



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für  
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK

**Bundesamt für Umwelt BAFU**

Abteilung Hydrologie

Sektion Hydrogeologie

# Ökologische Ziele für das Grundwasser in der Schweiz

>> Von der Verordnung zur Umsetzung

Michael Sinreich

Bundesamt für Umwelt BAFU, Schweiz

Kolloquium *Grundwasserökosysteme*

Umweltbundesamt – München 09.11.2010



# Gewässerschutzverordnung GSchV

- Gewässerschutzgesetz 1991:  
*Erhaltung natürlicher Lebensräume  
für die einheimische Tier- und  
Pflanzenwelt*
- GSchV 1998:  
*Naturnahe und standortgerechte  
Lebensgemeinschaften in  
Oberflächengewässern*
- GSchV 1998:  
*Chemische und mikrobiologische  
Wasserqualität im Grundwasser*
- GSchV 1998:  
*Biozönose im Grundwasser*



# Gewässerschutzverordnung GSchV

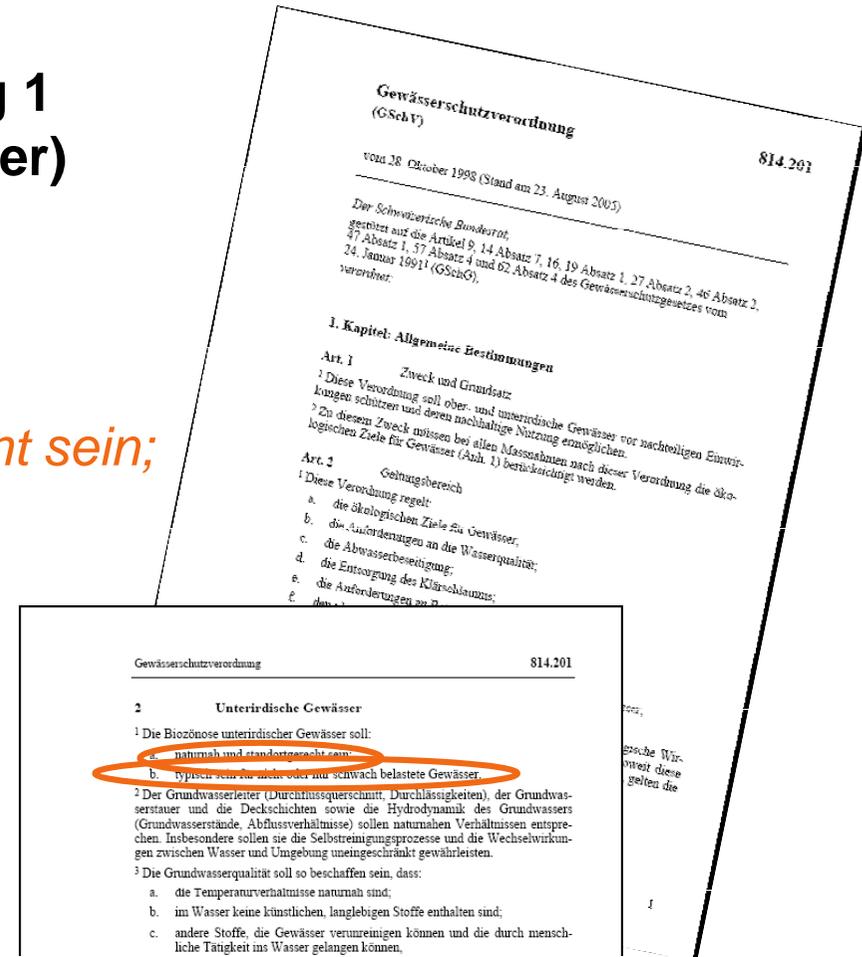
## • Biozönose im Grundwasser

### Forderung aus GSchV, Anhang 1 (Ökologische Ziele für Gewässer)

„Die Biozönose unterirdischer Gewässer soll:

- *Naturnah und standortgerecht sein;*
- *Typisch sein für nicht oder nur schwach belastete Gewässer.“*

Bio-Indikator für die Qualität des Grundwassers als Trinkwasserressource





# Gewässerschutzverordnung GSchV

- **Vollzugshilfe Grundwasserschutz**

„Unter der Biozönose unterirdischer Gewässer versteht man Lebensgemeinschaften, welche das Grundwasser sowie den nicht gesättigten Untergrund besiedeln.

„... vorwiegend sesshafte Lebensgemeinschaften von Mikroorganismen wie Bakterien, Pilze und Protozoen. ... finden sich auch mehrzellige Organismen wie Kleinkrebse, Würmer, Schnecken und Muscheln.“

„Die Biozönose naturnaher unterirdischer Gewässer bzw. diejenige, die typisch ist für nicht oder nur schwach belastete Gewässer, zeichnet sich aus durch eine geringe Anzahl koloniebildender Keime, eine geringe Besiedlungsdichte der übrigen Bakterien und Organismen sowie einem langsamen Stoffumsatz. ...“

„Die Biozönose unterirdischer Gewässer wird vom Typ des Grundwasserleiters, von der Temperatur, von den chemisch-physikalischen Eigenschaften des unterirdischen Gewässers und vom Nährstoffangebot beeinflusst. ...“

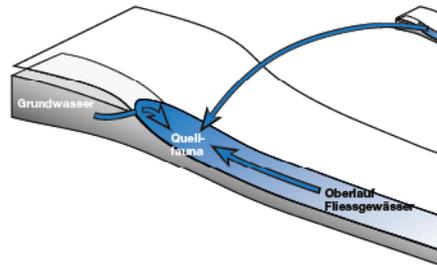




# Umsetzung – Grundlagenstudien

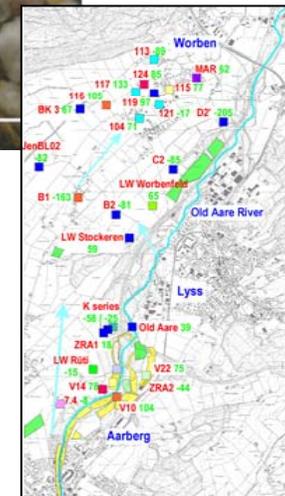
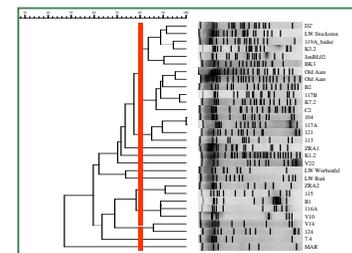
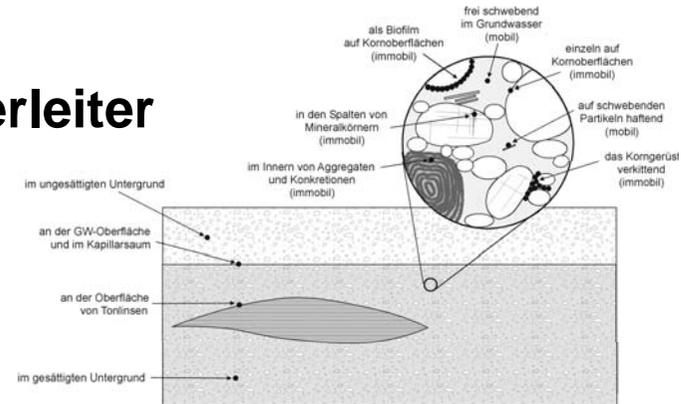
- **Lockergesteins-Grundwasserleiter**

