



Ergebnisse des Langzeitmonitorings an Heilquellen des Oberen Vogtlandes

Manuela Voßberg
Thomas Daffner
Ulrike Schöbel
Max Rudolph

UBV Umweltplanungs- und Betriebsgesellschaft mbH Vogtland
TU Dresden, Institut für Grundwasserwirtschaft

Quellaustrittsfläche
Wetтинquelle zu Bad Brambach

KNOTE
Marienquelle zu Bad Elster [1]





Gliederung

Ergebnisse des Langzeitmonitorings an Heilquellen des Oberen Vogtlandes

1. Motivation

2. Einflussfaktoren auf die Heilquellen

Geologie/Tektonik und Hydrogeologie

Gase

Quellnahe Oberflächengewässer

Niederschlag/Temperatur/Grundwasserneubildung

Quellfassung

3. Ergebnisse Langzeitmonitoring

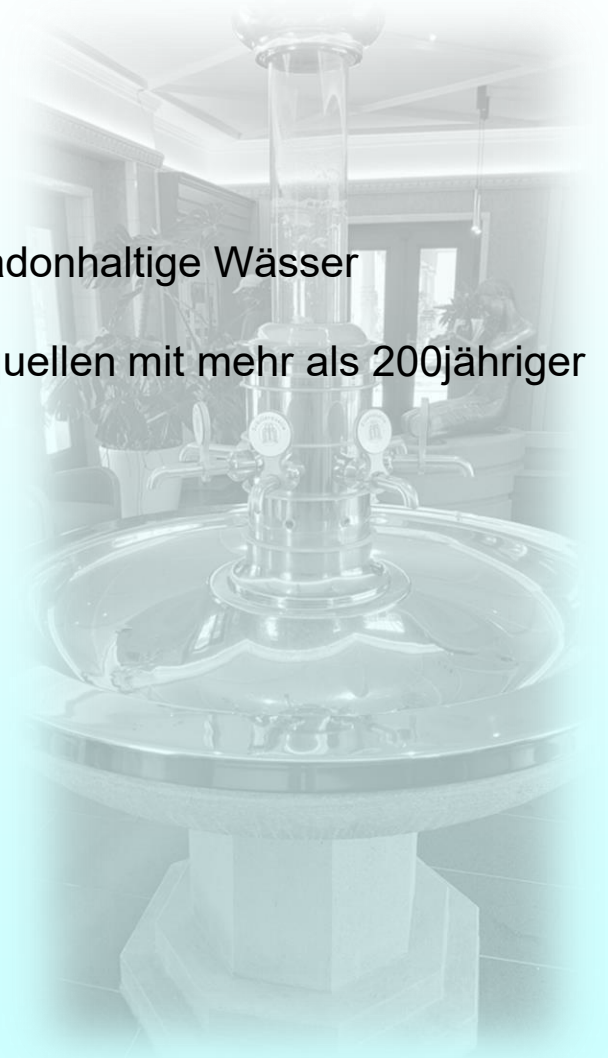
am Beispiel von Heilquellen in Bad Brambach

Ausbau / Schüttung / Mineralisation / Gas / Altersstruktur

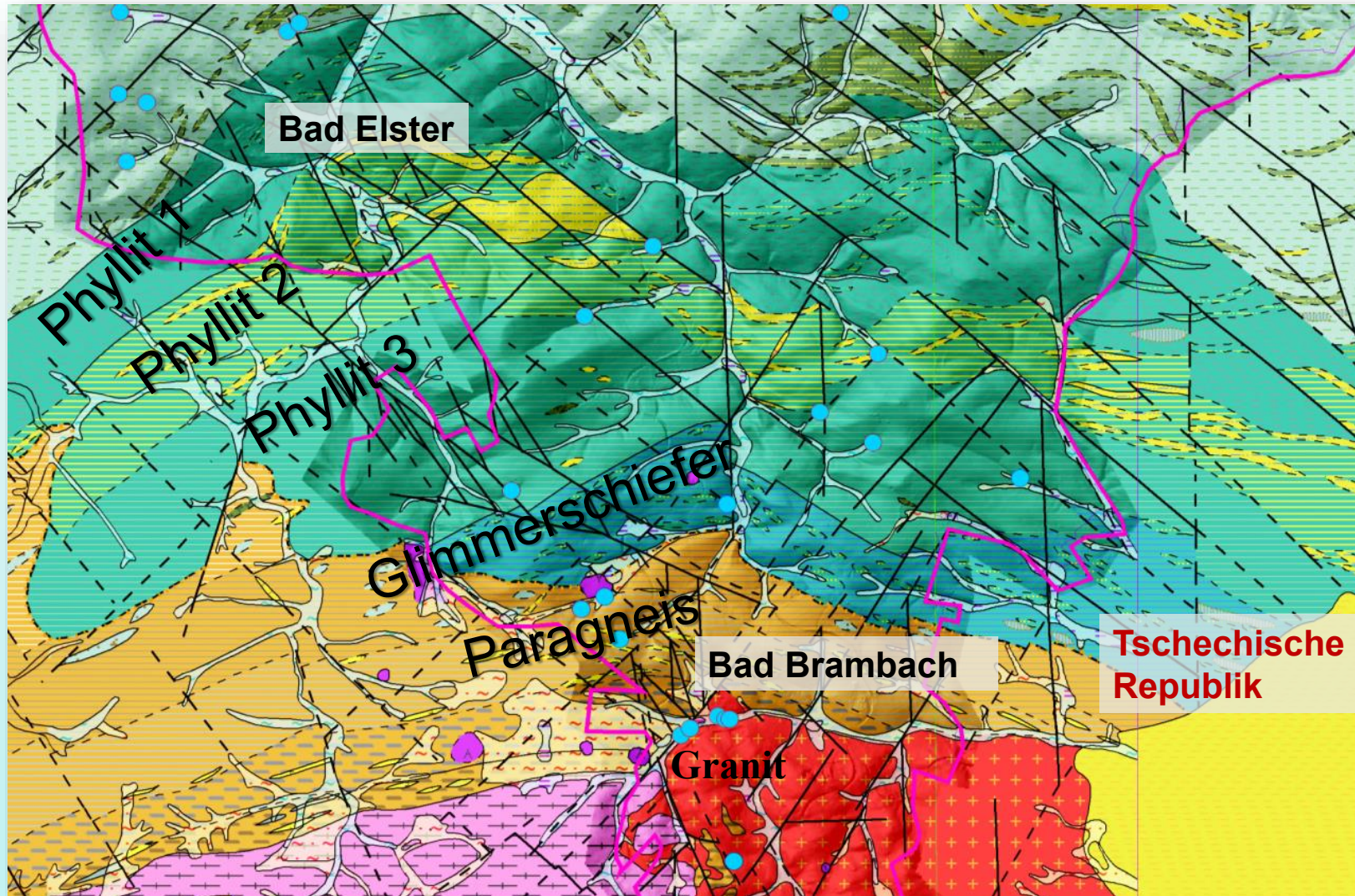
4. Fazit

1. Motivation

- geografische Lage und Grenzlage zur Tschechischen Republik
- große balneologische Vielfalt auf begrenztem Raum – Säuerlinge, eisenhaltige Wässer, radonhaltige Wässer
- Erste Säuerlingsquelle 1669 wissenschaftl. untersucht, seit 1818 Mineralheilwasser, Heilquellen mit mehr als 200jähriger Geschichte
- 15 staatlich anerkannte Heilquellen in Bad Brambach und Bad Elster
- Heilquellenschutz – nicht allein mit Geboten und Verbote,
mehr Erkennung und Aufklärung naturwissenschaftlicher
und technischer Rand- sowie Nutzungsbedingungen



