

Heil- und Mineralwässer im Zukunftsstress von Klima und Urbanisierung

Wohin entwickeln sich Schüttung, Mineralisation und natürliche Gasgehalte ?

- Manuela Voßberg** Umweltbüro GmbH Vogtland, Weischlitz, Prokuristin, Dipl.-Hydrologin
- Jens Böhmer** Sächsische Staatsbäder GmbH , Bad Brambach/Bad Elster, Geschäftsführer, Betriebswirt
- Mathias Hübschmann** Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Standort Freiberg,
Abteilung Geologie (Geologischer Dienst Sachsen, Referatsleiter Hydrogeologie, Dipl.-Geologe

Gliederung

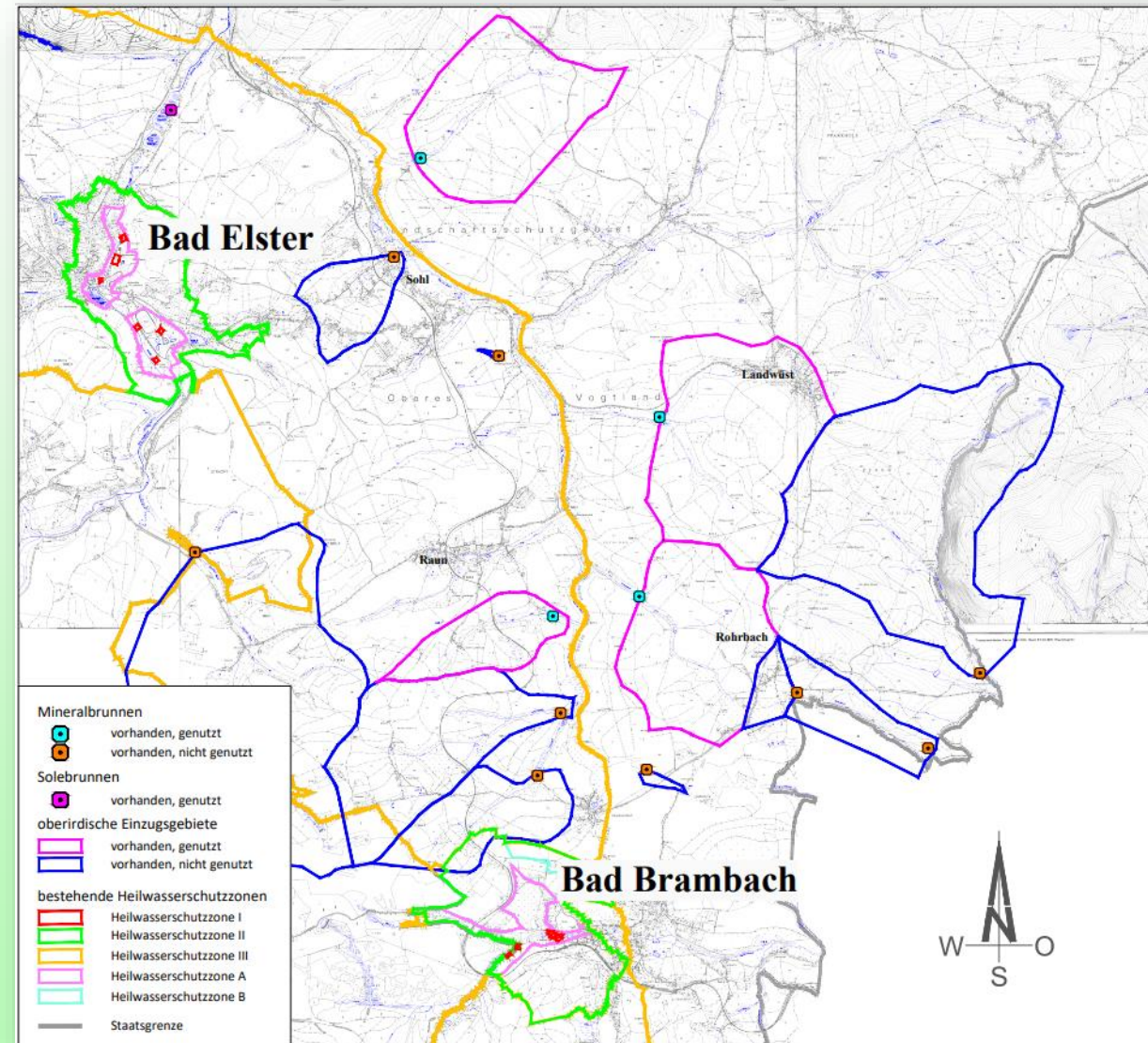
Heil- und Mineralwässer im Zukunftsstress von Klima und Urbanisierung
Wohin entwickeln sich Schüttung, Mineralisation und natürliche Gasgehalte ?

1. **Einführung** zur Heil- und Mineralwasserregion Oberes Vogtland (sächs.-böhmische Mineralwasserprovinz)
2. **Klima** *Beobachtung / Prognosen*
3. **Urbanisierung** *Entwicklung in den letzten 250 Jahren*
4. **Entwicklung** ausgewählter Kenngrößen der Heil-/ Mineralwässer anhand von Fallbeispielen
Schüttung / Mineralisation / Gasgehalt / Altersstruktur
6. **Fazit** *für die weitere Nutzung der Heil-/ Mineralwasserressourcen*
7. **Ausblick** *wo geht die Reise hin?*

