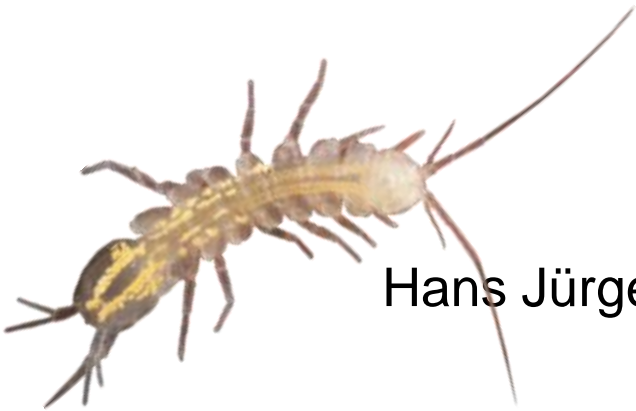


Grundwasserökosysteme unter thermischem Stress

Bewertungs- und Vorhersageansätze



Hans Jürgen Hahn & Cornelia Spengler

Osnabrück, 6. Februar 2018

REGIERUNGSPRÄSIDIUM TÜBINGEN

Grundwassermessstelle

106/715-6 -> 10,5

Kreis 50 mm

Übergang Vollrohr PVC auf Filterrohr PVC

Lebensraum Grundwasser

11:53:17

29.10.2009

9.30m

Tiere des Grundwassers

Photo: K. Grabow & A. Fuchs

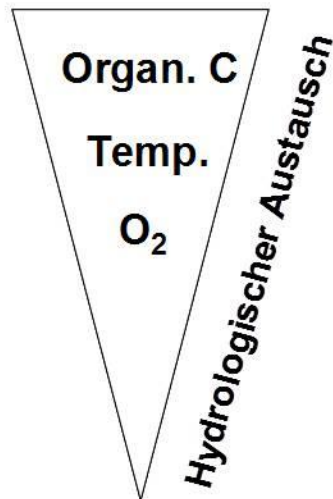


Photo: K. Grabow & A. Fuchs

Extremer Lebensraum mit konstant kühlen Temperaturen.

Durchschnittliche Grundwassertemperatur in Deutschland:
ca. 10 -12 °C

Oberflächenwasser



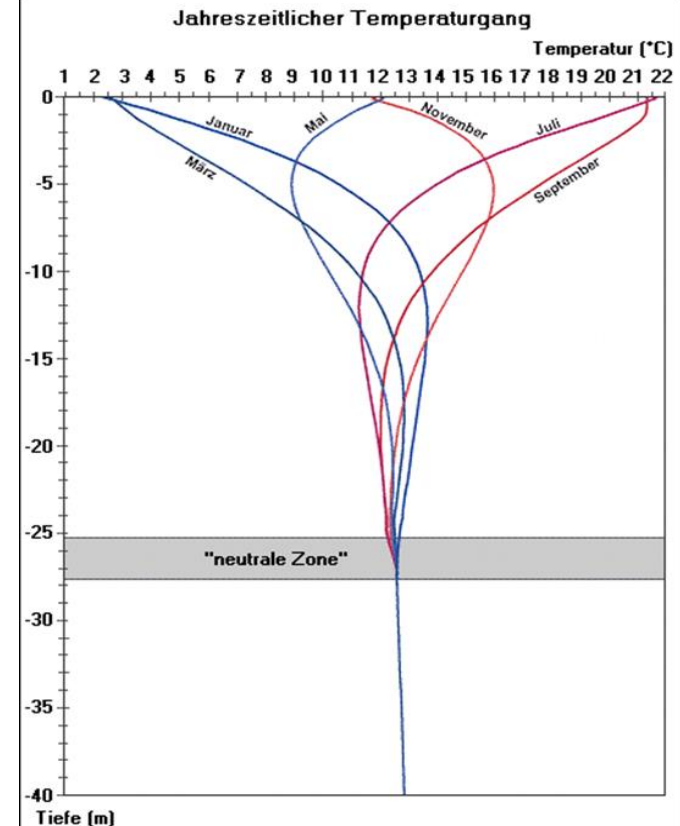
Stygoxene/
Stygophile

Stygobionte

Grundwasser

Abb.: Änderungen der Lebensgemeinschaften im Grundwasser entlang abiotischer Gradienten (SPENGLER, C. & BERKHOFF 2014).

Oberflächengewässer



Grundwasser

Abb.: Schema des Temperaturgangs im Grundwasser im Jahresverlauf (nach SENATSVORWALTUNG - BERLIN 2011).