2. Einflussfaktoren auf die Heilquellen



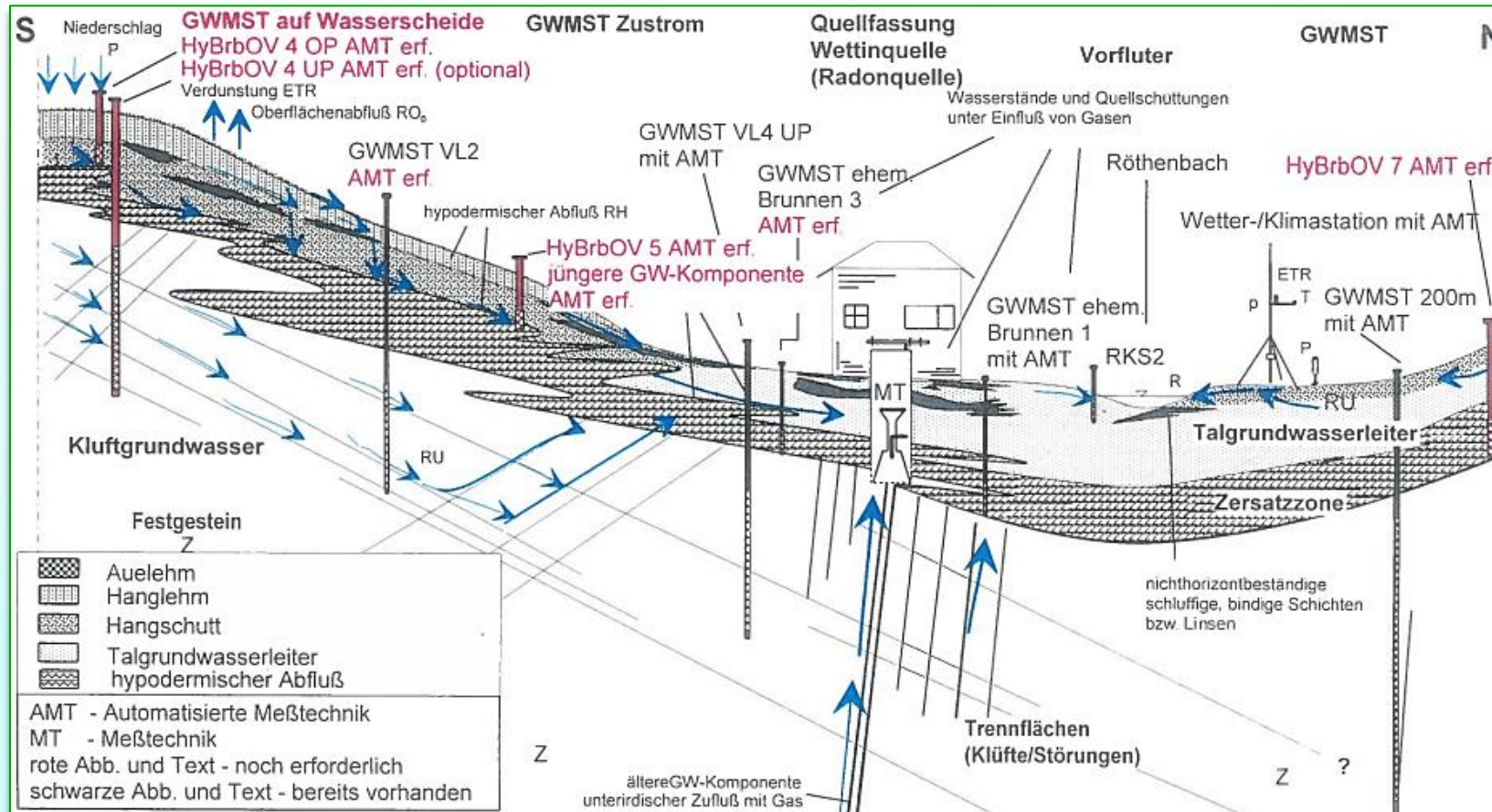
Geologie, Tektonik

- **zunehmender Metamorphosegrad von N nach S**
 - Änderung der geohydraulische Eigenschaften
 - Auswirkung auf die Ausbildung des hydraulisch wirksamen Trennflächen-gefüges
- **tektonische Hauptrichtungen**
 - erzgebirgisch (SW-NE),
 - herzyn (SE-NW) und
 - steil herzyn (SSE-NNW),
 - S-N-Elemente
- **Lage natürlicher Quellen ist tektonisch geprägt (○)**
- **Engmaschige Vergitterung der Störungen**
 - Fließvorgänge der Wässer aus dem vadosen Zyklus sind an dieses Trennflächengefüge gebunden

[1]

2. Einflussfaktoren auf die Heilquellen

Hydrogeologie

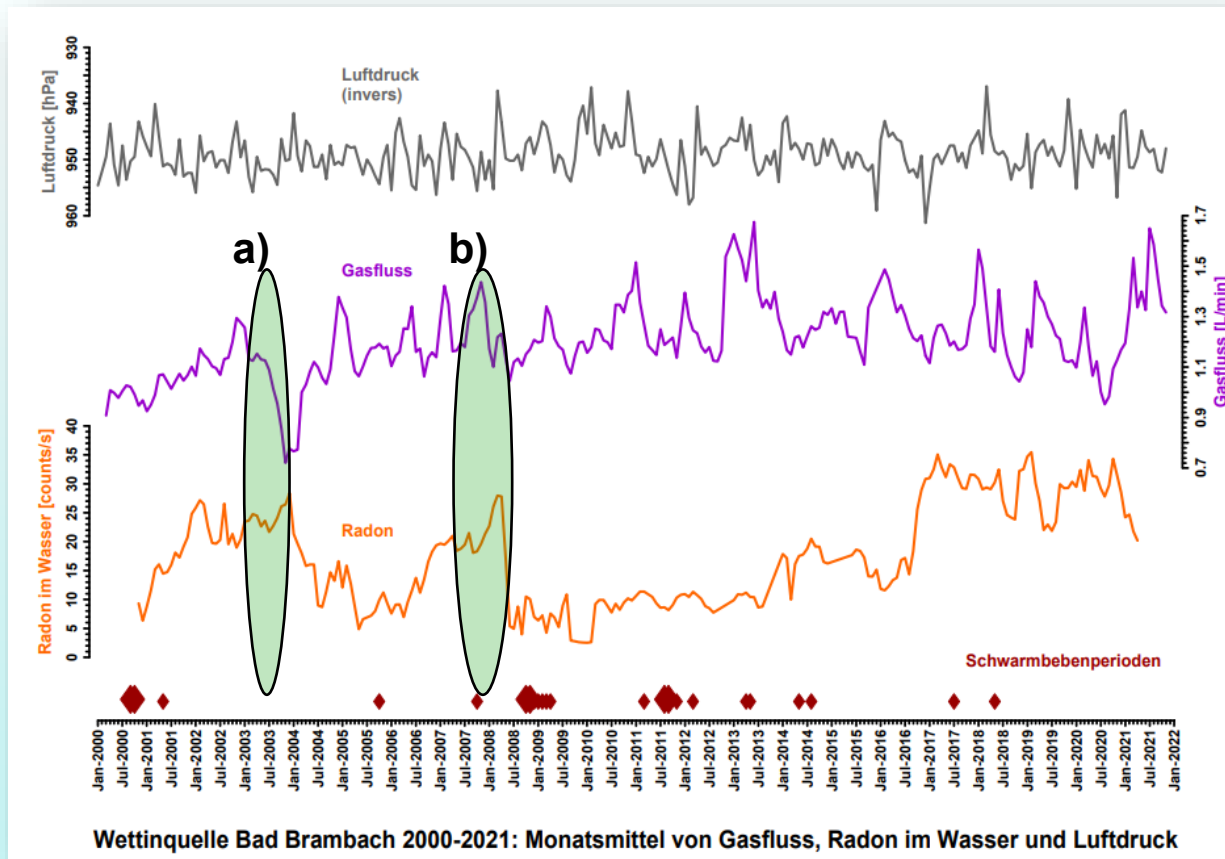


Modellvorstellung zur Genese der Heil- und Mineralquellen

- an tiefe reichende Störungszonen gebunden
- auf diesen Störungszonen – Aufstieg juveniler Gase (CO₂, N₂, Cl- und S-Verbindungen möglich)
- Lösungsvorgang mit Grundwasser aus dem Infiltrationszyklus (vadoser Zyklus)
- CO₂-forcierte Wechselwirkung mit dem Gestein (Intensivierung der Alteration) über Trennflächengefüge
→ Lösungsvorgänge
→ Zunahme der Mineralisation
- Entwicklung von Mischreihen mit Jungwässern

2. Einflussfaktoren auf die Heilquellen

Gase



Langjährige Messung von Radon und Gasfluss (Beispiel der Wettingquelle, Zuarbeit Dr. Koch):

- kontinuierliche Messungen verdanken wir der SAW (kein Regelmonitoring)
- Gasfluss stark luftdruckabhängig (Kurzfristbetrachtung)
- Interpretationen der Kurvenverläufe bedarf Sachverstand !

zum Beispiel zeigen folgende Zeiträume:

- a) **10/2003-3/2004:** deutlicher Gasfluss- und Rn-Rückgang wg. Eingriffen in den Untergrund im Umfeld (Sanierung EQ mit temporärer Absenkung)
- b) vor **Herbst 2008:** deutliche Rn- und Gasflussrückgänge vor einem Schwarmbeben

[1]