1. Einführung zur Heil- und Mineralwasserregion Oberes Vogtland

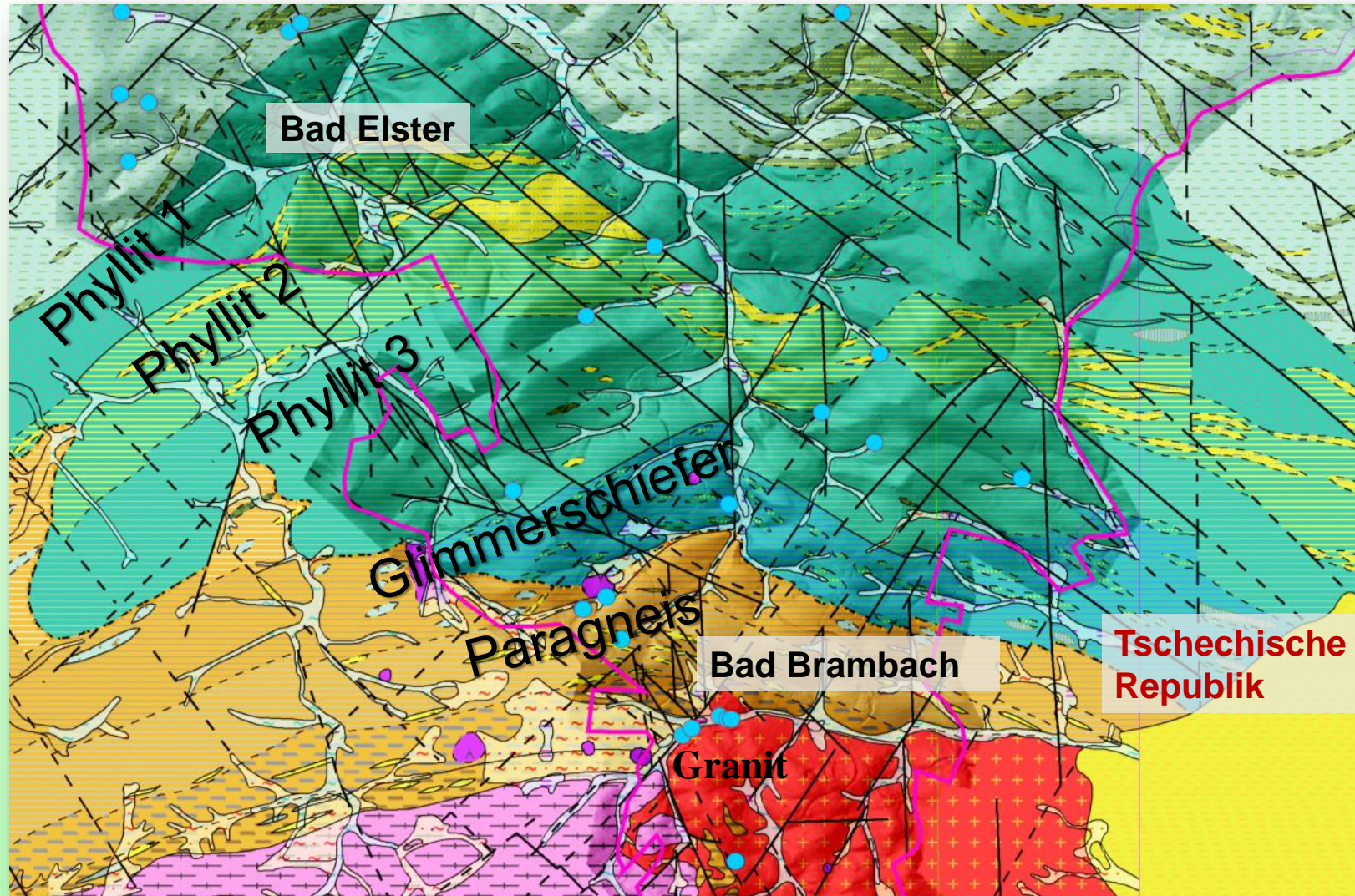
Herausforderungen

- geogr. Höhenlage/ Grenzlage zur Tschechischen Republik
- geologischen und hydrogeologischen Rahmenbedingungen
- hydrologische Situation -Auswirkungen des Klimawandel
- konkurrierende Nutzungen – oberird. EZG weitgehend aufgeteilt



Geologie, Tektonik, Hydrogeologie

1. Einführung



- **zunehmender Metamorphosegrad von N nach S**
 - Änderung der geohydraulische Eigenschaften
 - Auswirkung auf die Ausbildung des hydraulisch wirksamen Trenflächen-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 Trenflächengefüge gebunden

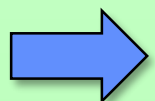
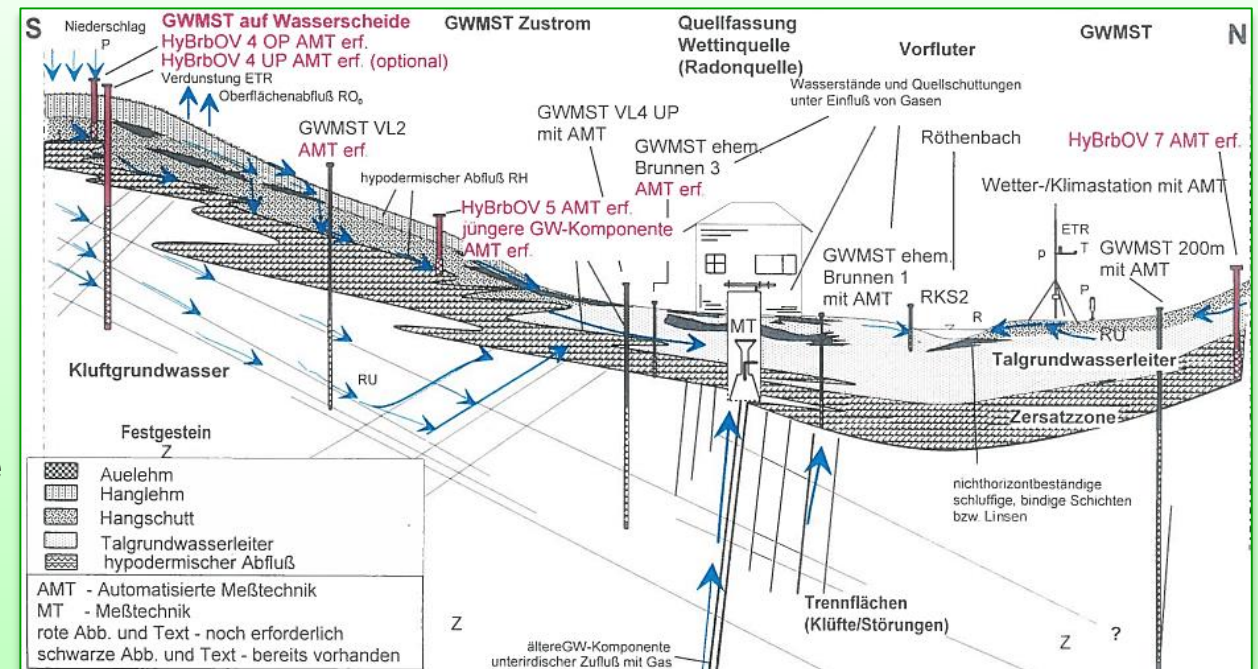
1. Einführung

Derzeit validiertes Genesemodell der Heil-/Mineralwässer im oberen Vogtland

Ausgangspunkt waren die unterschiedlichen Hypothesen u.a. W. MICHLER (1973), W. CARLÉ (1975), J. DVORAK (1990)

Ergebnis der mehrjährigen Forschungs- und Applikationsleistungen von Ingenieurbüros, Forschungsinstitutionen und Behörden:

- an tiefreichende 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 Trennflächen-gefüge → Lösungsvorgänge → Zunahme der Mineralisation
- Entwicklung von Mischreihen mit Jungwässern



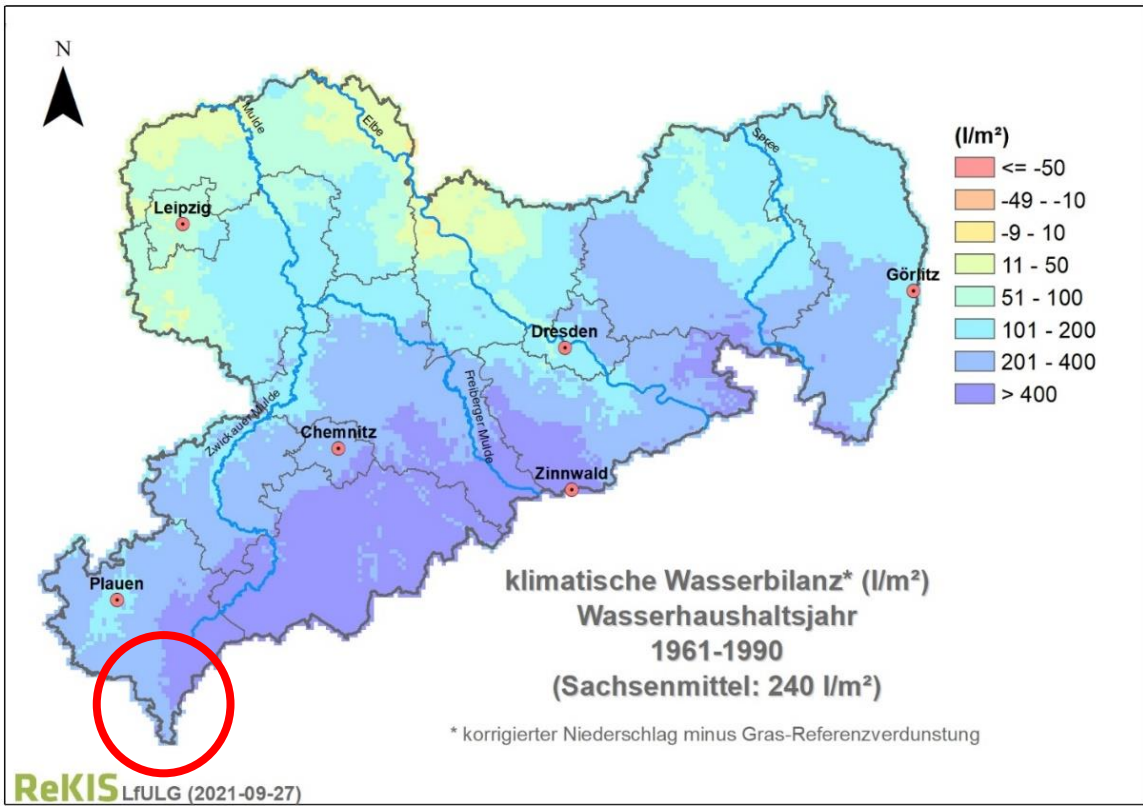
räumlich und quantitativ begrenzte sowie untereinander ± isolierte Reservoirre

[\(zurück\)](#)

2. Klima – Bilanzierung der atmosphärischen Bedingungen als Treiber im Wasserhaushalt

potentielles Wasserdargebot:
1961-1990, 1991-2020, 2011-2020

Quelle: Klimazentrum LfULG/Dr. Johannes Franke



Wasserhaushaltsjahr (Apr-Mrz) ...

