



Charakterisierung, Bewertung und Management
von urbanen Grundwasserleitern

Runder Tisch „Geothermische Nutzungen in Berlin“

Umwelteffekte Geothermie – Wissensstand und offene Fragen

Dr. Maria Avramov, BUND Berlin



Das Grundwasser: ein lebendiges Ökosystem



Muschelkrebs
(Ostracoda)



Hüpferling
(Cyclopoida)



Fadenwurm
(Nematoda)



Wenigborster
(Oligochaeta)



Milbe
(Acari)



Strudelwurm/ Planarie
(Plathelminthes/
„Turbellaria“)

Stygobionte Grundwassertiere:

- auf allen Ebenen sparsam (Reduktion von Augen und Pigmenten)
- verlangsamter Stoffwechsel, hohe Hungertoleranz, sparsame Bewegungsaktivität
- langsame Reproduktion
- wenige Nachkommen
- Langlebig
- meist kaltstenotherm (an einen engen, gleichbleibend niedrigen Temperaturbereich angepasst)

+ Bakterien, Viren, Pilze, Protozoen, u.a.

Die Temperatur wirkt auf...



- Enzymatische Aktivitäten und den Stoffwechsel von Organismen, die Phänologie, die Zusammensetzung der Lebensgemeinschaften und die Artenvielfalt
- Biogeochemische Prozesse, Lösungsprozesse und Adsorptions/Desorptions-Gleichgewichte von Partikeln, Gasen und gelösten Stoffen
- Stoffkreisläufe und die Wasserqualität

Mit steigender Temperatur kommt es unter anderem zu ...

- Einer geringeren Löslichkeit von Sauerstoff
- Änderungen der Viskosität
- Mobilisierung von organischen Verbindungen (inkl. Schadstoffen)
- Mobilisierung von Schwermetallen

✱ Fokus auf die Wirbellosen-Fauna ✱

Was ist die natürliche GW-Temperatur?

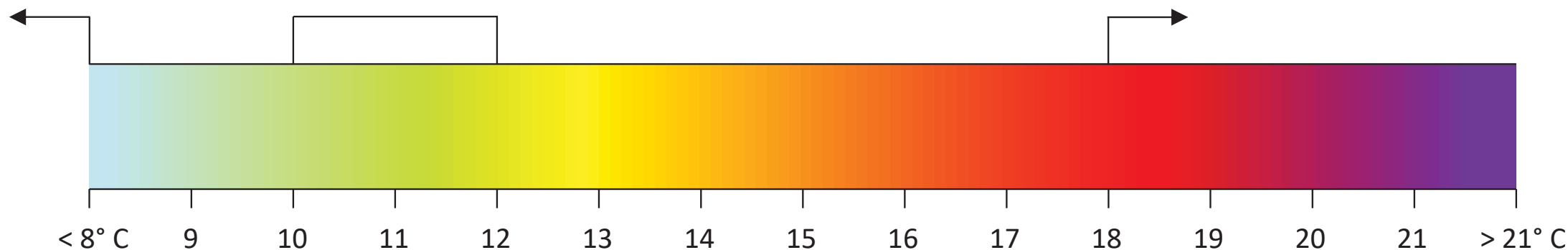


Natürliche Temperaturen

Hohe Gebirgslagen,
Skandinavien

Zentraleuropa

Mittelmeerraum



Urbane Messwerte

< 9,5 in Berlin:
z.B. am Stadtrand,
naturnahe Waldflächen

9,7 - 16 in Berlin im Hauptgrundwasserleiter
(Daten: 2015-2022, Wasserportal Berlin)

In Berlin:

- ➔ vielerorts anthropogen überprägt
- ➔ Effekte auf die faun. Besiedlung?

Was beeinflusst die faunistische Besiedlung?