2. Einflussfaktoren auf die Heilquellen

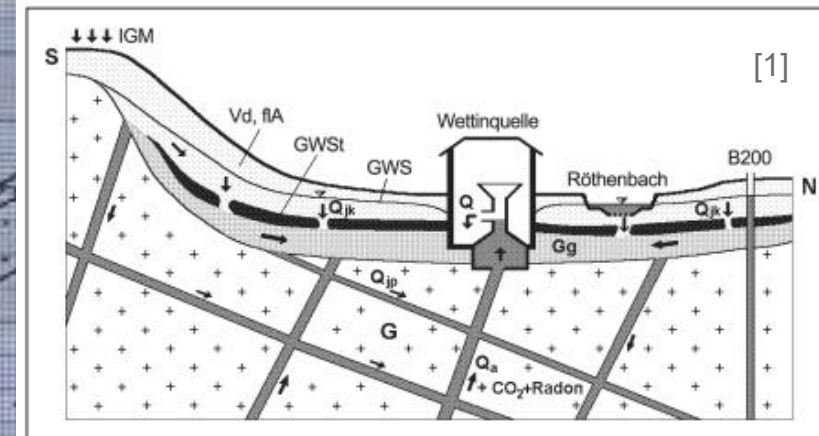
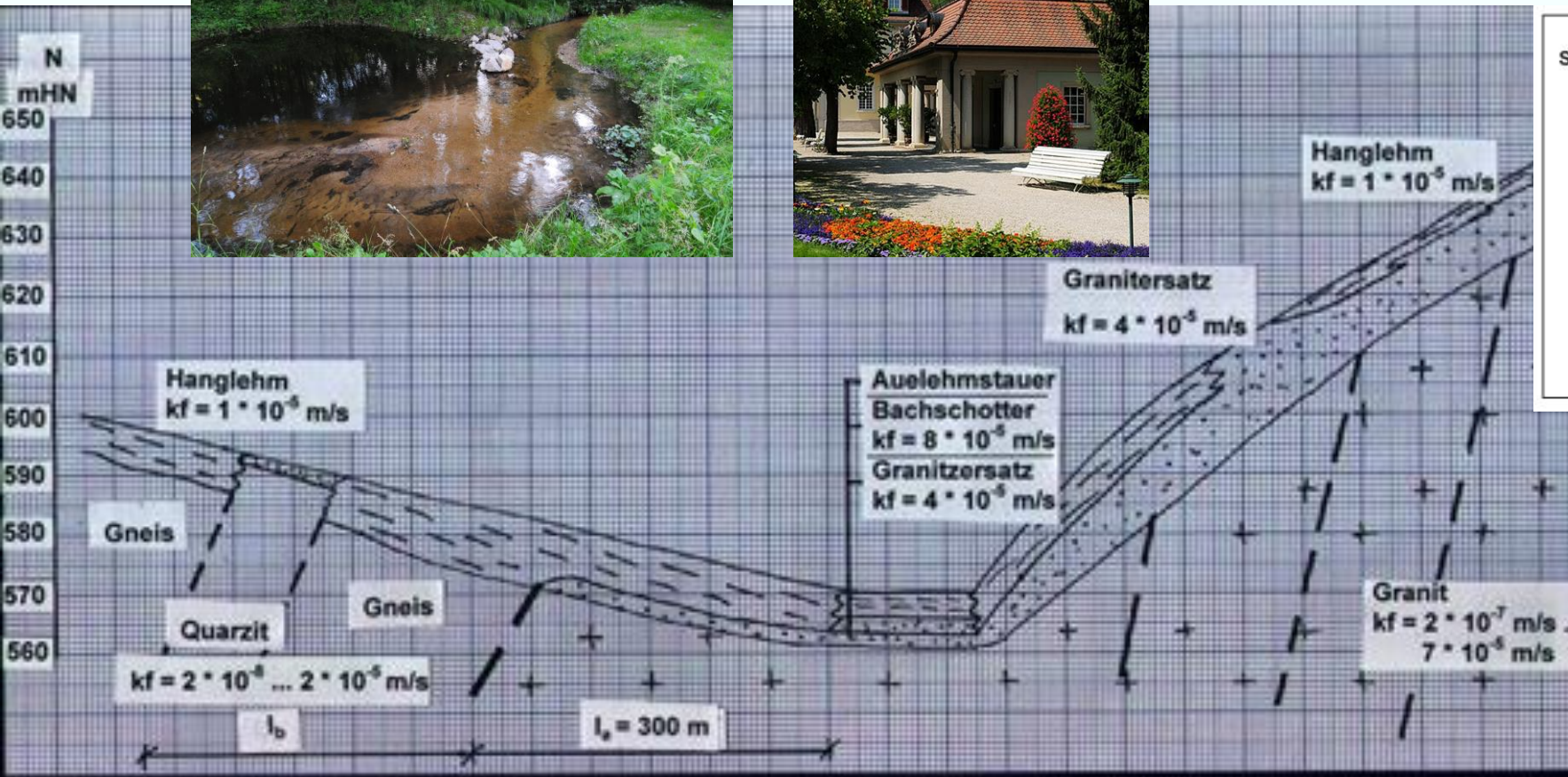
Quellnahe Oberflächengewässer



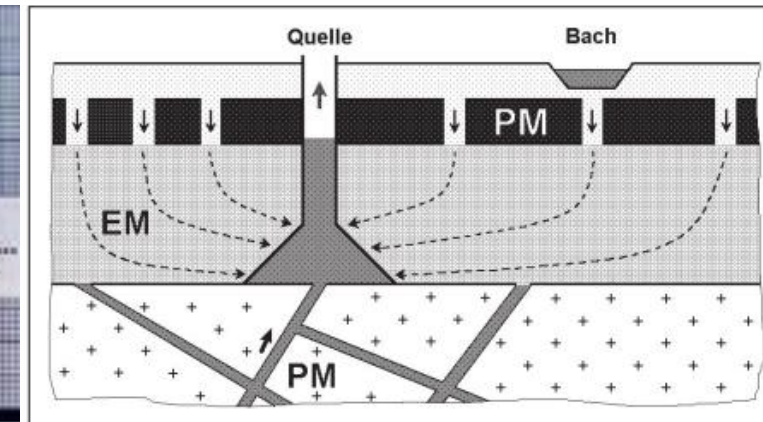
[1]



[1]



[1]



2. Einflussfaktoren auf die Heilquellen

Niederschlag / Temperatur

Niederschlag / Temperatur am Standort
Bad Brambach (Station Kurpark)

Betrachtung in **Jahresschrittweite 2000-2024**:

- Schwankungsbreite des **Niederschlages**

2007 927 mm/a (+45 %)

2005 423 mm/a (-34 %)

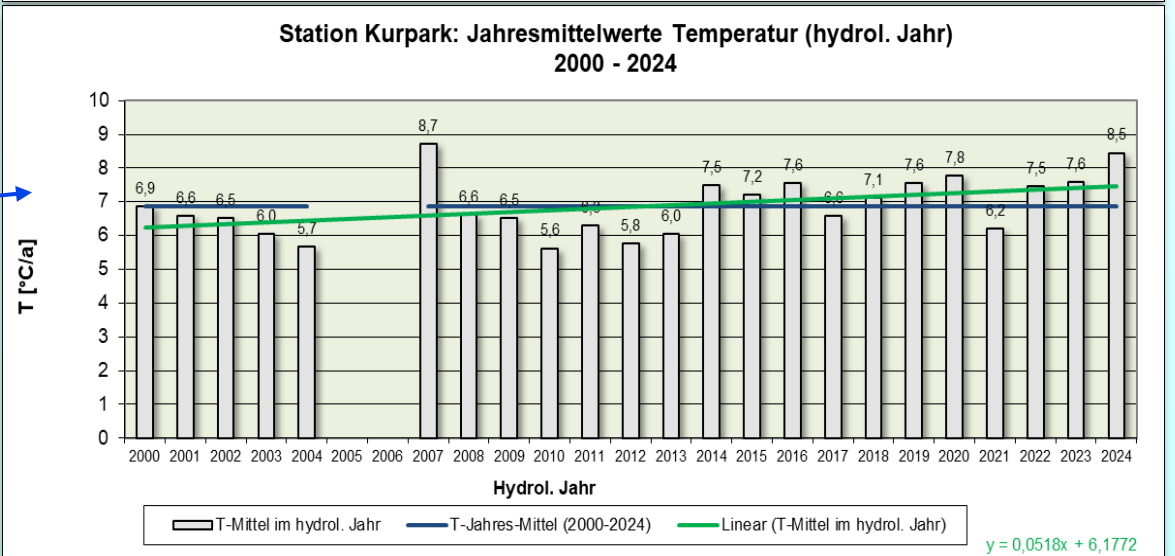
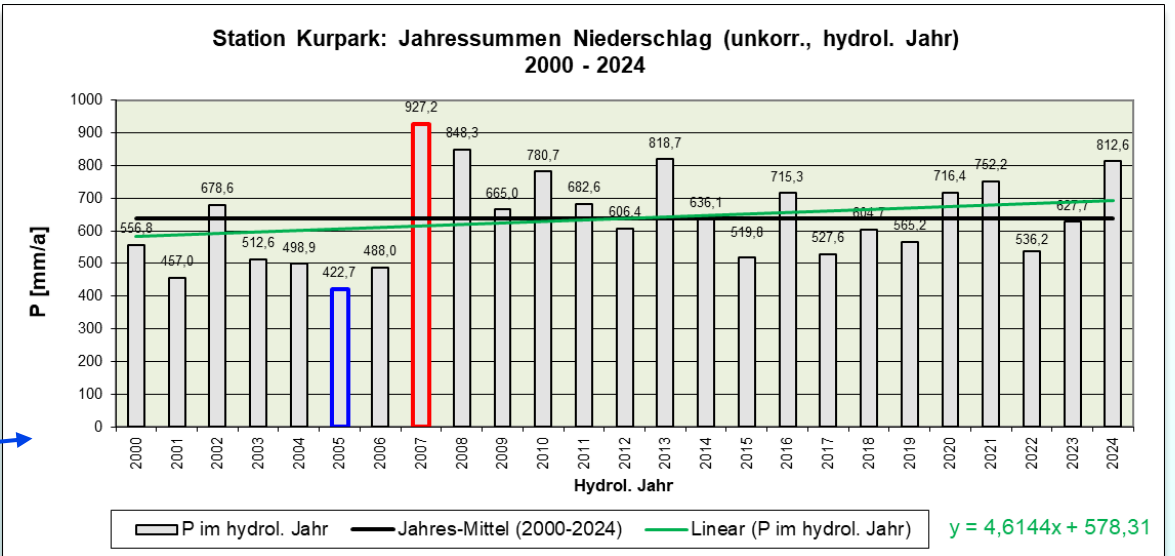
Mittelwert 638 mm/a (2000-2024)