	1961-1990	1991-2020	2011-2020
RK:	780 mm		
GR:	540 mm		
KWB:	240 mm		

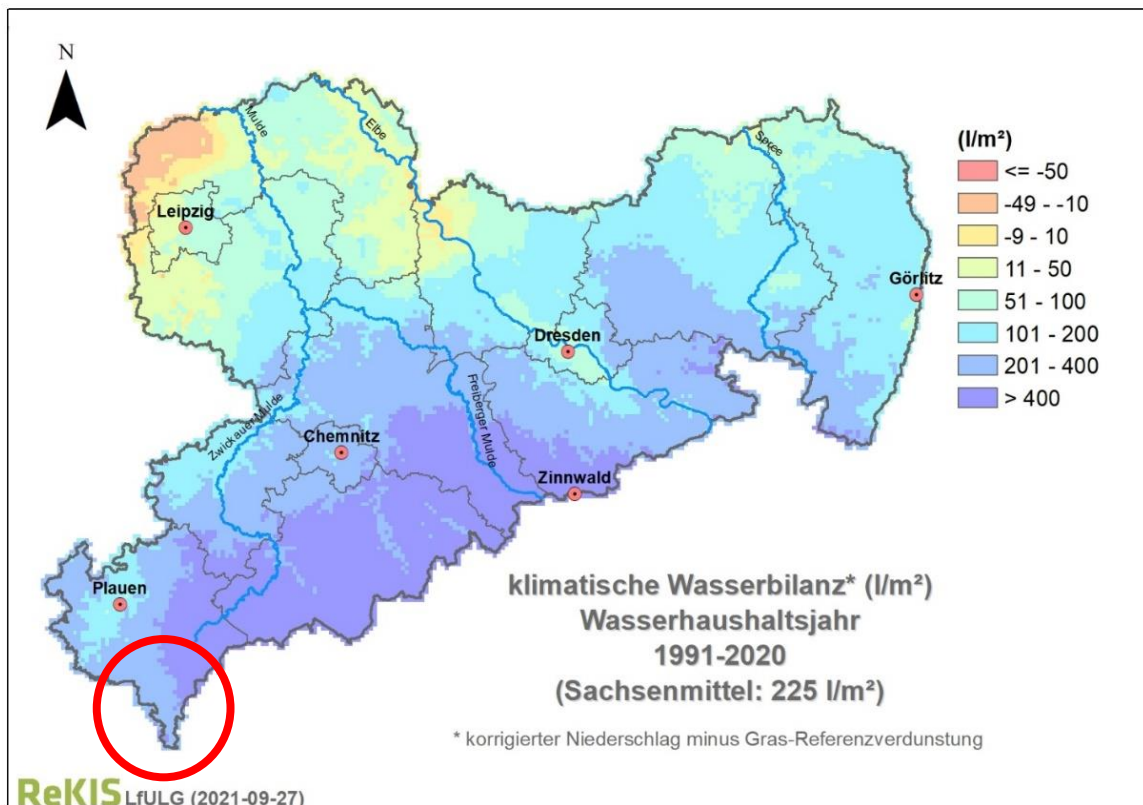
KWB (mm)	1961-1990	1991-2020	2011-2020
Apr-Sep	15		
Okt-Mrz	225		

RK: korrigierter Niederschlag, GR: Gras-Referenzverdunstung, KWB: klimatische Wasserbilanz

2. Klima – Bilanzierung der atmosphärischen Bedingungen als Treiber im Wasserhaushalt

potentielles Wasserdargebot:
1961-1990, 1991-2020, 2011-2020

Quelle: Klimazentrum LfULG/Dr. Johannes Franke



Wasserhaushaltsjahr (Apr-Mrz) ...

	1961-1990	1991-2020	2011-2020
RK:	780 mm	805 (+3 %)	
GR:	540 mm	580 (+7 %)	
KWB:	240 mm	225 mm (-6 %)	

KWB (mm)	1961-1990	1991-2020	2011-2020
Apr-Sep	15	-20 (-2,3fach)	
Okt-Mrz	225	245 (+9 %)	

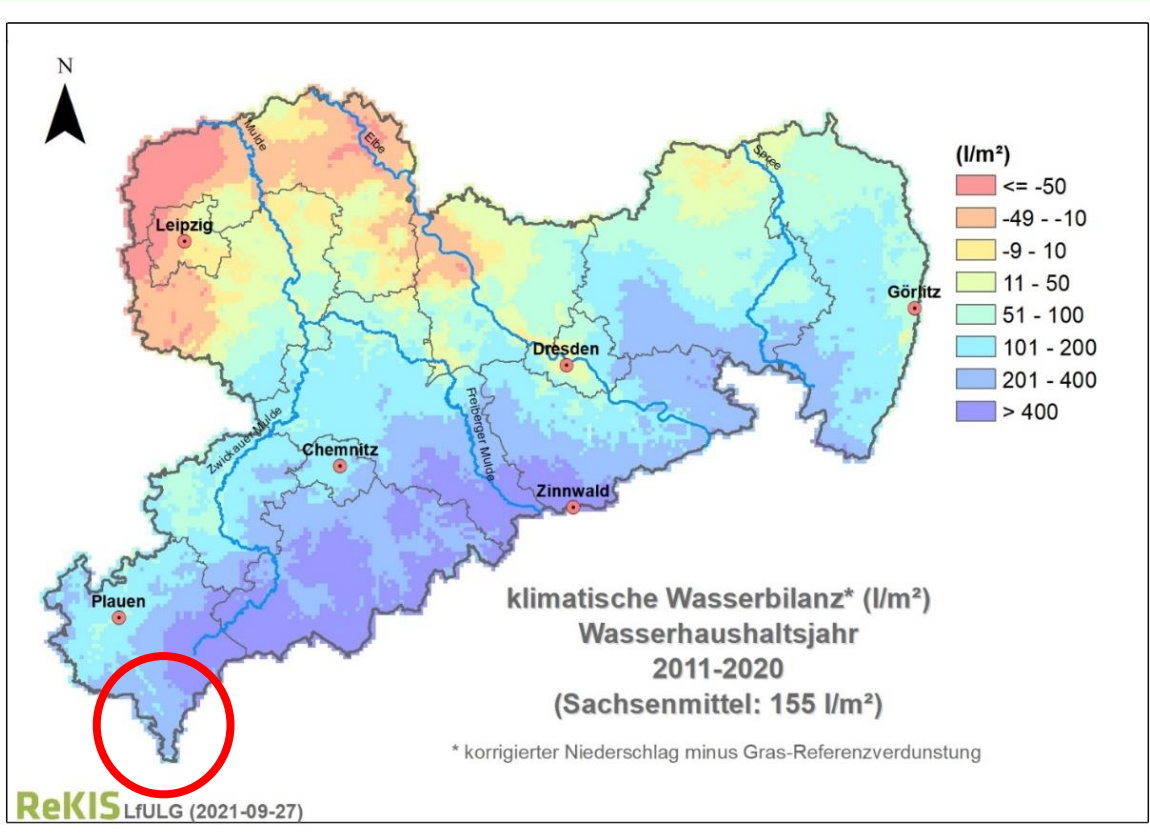
RK: korrigierter Niederschlag, GR: Gras-Referenzverdunstung, KWB: klimatische Wasserbilanz

2. Klima – Bilanzierung der atmosphärischen Bedingungen als Treiber im Wasserhaushalt

potentielles Wasserdargebot:
1961-1990, 1991-2020, 2011-2020

Quelle: Klimazentrum LfULG/Dr. Johannes Franke

! kritische Entwicklung des potentiellen Wasserdargebotes !
→ insbesondere während der Vegetationszeit!



Wasserhaushaltsjahr (Apr-Mrz) ...