- Quellhabitats  
*Zollhöfer 1999*



- Fluss-Grundwasser-Interaktion  
*Gonser 2003*

- Variabilität mikrobieller Gemeinschaften  
*Rossi et al. 2000*





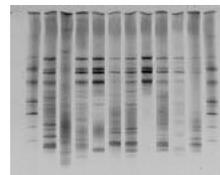
# Umsetzung – Grundlagenstudien

## • Karst-Grundwasserleiter

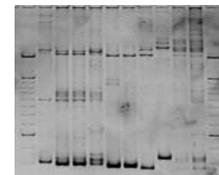


- Endemische Fauna  
*Moeschler et al. 1988*

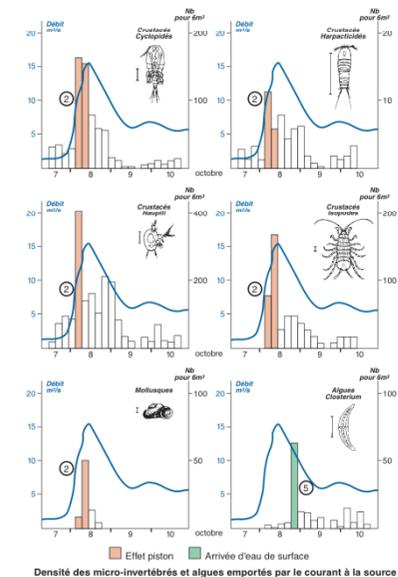
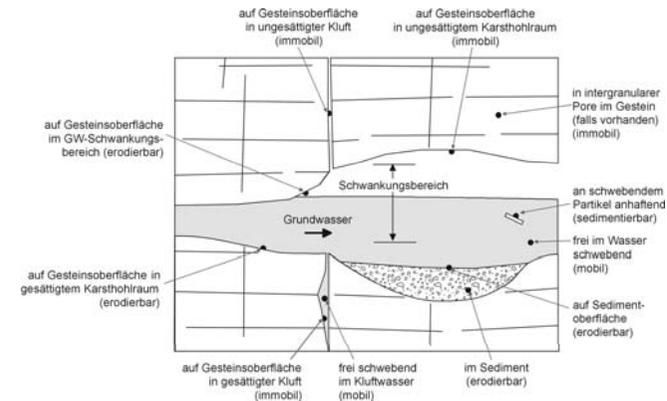
- Zeitliche und räumliche Variabilität von Mikrobiologie und Fauna  
*Moeschler et al. 1982,*  
*Fleury 2005,*  
*Pronk et al. 2007*



TTGE GEL



SSCP GEL

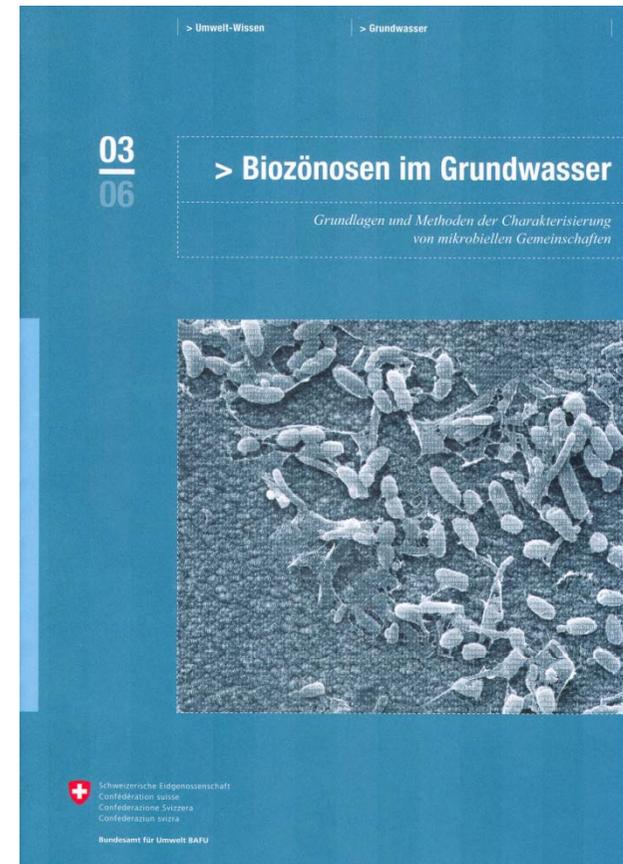




# Umsetzung – Grundlagenstudien

- Literaturstudie zur Charakterisierung von mikrobiellen Gemeinschaften im Grundwasser  
*Hunkeler et al. 2006*

→ Abklärung der Problematik und Umsetzungshilfe



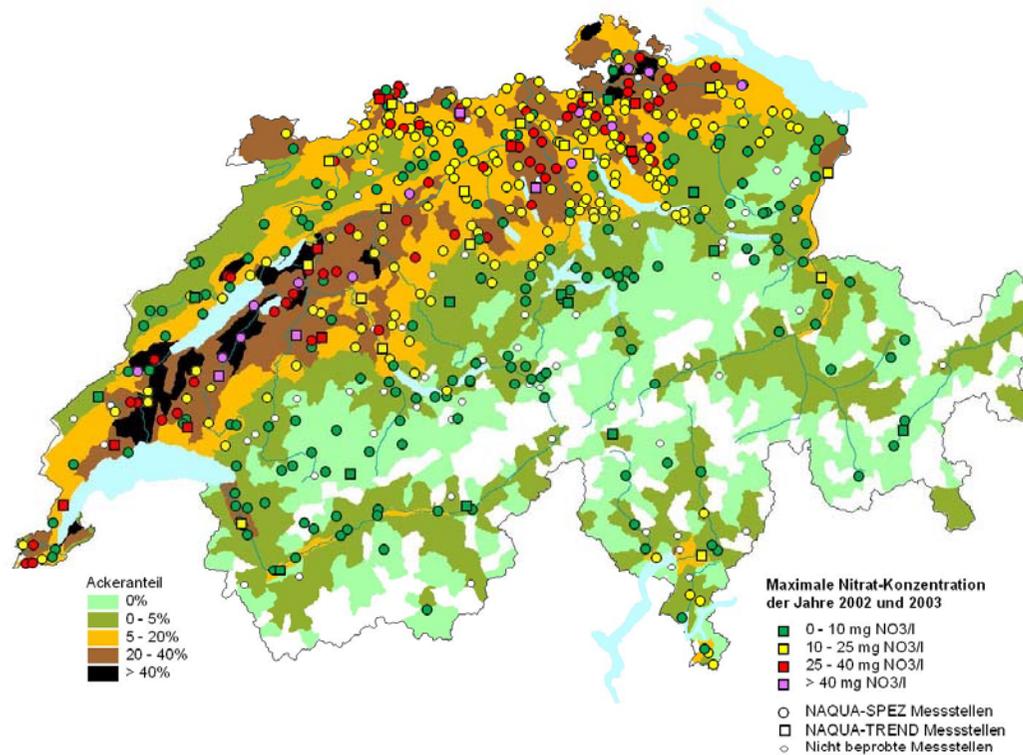
„Biozönosen im Grundwasser“  
BAFU-Serie Umwelt-Wissen