- Schwankungsbreite der **Temperatur**

2007 8,7 °C (+26 %)

2010 5,6 °C (-19 %)

Mittelwert 6,9 °C (2000-2024)



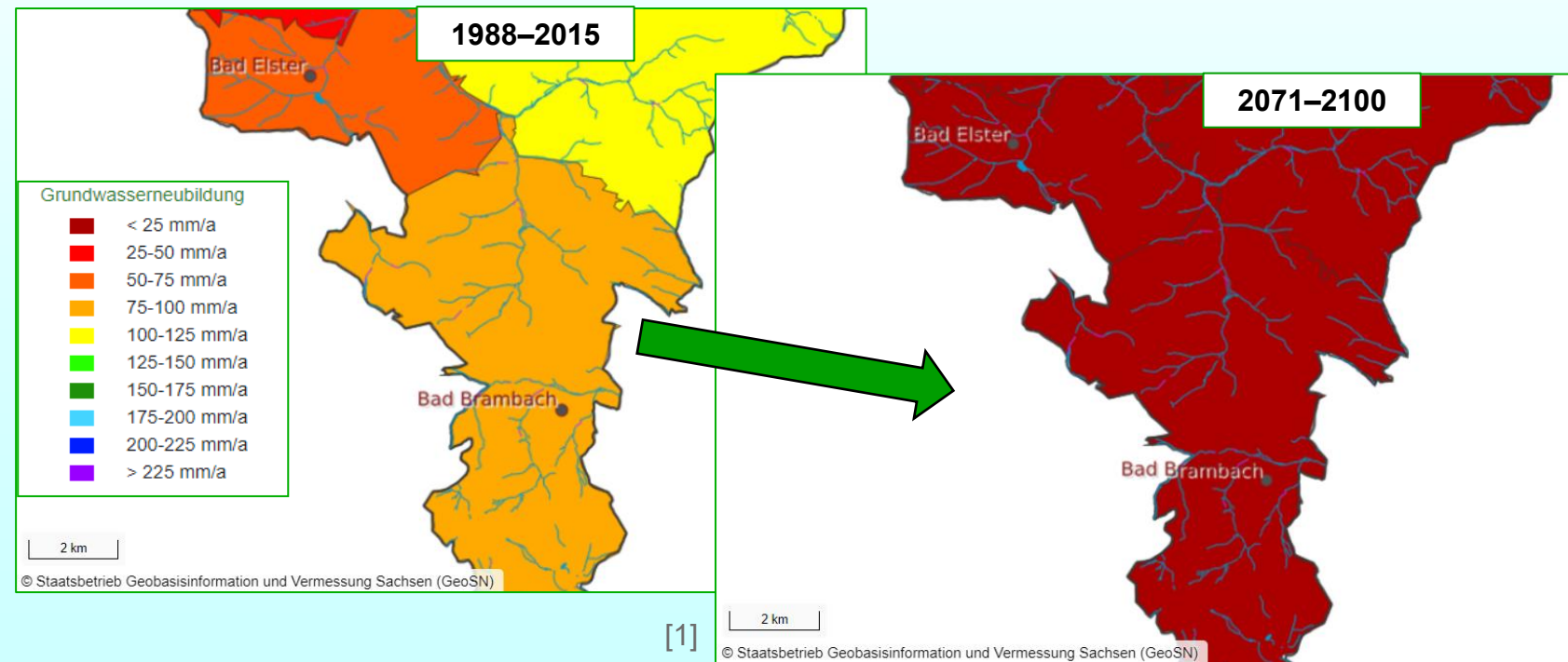
2. Einflussfaktoren auf die Heilquellen

Grundwasserneubildung

Abschätzung der mittleren jährlichen Grundwasserneubildung nach **GWN-Viewer Sachsen** (Stand 9/2022)
(<https://visdat.de/gwn-sachsen/mapview>)

- Raumauswahl: Gemeinde - Bad Brambach
- Modell: KLIWES 2.1

IST-Zustand 1961–1987: GWN 70,46 mm/a (9,2 % von NS = 769 mm/a, T = 6,18 °C)
IST-Zustand 1988–2015: GWN 86,63 mm/a (10,6 % von NS = 819 mm/a, T = 7,11 °C)
RCP8.5_2 2021–2050: GWN 34,04 mm/a (5 % von NS = 685 mm/a, T = 8,43 °C)
RCP8.5_2 2071–2100: GWN 2,61 mm/a (0,4 % von NS = 627 mm/a, T = 10,56 °C)