	1961-1990	1991-2020	2011-2020
RK:	780 mm	805 (+3 %)	755 mm (-3 %)
GR:	540 mm	580 (+7 %)	600 mm (+11 %)
KWB:	240 mm	225 mm (-6 %)	155 mm (-35 %)

KWB (mm)	1961-1990	1991-2020	2011-2020
Apr-Sep	15	-20 (-2,3fach)	-60 (-5fach)
Okt-Mrz	225	245 (+9 %)	215 (-4%)

RK: korrigierter Niederschlag, GR: Gras-Referenzverdunstung, KWB: klimatische Wasserbilanz

2. Klima – Beobachtete Entwicklung in Sachsen

Quelle: Klimazentrum LfULG/Dr. Johannes Franke

Kernaussagen (Daten seit 1881):

- natürliche Variabilität ist zunehmend von einem **Erwärmungstrend** überlagert, was komplexe Auswirkungen zur Folge hat!
- erhöhtes Risiko im Auftreten **witterungsbedingter Extreme**, auch deren gleichzeitiges u/o länger anhaltendes Auftreten!
- Die Änderungen im Temperatur- und Niederschlagsregime begünstigen zunehmend den Aufbau bzw. die Ausprägung von **Trockenheit!** Hierbei ...
 - treten längerfristige Niederschlagsdefizite und kurzfristige -überschüsse gleichzeitig auf;
 - verstärken hohe Temperaturen die Wirkung eines Niederschlagdefizites, infolge der Verdunstung;
 - schreitet die gemessene Temperaturentwicklung im Vergleich zur projizierten schneller voran!

2. Klima Beobachtung im oberen Vogtland

Niederschlag / Temperatur am Standort
Bad Brambach (Station Mineralquellen)

Betrachtung in **Jahresschrittweite 2000-2021**:

- Schwankungsbreite des **Niederschlages**

2002 932 mm/a (+35 %)

2015 466 mm/a (-33 %)

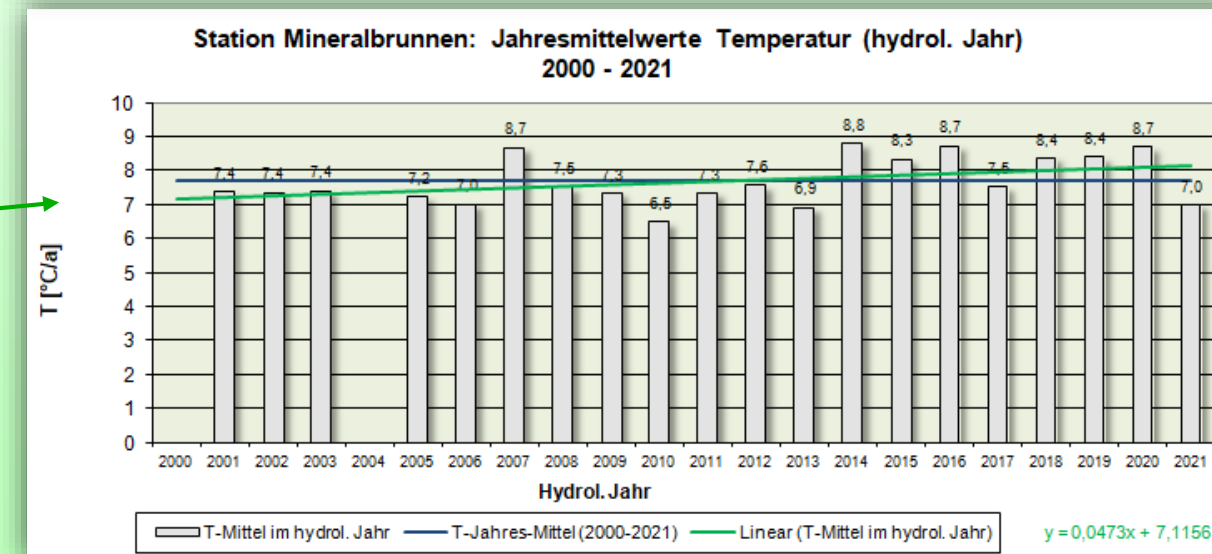
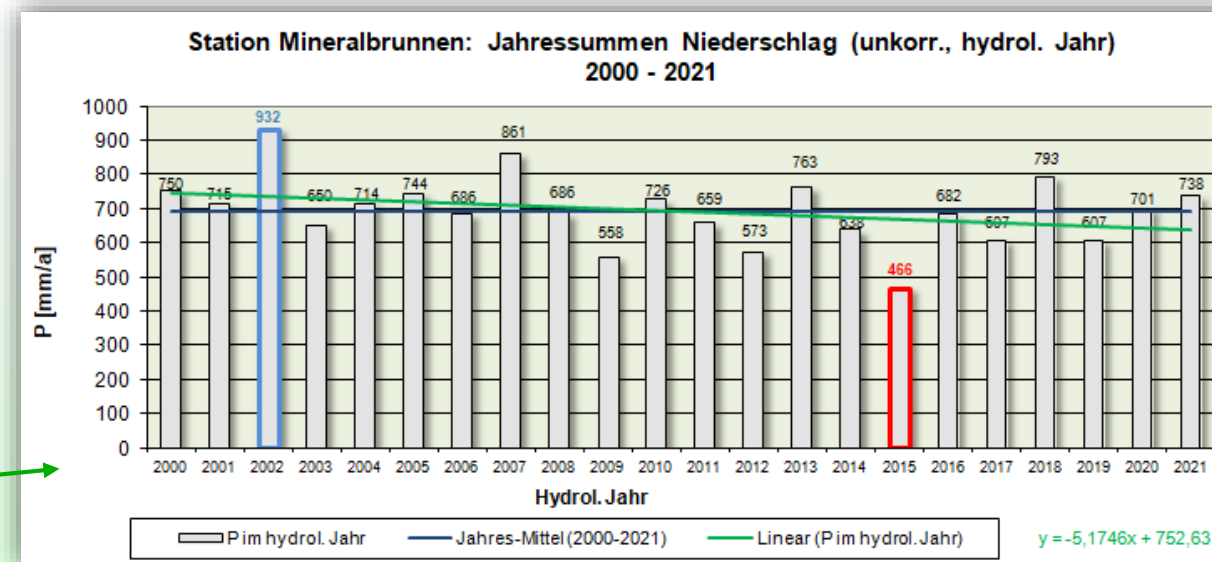
Mittelwert 693 mm/a (2000-2021)

- Schwankungsbreite der **Temperatur**

2010 6,5 °C (-16 %)

2014 8,8 °C (+14 %)

Mittelwert 7,7 °C (2000-2021)



2. Klima - Auswertung für Oberes Vogtland

GWN im oberen Vogtland (Standort Bad Brambach/Bad Elster)

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

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

KLIWES 2.1:

Ergebnisse der Modellläufe mit ArcGEMO aus dem fortgeschrittenen Projekt "Klimawandel und Wasserhaushalt in Sachsen" und dem Projekt "NEYMO-NW" für den Ist-Zustand und ausgewählte Zukunftsszenarien (RCP-Szenarien, WEREX VI-Modell).

weitere Infos:

<https://www.wasser.sachsen.de/kliwes-2-0-17201.html>
<https://www.wasser.sachsen.de/neymo-nw-5420.html>

Grundlage der meteorologischen / klimatologischen Eingangsdaten für die Modellierung sind gemessene regionalisierte Stationsdaten (<https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/33740>).

RCP-Szenario: MPI-ESM-r2-R85-07

Regionalmodell: WEREX VI

WEREX VI: EH6r2R85

Szenario: R85

Lauf: 2

Realisierung: 77

Reihenfolge: 3

Globalmodell: MPI-ESM

Erläuterung: Earth System Model (ESM) des Max Planck Instituts für Meteorologie (MPI) mit dem globalen atmosphärischen Zirkulationsmodell ECHAM9

