

**Wie stellen wir sicher, dass wir  
Grundwasser «einfach so» trinken  
können?**

SCIENCE ET POLITIQUE

*à table!*



akademien der  
wissenschaften schweiz

# Programm

- **Grundwasser: Herkunft, Zustand und Bedeutung für die Trinkwasserversorgung**

Daniel Hunkeler, Professor, Vize-Rektor und Leiter des Forschungsbereichs Hydrochemie und Schadstoffe an der Universität Neuenburg

- **Die Relevanz von Nähr- und Schadstoffen im Schweizer Grundwasser**

Alexandra Kroll, Expertin für (Umwelt-)Risikobewertung, Ökotoxzentrum

- **Wie wir die Ressource Grundwasser langfristig rein halten können**

Adrian Auckenthaler, Präsident Schweizerische Gesellschaft für Hydrogeologie, Leiter Ressort Wasser und Geologie beim Amt für Umweltschutz und Energie des Kantons Basel-Landschaft

- **Diskussion**

# Grundwasser ist ohne aufwendige Aufbereitung trinkbar

## Können wir diesen Grundsatz aufrecht erhalten?

- Eine hohe Grundwasserqualität ist zentral für die menschliche Gesundheit und für Ökosysteme.
- Eine sichere dezentrale Trinkwasserversorgung setzt dauerhaft unbelastetes Grundwasser voraus



**In drei Referaten beleuchten wir zentrale Aspekte dieser Fragestellung und zeigen mögliche Lösungsansätze auf.**

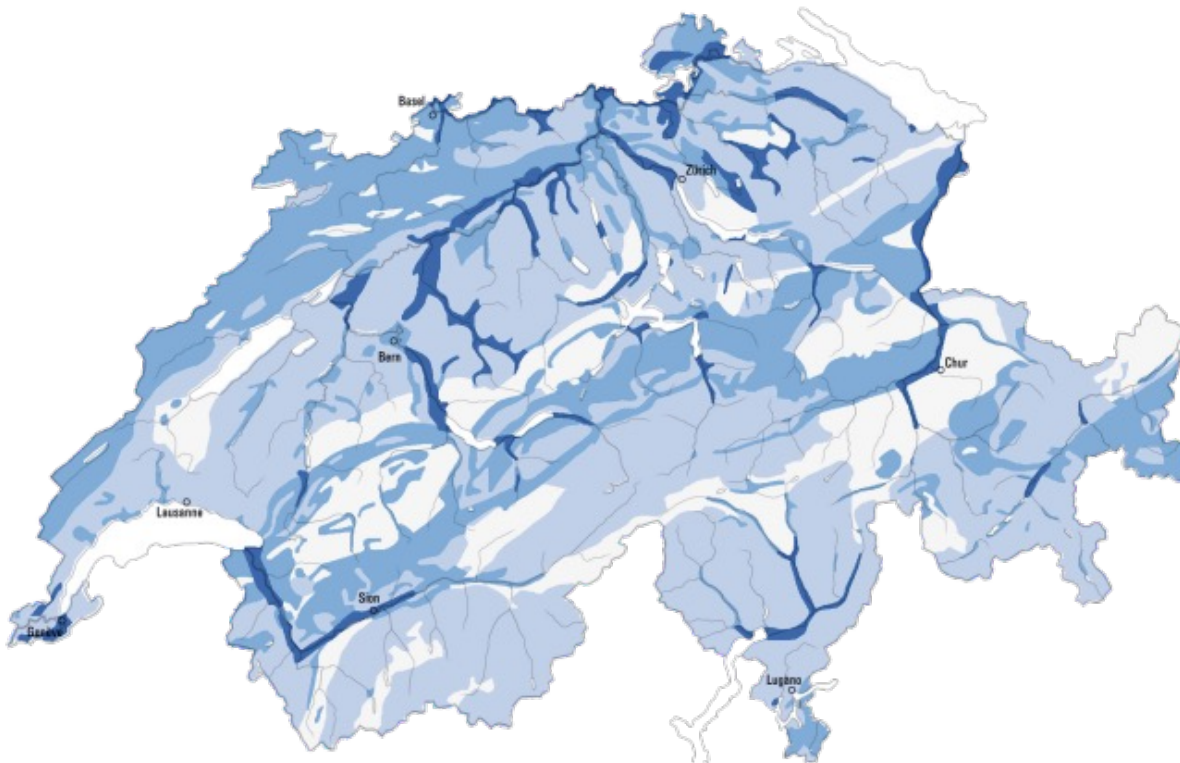
# **Herkunft, Zustand und Bedeutung des Grundwassers für die Trinkwasserversorgung**

**Daniel Hunkeler**

Zentrum für Hydrogeologie und Geothermie

UNINE Universität Neuenburg

## Schweiz hat vielfältige Grundwasservorkommen



- Sehr ergiebig in Lockergesteinen
- Ergiebig in Locker- und Festgesteinen
- Weniger ergiebig in Locker- und Festgesteinen
- Ohne ergiebige Grundwasservorkommen

- Grundwasser ist schweizweit verfügbar – ein strategischer Vorteil, den wir sichern müssen.
- Ergiebige Ressourcen liegen in stark genutzten Flusstälern – mit entsprechend hohem Schutzbedarf.
- Rund 80 % unseres Trinkwassers hängen direkt von intaktem Grundwasser ab.