2. Einflussfaktoren auf die Heilquellen

Art der Quelfassung

Flache Bohrbrunnen

Moritzquelle

Moritzquelle

tiefe Bohrbrunnen

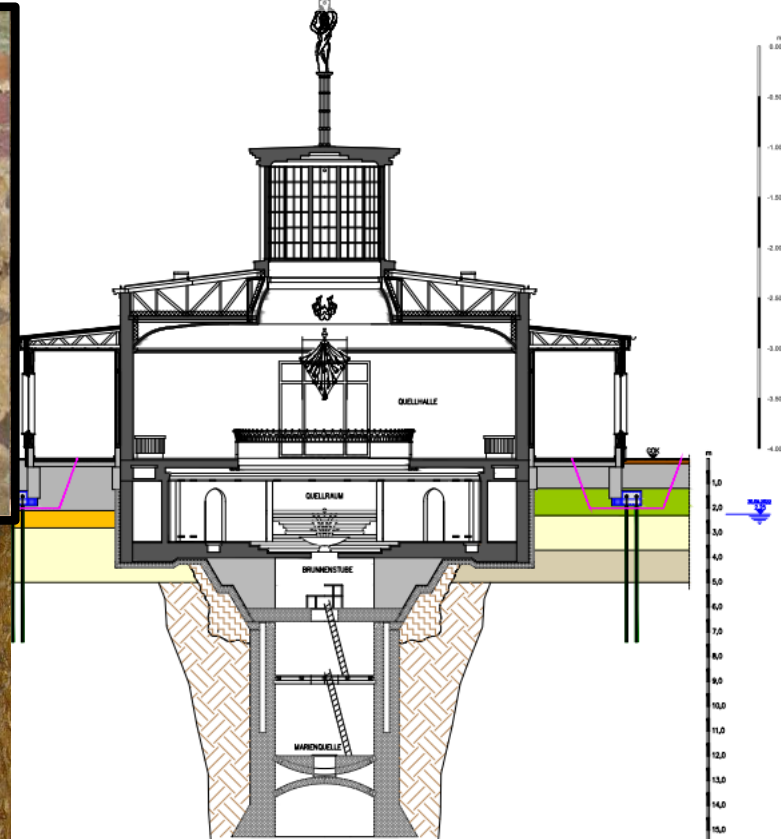
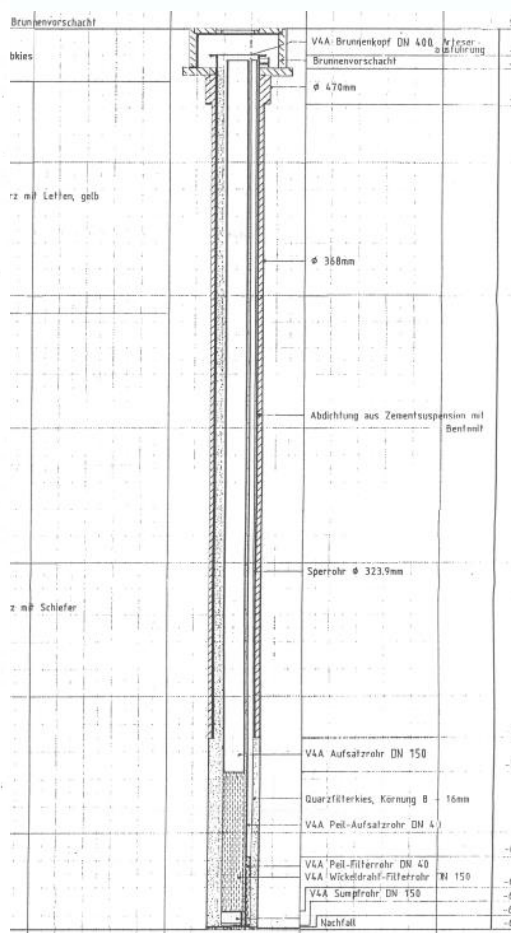
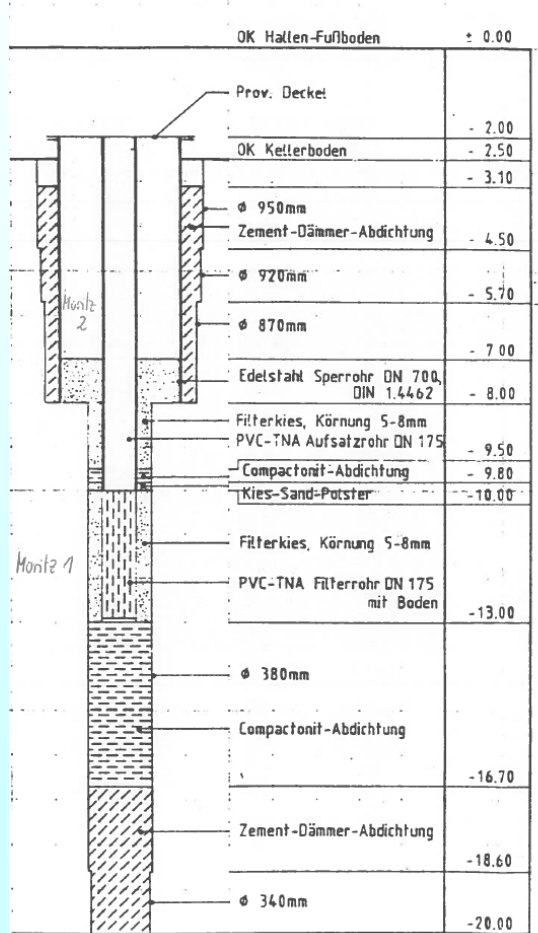
Sprudel 1 – Champagnerqu.

flach gefaßte

Eisenquelle

tief gefaßte Quelfassung

Marienquelle 1 - 3



[1]

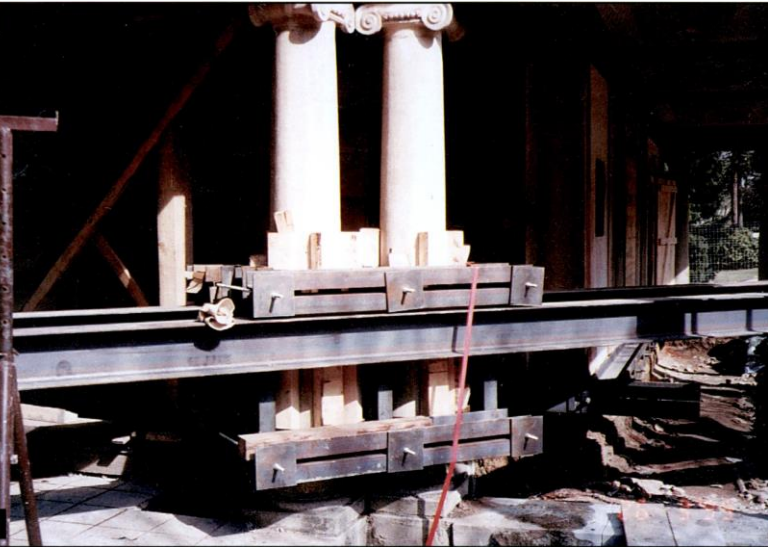
[1]

[1]

[1]

Bauliche Ertüchtigung der Quelfassung

Veranlassung



Eingriffsteufe /-umfang



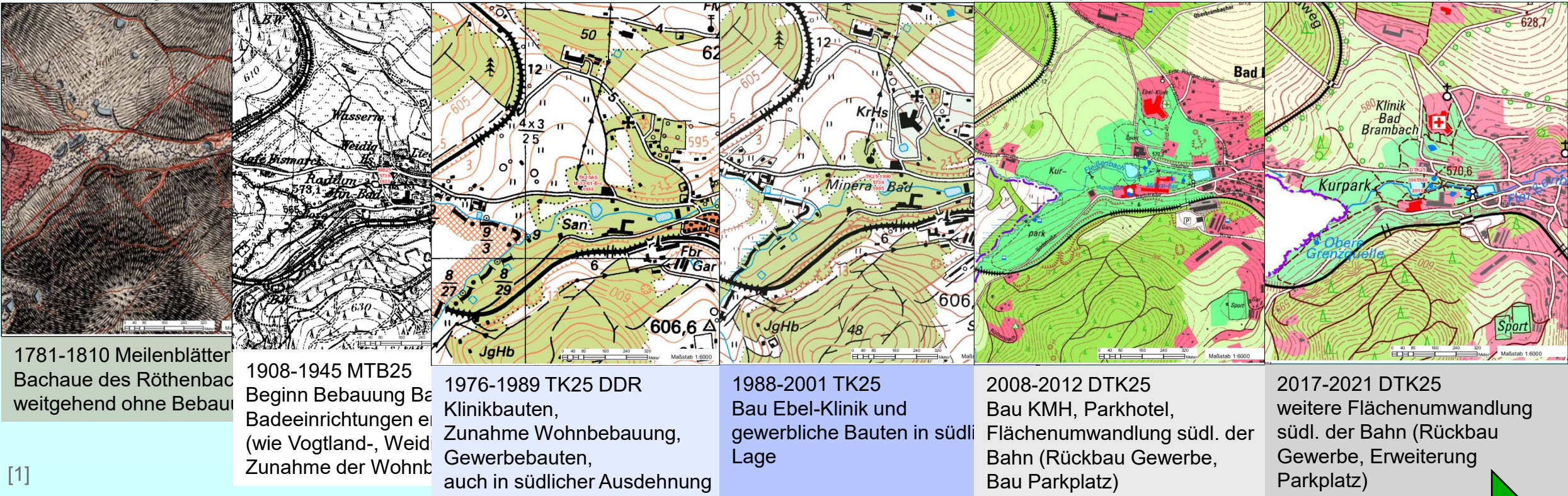
Neubau/Geschützhheit



2. Einflussfaktoren auf die Heilquellen

Anthropogene Veränderung des oberirdischen Einzugsgebietes

Darstellung am Beispiel Bad Brambach – visuell für das Umfeld des Kurparkes (Quelle: Geoportal Sachsen)



[1]

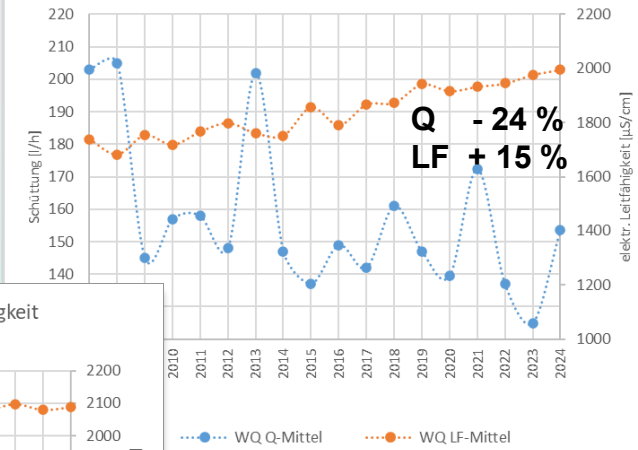
**In 250 Jahren → Zunahme der Flächennutzung und –versiegelung im EZG des Röthenbaches
Bebauung rückt immer näher an die jetzigen HWSZ**