Ökosystemleistungen

GW-Ökosystemleistungen:

- 1.) Reinigung des GW
- 2.) Offenhaltung der Poren der GW-Leiter
- 3.) Bioindikation

- 4.) Reinigung und Speisung von Oberflächengewässern
- 5.) Biologische Vielfalt

Ökosystemleistungen

Wert des Trinkwassers in Deutschland

Jahresverbrauch: 3,65 Milliarden m³

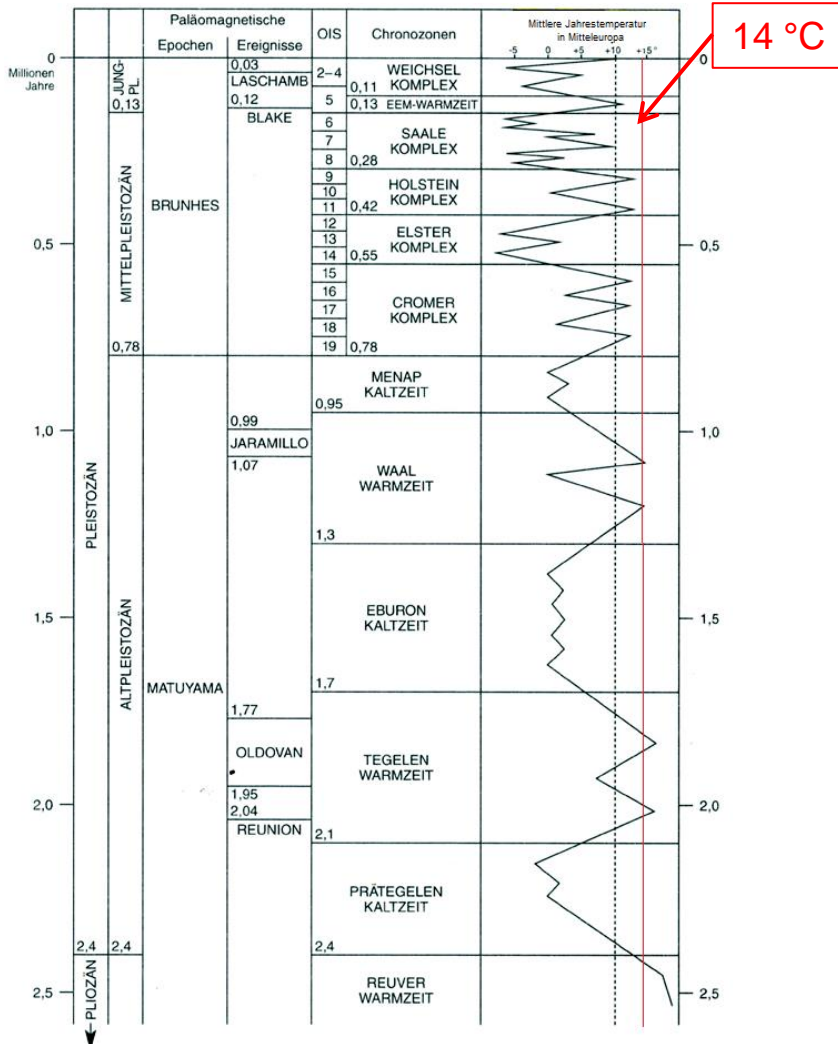
Davon 75 % aus GW: 2,75 Milliarden m³

ca. 5,5 Milliarden €/p.a., nur Privathaushalte

Umsatz Wasserwirtschaft: 15,3 Milliarden €/p.a.

Niedrige Temperaturen seit dem Pleistozän

Temperaturprognosen



- Klimaerwärmung: ? > 2 °C

- Flache Geothermie: ca. 320.000 Anlagen

(GtV Bundesverband Geothermie 2014, Griebler 2015)

Anpassung an niedrige
Temperaturen < 14 °C

Abb.: Zeitliche und klimatische Gliederung des Pleistozän (nach MÜLLER- BECK 2005).