## Dezentrale Wasserversorgung hat viele Vorteile

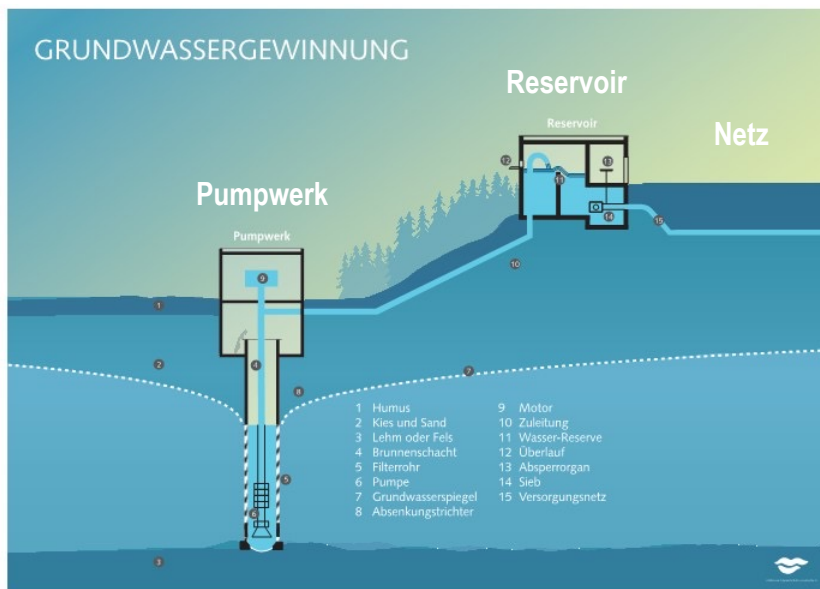
**12'000 Quellen und Pumpbrunnen**



**2'400 Wasserversorgungen**

- Kurze Transportwege sichern eine effiziente Versorgung
- Geringer Energiebedarf (häufig gravitäre Systeme)
- Hohe Ausfallsicherheit durch viele unabhängige Systeme
- Vielfalt erhöht Resilienz gegenüber Klimawandel
- Lokaler Bezug verstärkt Vertrauen und Basis für verantwortungsvolle Nutzung

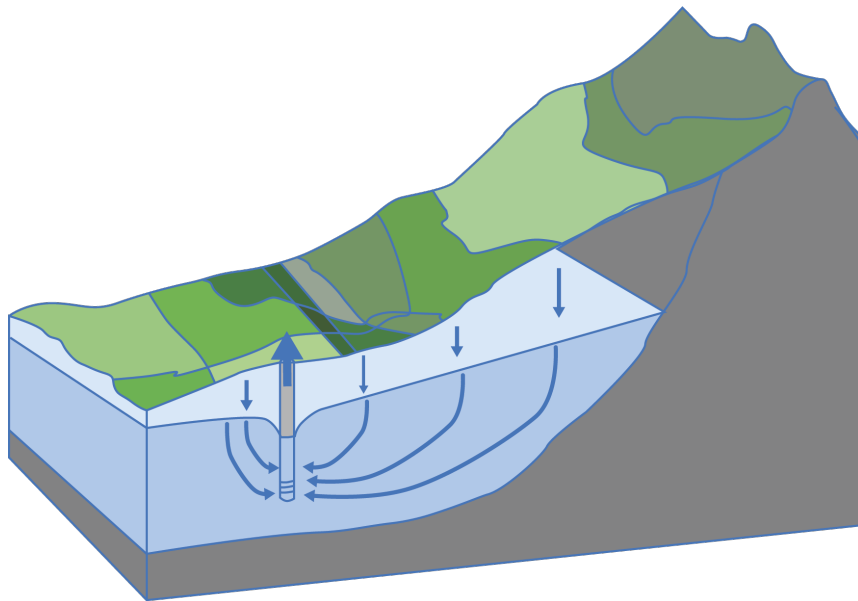
## Der direkte Weg vom Grundwasser zum Trinkwasser



- Aufbereitung findet bereits im Boden und Untergrund statt
- Meist keine oder nur eine einfache Aufbereitung (UV, Chlor)
- Bei grösseren Versorgungen im urbanen Raum vereinzelt stärkere Aufbereitung
- Geringe Aufbereitungskosten als Voraussetzung für dezentrale Systeme

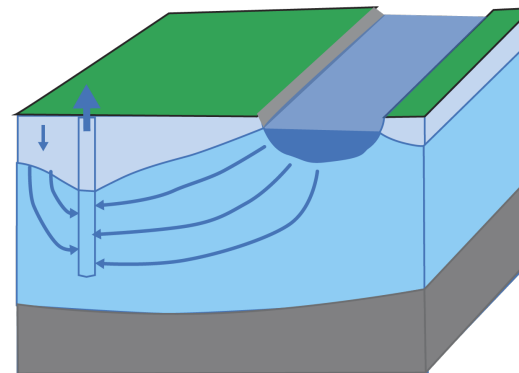
## Grundwasser erneuert sich teilweise nur über Jahrzehnte