# Umsetzung – Problemstellungen

- „Naturnah“

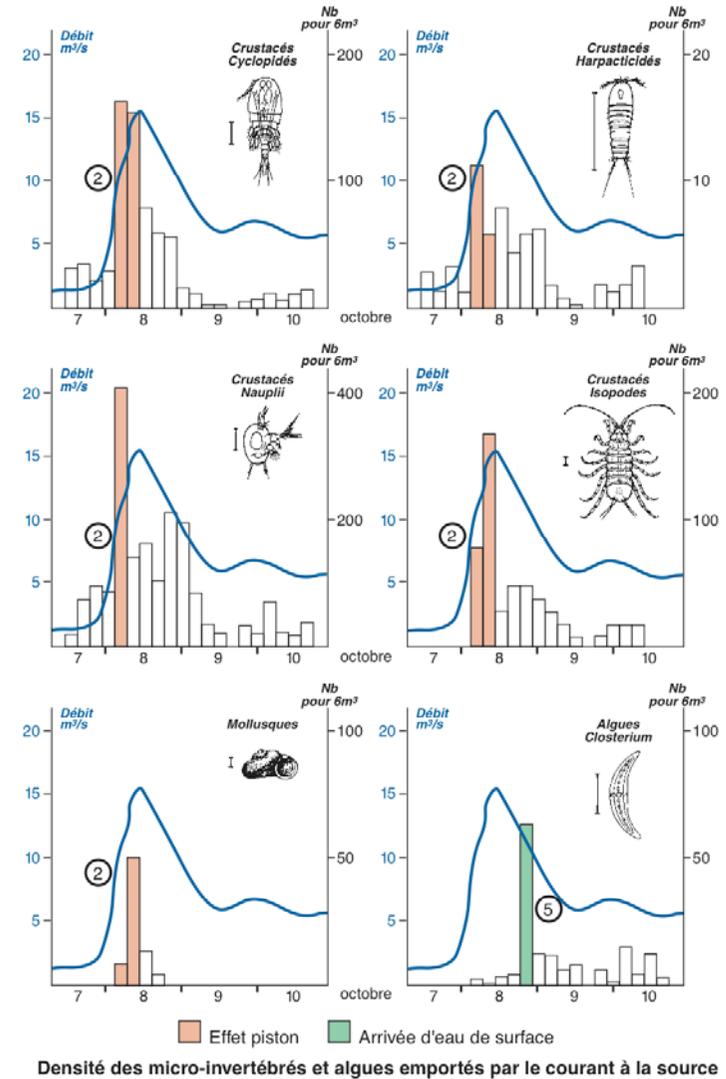
Unbelastete Referenzstandorte ?





# Umsetzung – Problemstellungen

Zeitliche Variabilität

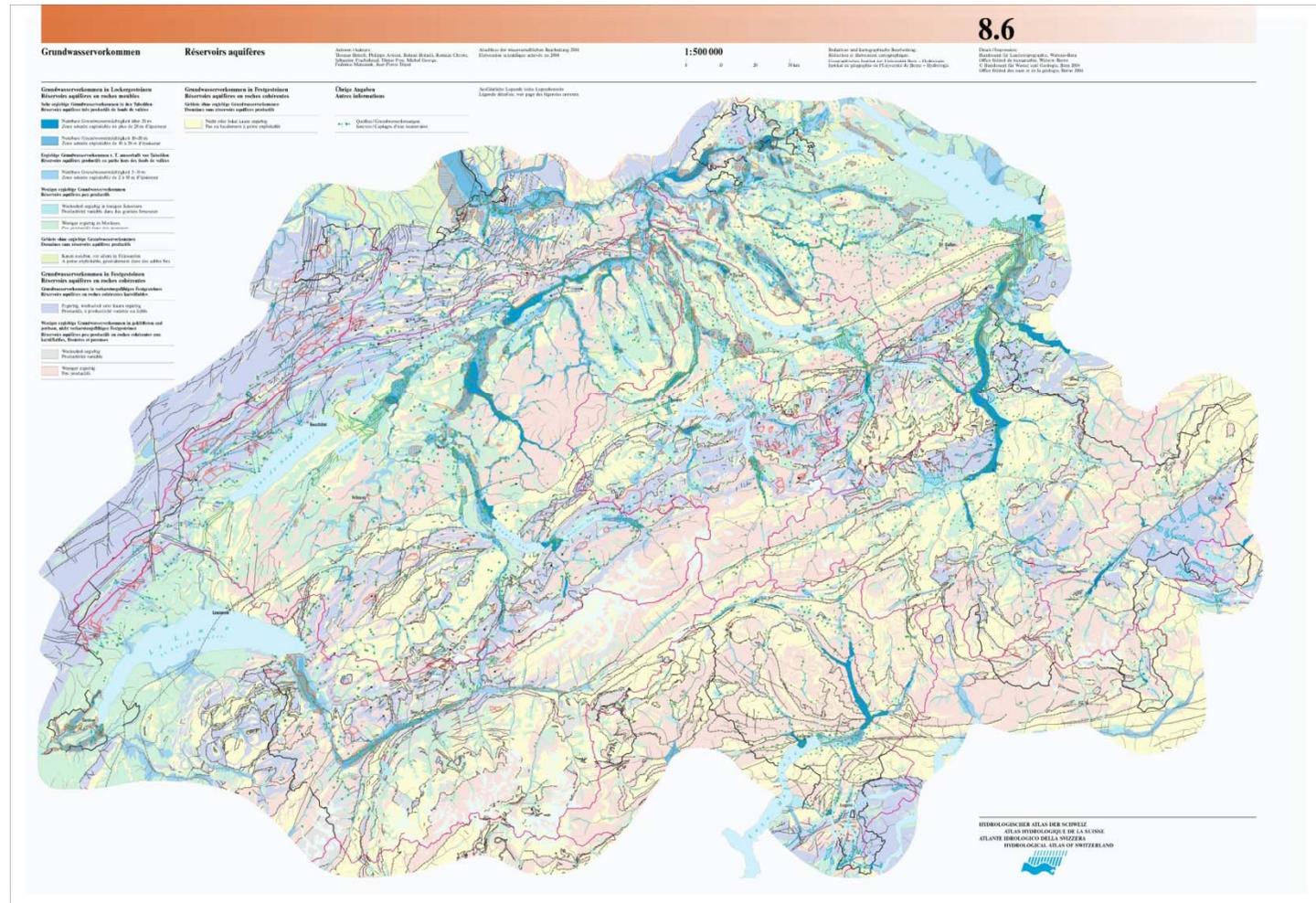


*Moeschler et al. 1982*



# Umsetzung – Problemstellungen

## Hydrogeologische Variabilität



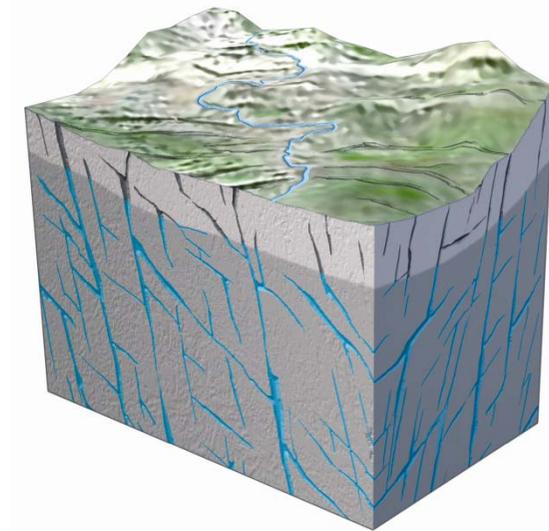
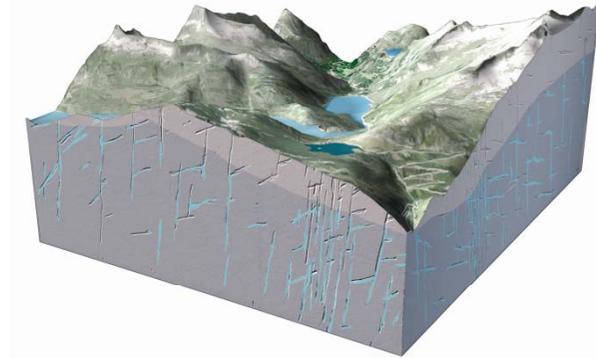
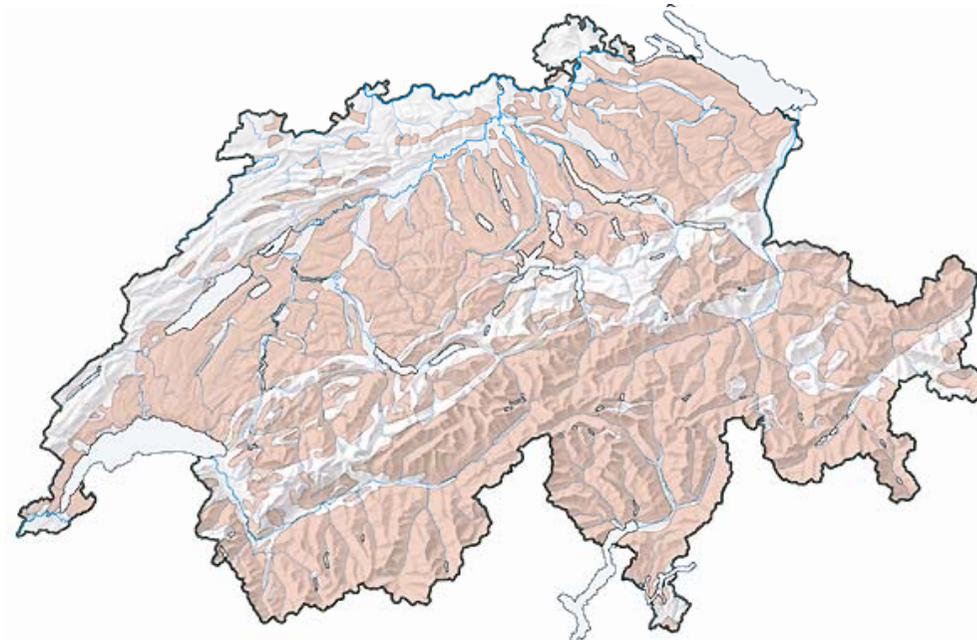