Flache Geothermie: Grundwassererwärmung

Erwärmte Grundwasservorkommen als Model

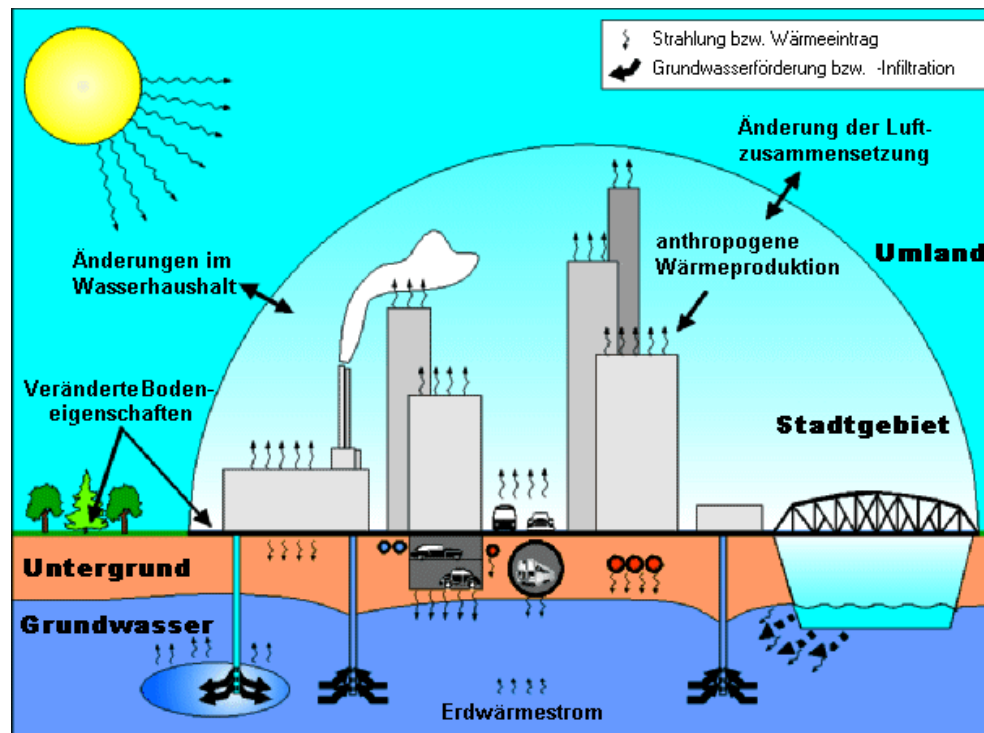


Abb.: Ursachen für die Erwärmung von Grundwasser (SENATSV ERWALTUNG FÜR STADTENTWICKLUNG UND UMWELT - BERLIN 1999)

Rechtliche Situation

- Wärmeeintrag ist eine Verschmutzung (WRRL, Artikel 2, Abs. 33)
- Nicht in dt. Recht umgesetzt
→ Wärmeeintrag als „Benutzung“ oder „Einbringen von Stoffen“ (WHG §3 bzw. §9) behandelt
- Grundwasser ist ein Gewässer (WHG, § 2)
→ nachhaltige Bewirtschaftung: Erhalt von Funktionsfähigkeit & Lebensraum (WHG, § 6)
- Verschlechterungsverbot für Wasserbeschaffenheit (einschl. Biologie, z. B. WHG, § 47 und § 3)
- Leitfäden der Bundesländer teilw. widersprüchlich
→ dortige therm. Grenz- und Deltawerte ohne fachl. Begründung

Hypothesen / Fragen

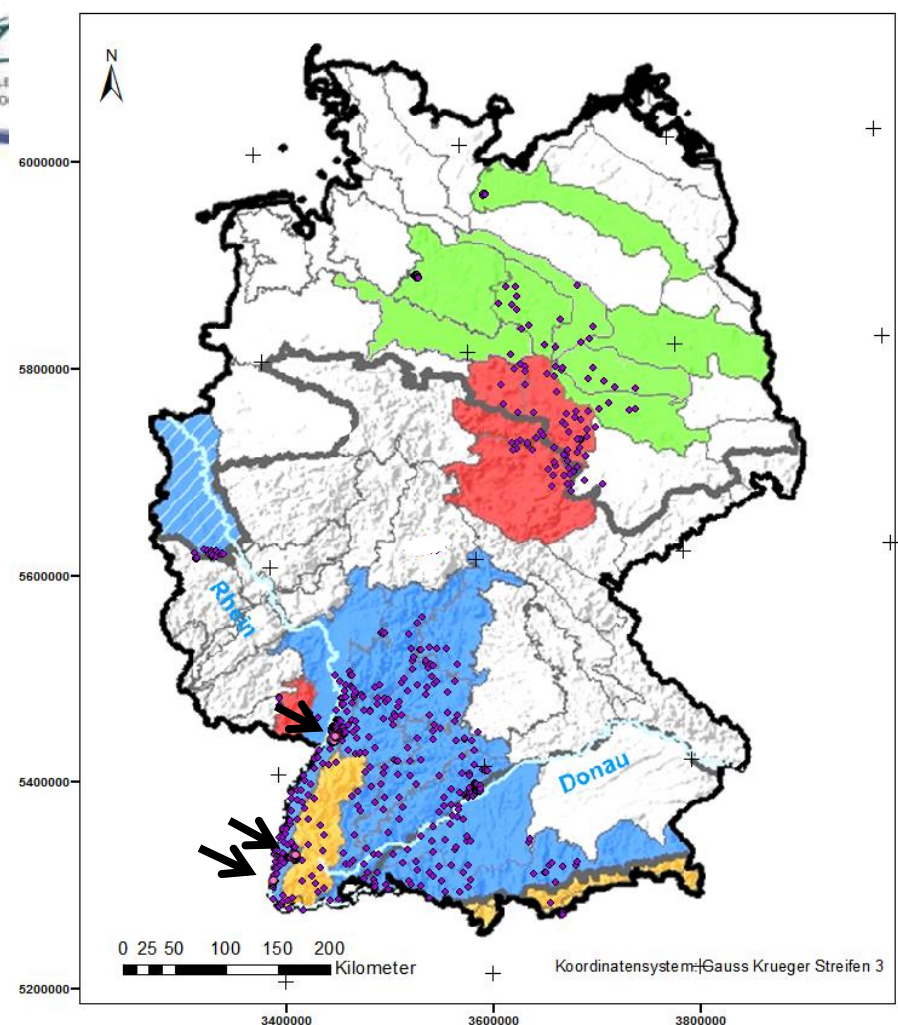
- Temperatur wichtiger Parameter für GW-Ökosysteme
- Viele Grundwasserarten sind **kaltstenotherm** ($< 14\text{ °C}$)
- Erhöhung der GW-Temperatur wirkt sich **negativ** auf Arten & Lebensgemeinschaften aus

Wie wirkt sich Temp.-Erhöhung auf GW-Biologie aus?