Versickernder Niederschlag



-> Monate bis Jahre teils Jahrzehnte

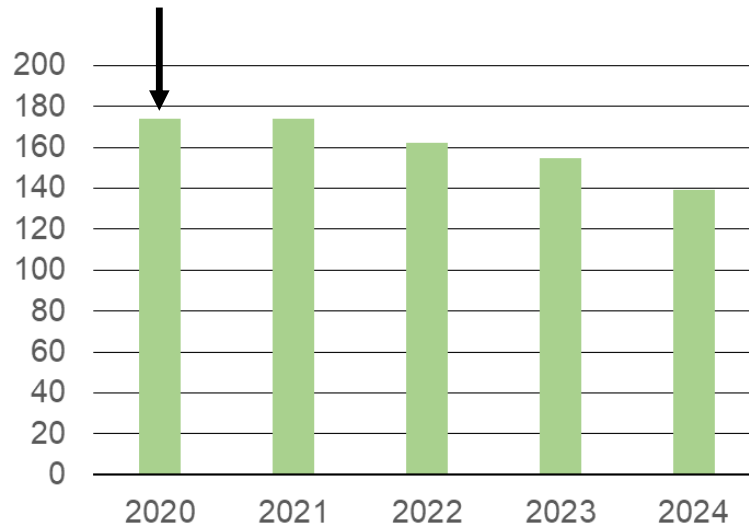
Infiltrierendes Flusswasser



-> Tage bis Wochen

## Schadstoffe bleiben nach Verbot noch Jahre und Jahrzehnte im Grundwasser

Ende Zulassung  
Chlorothalonil

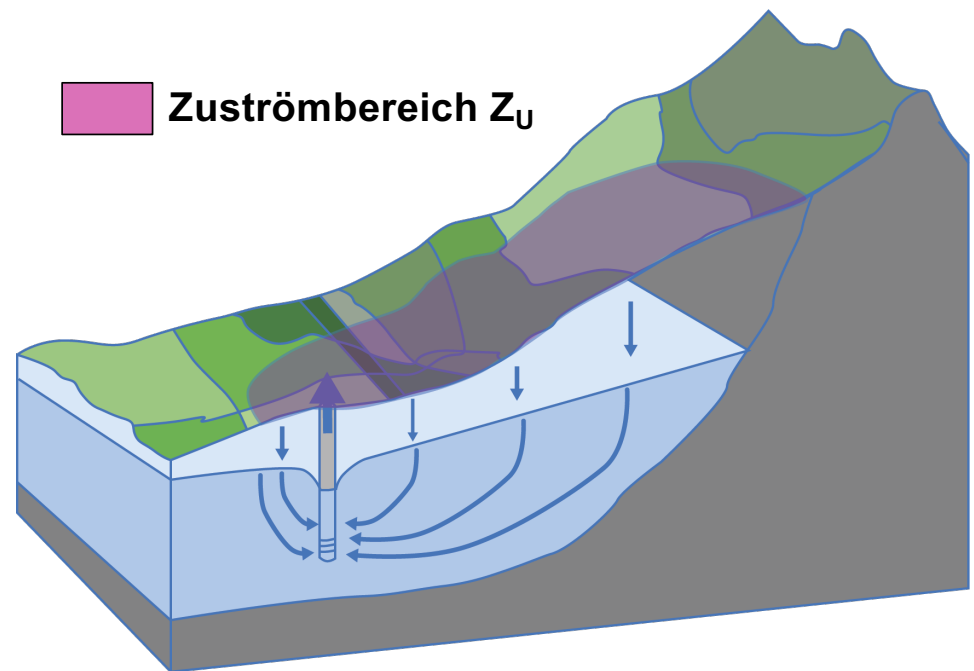


Anzahl Messstellen  
Chlorothalonil R471811  
>0.1µg/L

- **Verzögerte Wirkung:**  
Massnahmen zeigen erst nach Jahren bis Jahrzehnten Wirkung
- **Vorsorgeprinzip zentral:**  
Vorsorge statt Korrektur

## Wenn wir Grundwasser langfristig sichern wollen, müssen wir den «Produktionsort» kennen

- **Belastungen vorsorglich verhindern**  
Versickernde Stoffe können durch  
Vorsorge vermieden statt später aufwendig  
saniert werden
- **Rasche Ermittlung von Quellen**  
Verunreinigungsquellen lassen sich schnell  
identifizieren und gezielte Massnahmen  
einleiten
- **Risikomanagement der  
Wasserversorger**  
Wasserversorger kennen lokale Gefahren  
und integrieren sie in ihr  
Risikomanagement

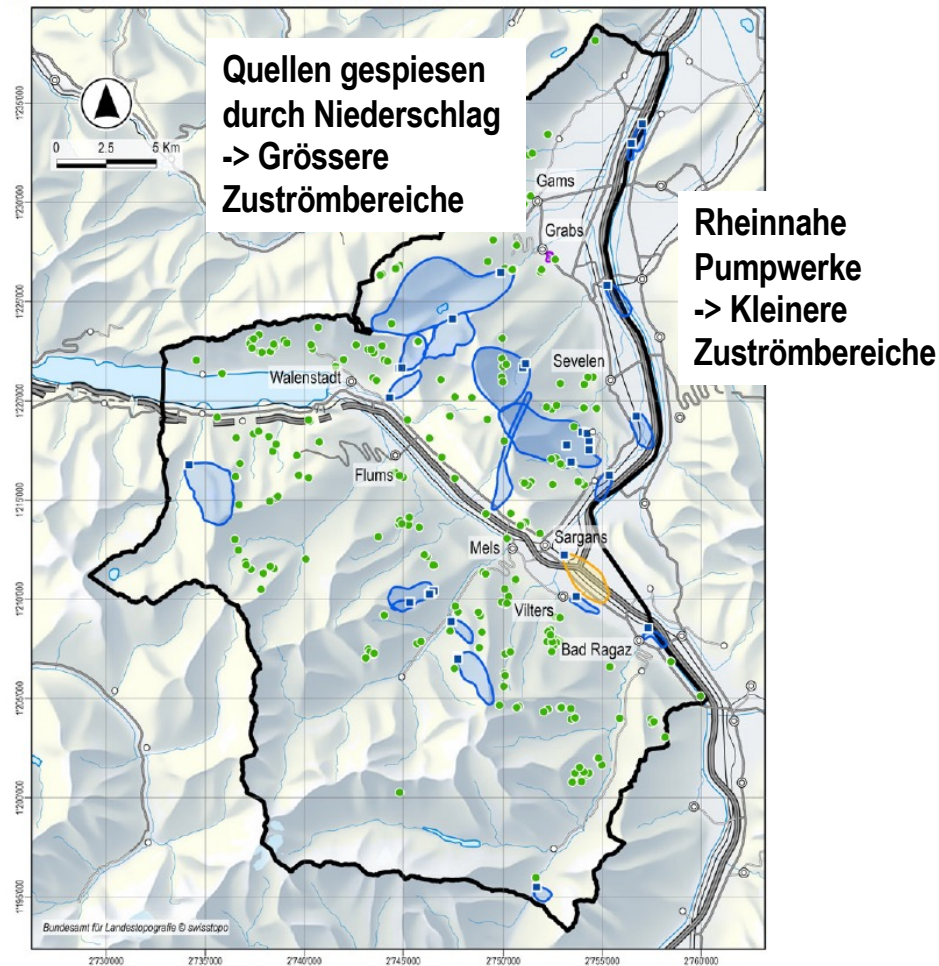


## Zuströmbereiche - Gesamtschweiz

- **Zuströmbereiche aller Fassungen: 6'200**
- **Auszuscheidende Zuströmbereiche gemäss vorgeschlagener Änderung Gewässerschutzgesetz: 1'500**
  - Aufgrund Verunreinigung: 800 (schon bisher, aber nur 70 ausgeschieden)
  - Aufgrund starker Gefahr einer Verunreinigung (Landwirtschaft, Siedlungen, Anlagen): 300 (schon bisher)
  - Aufgrund regionaler Bedeutung (ohne Verunreinigung): 400
- **6% der Fläche an Ackerbau und Spezialkulturen (25'000 ha)**