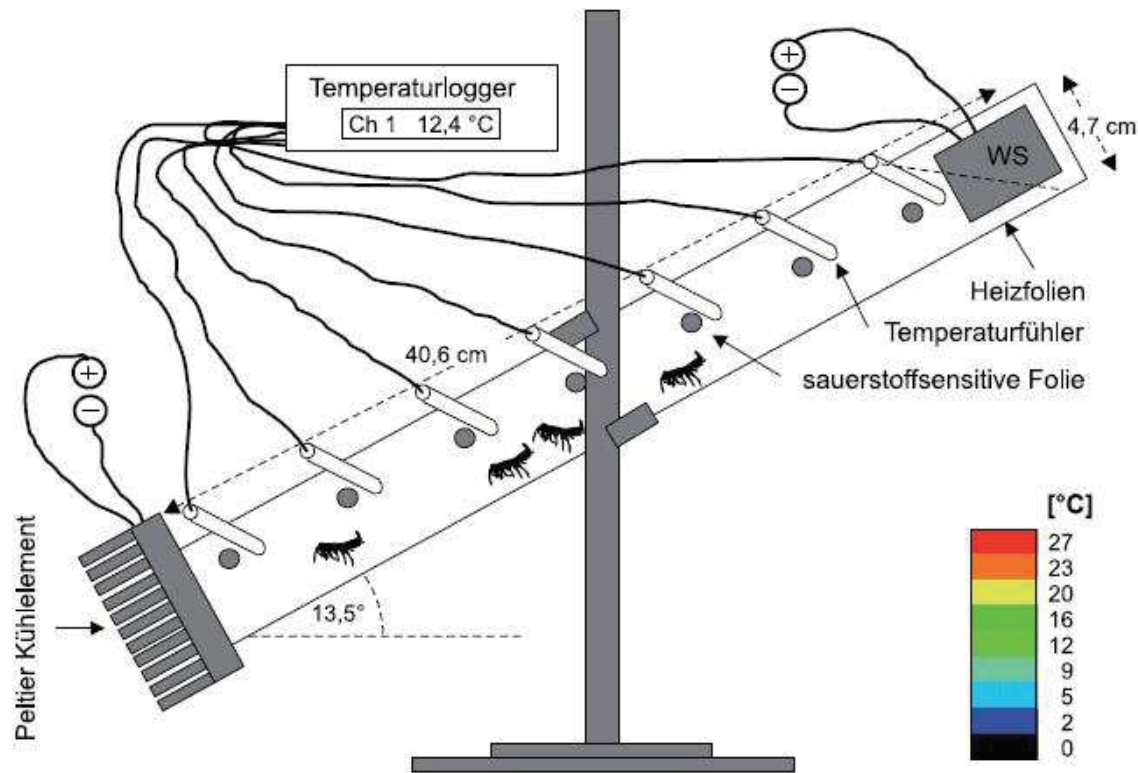


✳ Ob Grundwasserfauna an einem Standort vorgefunden wird oder nicht, ist immer eine Mischung aus vielen Faktoren, u.a.:

- Einer Mindestmenge an gelöstem Sauerstoff
- Einer ausreichenden Nahrungsverfügbarkeit
- Ausreichend großen Lückenräumen
- Der kleinräumigen Habitatheterogenität
- Der biogeografischen Besiedlungsgeschichte
- Den geografischen Besiedlungsräumen der einzelnen Spezies
- Dem Aquifertyp und den hydrogeologischen Gegebenheiten (Stygoregion)
- Der artenspezifischen Toleranz der Organismen gegenüber anthropogenen Stressoren

➔ **Laborversuche + großräumige repräsentative Freilandstudien mit wiederholten Beprobungen**

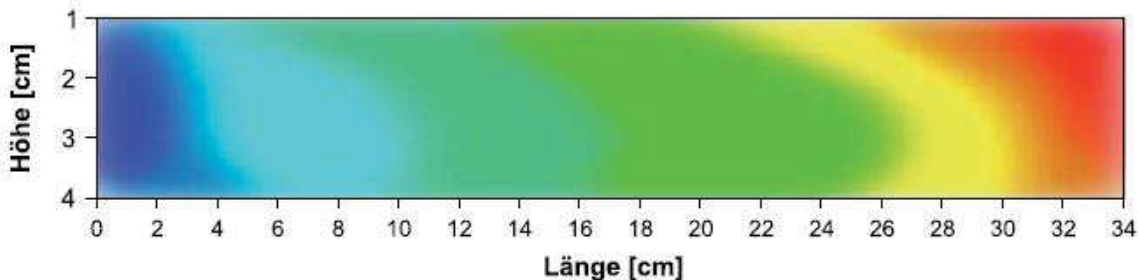
Laborexperiment: Temperaturgradientenkammer