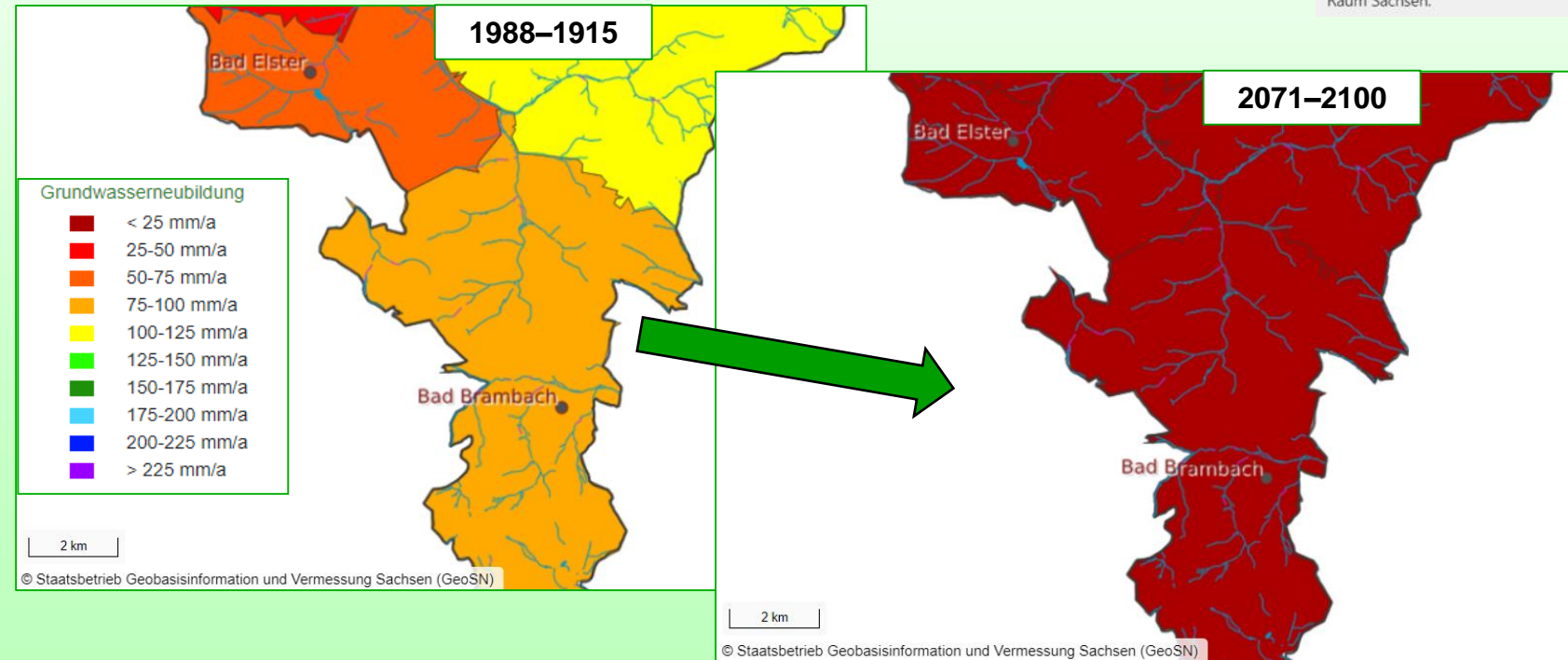
empirisch-statistische Regionalisierungsmethode für den Raum Sachsen.

IST-Zustand 1961–1987:
GWN 70,46 mm/a
(9,2 % von NS = 769 mm/a,
T = 6,18 °C)

IST-Zustand 1988–1915:
GWN 86,63 mm/a
(10,6 % von NS = 819 mm/a,
T = 7,11 °C)

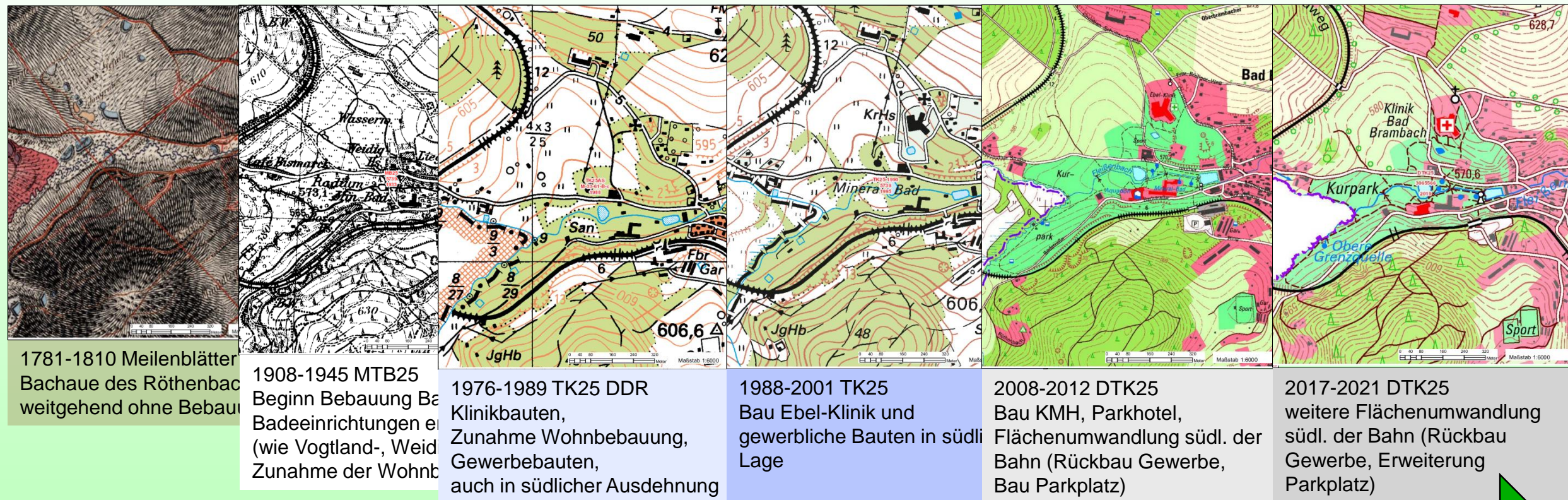
RCP8.5_2 2021–2050:
GWN 34,04 mm/a
(5 % von NS = 685 mm/a,
T = 8,43 °C)

RCP8.5_2 2071–2100:
GWN 2,61 mm/a
(0,4 % von NS = 627 mm/a,
T = 10,56 °C)



3. Urbanisierung

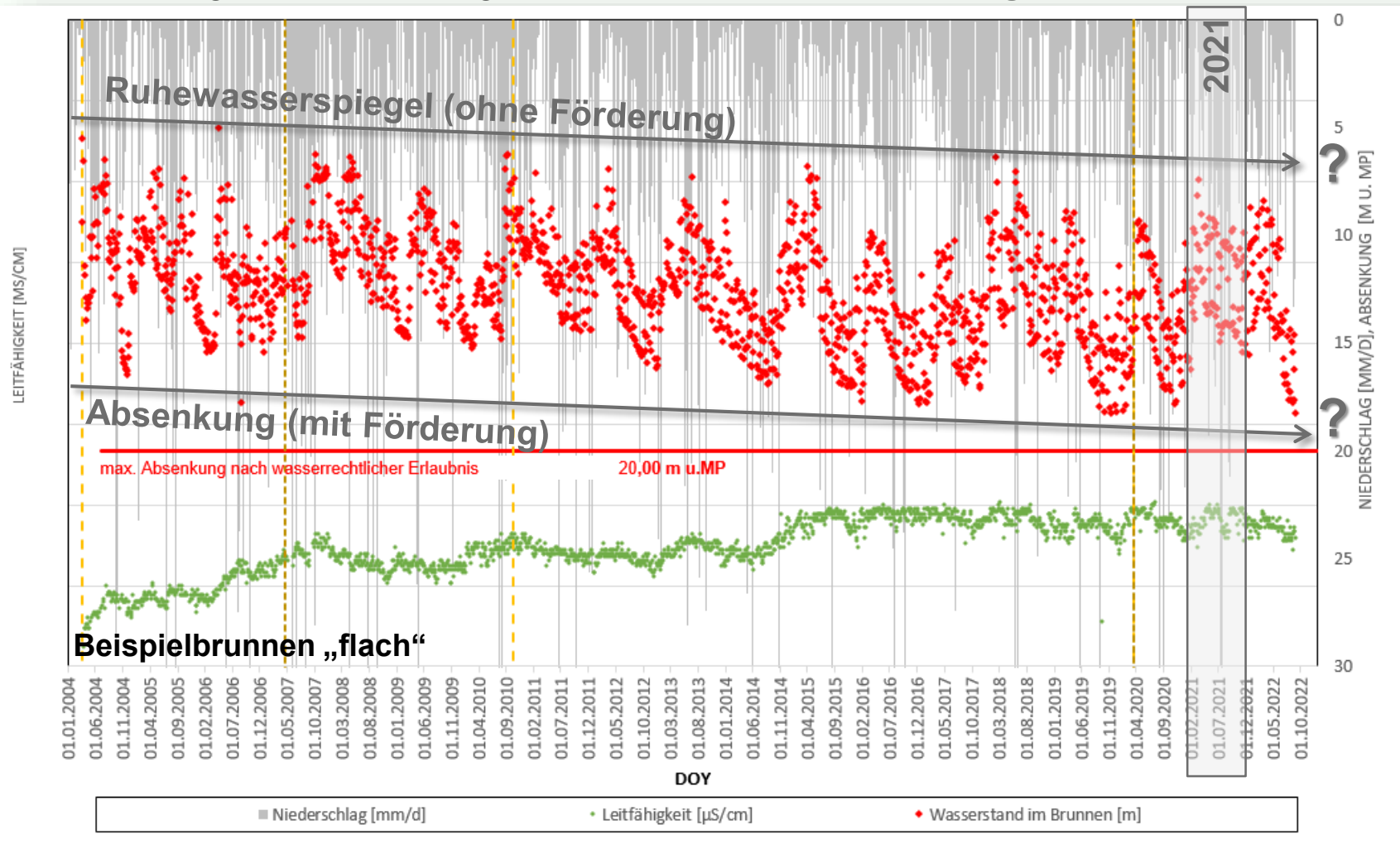
Darstellung am Beispiel Bad Brambach – visuell für das Umfeld des Kurparkes (Quelle: Geoportal Sachsen)