## Zuströmbereiche – Modellregion

Abb. 2: Zuströmbereiche in der Modellregion Werdenberg/Sarganserland nach Kriterien



### Modellregion Werdenberg/Sarganserland

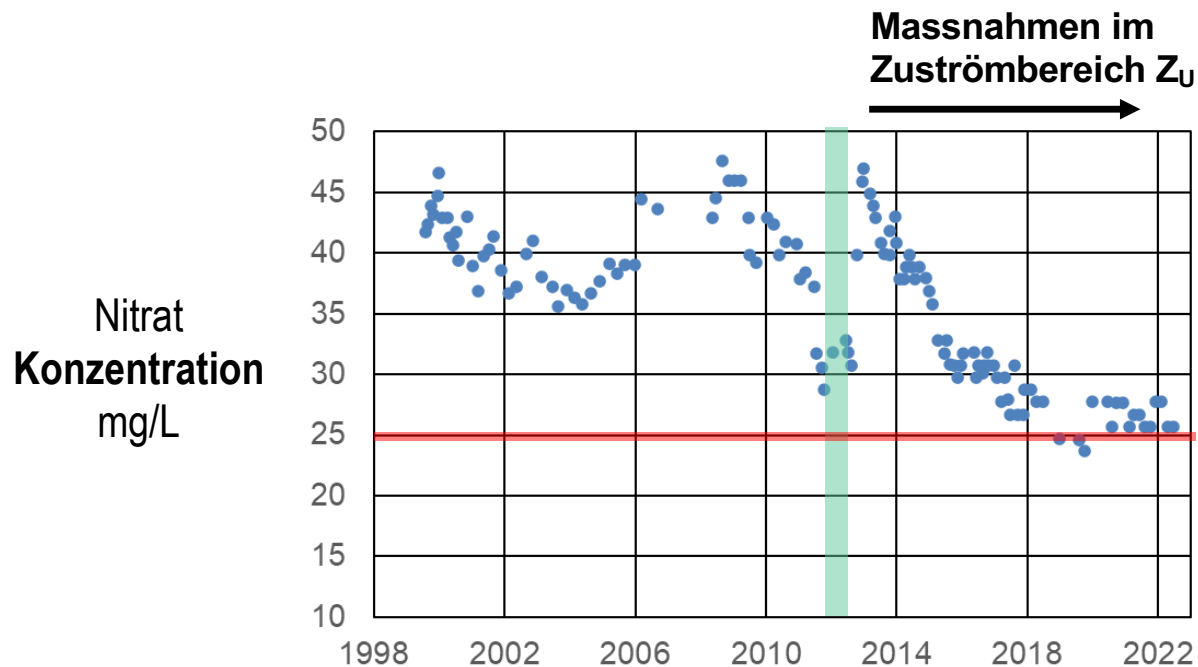
- Grösse der Zuströmbereiche unterscheiden sich stark je nach Herkunft des Wassers

**Fassungen ohne Zuströmbereich : 172**

**Fassungen mit Zuströmbereich: 22**

- Regionale Bedeutung
- Gefahr durch Siedlung
- Gefahr durch Ackerflächen/Spezialkulturen

## Zuströmbereich als wirksames Instrument Beispiel Nitrat



- Zielwert wird nach Umsetzung der Massnahmen im Zuströmbereich nach etwa 6 Jahren erreicht



# Die Relevanz von Nähr- und Schadstoffen im Schweizer Grundwasser

Dr. Alexandra Kroll

Umweltrisikobewertung

# Landwirtschaft: Situation



## Relevante Stoffe

- Nitrate aus Düngung und Gülle
- Pflanzenschutzmittel
- Entstehung von Abbauprodukten in der Umwelt, die häufig wasserlöslicher und mobiler sind

**Eintrag hauptsächlich durch Auswaschung**, insbesondere durch **Regenereignisse**, aber auch durch Fließgewässer

## Grundwasser-Monitoring (NAQUA) und Forschung:

- Auf 35 % der Flächen hohe Wahrscheinlichkeit, den **Nitrat-Richtwert** von 25 mg/L zu überschreiten
- Rückstände von **PSM** (Wirkstoffe + Abbauprodukte) an > 50 % aller Messstellen, in intensiv ackerbaulich genutzten Gebieten an > 90 %
- Alle gemessenen **Abbauprodukte** überschreiten die in der PSM Zulassung vorhergesagten Konzentrationen
- Monitoring unterschätzt Belastung empfindlicher Systeme (Karst)

# Landwirtschaft: heutige Regulierung



## Nitrat

Kombination aus Gewässerschutzrecht, Gesundheitsschutz, Düngevorschriften/Nährstoffbilanzen (Suisse Bilanz), Lagervorschriften, DirektzahlungsV/ÖLN, Schutzprogrammen.

→ **Keine gesamthafte «Stickstoffstrategie»**

Gewässerschutzrecht und Gesundheitsschutz:

- GSchV Anhang 2: 25 mg/L in Grundwasser zur Trinkwassernutzung
- TBDV: 40 mg/L im Trinkwasser

## PSM/Abbauprodukte

Kombination aus Anwendungsaufgaben/Zulassung (PSMV) und Gewässerschutzrecht.