Amphipoda:
Niphargus inopinatus
(Höhlenflohkrebs)

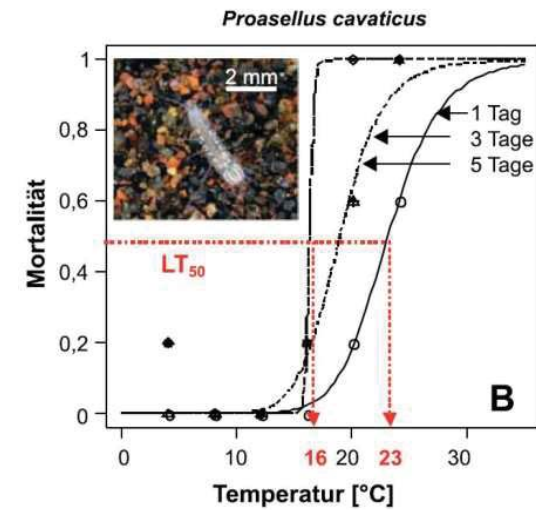
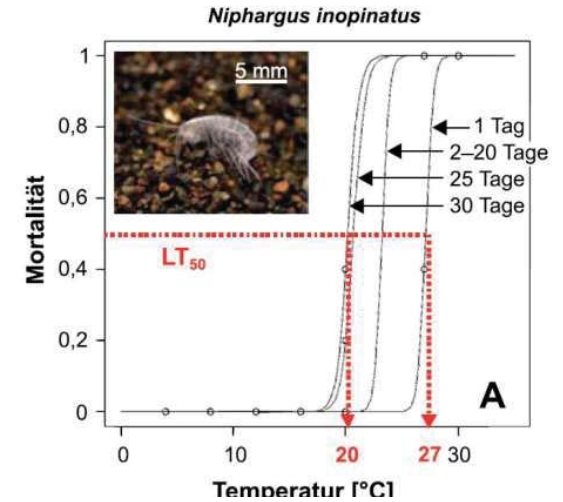
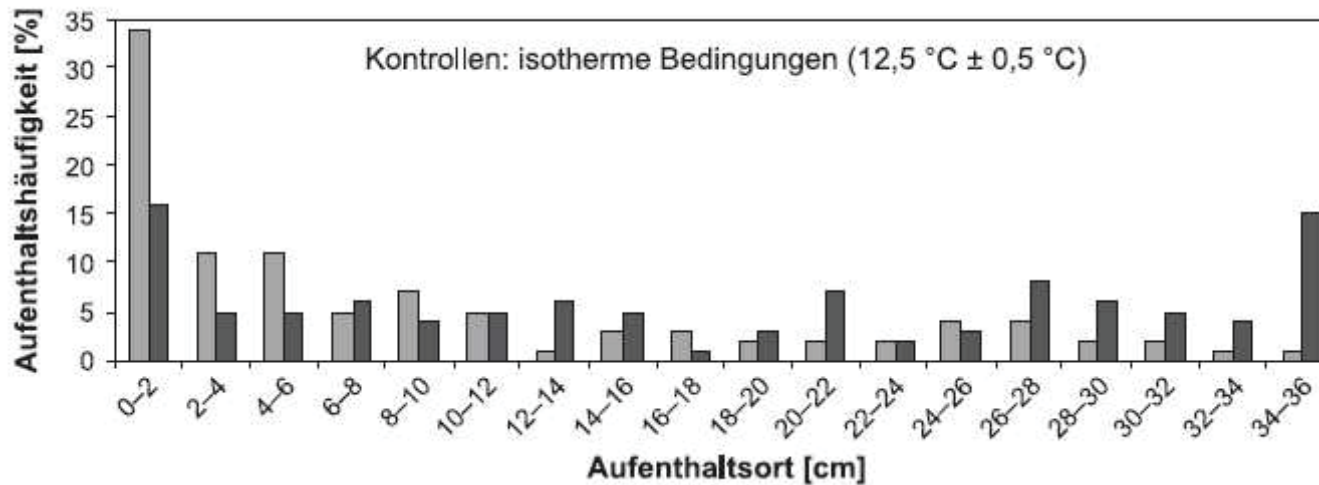
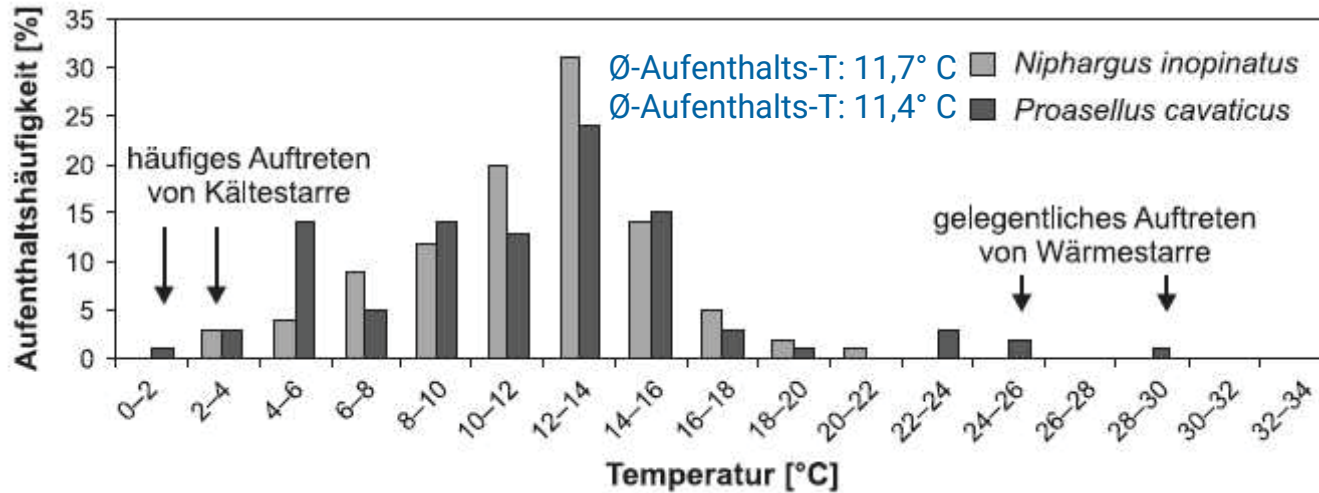