# Hydrogeologie der Schweiz

- **Kluft-Grundwasserleiter**

78% der Landesfläche

30% des Trinkwasserverbrauchs



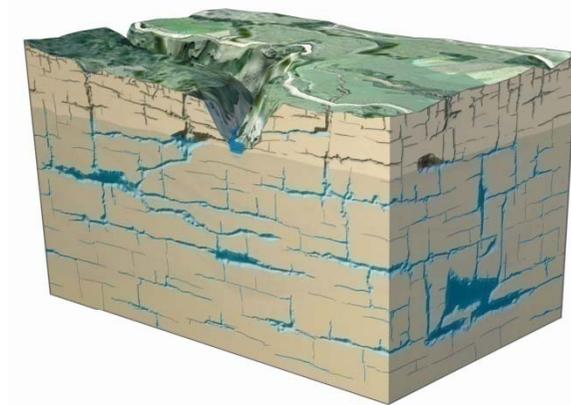
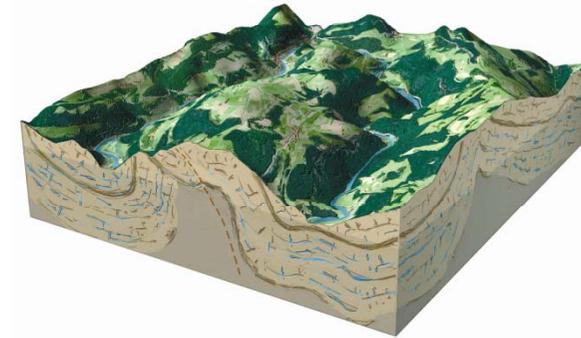
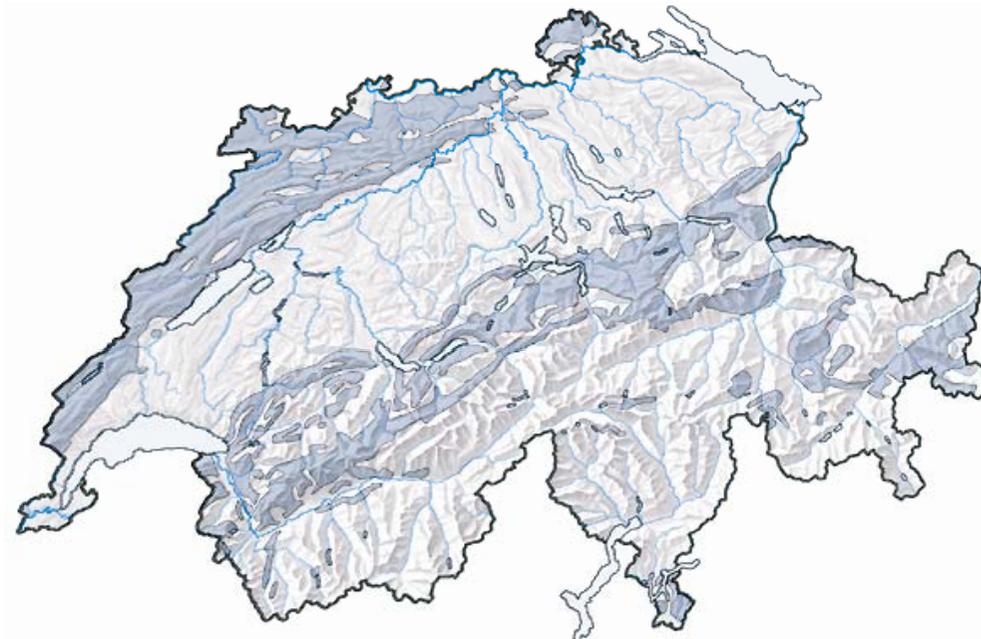


# Hydrogeologie der Schweiz

- **Karst-Grundwasserleiter**

16% der Landesfläche

20% des Trinkwasserverbrauchs



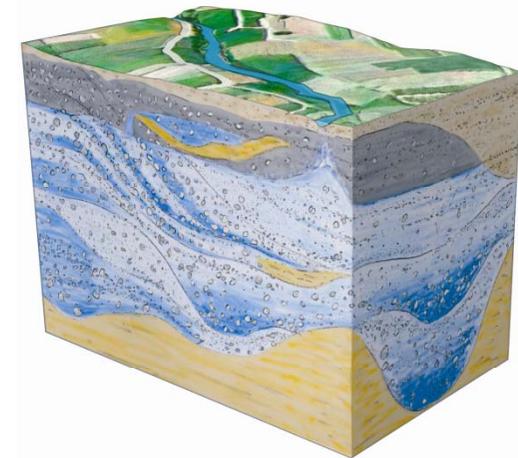
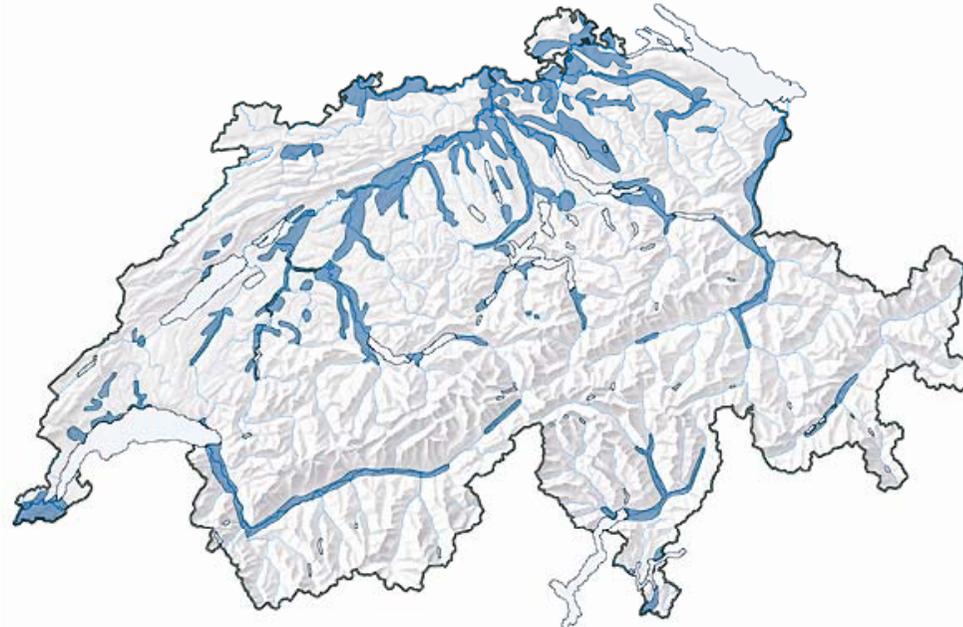
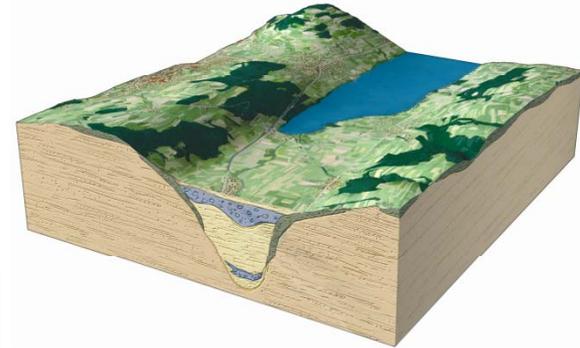


# Hydrogeologie der Schweiz

- **Lockergesteins-Grundwasserleiter**

6% der Landesfläche

35% des Trinkwasserverbrauchs





# Umsetzung – Basiserhebungen

- Projekt

## *Mikrobiologischer Zustand des Schweizer Grundwassers*



# Umsetzung – Basiserhebungen

Mikroorganismen kommen im Grundwasser in grosser Zahl vor und sind ubiquitär.