Untersuchung

1. Oberrhein: 420 Datensätze
(70 Messstellen, 6 x beprobt).

2. Deutschland: 3.385 Datensätze



Legende

- Untersuchung Oberrheingraben (Teil Synökologie)
- ◆ Deutschlandweite Untersuchung (Teil Autökologie)

Vorgeschlagene Stygoregionen für Mitteleuropa

- Norddeutsche Tiefebene
- Zentrale Mittelgebirge
- Südwestliche Mittelgebirge
- Südwestliche Mittelgebirge (nicht gesichert)
- Südliche Mittelgebirge und nördliche Alpen
- Grenzen der Fließgewässersysteme nach WRRL
- Grenzen der naturräumlichen Haupteinheiten Deutschlands nach Bundesamt für Naturschutz

(Stygo)regionale Unterschiede berücksichtigen!

Ergebnisse: Temperatur wichtiger Parameter für GW-Ökosysteme !

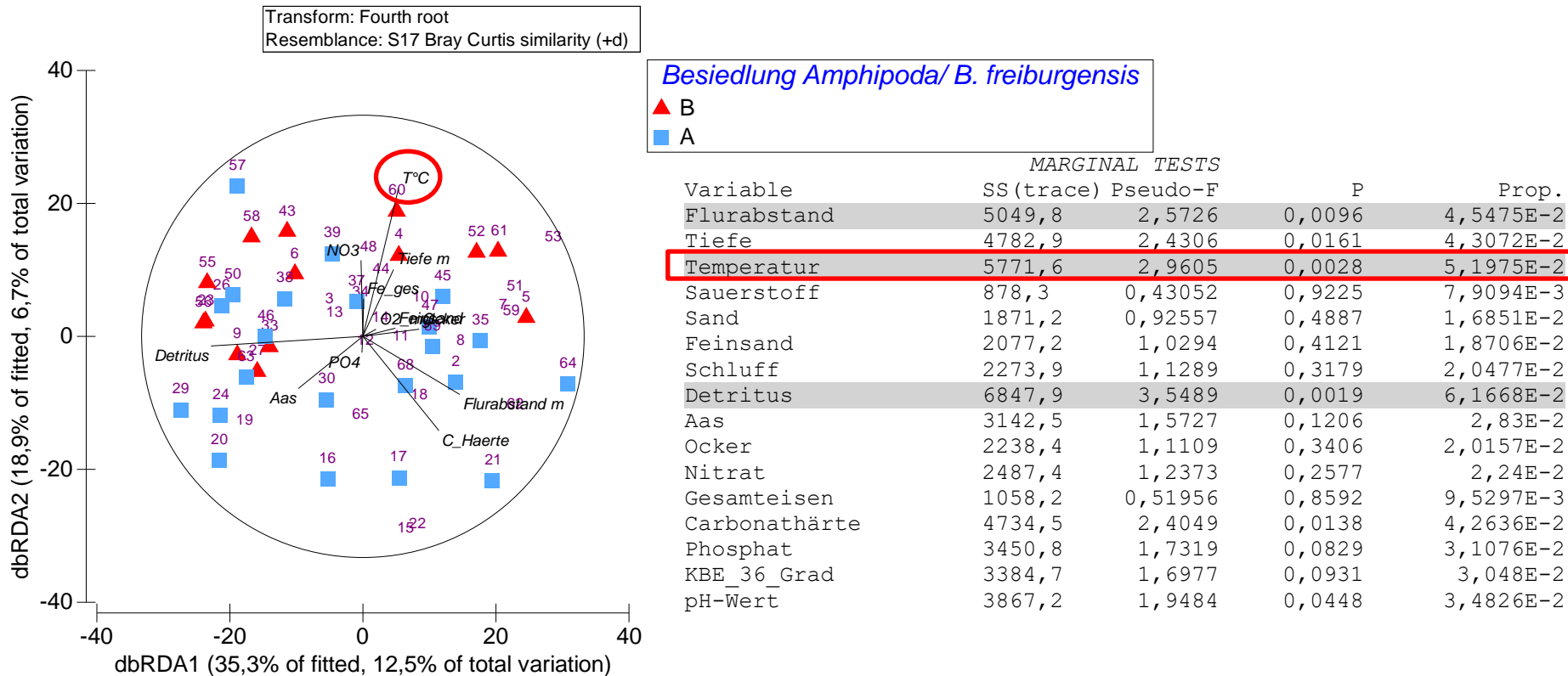
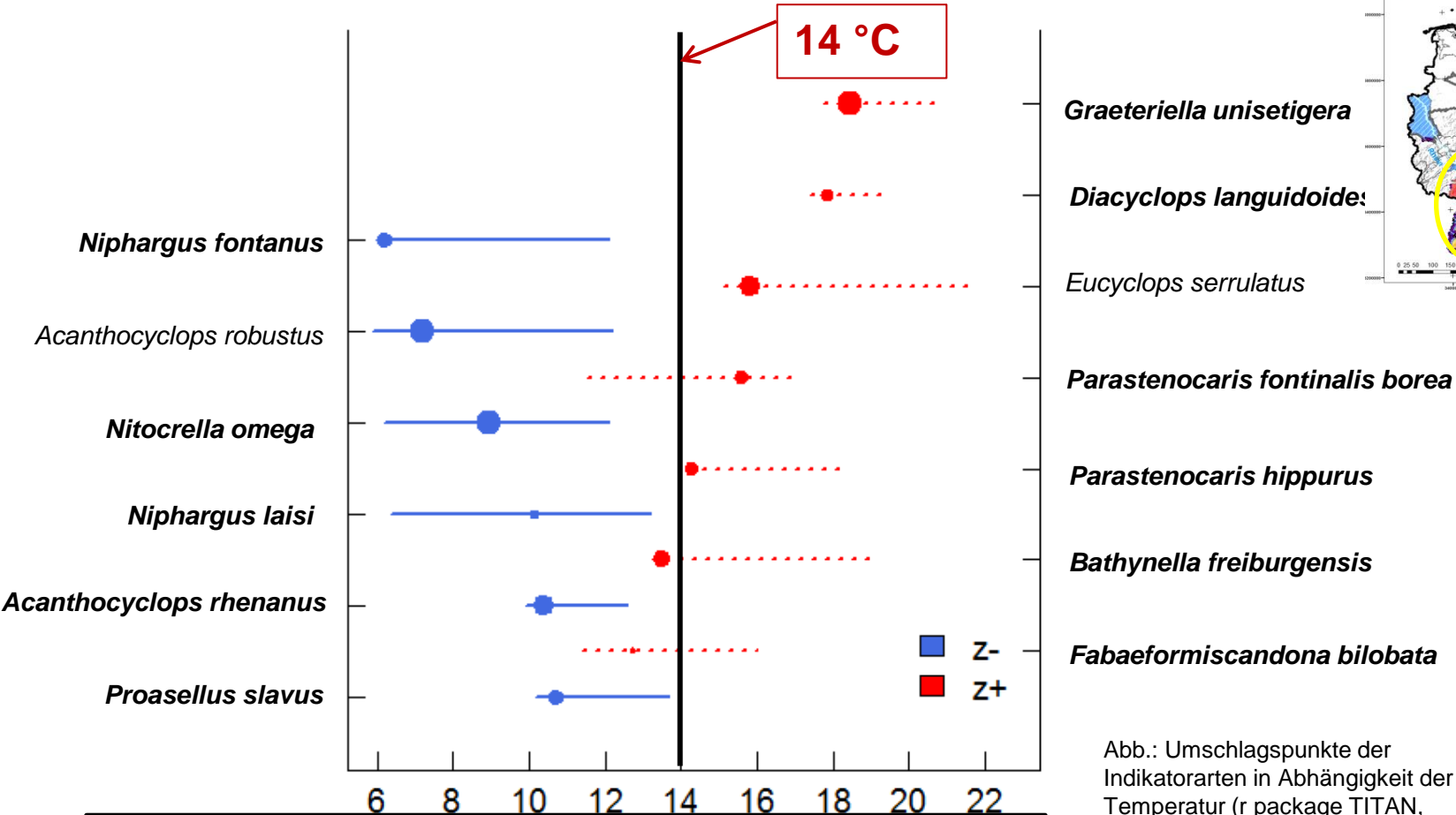
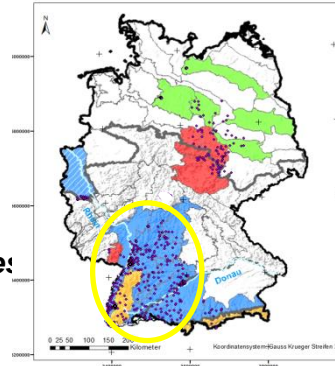