Isopoda:
Proasellus cavaticus
(Höhlenassel)



Quellen: Ferraro (2009), Schreglmann (2010), Brielmann et al. (2011);
Fotos: Günter Teichmann, Helmholtz Zentrum München.

Laborexperiment: Temperaturgradientenkammer

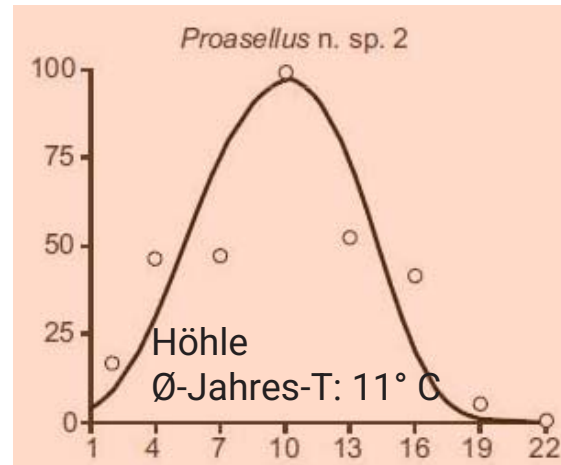
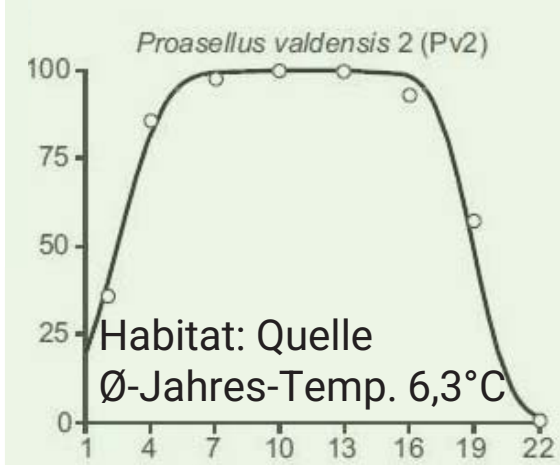
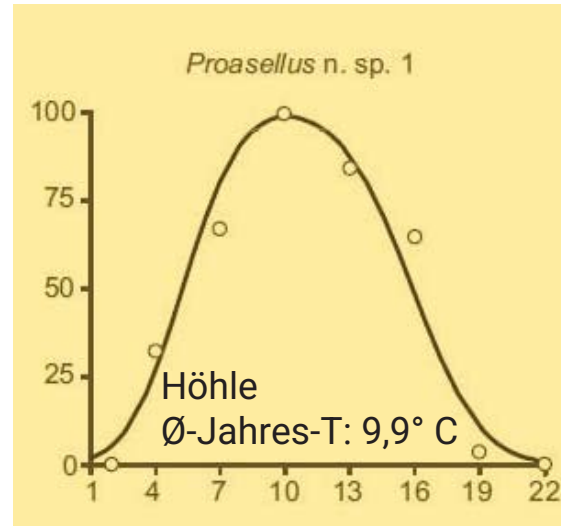
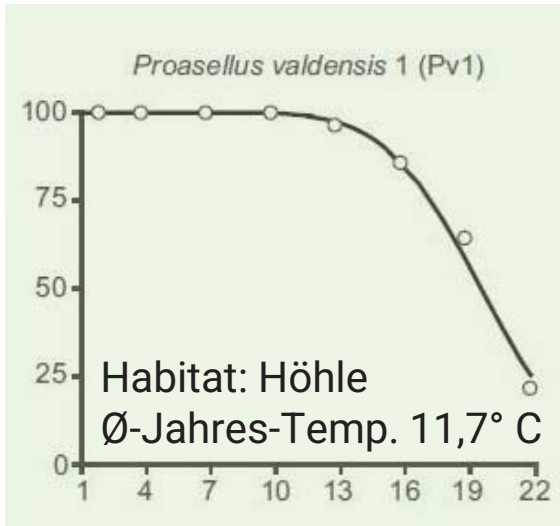


Quellen: Ferraro (2009), Schreglmann (2010), Brielmann et al. (2011)

Effekte der Temperatur: letale Effekte



Anteil überlebender Tiere (%)