**allochthoner Herkunft**  
(werden von der Geländeoberfläche eingetragen)



**autochthoner Herkunft**  
(stammen aus dem Grundwasserleiter selbst)

**pathogene Mikroorganismen**

nicht-pathogene Mikroorganismen

**Grundwasserbiozönose**

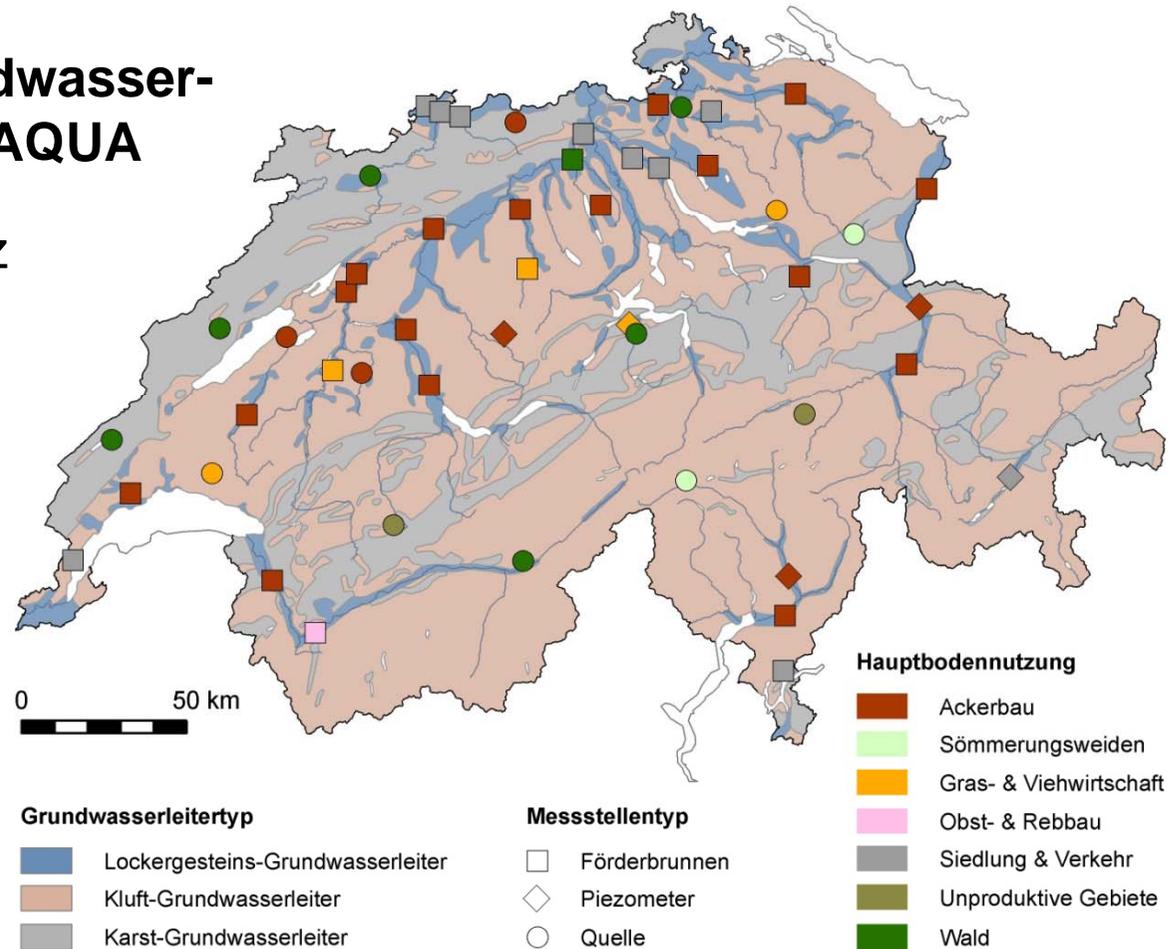
- Landwirtschaftliche Aktivitäten (Gülleausbringung, Weidegang)
- Abwassereinfluss (lecke Kanalisation, Infiltration belasteter Fließgewässer)