Abb.: DISTLM Ergebnis und dbRDA anhand der Crustaceagemeinschaften mit Kennzeichnung der faunistischen Gruppen
 B: Messstellen, die von *B. freiburgensis* besiedelt sind, A: Messstellen, die von Amphipoden besiedelt sind. Es wurden ausschließlich „abiotisch geeignete“ Messstellen berücksichtigt.

Ergebnisse: Viele Grundwasserarten sind kaltstenotherm (< 14 °C)!

Umschlagspunkte **kaltstenothermer Arten (z-)** und **andere Indikatorarten (z+)**



Grundlage für thermische Bewertung

Abb.: Umschlagspunkte der Indikatorarten in Abhängigkeit der Temperatur (r package TITAN, Baker & King 2010).
Fettgedruckte Arten gelten als stygobiont, n = 1520.

Ergebnisse: Erhöhung der GW-Temperatur wirkt sich negativ auf Arten & Lebensgemeinschaften aus !

Umschlagspunkte **kaltstenotheimer Arten (z-)** und **andere Indikatorarten (z+)**

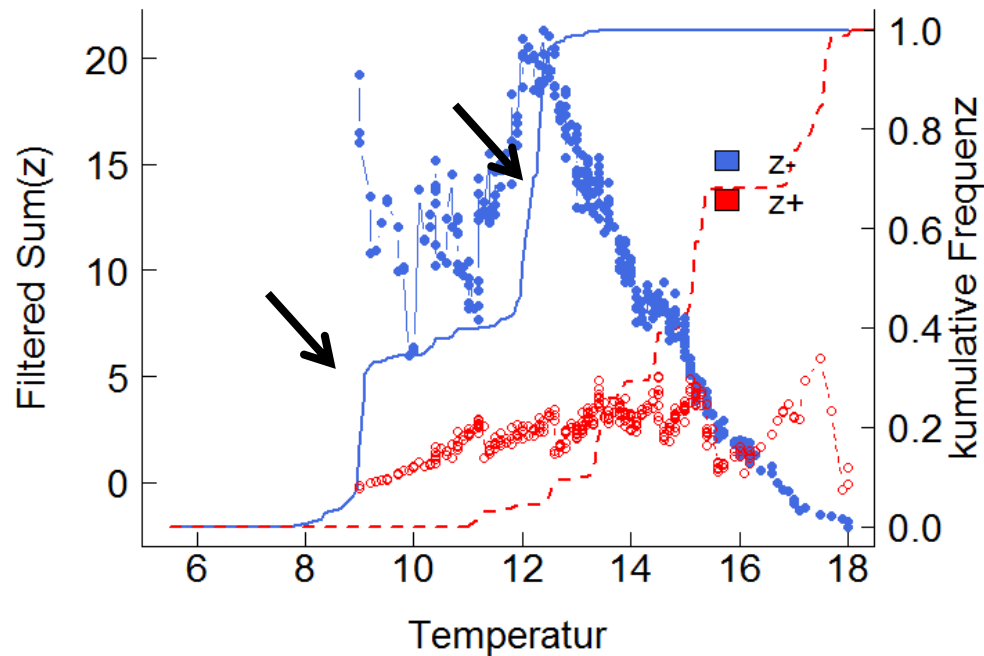


Abb.: Temperaturschwellenwert für das Untersuchungsgebiet **Ober rheingraben** auf Lebensgemeinschaftsniveau (Crustacea, $n = 330$). Abgebildet sind die Summen der taxonspezifischen z scores (transformierte Indikatorwerte) der beobachteten potentiellen Umschlagspunkte (x_i) (Punkte) und die kumulative Häufigkeitsverteilung der Umschlagspunkte (x_{\dots}) aus 500