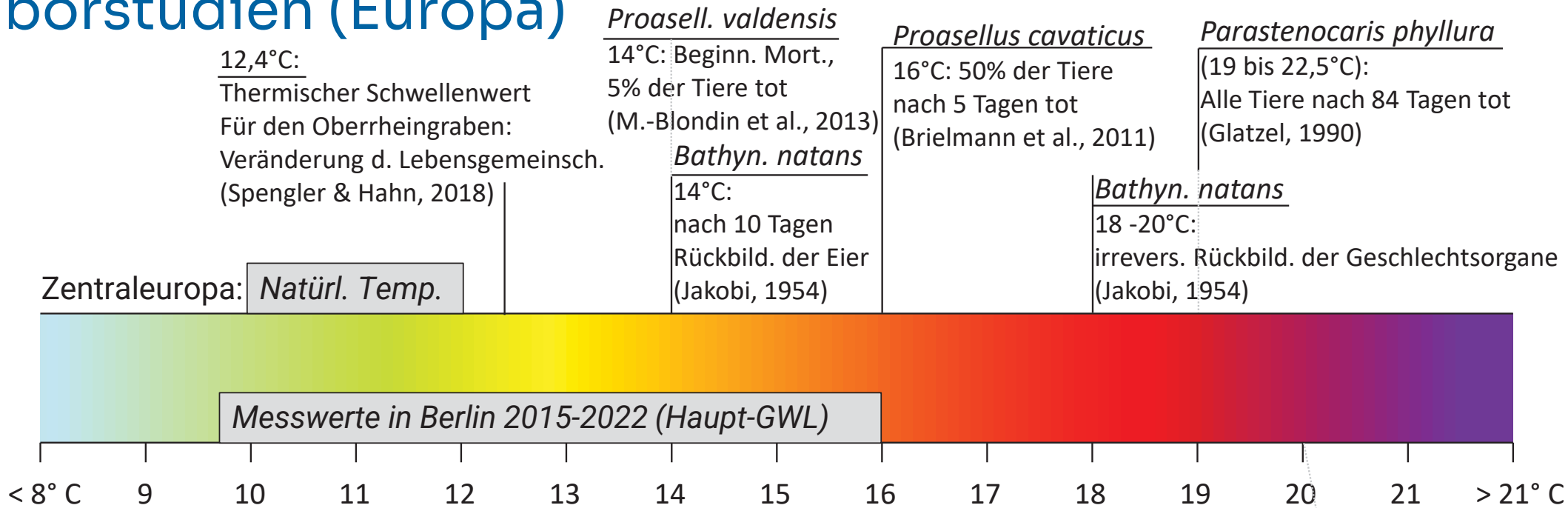


Temperatur (°C)

- Anzahl der überlebenden Tiere bei jeweils 2, 4, 7, 10, 13, 16, 19 and 22° °C
 - Akklimatisierung aller Tiere bei 10° C für 15 Tage; Expositionszeit: 3 Monate
 - Langsamer Temperaturanstieg (1° C alle 4,5 Tage)
 - *Proasellus valdensis*: in der Französischen Jura, den Alpen und in den Voralpen verbreitet; geogr. **Verbreitungsgebiet ca. 10.000 km²**
 - Die beiden Arten *Proasellus n.sp.*: auf einen einzigen Kalkstein-Aquifer beschränkt; **Verbreitungsgebiet < 50 km²**
- ➔ Die Toleranzbreite, in der 95% der untersuchten Organismen überleben konnten, war kleiner als 4 K!

Quelle: Mermillod-Blondin et al. (2013),
The Journal of Experimental Biology 216, 1683-1694

Effekte der Temperatur auf Grundwasserfauna: Laborstudien (Europa)



Wichtig zu unterscheiden:
aus welcher Temperatur stammen die Tiere und welcher T.-Varianzbreite sind sie ausgesetzt?

Nicht immer sind Studien direkt vergleichbar.

Proasellus n.spp. 1+2
11° bzw. 11,8°C:
Beginnende Mortalität
5% der Tiere tot
(Mermillod-Blondin et al., 2013)

Niph. rhenorhodanensis
und
Niph. virei
14°C: sprunghafter Anstieg der Kiemenbewegungen/
Ventilationsaktivität
(Issartel et al., 2005)

Niph. rhenorhodanensis
17°C: 50% der Tiere nach 3 Monaten tot
--> 6K über nat. Temp.
(Colson-Proch et al., 2010)
Niph. virei

Proasell. cavaticus
20°C: alle Tiere nach 5 Tagen tot
(Briellmann et al., 2011)

17°C: 50% der Tiere nach 3 Monaten tot
(Issartel et al., 2005)

Empfehlungen aus der Literatur



- Eine moderate Veränderung des Temperaturregimes **in unbelasteten/gering-belasteten oxischen Grundwasserökosystemen** hat in der Regel einen nur geringen Einfluss auf die Wasserqualität und (mikrobielle) Ökosystemfunktionen (Griebler et al., 2017)
- Es werden bereits **bei geringfügigen Temperaturerhöhungen Veränderungen in den Lebensgemeinschaften** beobachtet (z.B. im Oberrheingraben ab 12,4° C bei einer Durchschnittstemperatur im GW bei 11-12 °C: Spengler & Hahn, 2018) und zum Teil auch in der Biodiversität der Fauna (z.B. Brielmann et al., 2011)
- Mittelfristig führen Temperaturen **>14°C zu subletalen Effekten** und langfristig zu einer **erhöhten Mortalität** innerhalb der GW-Fauna (s. Literatur-Übersicht auf Folie 9)
- Lokale anthropogene Wärmeeinträge sollten **keine dauerhafte und großflächige Grundwassererwärmung über 14 °C** zur Folge haben. Thermische Einträge sollten überwacht und bewertet werden (Spengler, C., 2017, Dissertationsschrift)
- Da Temperaturen **über 20 °C** für alle bisher getesteten stygobionten Invertebraten in Abhängigkeit von der Versuchsdauer **kritisch** waren, sollte diese Temperatur beim derzeitigen Wissensstand **nicht überschritten und nur zeitlich bzw. räumlich begrenzt realisiert** werden (Brielmann et al., 2011).