# Umsetzung – Basiserhebungen

## • Nationale Grundwasserbeobachtung NAQUA

Basismessnetz  
Grundwasser-  
qualität





# Umsetzung – Basiserhebungen

## • Allochthone Mikroorganismen

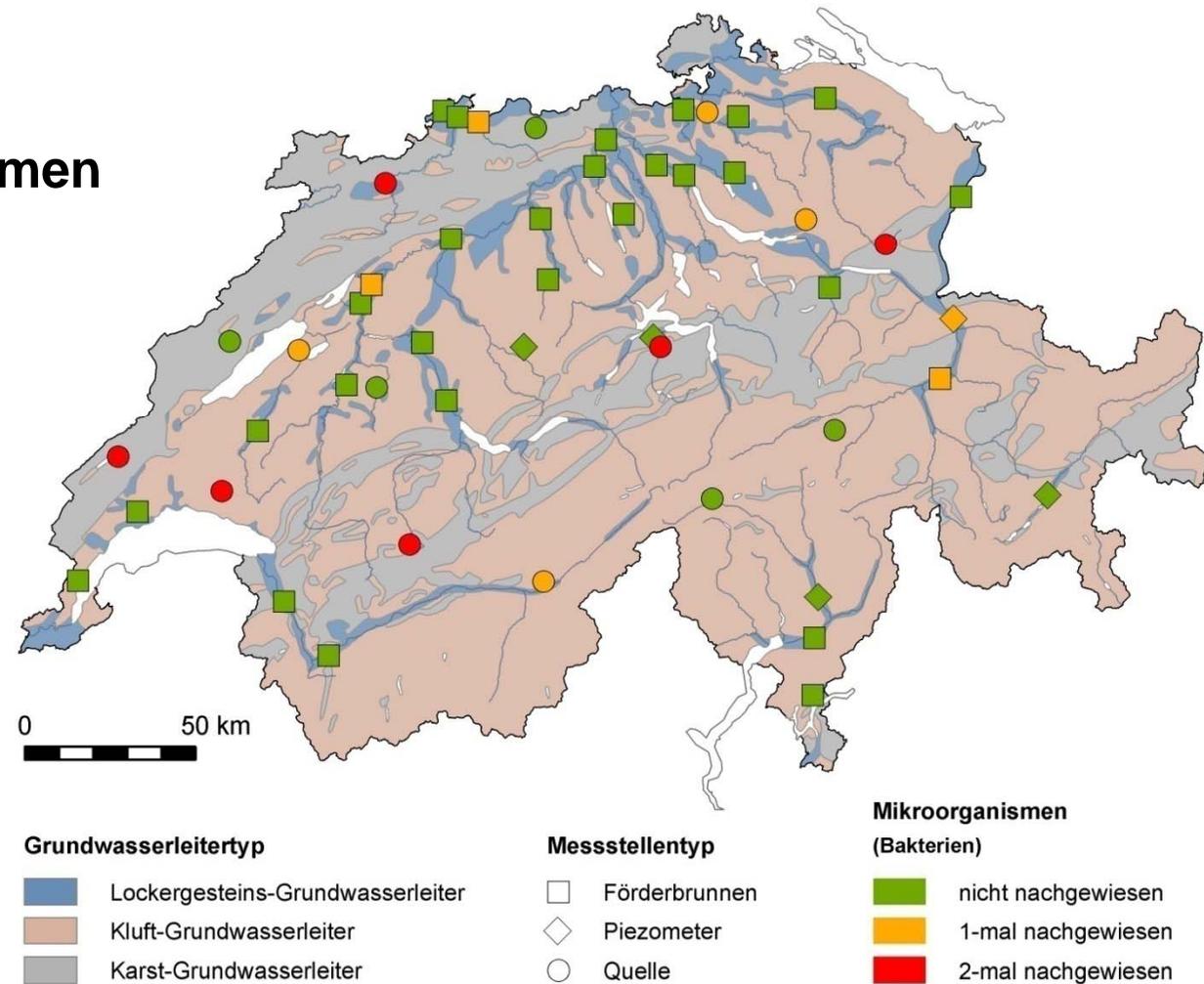
| Mikroorganismen                                  | Fäkalquelle                      | Grösse      | Resistenz | Auftreten in Gewässern der Schweiz        |
|--|----------------------------------|-------------|-----------|---|
| <b>Bakterien</b>                                 |                                  |             |           |   |
| <i>Escherichia coli</i>                          | Mensch, Tier                     | 0,5 - 2 µm  |           | Oberflächen- und Grundwasser              |
| Enterokokken                                     | Mensch, Tier                     | 0,5 - 2 µm  | +         | Oberflächen- und Grundwasser              |
| <i>Clostridium perfringens</i>                   | Mensch, Tier                     | 1 - 4 µm    | ++        | Oberflächen- und Grundwasser              |
| aerobe mesophile Keime                           | Ubiquitär                        | 0,5 - 5 µm  |           | Oberflächen- und Grundwasser              |
| Gesamtzellzahl                                   | Ubiquitär                        | 0,5 - 5 µm  |           | Oberflächen- und Grundwasser              |
| <i>Salmonella spp.</i>                           | Wild-, Haustiere, Vögel, Mensch  | 1 - 4 µm    |           | nicht bekannt                             |
| <i>Campylobacter spp.</i>                        | Wild-, Haustiere, Vögel          | 0,5 - 4 µm  |           | Oberflächen- und Grundwasser              |
| verotoxinbildende <i>Escherichia coli</i> (VTEC) | Kälber, Rinder                   | 0,5 - 2 µm  |           | Oberflächen- und Karstquellwasser         |
| <i>Pseudomonas aeruginosa</i>                    | Ubiquitär                        | 0,5 - 5 µm  |           | Oberflächen- und Grundwasser              |
| <b>Viren</b>                                     |                                  |             |           |   |
| Noroviren  | Mensch, Rindern, Schweinen *     | 27 - 40 nm  | ++        | Oberflächen- und Karstquellwasser         |
| Enteroviren                                      | Mensch, Tier *                   | 20 - 30 nm  | ++        | Oberflächen- und Grundwasser              |
| Rotaviren  | Mensch, Tier *                   | ~ 70 nm     | +++       | Oberflächen- und Grundwasser              |
| Adenoviren                                       | Mensch, Tier *                   | 90 - 100 nm | ++        | nicht bekannt                             |
| <b>Protozoen</b>                                 |                                  |             |           |   |
| <i>Cryptosporidium spp.</i>                      | Kälber, Wild-, Haustiere, Mensch | 3 - 8 µm    | +++       | Oberflächen-, Kluff- und Karstquellwasser |
| <i>Giardia spp.</i>                              | Wiederkäuer, Hunde, Katzen       | 7 - 15 µm   | +++       | Oberflächenwasser                         |

\* mit der angewandten Methodik werden ausschliesslich humanpathogene Viren detektiert



# Umsetzung – Basiserhebungen

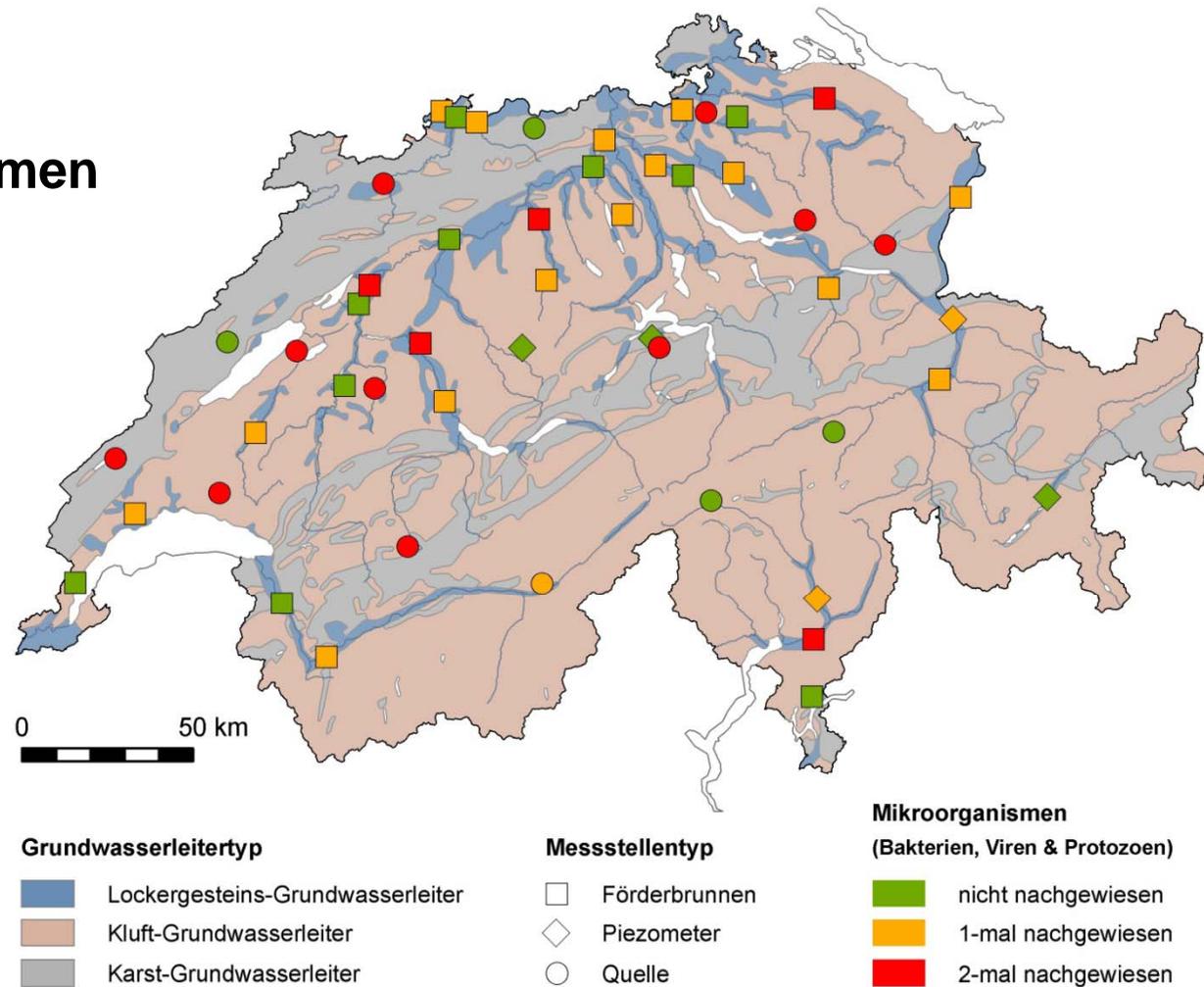
- Allochthone Mikroorganismen





# Umsetzung – Basiserhebungen

- Allochthone Mikroorganismen





# Umsetzung – Basiserhebungen

## • Autochthone Mikroorganismen

|                  |  |
|------------------|--|
| <b>FCM</b> ..... | <b>Flow-Cytometry</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Totalzellzahl (TZZ)</li><li>- Low Nucleic Acid Bacteria (LNA)</li><li>- High Nucleic Acid Bacteria (HNA)</li><li>- Live / Dead (intakte und permeabilisierte Zellen)</li></ul> |
|------------------|--|

|                  |   |
|------------------|---|
| <b>ATP</b> ..... | <b>Adenosintriphosphat</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Gesamt</li><li>- Frei</li><li>- Zellulär</li></ul> |
|------------------|---|

|                              |  |
|------------------------------|--|
| <b>TOC / DOC / AOC</b> ..... | <b>Total Organic Carbon</b><br>Dissolved Organic Carbon filtriert bei 0.22 µm Porengröße<br>Assimilable Organic Carbon ermittelt aus<br><b>Regrowth Potential (RGP)</b> bei 30°C |
|------------------------------|--|