Umschlagspunkte der GW-Gemeinschaften: Schwellenwerte

Lufttemperatur Jahr 2017 Temperature Year 2017

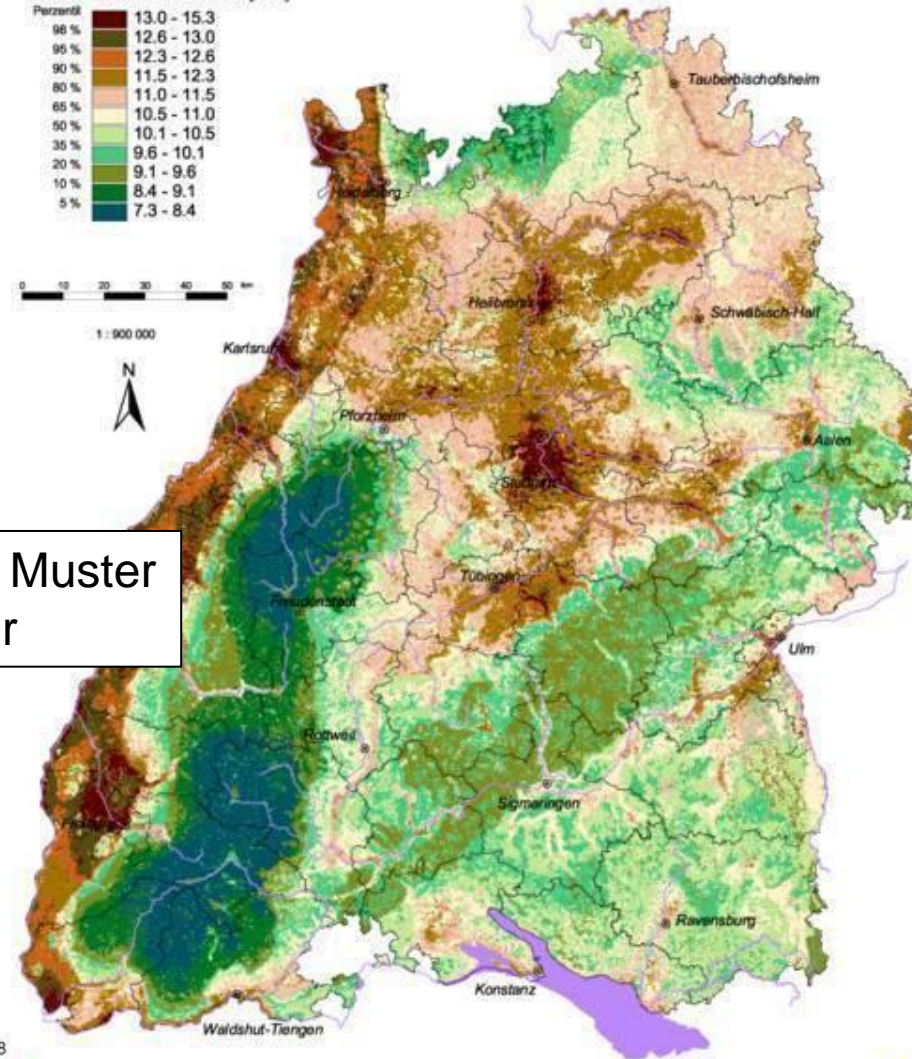
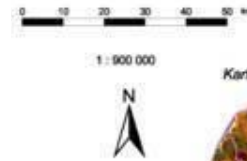
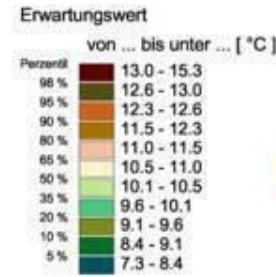
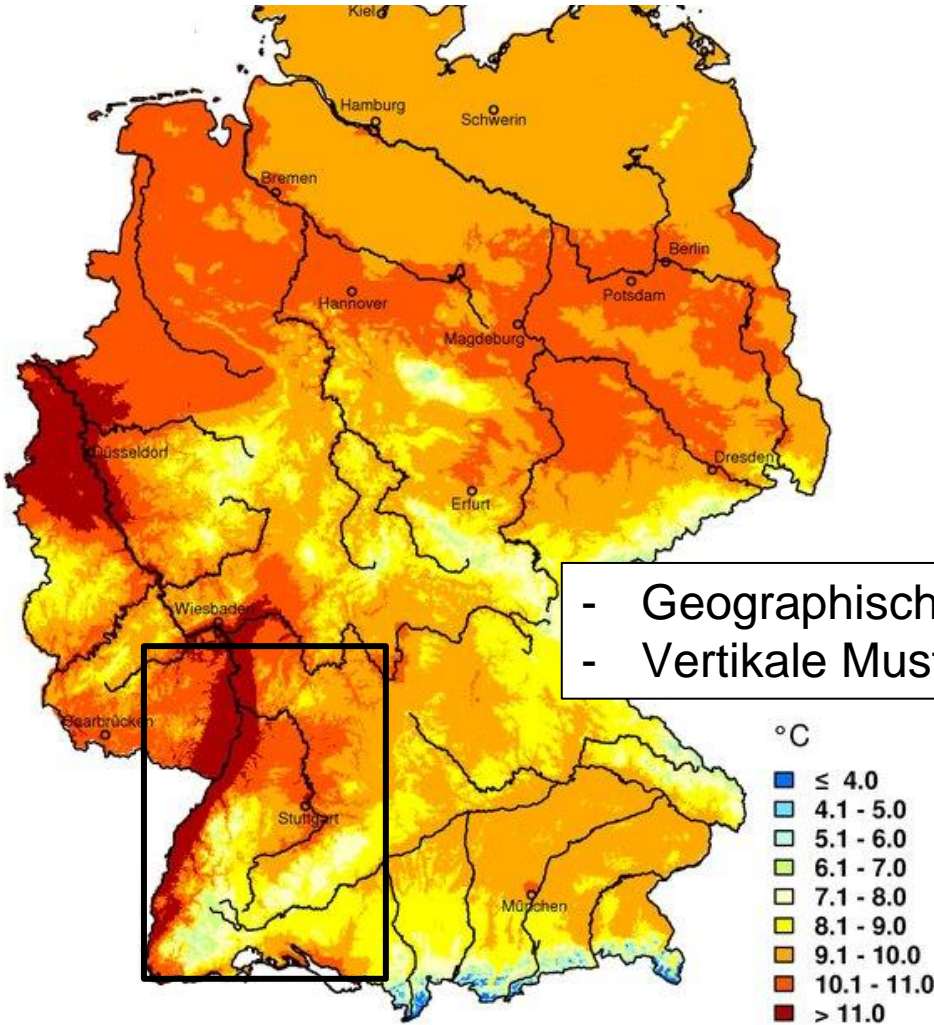
Regionalisierte Schwellenwerte

Grundwasser- Temperatur

Medianwerte 1990-1999

Baden-Württemberg

Datenbasis und Verfahren
2846 Messstellen, davon 2846 mit Median > Bestimmungsgrenze
Simple Updating Kriging
Gruppierung Landnutzung / Geologie



© Deutscher Wetterdienst 2018

Diese Karte wurde am 02.01.2018 mit den Daten aller Stationen aus den Messnetzen des DWD erstellt.
This chart was produced on January 02, 2018 using data of all stations of the networks of DWD.