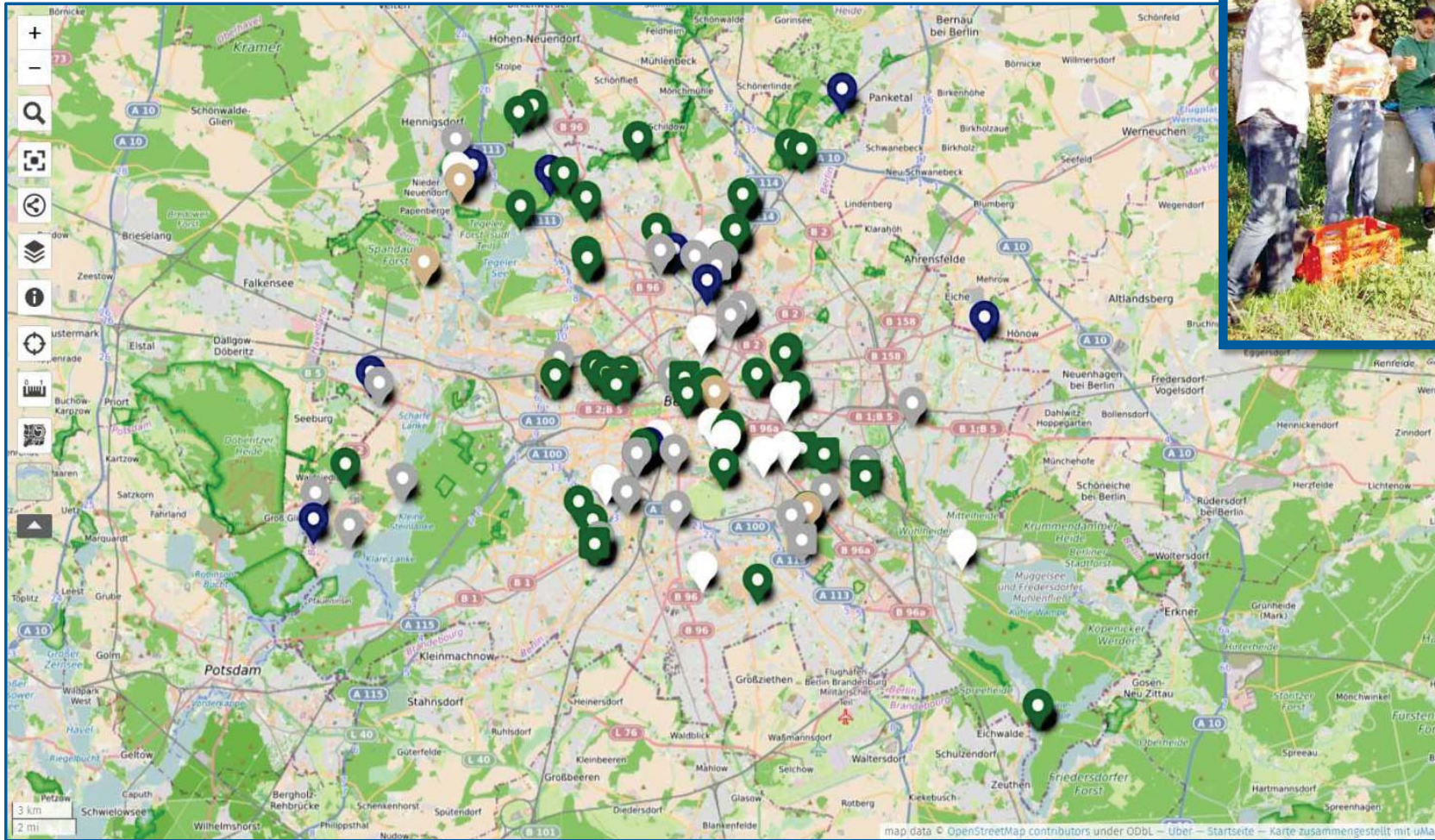
Tiefengeothermie

ein Plädoyer für den „umfassenden Blick“



- Potenzielle Auswirkungen der Bohrungen werden vor allem die lokale Mikrobiologie betreffen, da in den genutzten Tiefen **die Bedingungen für Stygofauna naturgemäß lebensfeindlich** sind (Hypothese)
- Risiken für den Hauptgrundwasserleiter und für sein Grundwasser-Ökosystem: vor allem im Zusammenhang mit einem **möglichen hydraulischen Kurzschluss** denkbar (z.B. aufgrund technischer Fehler bei der Abdichtung der Bohrungen oder infolge seismischer Ereignisse) oder durch **Schadstoffeinträge beim Bau bzw. austretenden Schadstoffen bei Leckagen**.
- Bei der Abschätzung der Umweltauswirkungen sollte der **komplette Lebenszyklus** der Anlagen betrachtet und mitgedacht werden (Bohrung/Nutzungsbetrieb/Stilllegung/Rückbau/Entsorgung).
- **Transparente, wissenschaftsbasierte und differenzierte Kommunikation** mit allen Chancen und Risiken ist die Voraussetzung für eine hohe Akzeptanz. Zudem: Klärung der **Haftung** bei potenziellen Schäden.
- **Vernetzung und transparenter Wissensaustausch bei den Betreibern der Anlagen:** um Umweltrisiken fortlaufend zu minimieren, aus Fehlern zu lernen, den Erkenntnisgewinn im Sinne der Allgemeinheit voranzubringen.
- **Biologisch-ökologisch ausgerichtete Begleitforschung** kann einen sinnvollen Beitrag zur besseren Charakterisierung der regionalspezifischen Bedingungen vor Ort und somit zur Steigerung der Sicherheit leisten, aber auch zur **Grundlagenforschung**.

GW-Faunabeprobungen in Berlin (BUND-Berlin & Grundwasser-Pat*innen)