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

4. Fallbeispiel – Mineralwasserbrunnen

Entwicklung von Förderung / Mineralisation / Absenkung



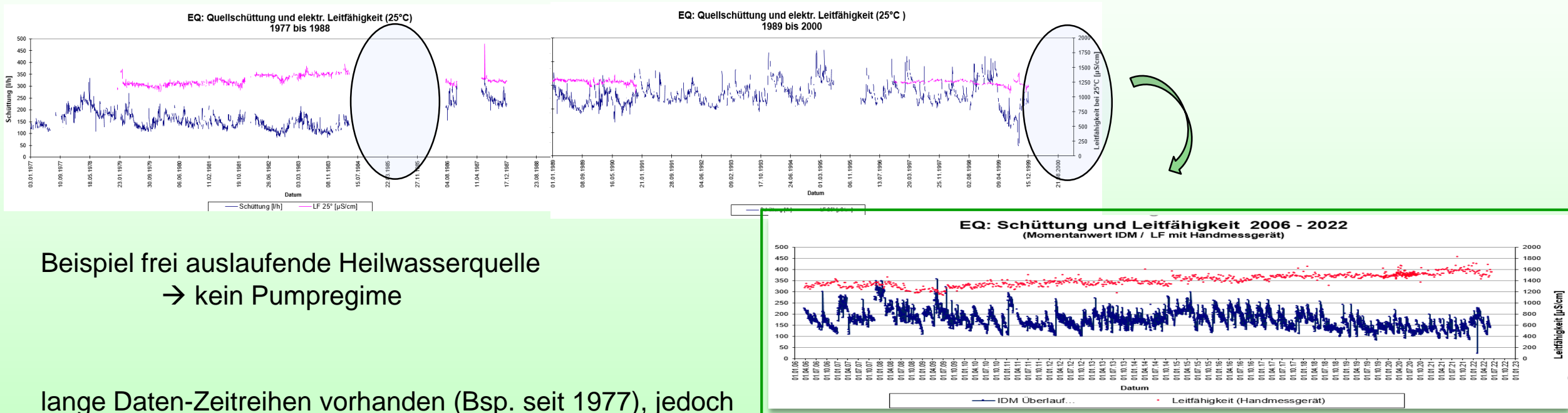
Beobachtungen:

- Nutzung von Brunnen mit unterschiedlicher Tiefe (von ca. 45 bis 300 muGOK)
- insbes. beim flachsten Brunnen werden folgende Phänomene immer deutlicher:
 - Abfall des GW-Wasserspiegels (=Ruhewasserspiegel)
 - Zunahme der Absenkung bei gleichbleibendem schonenden Betrieb (keine Erhöhung von Q)

Es ist zu besorgen, dass die lt. WR max. mögliche Absenkung in naher Zukunft erreicht wird !

4. Fallbeispiel – Heilwasserquelle (Bad Brambach)

Entwicklung von **Schüttung** / **Mineralisation** / **Altersstruktur** / **Gasgehalt**



Beispiel frei auslaufende Heilwasserquelle
→ kein Pumpregime

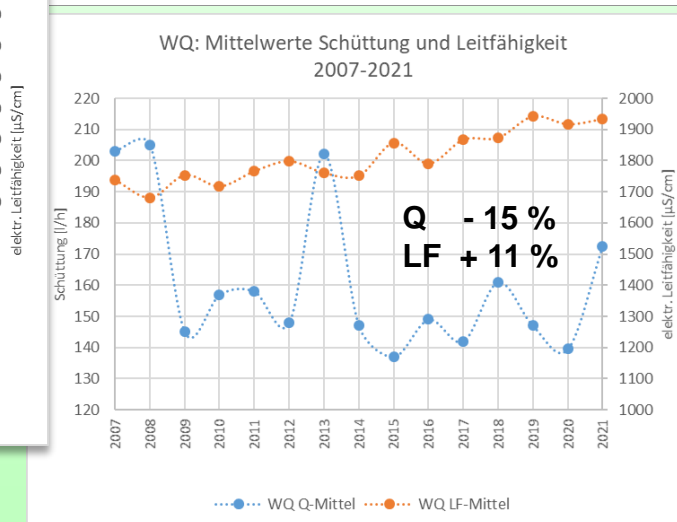
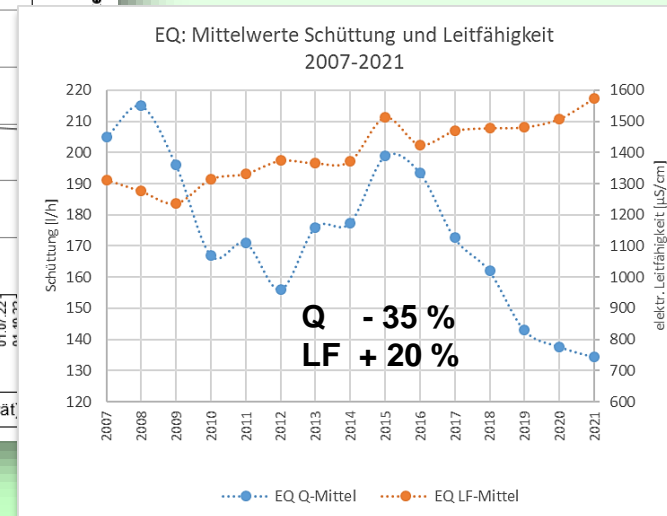
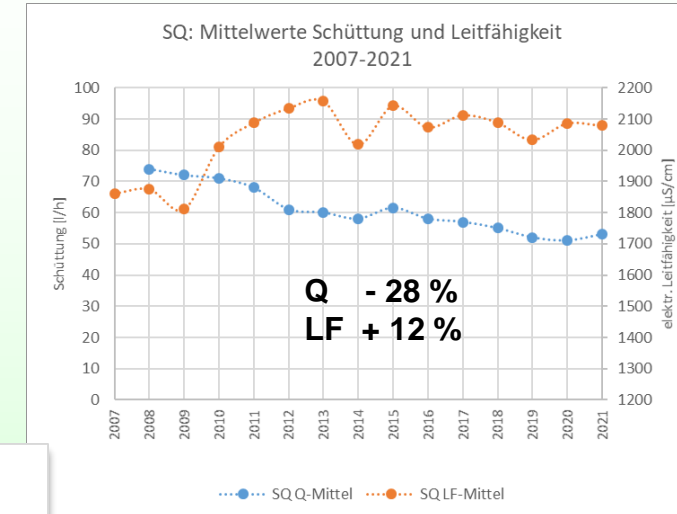
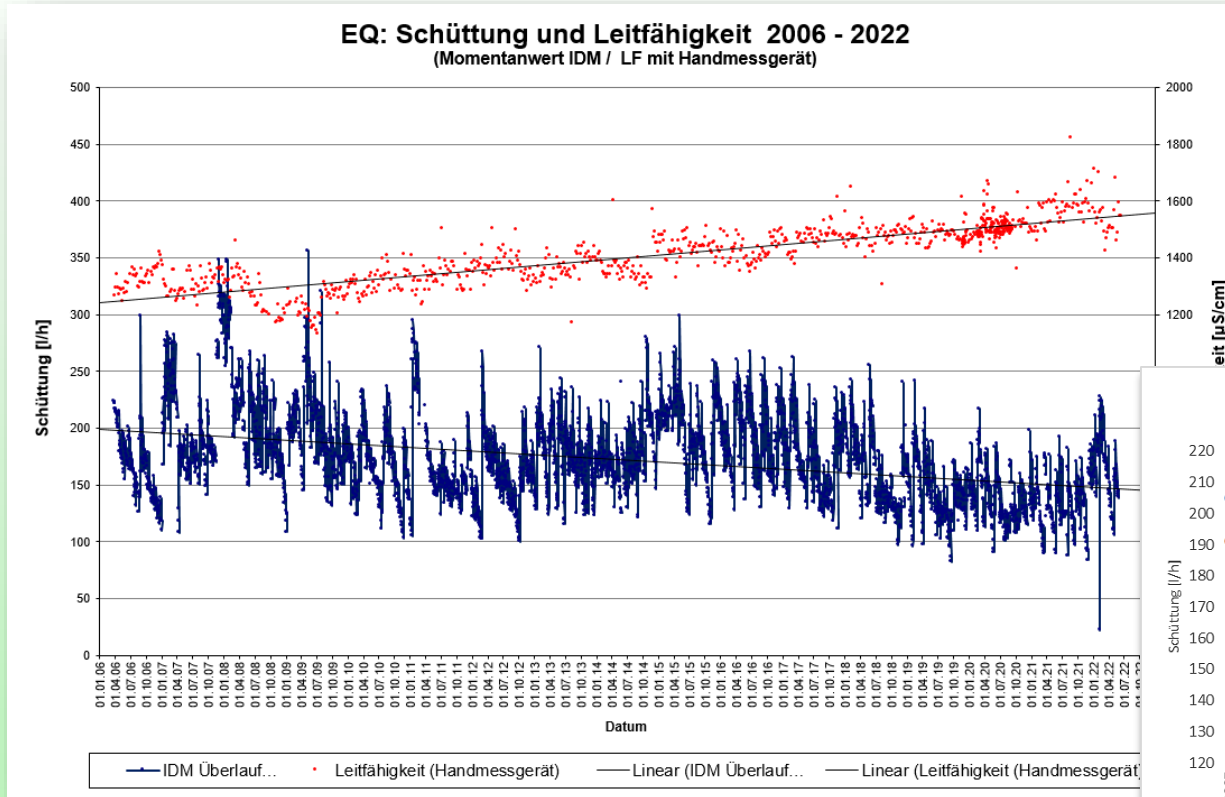
lange Daten-Zeitreihen vorhanden (Bsp. seit 1977), jedoch