→ **Keine Bewertung für das gesamte System, sondern pro Feld/Anwendung**

Beispiel Emissionsreduktionspläne in den Niederlanden

Gewässerschutzrecht und Gesundheitsschutz:

- GSchV Anhang 2: 0.1 µg/l je Pestizid, keine stetige Zunahme von Stoffen unter Ziffer 22
- TBDV: 0.1 µg/l je Pestizid, 0.5 µg/l Summe Pestizide
- «Rückkopplungsmechanismus» Art 48a GSchV → PSMV und BPV/Zulassung
  - GSchV Anhang 2/Grenzwerte für Oberflächengewässer
  - GSchV 0.1 µg/l je Pestizid in Grundwasser zur Trinkwassernutzung

# Industrie, Siedlungen, urbane Räume: Situation



## Relevante Stoffe

- Reinigungsmittel, Biozide, Arzneimittel, Strassenablauf
- Rückstände aus der chemischen und pharmazeutischen Produktion

**Eintrag hauptsächlich durch Infiltration aus Flüssen**, die mit gereinigtem Abwasser oder unbehandeltem Abwasser (Regenüberlauf) belastet sind.

## Grundwasser-Monitoring (NAQUA) und Forschung:

- Rund ein Drittel der Schweizer ARA-Einzugsgebiete enthalten problematische Industrie-Betriebe.
- Viele Substanzen anthropogenen Ursprungs noch nicht identifiziert



# Industrie, Siedlungen, urbane Räume: heutige Regulierung

Kombination aus Chemikalienregulierung (Industriechemikalien, Arzneimittel/Tierarzneimittel, Biozide, PSM), Gewässerschutzrecht, Gesundheitsschutz  
→ **Keine Bewertung für das gesamte System, sondern pro Anwendung**

## Chemikalienregulierung

Viel erreicht seit 1970er Jahren, aber verschiedene Einschränkungen:

- Viele Industriechemikalien nicht charakterisiert, Registrierung nur in der EU
- Langsame Prozesse bei Zulassungsverfahren, siehe z.B. Deltamethrin
- Grundwasserschutz bei Arzneimitteln nicht ausschlaggebend

## Gewässerschutzrecht und Gesundheitsschutz:

GSchV Anhang 2

keine stetige Zunahme von Stoffen unter Ziffer 22; Anforderungen für 5 organische Substanzgruppen

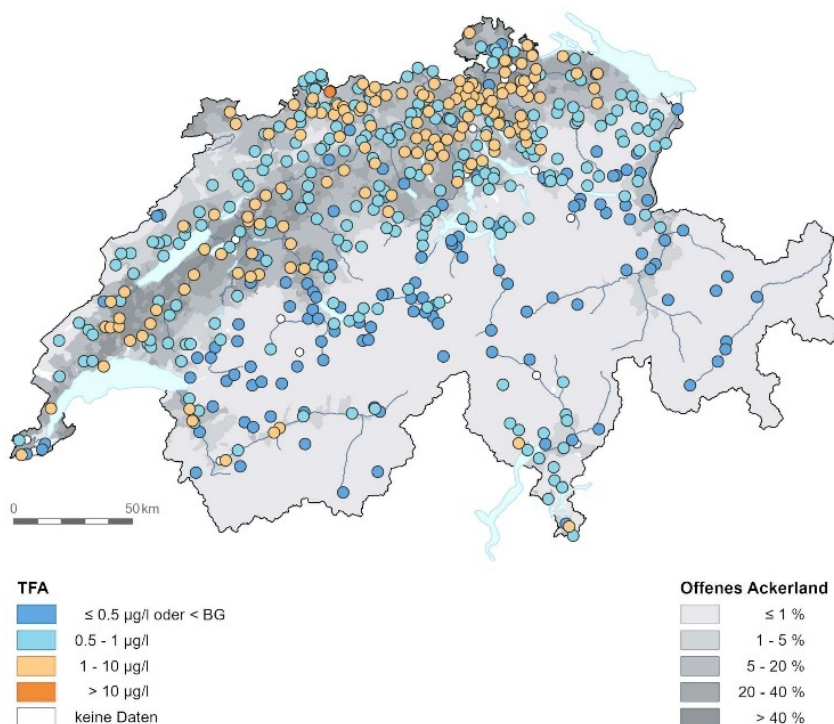
TBDV

Insgesamt 61 Einträge für Substanzen/Substanzgruppen

# Sonderfall Trifluoressigsäure (TFA)



Extrem langlebiger, sehr mobiler PFAS-Abbau- und Industriestoff; reichert sich global im Wasserkreislauf an; auch in der Schweiz in Niederschlag, Oberflächenwasser und Grundwasser nachweisbar



**Atmosphärische Deposition:** Modellierung für die Schweiz: ca. **25 t/Jahr** TFA-Eintrag über Regen/Staub.

**Pflanzenschutzmittel:** PFAS-basierte PSM können TFA im Boden bilden; für die Schweiz wird ein zusätzlicher Eintrag von **3–12 t/Jahr** geschätzt, in Ackerboden bis 2–3-fach höher als atmosphärischer Eintrag.

**Industrie/Abwasser:** Internationale Beispiele zeigen Hotspots mit >20 µg/L in Flüssen und >20 µg/L im Uferfiltrat-Trinkwasser durch industrielle Einleiter und ARA, Bildung von TFA bei Ozonierung/Abbau anderer PFAS möglich

# Gesundheitliche und ökologische Risiken



- Nitrat: Bildung von Nitrit im menschlichen Körper und in der Umwelt, vor allem Kleinkinder betroffen
- PSM, andere Mikroschadstoffe: Je nach Stoff unterschiedliche Auswirkungen möglich  
(Krebsarten, Reproduktions- und Entwicklungsstörungen, immunologische oder neurologische Effekte sowie Beeinträchtigungen aquatischer Ökosysteme)
- TFA: Aktuell Prüfung auf Reproduktionstoxizität in der EU

# Fazit



- Landwirtschaft bleibt der Haupttreiber für Nitrat und viele PPP-Abbauprodukte
- Urbane und industrielle Quellen liefern ein breites Spektrum weiterer Mikroschadstoffe, teils mit noch unbekanntem Wirkungen
- Besonders problematisch sind **persistente, mobile organische Stoffe**, da sie schwer entfernbar sind und über Jahrzehnte Trinkwasserressourcen belasten können
- Grösste Wissenslücken bei Industriechemikalien, Punktquellen
- **TFA** ist heute schon messbar im Schweizer Wasserkreislauf, technisch schwer entfernbar und nimmt aufgrund globaler und landwirtschaftlicher Quellen weiter zu – Grundprinzip Grundwasser noch trinkbar weiterhin gültig ?