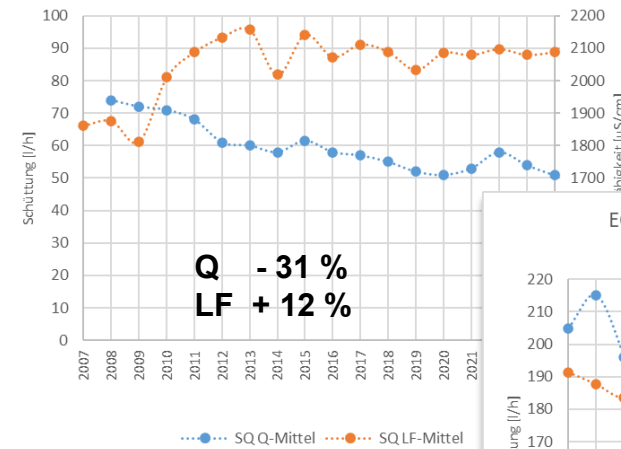
3. Ergebnisse Langzeitmonitoring

am Beispiel von Heilquellen in Bad Brambach
- Schüttung/ Mineralisation frei auslaufender Quellen-

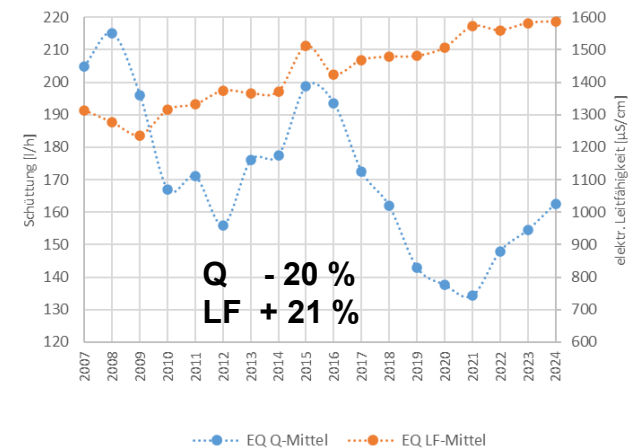
WQ: Mittelwerte Schüttung und Leitfähigkeit
2007-2024



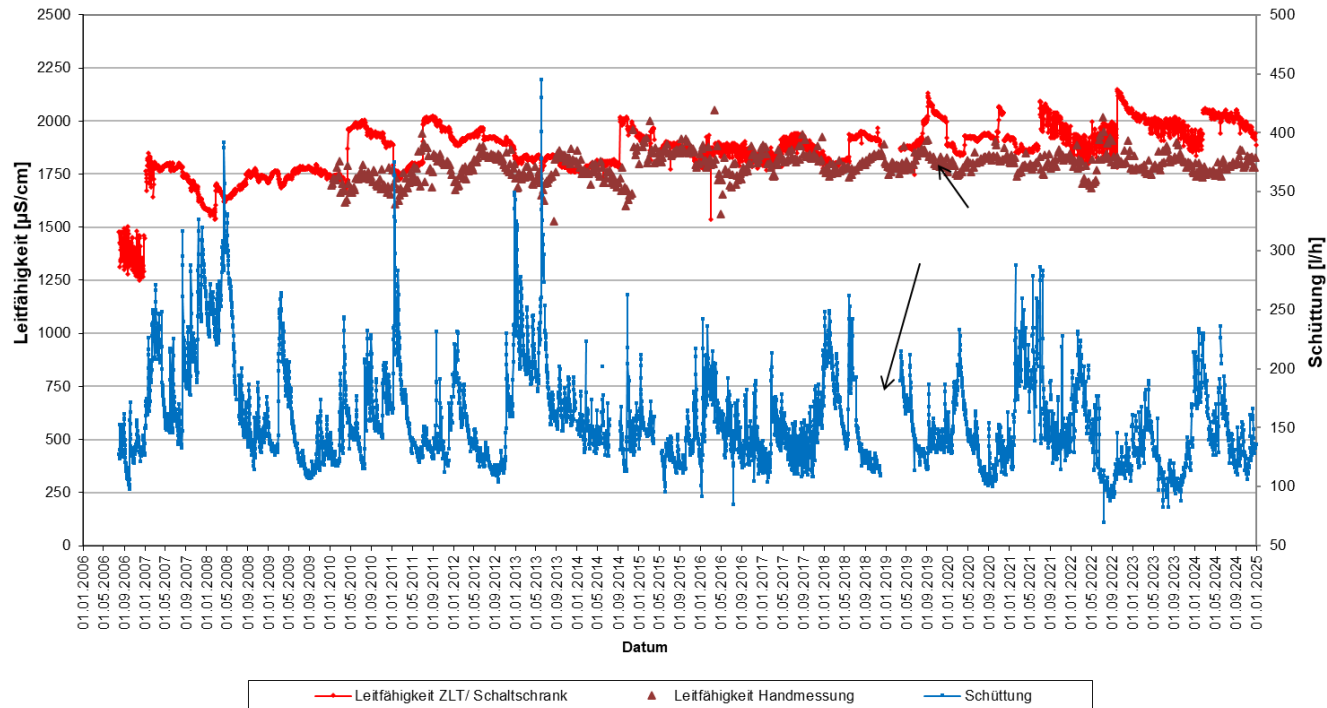
SQ: Mittelwerte Schüttung und Leitfähigkeit
2007-2024



EQ: Mittelwerte Schüttung und Leitfähigkeit
2007-2024



Wettnquelle 2006 - 2024
- Leitfähigkeit und Schüttung -

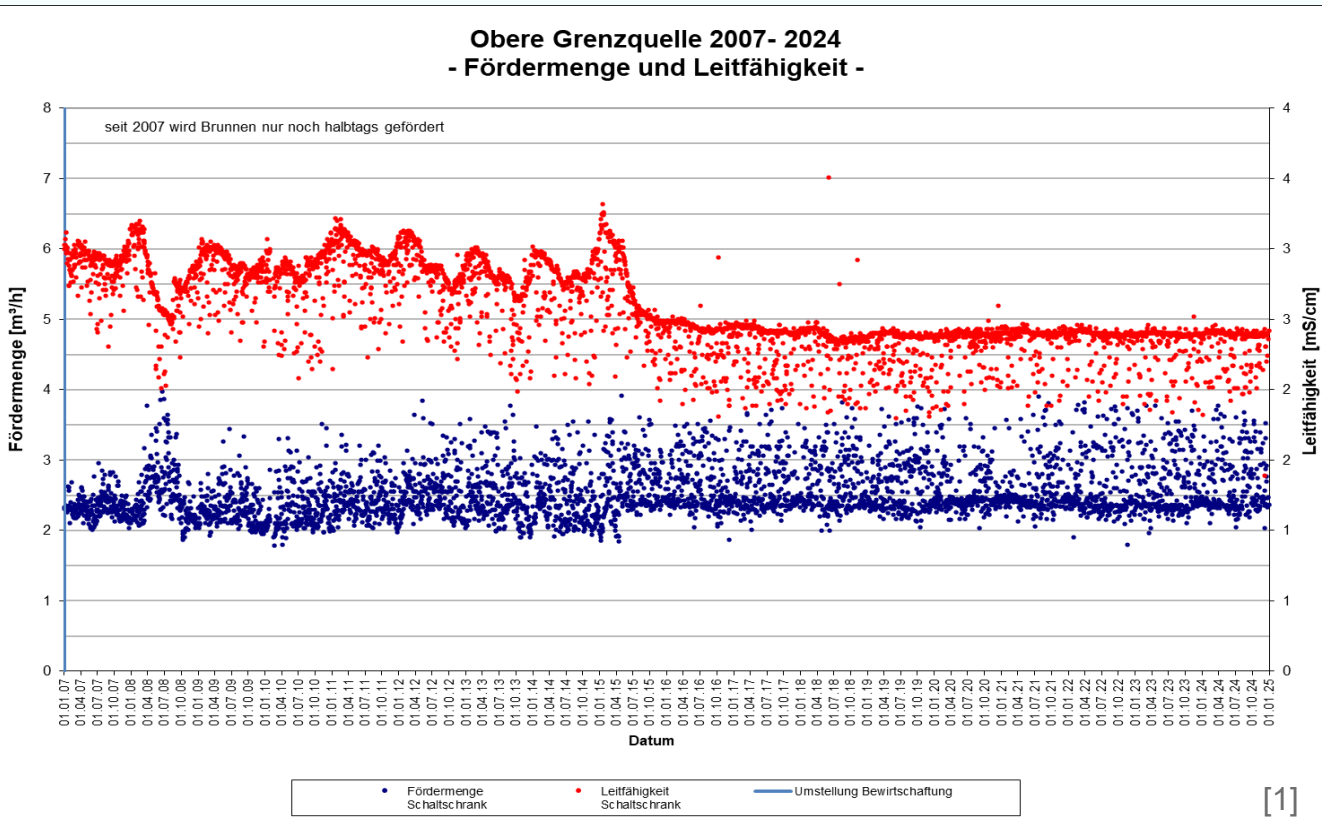
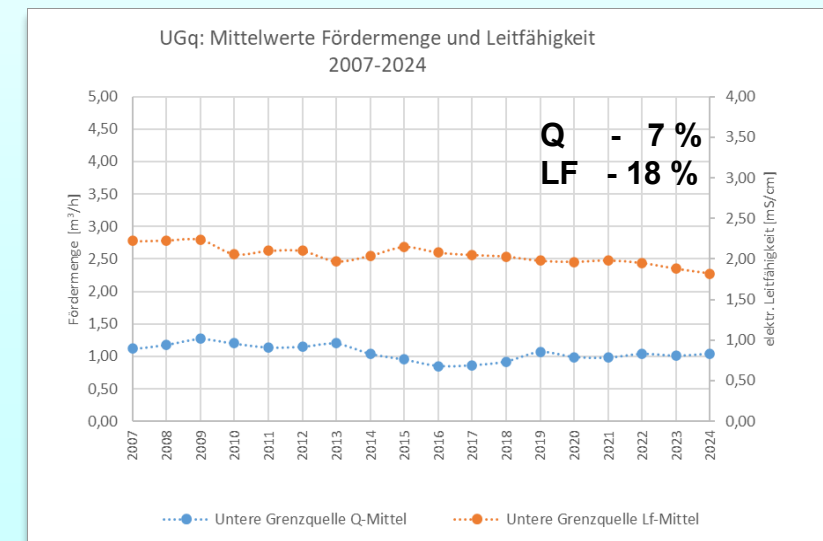
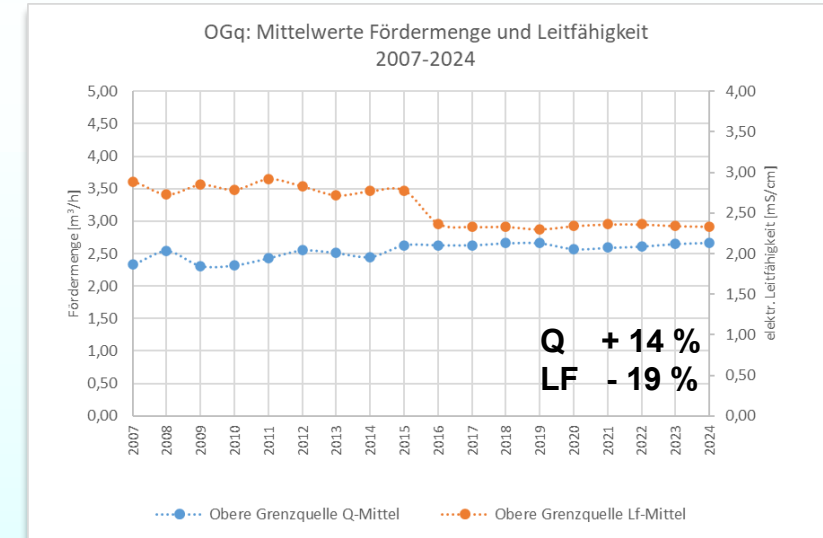