- Daten unterschiedlicher Konsistenz und Güte (Datenlücken, wechselnde Beobachter, Hand-, IDM-Messungen ...)
- Veränderungen an Quelfassung (z.B. Sanierung 2003/2004 bis auf die Quellsohle)
- Veränderungen an Quellentechnik (insbes. nach der Sanierung 2003/2004)

→ nachfolgend Betrachtung der letzten 17 Jahre
(ZR mit unveränderten techn. Randbedingungen, d.h. konst. Auslaufbedingungen)

4. Fallbeispiel – Heilwasserquelle (Bad Brambach)

Entwicklung von **Schüttung / Mineralisation / Altersstruktur / Gasgehalt**



Veränderung im dargestellten ZR (nur hierfür gültig)

Es gibt Fragen: Sind diese Änderungen signifikant?

Was ist die Ursache für diese Veränderungen ?

Wieso fallen diese so unterschiedlich aus ?

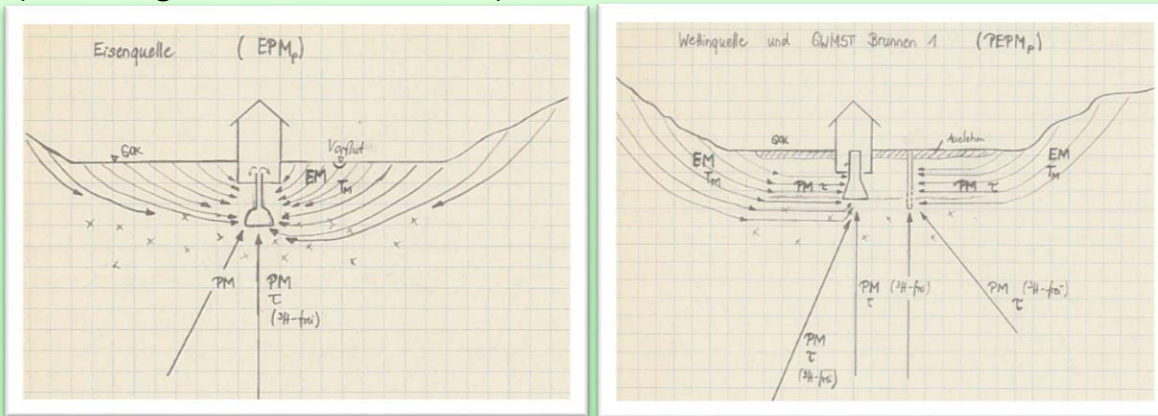
4. Fallbeispiel – Heilwasserquelle (Bad Brambach)

Entwicklung von Schüttung / Mineralisation / Altersstruktur / Gasgehalt

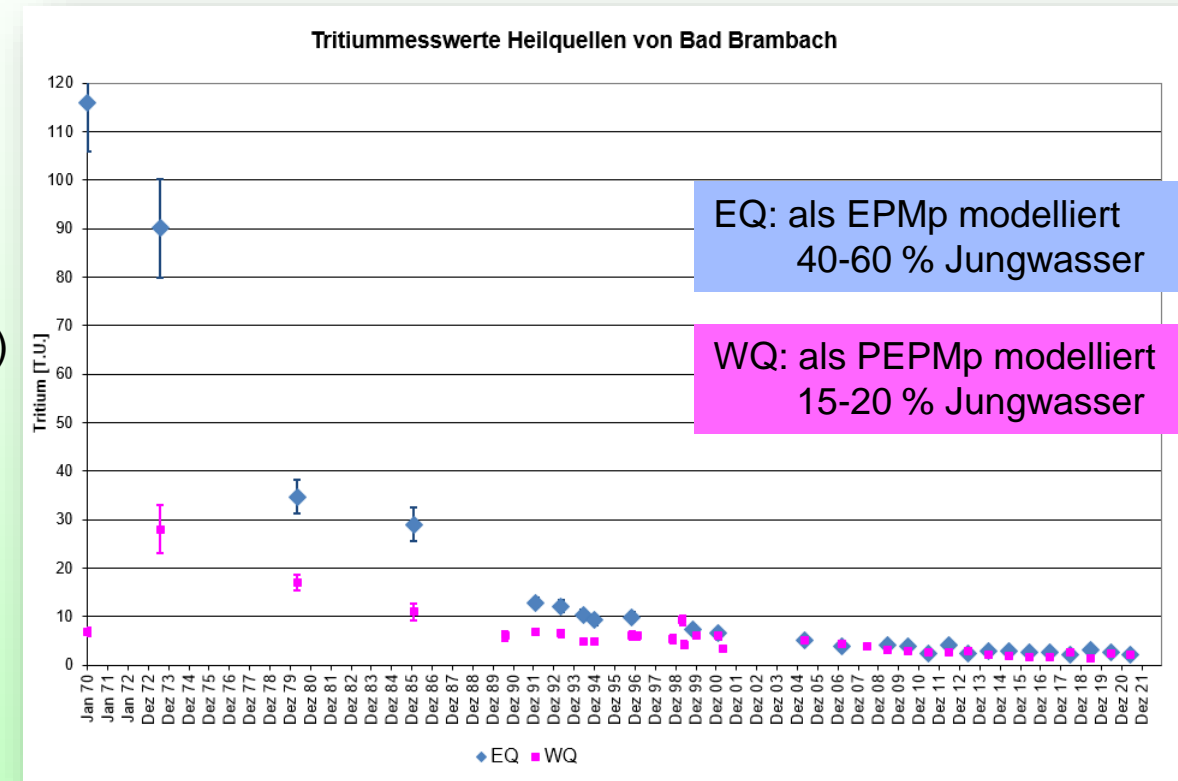
Suche nach Antworten:

- Einfluss veränderter klimatischer Bedingungen ?
- Heilwässer sind Mischwässer –
Komponenten mit unterschiedlichen Anteilen von
Jung- und Altwasser ([siehe Schema Folie 5](#))
(evtl. Grund f. versch. Größenordnungen der Veränderungen ?)