# Zwischenbilanz



## Wichtigste Massnahmen:

- Quellen stoppen oder eindämmen (Regulierung von Chemikalien, Landwirtschaft), um das System nicht zu überladen
- Grenzwerte funktionieren gut, wenn sie im gesamten System gedacht werden, nicht nur für ein Kompartiment

## Zielkonflikte:

- Landwirtschaftliche Produktion
- Industrielle Produktion
- Schutz menschlicher Gesundheit (Medikamente, Biozide)

## Ergänzende Massnahmen:

- Zuströmbereiche, Grundwasserschutzzonen

## Zielkonflikte:

- Landnutzung

## Nur punktuell, da teuer:

- Aufbereitung, Sanierung

## Zielkonflikte:

- Bauvorhaben, Wasserversorger

# Wie wir die Ressource Grundwasser langfristig rein halten können

Science et politique à table, 2. Juni 2026, Bern

Dr. Adrian Auckenthaler, Präsident Schweizerische Gesellschaft für Hydrogeologie, Leiter Ressort Wasser und Geologie beim Amt für Umweltschutz und Energie des Kantons Basel-Landschaft



# Entwicklungen Grundwasserqualität und Gewässerschutz

## Altbekannte Substanzen: Nitrat

Zusammenarbeit stärken zwischen den Verwaltungsebenen und der Landwirtschaft.

## «Neue» Substanzen: PFAS, TFA, Metabolite

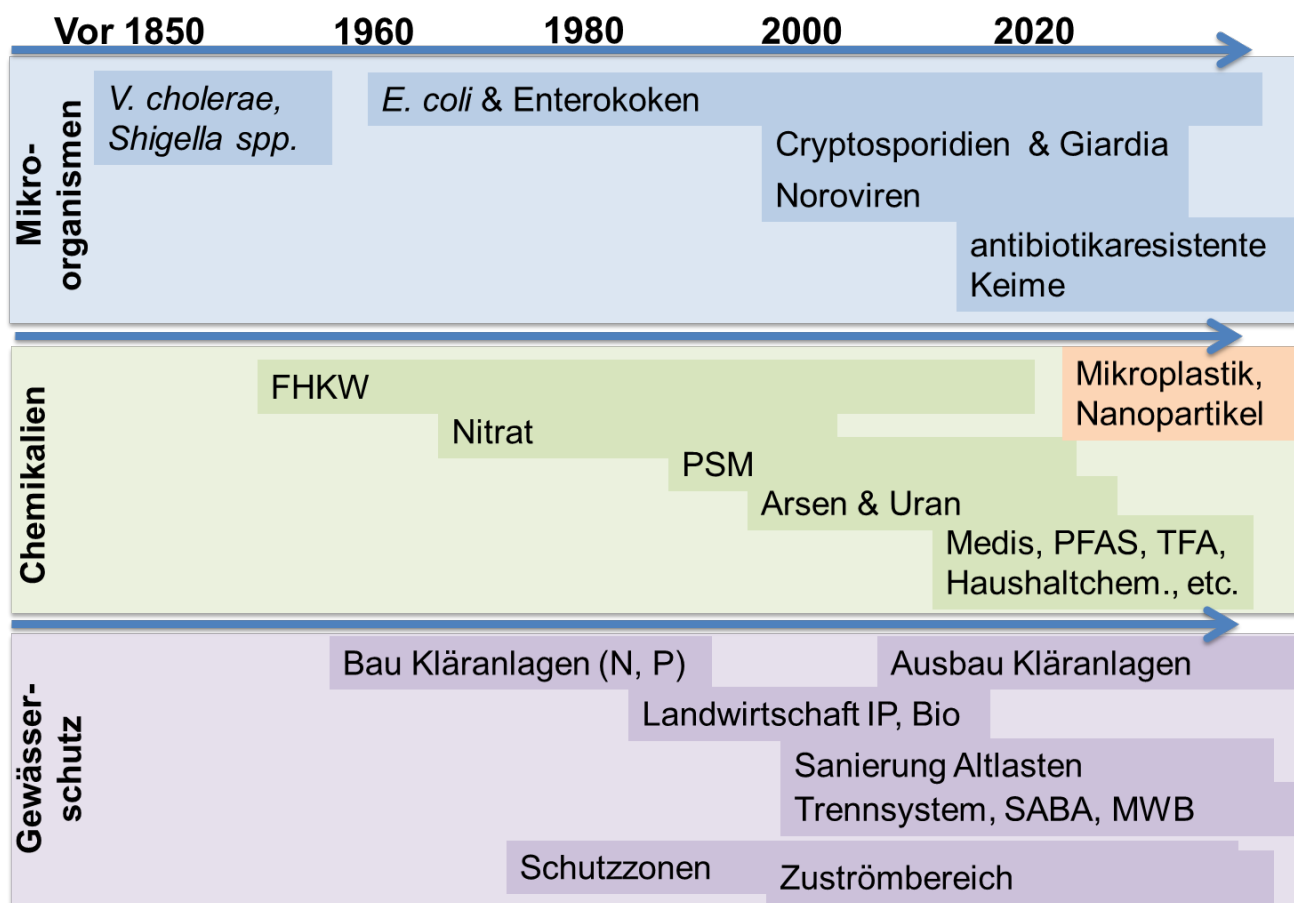
Lernen von bestehenden Problemlösungen, Zuständigkeiten klar definieren und den Aufsichtsbehörden Kompetenzen geben, diese zu lösen.