*EAWAG / BAFU*



# Umsetzung – Basiserhebungen

- **Autochthone Mikroorganismen**

- durchgehend ca. 90% der Zellen intakt
- Totalzellzahlen für Grundwasserleitertypen

- ATP korrelierbar mit Totalzellzahl

*EAWAG / BAFU*

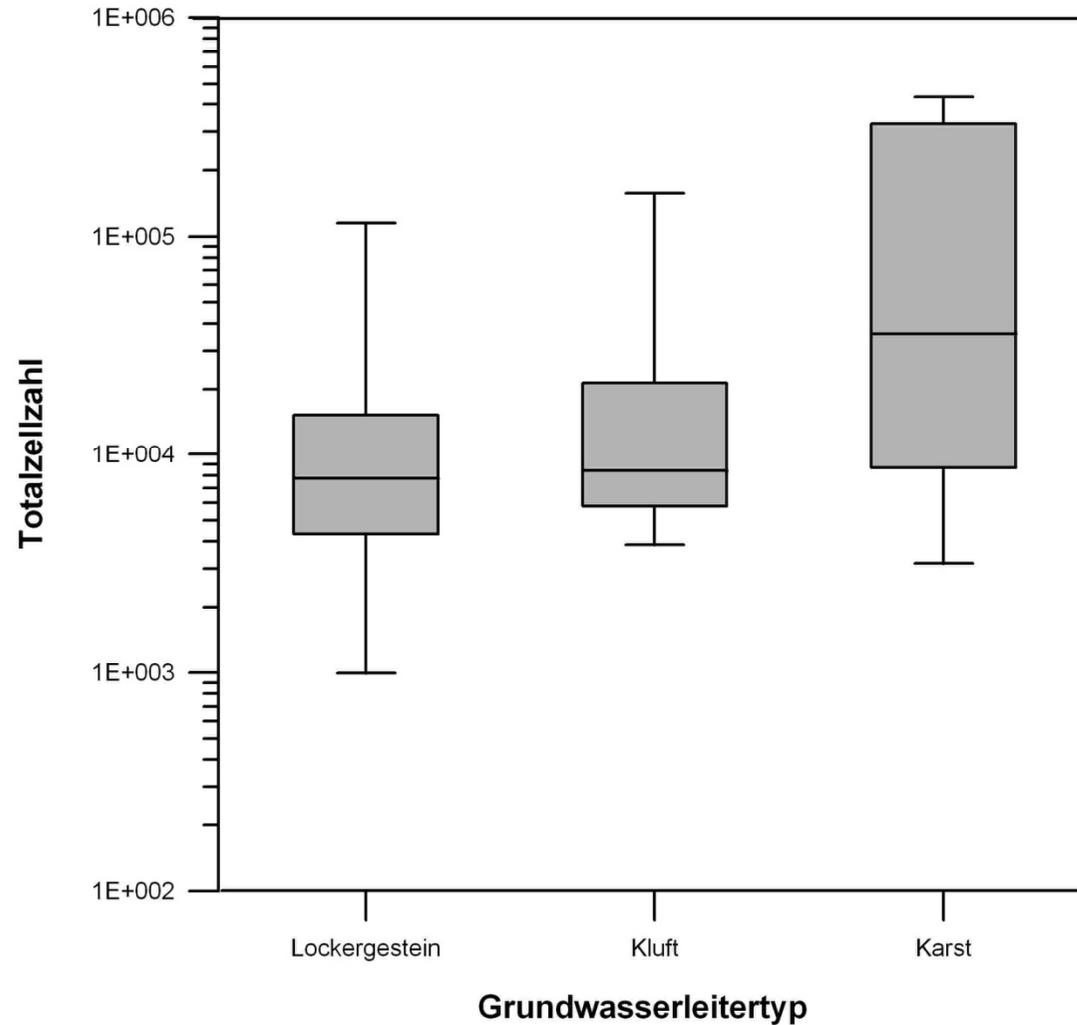
- Molekularbiologische  
Untersuchungen (T-RFLP)