Klimawandel

**Viele Grundwasserleiter erreichen zukünftig
Temperaturen über 14 °C**

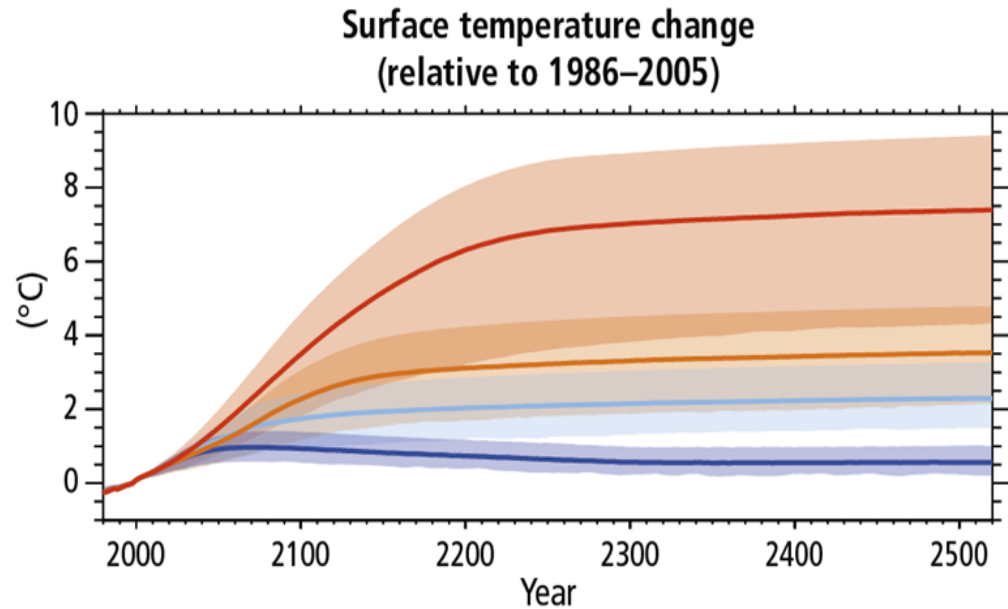


Abb.: Derzeitige und Prognostizierte mittlere globale Temperaturveränderung an der Erdoberfläche. Temperaturveränderungen entsprechend der Emissionsszenarien, die Schattierung zeigt die Standardabweichung innerhalb der Temperaturen pro Jahr an (IPCC 2015).

Klimawandel: Kalte Refugien

Kalte Refugien, z. B. kalte GW-Ströme (Gießen)



Kalte Refugien



Außergewöhnliche Vielfalt
der Grundwasserfauna



Germany's
Superwell

Lfd. Nr.		63
	<i>Cyclopoida</i> sp	
	<i>Acanthocyclops</i> sp	2
	* <i>Acanthocyclops robustus</i>	
	<i>Acanthocyclops sensitivus</i>	4
	<i>Acanthocyclops rhenanus</i>	11
	<i>Acanthocyclops venustus</i>	7
	<i>Diacyclops</i> sp	8
	<i>Diacyclops languidus</i>	
	<i>Diacyclops languidoides</i>	19
	* <i>Eucyclops</i> sp	
	* <i>Eucyclops serrulatus</i>	
	<i>Graeteriella boui</i> cf	
	<i>Graeteriella laisi</i>	
	<i>Graeteriella unisetigera</i>	2
	* <i>Paracyclops fimbriatus</i>	
	<i>Elaphoidella elaphoides</i>	
	<i>Nitocrella omega</i>	291
	<i>Parastenocaris</i> sp	
	* <i>Parastenocaris brevipes</i>	1
	<i>Parastenocaris germanica</i>	
	<i>Parastenocaris hippurus</i>	
	<i>Parastenocaris psammica</i>	
	<i>Parastenocaris fontinalis borea</i>	
	Ostracoda	
	<i>Fabaeformiscandona bilobata</i> / b	27
	<i>Fabaeformiscandona wegelini</i>	
	<i>Pseudocandona</i> sp	12
	<i>Pseudocandona zschokkei</i>	1164
	<i>Mixtacandona laisi</i>	446
	<i>Candona</i> sp	6
	<i>Cryptocandona kieferi</i>	2
	<i>Niphargus</i> sp	2
	<i>Niphargus aquilex</i>	1
	<i>Niphargus kieferi</i>	2
	<i>Niphargus laisi</i>	5
	<i>Niphargus auerbachii</i>	2
	<i>Niphargus fontanus</i>	33
	<i>Crangonyx subterraneus</i>	5
	<i>Bogidiella albertimaghi</i>	
	<i>Niphargopsis caspary</i>	161
	<i>Proasellus</i> sp	10
	<i>Proasellus cavaticus</i>	11
	<i>Proasellus slavus</i>	59
	<i>Proasellus walteri</i>	8
	<i>Bathynella</i> sp	
	<i>Bathynella freiburgensis</i>	
	<i>Bathynella natans</i>	
	Nematoda	109
	Oligochaeta	6
	<i>Troglochaetus beranecki</i>	

Zusammenfassung

Hypothesen bestätigt:

- Temperatur Schlüsselparameter für GW-Ökosysteme
- Viele Grundwasserarten sind **kaltstenotherm** ($< 14 \text{ °C}$)
- Erhöhung der GW-Temperatur wirkt sich **negativ** auf Arten & Lebensgemeinschaften aus

Rechtl. Lage der GW-Ökosysteme diffus

Bisher keine fachl. begründete Delta- u. Schwellenwerte

- ➔ - Wir benötigen regionalisierte, ökolog. Schwellenwerte für das therm. Management des GW**
- Therm. Bewertung ist möglich**

Wir danken:

Hans **Böckler**
Stiftung 

LU:W

Freiburg 
IM BREISGAU

badenova
Energie. Tag für Tag




Karlsruhe

 **Stadtwerke
Karlsruhe**
Besser versorgt, weiter gedacht.