## Noch «unbekannte» Substanzen: ???

Stoffe die schon im Wasser sind, aber noch nicht nachgewiesen wurden. Um mögliche «blind Spots» zu entdecken, braucht es eine fundierte Grundwasseranalytik (NAQUA Überwachung des Bafu).

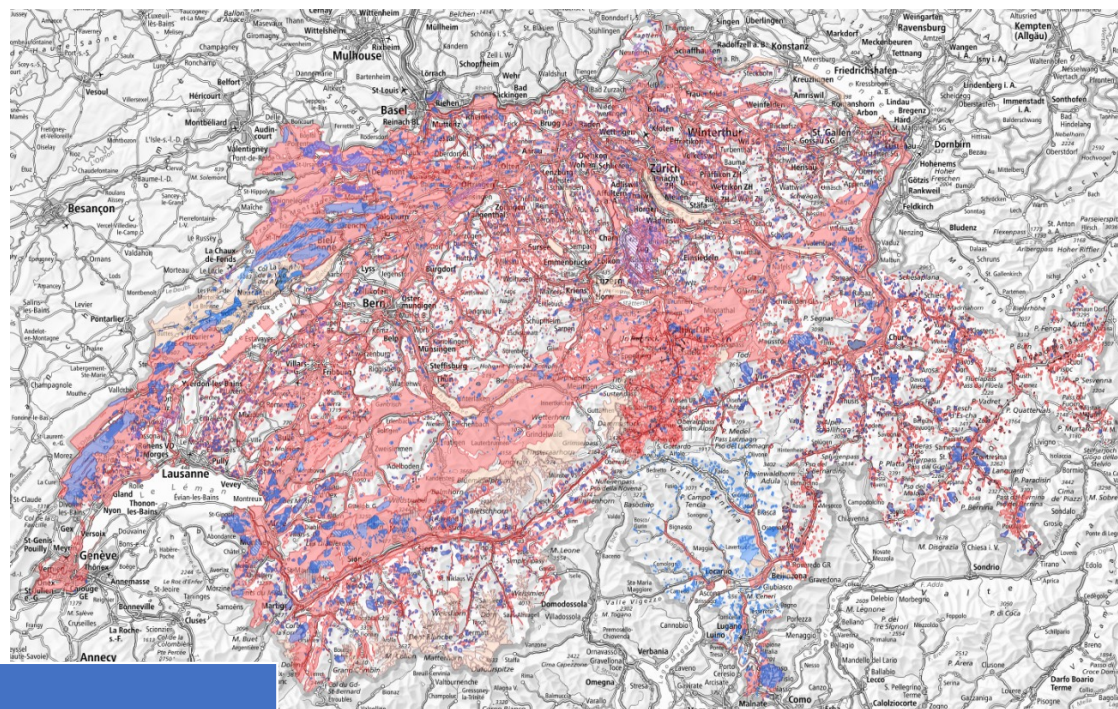
Das Vorsorgeprinzip ist zentral.

Heute hinkt der Gewässerschutz den Herausforderungen hinterher.



# Planerischer Grundwasserschutz

Der Bund macht die gesetzlichen Vorgaben, die Kantone und die Gemeinden den Vollzug.



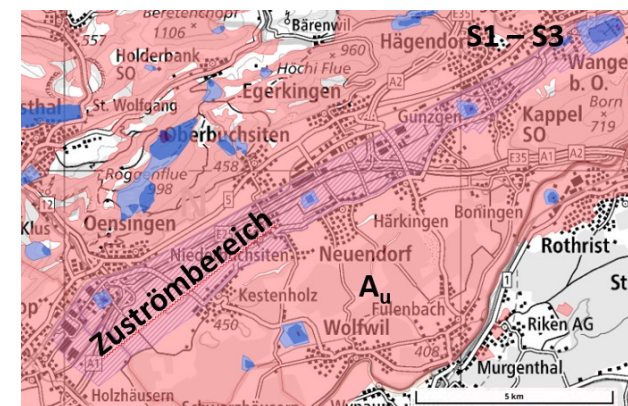
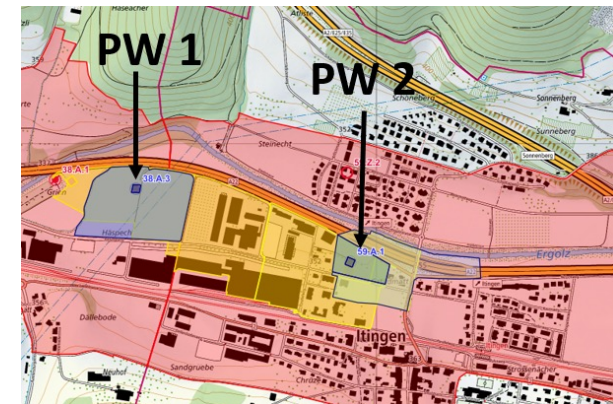
Element	Ebene	Flächige Ausdehnung	Auswirkung
Gewässerschutzbereich A <sub>u</sub>	Kanton	Alles nutzbare Grundwasser	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grösse von Lagerbehältern</li> <li>• Bebauungstief von Gebäuden</li> <li>• Vollzug Altlastenverordnung</li> </ul>
Zuströmbereich	Kanton	90% des Grundwassers einer Trinkwasserfassung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Landwirtschaft (Einsatz von Pestiziden und Düngern, Kulturwahl und Bearbeitung)</li> </ul>
Grundwasserschutzzonen S1 – S3 (S <sub>m</sub> und S <sub>h</sub> )	Gemeinde	Unmittelbarer Schutz der Trinkwasserfassung (10 Tage-Fließzeit)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erstellen von Anlagen</li> <li>• Lagerbehälter</li> <li>• Wärmenutzung Untergrund</li> <li>• Versickern von Abwasser</li> </ul>

Die Elemente des planerischen Grundwasserschutzes sind zentral für den Schutz des Grundwassers. Sie können jedoch nicht alle Probleme lösen. Zudem ist die räumliche Umsetzung aufgrund der starken Besiedlung sehr herausfordernd.