Quelle: <https://www.charmant-grundwasser.de/mitmachen/>

GW-Temperaturen in Berlin 2020

(20 m unter Geländeoberfläche)

Ehem. Flughafen Berlin Tegel,
Jungfernheide,
Teile vom Tegeler See

Großer Tiergarten

Brennerberg
(Pankow)

121 Hüpferlinge
183 Muschelkrebse
63 Ringelwürmer
1 Milbe
4 Strudelwürmer
11 Larven
Ruderfußkrebse

Spandauer
Forst

Grundwassertemperatur in °C



Messkampagne (2020)

- Grundwassermessstelle: Temperaturlog
- Temperaturmessstelle: Temperaturlog
- Grundwassermessstelle: punktueller Messwert

Messwerte extrapoliert aus älteren Messungen (2015-2019)

- ▲ Grundwassermessstelle: Temperaturlog
- ▲ Temperaturmessstelle: Temperaturlog

Friedrichshagen, Treptow-Köpenick
Großer Müggelsee

Offene Fragen



- Geografische Verbreitungsgebiete vieler Arten noch unbekannt; viele Spezies noch nicht einmal beschrieben
- Regionale Unterschiede im Artenspektrum und der artenspezifischen Wärmetoleranz
- Migrationsverhalten, –Geschwindigkeit, –Hindernisse
- Funktionelle Redundanz überall möglich?
- Rekolonisationspotenziale und erforderliche Größe von unterirdischen „Trittsteinbiotopen“
- Lebensgemeinschaften im tiefen Grundwasser
- Ökologische Auswirkungen von Additiven (Korrosionsschutzmittel, Biozide, etc.) und Wege zur Steigerung der Transparenz
- Vorsorge („Plan B“) und Haftungsfragen in Schadensfällen

Offene Frage:

Wie schaffen wir es, gemeinsam den goldenen Mittelweg zu finden – hin zu einer **grundwasserökologisch-verträglichen** Energiewende?



Charakterisierung, Bewertung und Management
von urbanen Grundwasserleitern

Vielen Dank

für die Aufmerksamkeit