*EPFL / BAFU*



# Umsetzung – Basiserhebungen

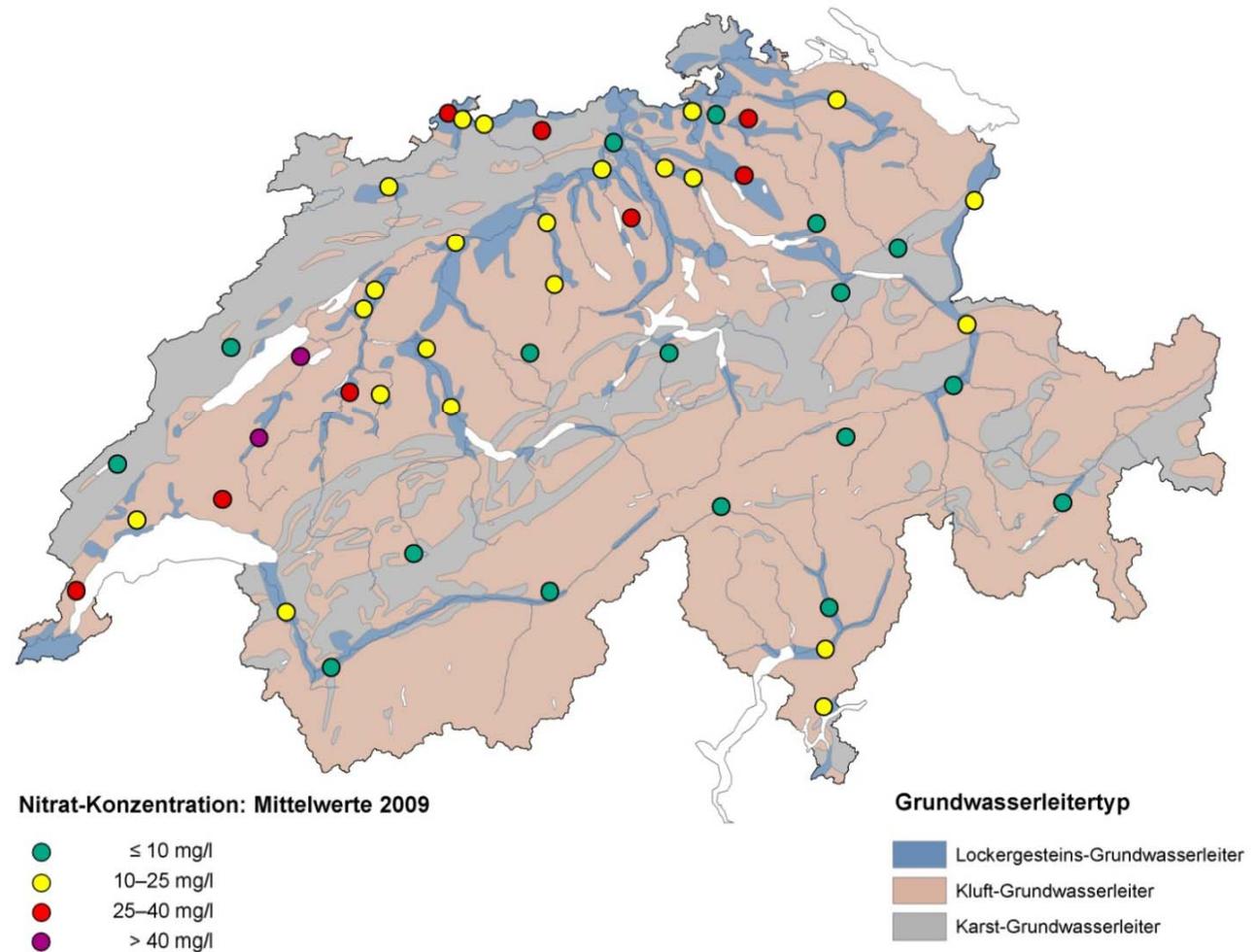
- Autochthone Mikroorganismen





# Umsetzung – Konzepte

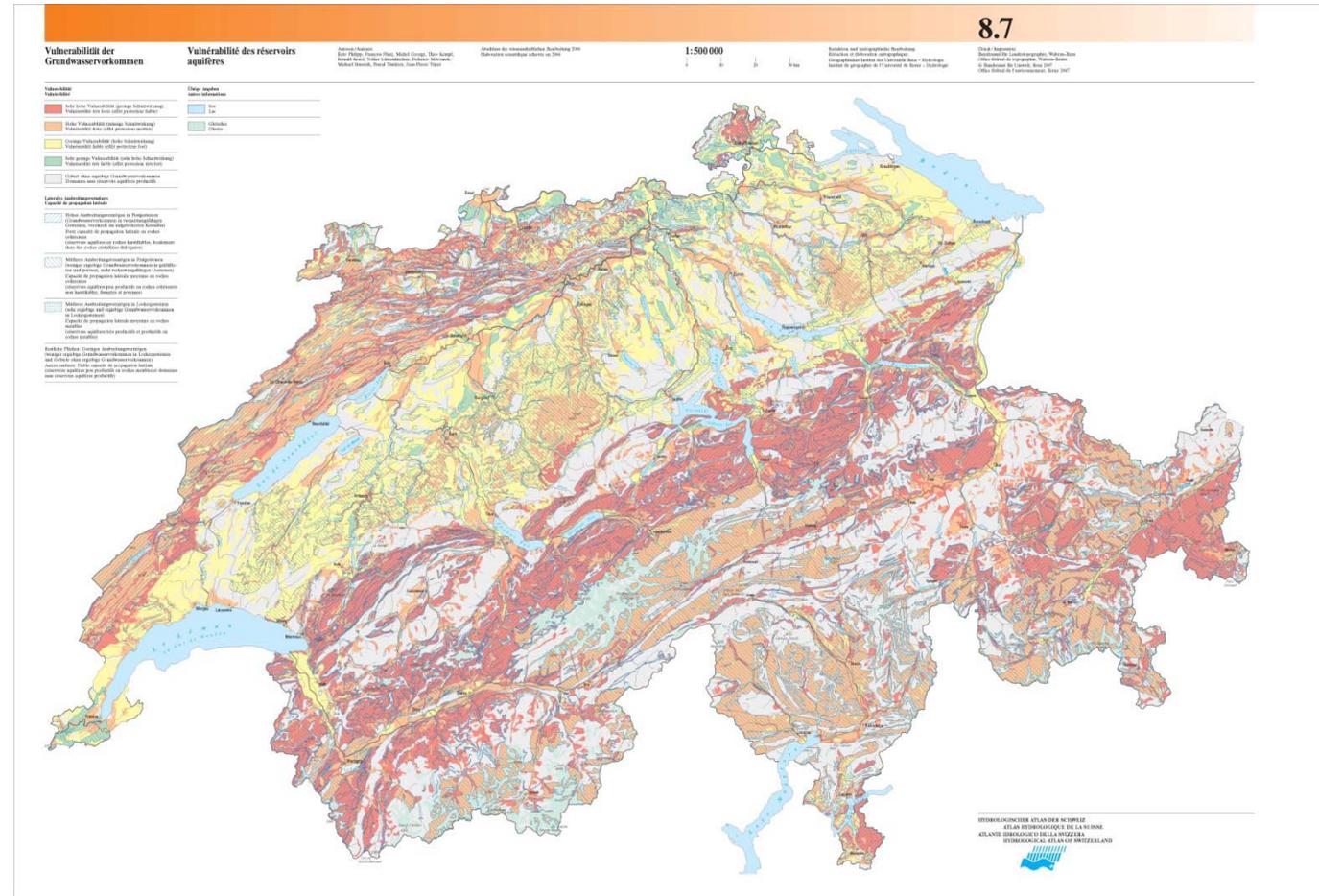
- Vulnerabilitätsansatz





# Umsetzung – Konzepte

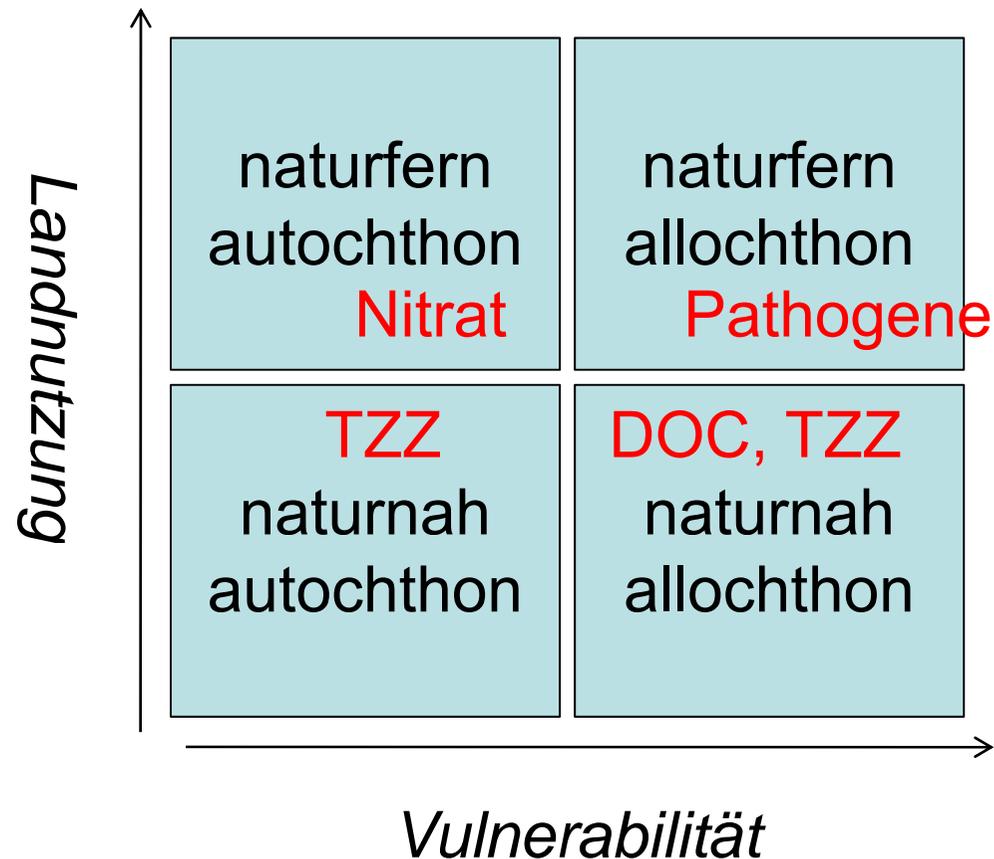
- Vulnerabilitätsansatz





# Umsetzung – Konzepte

- Vulnerabilitätsansatz





# Fazit

- **Gesetzlicher Rahmen ist gegeben**
- **Intakte Biozönose als Indikator für die Grundwasserqualität**
- **Regionale Grundlagen werden derzeit erhoben**
- **Erstellung von Konzepten zur Auswertung der Daten**
- **Evaluierung des Zustands der Grundwasserbiozönose (naturnah, standortgerecht, typisch)**