[1]



3. Ergebnisse Langzeitmonitoring

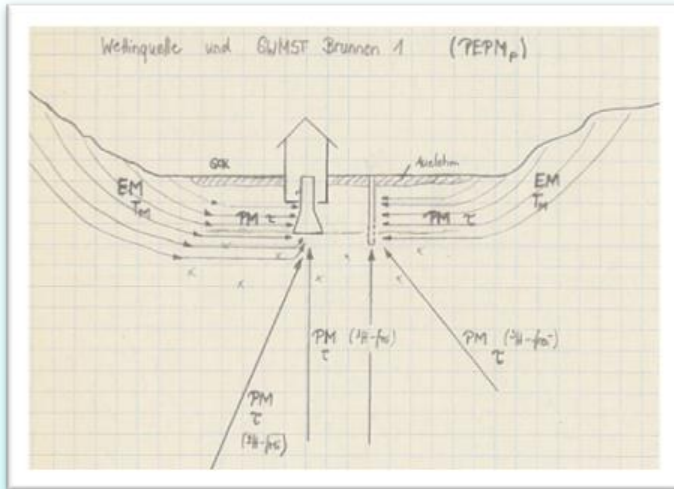
am Beispiel von Heilquellen in Bad Brambach - Schüttung/ Mineralisation gepumpter Quellen-



3. Ergebnisse Langzeitmonitoring

am Beispiel von Wettingquelle Bad Brambach - Alterszusammensetzung mittels Tritium -

Stand der Modellierung Jahr 2000



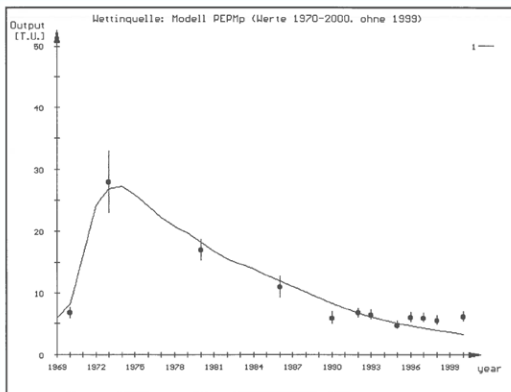
MULTIS-Modellierung (im Rahmen Heilquellenprojekt)
gemäß dem favorisierten hydrogeologischen Modellansatz (= Voraussetzung): **PEPMp**

- flache Quelfassung, die Zutritte auf der Quellsohle fasst (Mischung im Kluftsystem)
- Auelehmschichten im Umfeld, kein Einfluss auf ³H bei HW im Röthenbach
- Altwasseranteil (³H-frei) ist hoch, da ³H-Maximum gering (im Vgl. zu Quellen in BB)
- EPM – Infiltration und Fließzeit im Lockergesteins- und oberen Kluftsystem
- PM – (nahezu senkrecht) aufsteigendes Altwasser, ³H-frei aus größeren Tiefen

Ansatz: Tritiumdaten der WQ 1970 – 2000 (ohne 1999)
 PM mit 80 % am PEPMp
 und $\tau = 500$ a
 Jahresschrittweite, ohne Niederschlags-Wichtung

Ergebnis: Jungwasseranteil 15 – 20 %
 EPM: mittlere Verweilzeit 22,5 a
 Anteil EM am EPM 62 %
 mit $\tau = 7,5$ a
 $T_m = 15$ a

T_m ... Austauschzeitkonstante des EM
 τ ... Fließzeit / Sickerzeit im PM

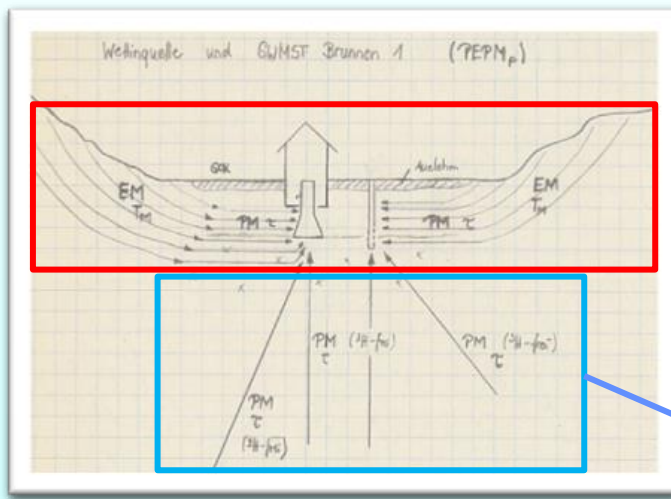


3. Ergebnisse Langzeitmonitoring

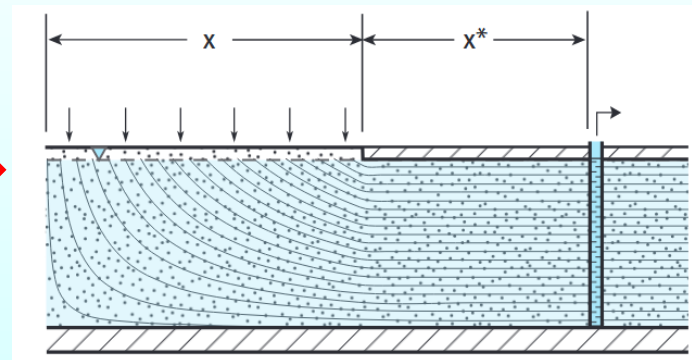
am Beispiel von Wettingquelle Bad Brambach - Alterszusammensetzung mittels Tritium -