Bestimmung der Altersstruktur mittels Tritiumanalysen
(bisheriger Kenntnisstand):



Konzeptionelle Fließmodelle für das Wasser der Heilquellen
EQ (links) – EPMp
WQ (rechts) - PEPMp

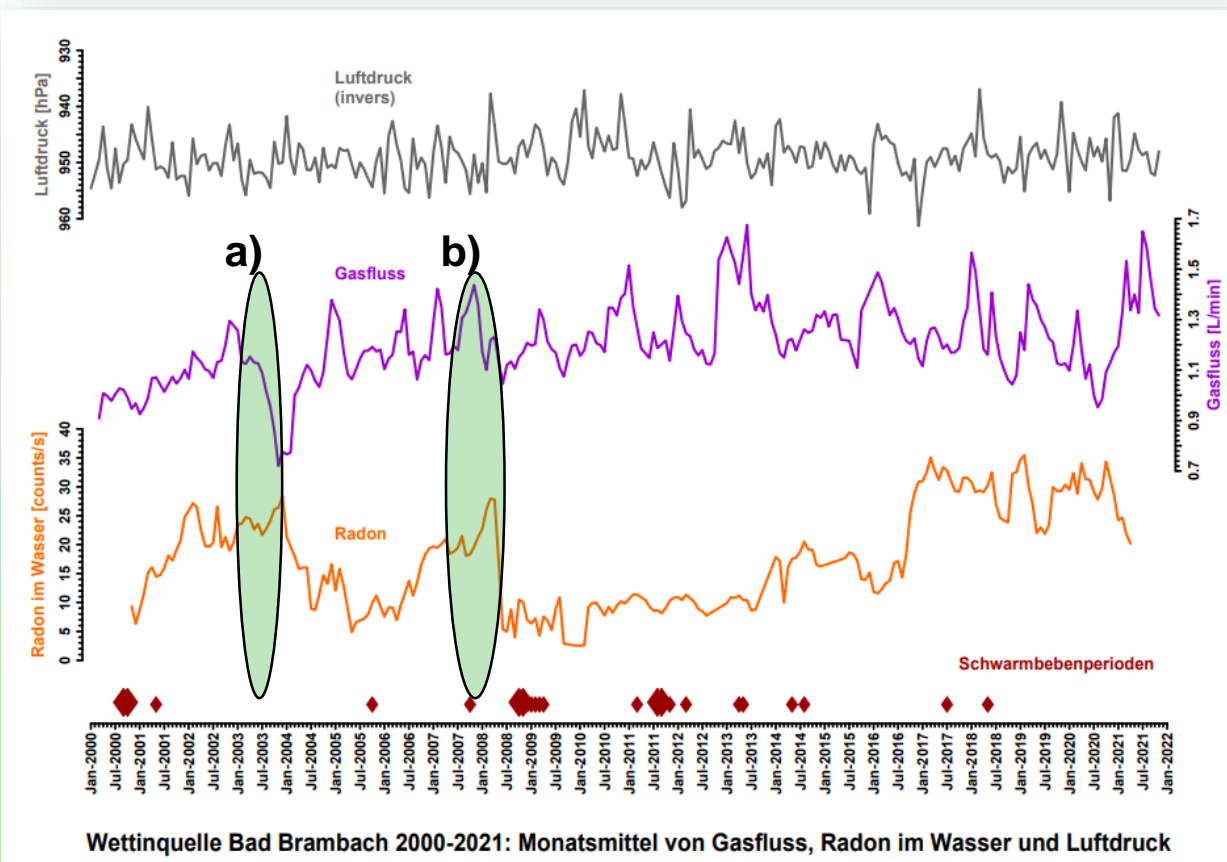


Weitere Fragen:

Wie verhalten sich die Komponenten, wenn z.B. weniger Wasser aus dem vadosen Zyklus zur Verfügung steht ?

4. Fallbeispiel – Heilwasserquelle (Bad Brambach)

Entwicklung von Schüttung / Mineralisation / Altersstruktur / Gasgehalt und weitere



Langjährige Messung von Radon und Gasfluss an WQ:

- kontinuierliche Messungen verdanken wir der SAW
- Gasfluss stark luftdruckabhängig (Kurzfristbetrachtung)
- Interpretationen der Kurvenverläufe bedarf Sachverstand ! Hinweis auf Folgendes

a) 10/2003-3/2004: deutlicher Gasfluss- und Rn-Rückgang wg. Sanierung EQ (temporäre Absenkung !)
→ hydraul. Gegendruck im System fehlte
→ Gas suchte sich den „einfachen“ Weg im Kluftsystem über die Sohle der freigelegten EQ

b) vor Herbst 2008: deutliche Rn- und Gasflussrückgänge vor dem starken Beben (sind nicht mit Luftdruckverlauf erklärbar)

Fazit: geeignet zur Nachweisführung von Einflüssen durch z.B. Baumaßnahmen in HWSZ !

Ausblick: Fortführung dieser Messungen ist gesichert ! (neues Proj. SSB / Stiftung)

6. Fazit

- Können wir etwas gegen die aufgezeigte Entwicklung tun?

eigentlich nein.

- Wie können wir uns darauf einstellen?

Herausforderung Klimawandel annehmen !

- **Monitoring - Monitoring - Monitoring** ... kein Abreißen von Langzeit-Beobachtungsreihen
- Weiterführung des Regelmonitorings quellen- und raumbezogen mit
- Verfolgung der qualitativen und quantitativen Kenngrößen der Heil-/Mineralwässer (klare und fachlich saubere Ausweisung von Trends)
- wenn erforderlich mit Anpassung / Qualifizierung bisheriger Denkansätze
- ggf. Anpassung der balneologischen Wertigkeitsveränderung (Anerkennungsanalysen)
- Untersetzung mit Untersuchungen auch anderer Institutionen (z.B. Landesmessnetz, Forschungseinrichtungen)
- **alles vermeiden, was sich ungünstig auf die GWN im EZG auswirkt**
- Aktualisierung bisheriger **wasserhaushaltlicher Auswertungen** mit den aktuell zur Verfügung stehenden Werkzeugen und **Projektion in die Zukunft** (bedachte Anwendung von **Klimaszenarien**)
- weitere **schonende** Nutzung der Heil- und Mineralwasserressourcen = *Nachhaltigkeit*
- keine Überbeanspruchung in Extrempereoden (wie Hitzewellen/Trockenperioden)

7. Ausblick

- Weitere Verbesserung des Kenntnisstandes zum Untergrund und den Bildungsräumen
Bsp. 3D-Geologie und Hydrogeologie für den Raum des oberen Vogtlandes
→ läuft / in Arbeit
- Erhalt/Modernisierung der Fördertechnik in den Quellen und Ausrüstung mit spezieller Messtechnik
Bsp. Wettingquelle
→ bereits in Arbeit in 2022
- Wiedereingliederung der Heilquellen in Forschungsaktivitäten
Bsp. Untersuchungen mit VKTA Rossendorf (Radionuklide) und GFZ Potsdam (Gase)
→ avisiert bzw. bereits begonnen in 2022
- Bewertung der aktuellen und prognostischen Entwicklung hydrometeorologischer und hydrochemischer Kenngrößen der Heil- und Mineralwässer über das behördlicherseits beauftragte Regelmonitoring hinaus
Bsp. Vorbereitung von Hinweisen an die Grundwassernutzer im oberen Vogtland durch die UWB des LRA
→ bereits in Arbeit in 2022

Wir arbeiten gemeinsam an einem Ziel:

**Erhalt und Sicherung der Grundwassernutzungen im Oberen Vogtland
unter Berücksichtigung der aktuellen und prognostischen Entwicklungen**

Vielen Dank für Ihr Interesse !

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

**Vielen Dank an alle Anderen,
die hilfreich und unterstützend tätig waren!**