

## Motivation & Hintergrund

Um die Auswirkungen des Globalen Wandels zu quantifizieren, werden Grundwasserzeitreihen (Quantität ca. 4000 Messstellen, Qualität ca. 8600 Messstellen) innerhalb des Einzugsgebiet der Oberen Donau untersucht. Die Untersuchungen werden im Rahmen des integrierten Projekts GLOWA-Danube ([www.glowa-danube.de](http://www.glowa-danube.de); 2001 bis 2010) durchgeführt.

Eine besondere Herausforderung stellt die Identifikation, Abgrenzung und Quantifizierung klimatischer und anthropogener Einflüsse sowie die Feststellung signifikanter Änderungen auf verschiedenen Zeitskalen dar.

## Das Untersuchungsgebiet

Das obere Donau Einzugsgebiet bis Pegel Passau umfasst eine Fläche von etwa 77.000 km<sup>2</sup> in Teilen Baden-Württembergs, Bayerns, Österreichs und der Schweiz. Bedingt durch die Größe des EZG, aber auch durch das starke Relief, findet man lokal sehr unterschiedliche Bedingungen im Bezug auf Niederschlag, Temperatur, Vegetation und Landnutzung vor, die die Grundwasserneubildung den Schadstoffeintrag und damit das Grund-

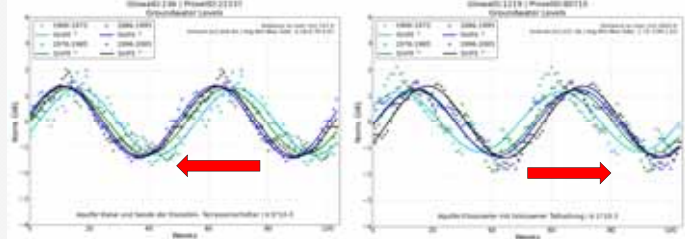
wassersystem selbst maßgeblich beeinflussen. Einen besonderen Einfluss hat der stark heterogene geologische Aufbau sowohl der ungesättigten Zone als auch der Grundwasserleiter des Einzugsgebiets. Messreihen liegen aus unterschiedlichen Tiefen und hydrogeologischen Einheiten vor, von oberflächennaher Schotterflächen des Quartärs bis zu Messreihen aus tiefen verkarsteten Schichten des Malm oder Jura.



## Auswirkungen des Klima Wandels (und Globalen Wandels) auf das Grundwasser (Beispiele)

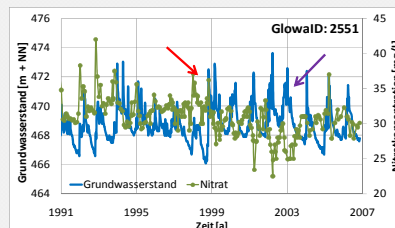
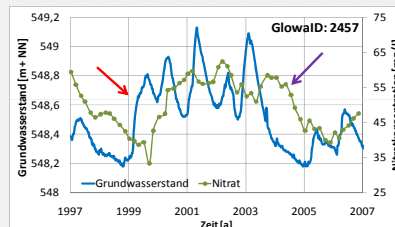
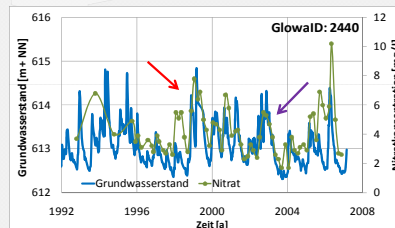
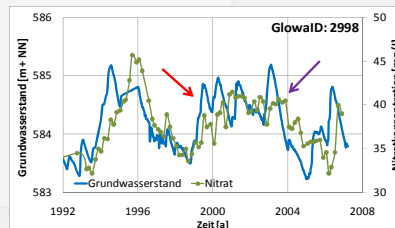
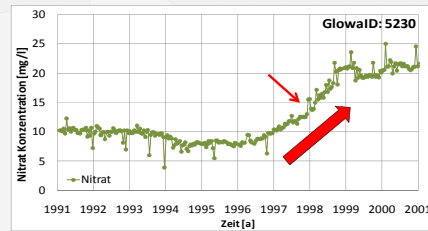
### Änderung des Jahresganges

Im Einzugsgebiet kann an einigen Grundwasserstandszeitreihen beobachtet werden, wie sich das Maximum des Jahresganges verschiebt sowohl ins Jahr hinein (z.B. GLOWaID: 1219) als auch anders herum (z.B. GLOWaID: 236). Diese Änderungen lassen sich durch die veränderten Klimabedingungen erklären. Früher einsetzende Schneeschmelzen können zu einem Anstieg des Grundwassers früher im Jahr führen und eine Erhöhung der Intensität der Frühjahrsniederschläge führt zu mehr Abfluss und weniger Perkolations, was zu einem Anstieg des Grundwassers später im Jahr führen kann.



### Trennung klimatischer und anthropogener Einflüsse

An einigen Standorten lässt sich über einen relativ kurzen Zeitraum ein Anstieg der Nitratkonzentration erkennen. Mögliche Ursachen sind meist anthropogener Natur. Im vorliegenden Beispiel handelt es sich um eine Waldreduktion, was zu stärkeren Nitratauswaschungen nach Niederschlagsereignissen führt, aber auch andere Landnutzungsänderungen können die Nitratkonzentration im Grundwasser nachhaltig verändern. Zu nennen wären z.B. Düngermenge, Art der Vegetation (Wald, Acker, Weide, Wiese...) und Grad der Urbanisierung.