## Die Umsetzung ist herausfordernd

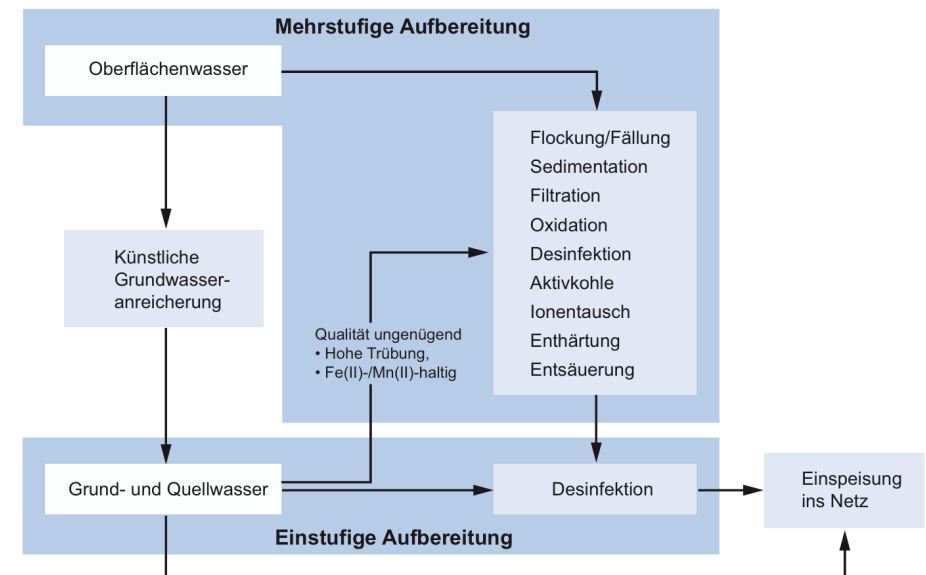
**Grundwasserschutzzonen** und Siedlungsgebiete überlagern sich insbesondere da, wo die ergiebigen Grundwasserleiter sind. In der Grundwasserschutzzone sind Anlagen nicht erlaubt, wenn sie eine Gefährdung für das Trinkwasser darstellen. Die Gemeinden stehen vor grossen Herausforderungen (Umsetzung Zonenpläne und Entschädigungszahlungen).

**Zuströmbereiche** umfassen 90% des Einzugsgebietes von Trinkwasserfassungen. Sie sind für die regional bedeutenden Fassungen zu bezeichnen. Die Bezeichnung der Zuströmbereiche ist aufwändig und der Vollzug der Nutzungseinschränkungen für die Kantone anspruchsvoll (Kontrolle der Einhaltung der Auflagen in den Betrieben). Mit den heutigen Ressourcen ist dies nicht möglich.



## Trinkwasseraufbereitung wird schnell aufwändig und teuer

- Die Methoden zur Entfernung von Mikroorganismen aus dem Grundwasser sind einfach, gut etabliert und werden von vielen kleinen Wasserversorgungen genutzt.
- Der Aufwand zur Entfernung von Spurenstoffen ist je nach deren Stoffeigenschaften sehr unterschiedlich.
- Je polarer (wasserlöslicher) die Spurenstoffe sind, desto schlechter können sie entfernt werden (z.B. TFA).
- Mehrstufige Aufbereitungsanlagen sind aufwändig zu betreiben und teuer und deshalb nur für grosse Wasserversorgungen wirtschaftlich betreibbar.
- Kleinere Wasserversorgungen werden vor unlösbare Probleme gestellt.
- Die Kosten für die Aufbereitung bezahlen in der Regel die Konsument:Innen.



# Welche Massnahmen sind notwendig für einen langfristigen Ressourcenschutz?

## **Grundwasserqualität:**

Es braucht mehr Vorsorge anstatt Nachsorge für die Sicherstellung der Grundwasserqualität:

- Bei der Zulassung von neuen Stoffen ist verstärkt auf deren Abbaubarkeit in der Umwelt zu achten.
- Bei bekannten Problemstoffen müssen rasch Massnahmen zu deren Beseitigung getroffen werden (Quellenstopp).
- Ausbau nationale Grundwasserüberwachung NAQUA, um zukünftige Herausforderungen frühzeitig zu erkennen.

## **Planerischer Grundwasserschutz:**

Die gesetzlichen Grundlagen müssen für die Gemeinden und Kantone umsetzbar sein:

- Die Massnahmen im Grundwasserschutz müssen den Schutz des Grundwassers gewährleisten, dürfen aber nicht so streng sein, dass sie nicht umsetzbar sind.
- Für die Ausscheidung der Zuströmbereiche und den Vollzug der Massnahmen müssen Ressourcen bereitgestellt werden.

## **Austausch und Koordination:**

Austausch zwischen Politik, Wissenschaft, Verwaltung und Wirtschaft stärken, für ein gegenseitiges Verständnis der Herausforderungen im Grundwasserschutz.

## Weitere Fachleute (neben Referent:innen)



**Sofia Barth**, Plattform  
Wasserqualität VSA, Eawag



**Céline Mavrot**, Politologin,  
Universität Lausanne



**Annelie Holzkämper**,  
Teamleiterin  
Gewässerschutz bei  
Agroscope



**Christian Moeck**,  
Eawag und Leiter des  
Schweizer Grundwasser  
Netzwerks (CH-GNet)

**Wie stellen wir sicher, dass wir  
Grundwasser «einfach so» trinken  
können?**

SCIENCE ET POLITIQUE

*à table!*



akademien der  
wissenschaften schweiz