Stand der Modellierung Jahr 2000 und 2025

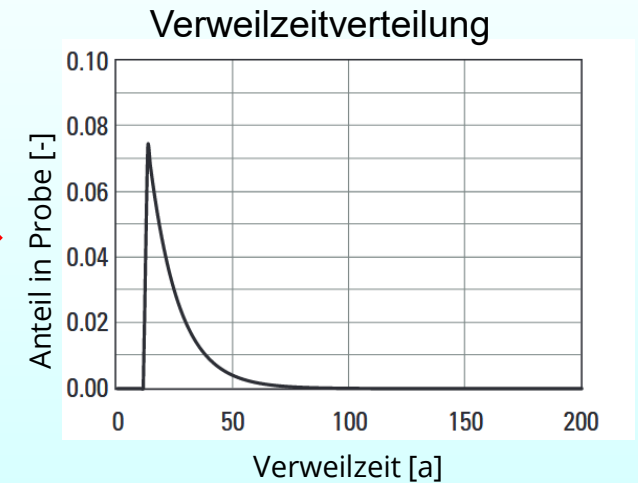
Details zum favorisierten hydrogeologischen Modellansatz (= Voraussetzung): **PEPMp**



[1]



[1]



Tritium-freies Tiefenwasser mit großer Verweilzeit

(¹⁴C-DOC_{PPL}-Datierung via AMS-Analytik: ca. 2800 a, Analysebericht Hydroisotop GmbH, 2024)

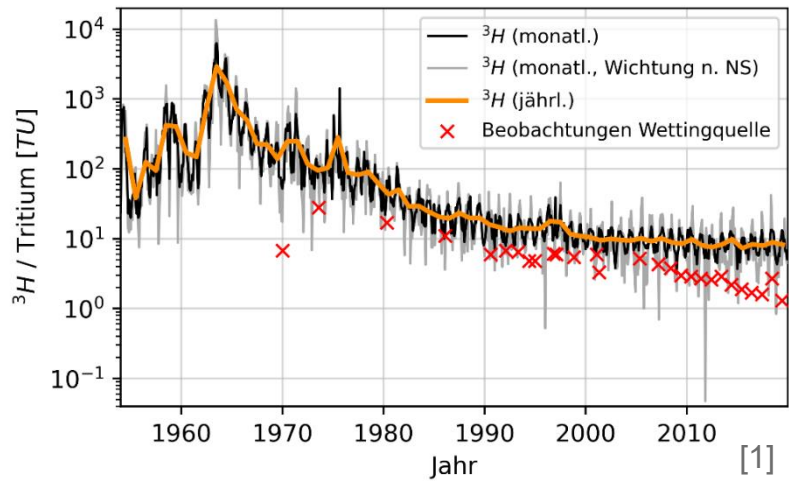
T_m ... Austauschzeitkonstante des EM

τ ... Fließzeit / Sickerzeit im PM

3. Ergebnisse Langzeitmonitoring

am Beispiel von Wettingquelle Bad Brambach - Alterszusammensetzung mittels Tritium -

Stand der Modellierung Jahr 2025

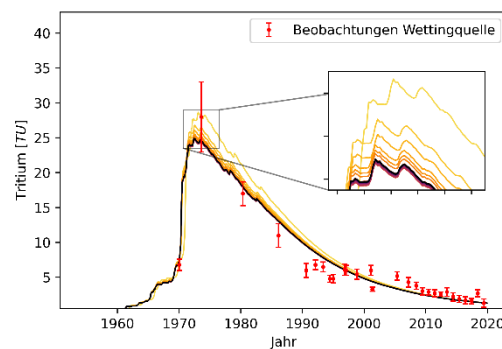
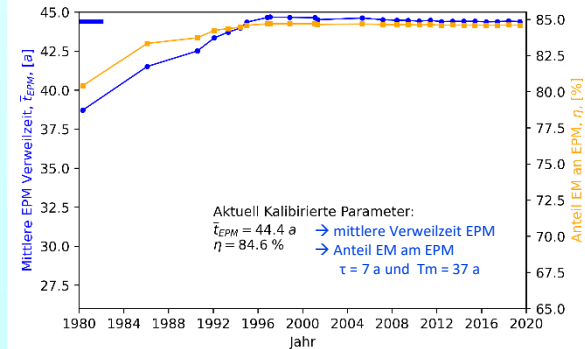


mit dem Nachfolgemodul von **MULTIS** (Entwicklung derzeit durch TU Dresden) mit dem **gleichen** favorisierten hydrogeologischen Modellansatz: **PEPMp**

→ jedoch:

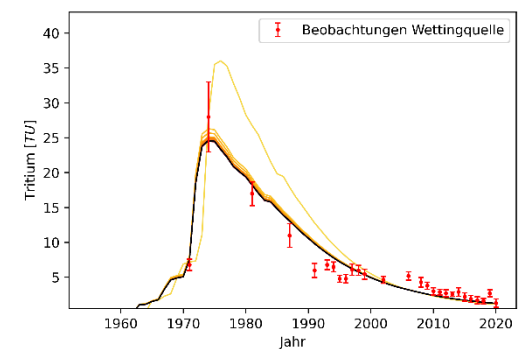
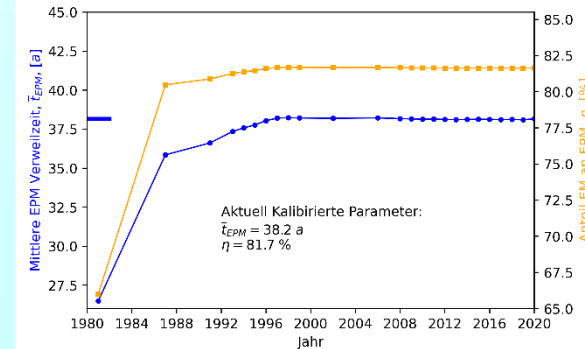
Verwendung von Tritiumdaten 1970 – 2024
Verwendung von Niederschlagsdaten (für Tritiumwichtung)
Modellierungen in monatlicher und jährlicher Auflösung

Kalibrierung und Ergebnis - Monatliche Auflösung



[1]

Kalibrierung und Ergebnis - Jährliche Auflösung



4. Fazit

Es konnten folgende Zusammenhänge qualitativ und teilweise quantitativ herausgearbeitet werden:

- Aktuell lassen sich noch nicht signifikante Zusammenhänge, jedoch Indizien zw. veränderter Häufigkeiten der Niederschlagshöhen zur Quellschüttung und Mineralisationsentwicklung ableiten
- Je besser die fluviatilen/quartären Grundwässer baulich von der Quelfassung und druckpotential-seitig vom quellnahen vadosen Zirkulationszyklus entkoppelt werden, desto besser greift das konzeptionelle Modell zu den Zuflüssen der untersuchten Heilquellen,
- Natürliche Heilquelle sollten frei auslaufend sein um die natürlichen Einflüsse von Gas, GWN und atmosphärischen Druck besser in der Schüttung und Mineralisation auswerten zu können
- Eingesetzte Materialien in den Quellen, aber auch in umliegenden Einrichtungen, Infrastruktur etc. müssen dem erhöhten Angriffsgrad des Heilwassers (sehr hohe Sulfat und CO₂-Konz.) entsprechen. Es darf keinerlei Beeinflussung der balneologischen Eigenschaften dieser Arzneimittel möglich sein.

4. Fazit

- Eine aktualisierte Untersuchung der Alterszusammensetzung der Wetinquelle mittels Tritium bestätigte bei gleichem konzeptionellen Modellansatz grundsätzlich die Ergebnisse von vor 20 Jahren,
- Durch eine zeitlich engere Modelldiskretisierung wurde eine Austauschzeitkonstante des EM von $T_m 37a$ ausgewiesen.

Es gibt deutliche Kenntnislücken - diese zu schließen bedarf insbesondere:

- der Fortsetzung der naturwissenschaftlichen Parameteraufnahme in den ober- und unterirdischen Einzugsgebieten der Heilquellen,
- der möglichst lückenlosen Aufnahme von Betriebs- und Beobachtungsdaten,
- der weiteren Erläuterung erkannter Zusammenhänge gegenüber allen mit und für die Heilquellen tätigen Institutionen und der in den Einzugsgebieten lebenden und tätigen Bevölkerung, Behörden sowie Gewerbe, Landwirtschaft und Industrie mit ihren Investierenden.



Das gemeinsame Ziel ist der Erhalt und die Sicherung unserer obervogtländischen Heilwässer für uns und zukünftige Generationen.

Denn - jedwede Investition in der Vergangenheit in Bad Brambach und Bad Elster basiert auf dem Dasein der wertvollen Heilquellen und dies lockt nach wie vor so manch Kleinen und Großen in die Region.



Vielen Dank und Glückauf!

**Vielen Dank den Co-Autoren
für Ihre fachliche Unterstützung!**



**Vielen Dank dem LfULG, den Sächs. Staatsbädern und alle Anderen,
die hilfreich und unterstützend tätig waren!**