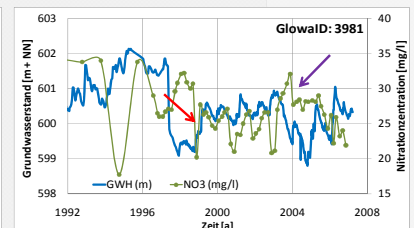


### Trennung von kurz- und mittelfristigen Änderungen, wechselseitige Abhängigkeit von Änderungen

Als besonders geeignet für die Identifikation und Quantifizierung von klimatisch bedingten Änderungen erweist sich die Analyse von „Extrem“-Ereignissen, die sich in vielen Messstellen nachweisen lassen (Beispiel: 1998 bis 2002 - feucht, 2003 - trocken).

Besonders wichtig ist es einzelne Aspekte (Menge / Qualität) nicht isoliert zu betrachten da deutliche Abhängigkeiten bestehen, die zu Fehlschlüssen führen können. An vielen Messstellen im Projektgebiet erkennt man z.B. eine starke Korrelation zw. dem Grundwasserstand und der Nitratkonzentration (GLOWaID: 2998, 2440). Steigendes Grundwasser (z.B. 1999), mobilisiert Nitrat im Boden, welches unter „normalen“ Umständen nicht ins Grundwasser gelangt. Fällt das Grundwasser wieder (z.B. 2003) nimmt auch der Nitratgehalt ab. An anderen Messstellen reagiert die Nitratkonzentration verzögert (GLOWaID: 2457) oder mit einem steigenden Nitratgehalt bei fallendem Grundwasserstand (GLOWaID: 2551, 3981).

In den meisten Fällen aber ist ersichtlich, dass das Klima einen erheblichen Einfluss hat und unter Umständen die Grundwasserqualität nachhaltig beeinflussen kann. Mehrere sehr trockene oder feuchte Jahre hintereinander können zu erheblichen Problemen z.B. bei Wasserversorgern führen. Besonders problematisch sind dabei i.A. die Trockenjahre für den Wasserhaushalt und die Feuchtheite für die Wasserqualität.



## Ähnlichkeitsuntersuchung

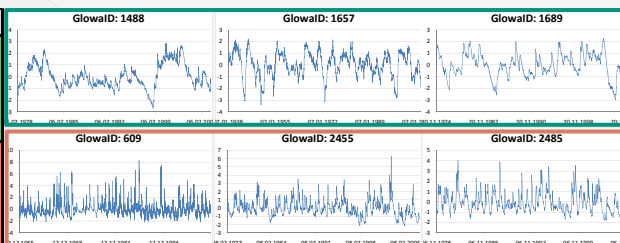
Einfache beschreibenden Größen können verwendet werden, um Zeitreihen zu klassifizieren, was wiederum dabei hilft Prognosen für Gebiete mit kurzen Zeitreihen oder unzureichenden Messungen zu erstellen. Ist der Input (z.B. Niederschlag) und das System (z.B. Bodentyp, Landnutzung) bekannt und klassifiziert kann der Output (z.B. Grundwasserstand) abgeschätzt werden, wenn man die Annahme trifft, das ähnlicher Input auf ähnliche Systeme ähnlichen Output liefert. Desweiteren können Ähnlichkeitsuntersuchungen herangezogen werden, um klimatische und anthropogene Einflüsse zu erkennen und zu unterscheiden. Es können Reaktionstypen erkannt und Magnitude und Geschwindigkeit der Reaktion des Grundwassers auf klimatische Änderungen

oder Bewirtschaftungsmaßnahmen bestimmt werden.

Die Ergebnisse der beschreibenden Größen wurden standardisiert und sind ein Maß für:

- **delta** = Steigung der geordneten Autokorrelationsmaxima
- **beta** = Verhältnis aus Standardabweichung der Zeitreihe und Standardabweichung des Jahresganges
- **gamma** = Verhältnis aus Abstand der Maxima zum Mittelwert und Minima und Mittelwert

| GLOWaID           | delta        | beta         | gamma        | Mittelwert |
|-------------------|--------------|--------------|--------------|------------|
| 1488              | 2.81         | 2.84         | 0.62         | 1.10       |
| 1657              | 0.32         | 0.75         | 1.33         |            |
| 1689              | 0.28         | -0.13        | 1.11         |            |
| <b>Mittelwert</b> | <b>1.14</b>  | <b>1.15</b>  | <b>1.02</b>  |            |
| 2455              | -0.61        | -0.35        | 0.11         | -0.53      |
| 2485              | -0.70        | -0.50        | -0.30        |            |
| 609               | -0.64        | -0.61        | -1.13        |            |
| <b>Mittelwert</b> | <b>-0.65</b> | <b>-0.49</b> | <b>-0.44</b> |            |



## Zusammenfassung

Untersuchungen zum Einfluss des Klima Wandels (und Globalem Wandel) stehen noch am Anfang. Oft ist es schwer zu identifizieren auf welchen Einfluss eine Änderung des Grundwassers zurück zuführen ist. Das ist besonders bei der Grundwasserqualität der Fall. Ähnlichkeitsuntersuchungen und Abhängigkeitsbetrachtungen von klimatischen Einflüssen können helfen den Einfluss des Klima Wandels zu verstehen.

### Danksagung

Der Dank der Arbeitsgruppe für die Bereitstellung von Daten, einen intensiven Gedankenaustausch und andere Hilfestellungen gilt den folgenden Institutionen:

- Bayerisches Landesamt für Umwelt
- Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau, Baden-Württemberg
- Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg
- Österreichisches Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft
- Österreichisches Umweltbundesamt