i>Niphargus auerbachi</i> (SCHELLENBERG 1934)	10	
<i>Bythiospeum</i> sp.	2	
<i>Proasellus cf cavaticus</i> (LEYDIG 1871)	3	
<i>Diacyclops languidooides</i> (LILLIEBORG 1901)		5
<i>Crangonyx subterraneus</i> (BATE 1859)		3
<i>Nitocrella chappuisi</i> (KIEFER 1926)		2
<i>Parastenocaris fontinalis</i> (SCHNITTER & CHAPPUIS 1915)		2
<i>Cavernocypris subterranea</i> (WOLF 1920)	59	5
<i>Marionina riparia</i> (BRETSCHER 1899)	5	18
<i>Marionina argentea</i> (MICHAELSEN 1889)	1	5
<i>Bryocamptus Limnocamptus echinatus</i> (MRAZEK 1893)	2	6
<i>Mesenchytraeus pelicensis</i> (ISSEL 1905)		55

#### Unterschiedliche stygobionte Arten

→ verschiedene GW-Systeme

#### Gemeinsame stygophile Arten

→ Unmittelbar benachbartes Einzugsgebiet

### StygoTracing-EZG: Erwartungen und Einschränkungen

- Hochauflösendes, passives BioTracerverfahren
- auf Basis einzelner Arten
- zur Indikation hydrolog. Zusammenhänge und
- EZG-Abgrenzung

Anwendbar, überall dort wo

- Invertebraten zumindest *einer* Art
- stetig u. möglichst zahlreich vorkommen

In dem Zusammenhang weisen wir auf folgendes Weiterbildungsangebot hin:

### Angewandter Grundwasserökologe (Univ.) in der Wasserversorgung:

Modul W3 (Netzhygiene) und  
Modul W4 (Risikoanalyse) am 14.  
& 15.9. 2016 an der Uni Landau:

Das Modul W4 **Risikoanalyse** thematisiert den Landschaftswasserhaushalt von Trinkwassergewinnungsgebieten und steht damit im direkten Zusammenhang zum heutigen Vortrag.

#### Inhalte

**Modul W1: Allgemeine Grundwasserökologie**  
Das Modul gibt eine Einführung in die Grundwasserökologie, präsentiert lebende Grundwasserbiere und zeigt die vielfältigen Möglichkeiten der Biomonitoring und ihrer praktischen Anwendung in der Wasserversorgung.

**Modul W2: Tiere im Trinkwasser erkennen und bestimmen**  
Die Teilnehmer lernen, die wichtigsten Grundwasserorganismen auf dem Niveau von Großgruppen zu bestimmen und zu bewerten – eine wichtige Grundlage für die Bewertung und Überwachung in der Wasserversorgung.

**Modul W3: Netzhygiene**

Das Modul vermittelt den Teilnehmern die Zusammenhänge zwischen dem Zustand der Gewinnungs- und Versorgungsanlagen und der tierischen Besiedlung. Die Teilnehmer können selbstständig bakteriologische Proben nehmen und sind in der Lage, ihre Anlagen zu bewerten und zu überwachen.

**Modul W4: Risikoanalyse**

Von größter Bedeutung für die Ökologie von Trinkwasserversorgungsanlagen sind die Verhältnisse in den Trinkwassergewinnungsgebieten. Die Teilnehmer lernen in der Theorie und im Gelände diese Verhältnisse zu analysieren und für ihre Anlagen ein geeignetes Managementkonzept zu entwickeln.

#### Leistungen

Folgende Leistungen sind in den Kursgebühren enthalten:

- Veranstaltungsteilnahme
- Exkursionen
- Kursmaterialien
- Pausenverpflegung
- Mittagessen
- Teilnahmebescheinigung
- Universitätszertifikat nach bestandener Abschlussprüfung