

Einblicke in aktuelle Projekte des FEZB sowie in Entwicklungen zur Wasserbilanzierung und Untergrundparametrisierung

Dr. Maike Gröschke
Dr. Erik Nixdorf



03.11.2023

Der Planet Erde ist unsere Lebensgrundlage – seine Ressourcen sind begrenzt.

Deshalb setzt sich die BGR für die Sicherung unseres Lebensraumes und die nachhaltige Nutzung natürlicher Ressourcen ein.



Aufgaben der BGR



1. Beratung der Bundesregierung und der deutschen Wirtschaft
2. Förderung von Wissenschaft und Wirtschaft
3. Nationale und internationale geowissenschaftliche und technische Zusammenarbeit
4. Erhebung, Standardisierung, Harmonisierung und Bereitstellung geowissenschaftlicher und rohstoffwirtschaftlicher Fachdaten und entsprechende Koordinierungsarbeiten
5. Erdbebendienst

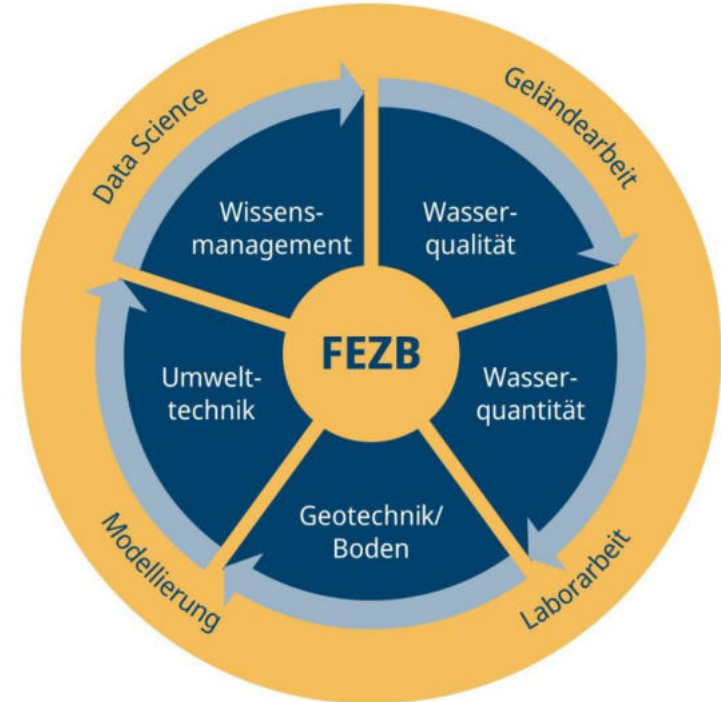
Organisationsplan der BGR



Präsident Vizepräsident		Interne Revision		Deutsche Kontrollstelle EU-Sorgfaltspflichten in Rohstofflieferketten (DEKSOR)	
Präsidialer Stab, Pressestelle					
Abteilung Z Zentrale Dienste		Abteilung 1 Rohstoffe	Abteilung 2 Grundwasser und Boden	Abteilung 3 Unterirdischer Speicher- und Wirtschaftsraum	Abteilung 4 Geowissenschaftliche Informationen, Inter- nationale Zusammenarbeit
Z.1 Personal	1.1 Deutsche Rohstoffagentur (DERA)	2.1 Geophysikalische Erkundung, Technische Mineralogie	3.1 Nutzungspotenziale des geologischen Untergrunds	4.1 Internationale Zusammenarbeit	
Z.2 Betriebstechnik, Innerer Dienst	1.2 Geologie der mineralischen Rohstoffe	2.2 Innovationsgrundlagen Grundwasser und Boden	3.2 Geologisch-geotechnische Erkundung	4.2 Geoinformationen, Stratigraphie, Bibliothek	
Z.3 Organisation, Zentrales Controlling	1.3 Geologie der Energieroh- stoffe, Polargeologie	2.3 Grundwasserressourcen – Beschaffenheit und Dynamik	3.3 Charakterisierung von Speicher- und Barrieregesteinen	4.3 Erdbebendienst des Bundes, Kernwaffenstopp	
Z.4 Haushalt und Finanzmanagement	1.4 Marine Rohstofferkundung	2.4 Boden als Ressource – Stoffeigenschaften und Dynamik	3.4 Langzeitsicherheit	4.4 Gefährungsanalysen, Fernerkundung	
Z.5 Beschaffung, Materialwirtschaft	1.5 Geochemie der Rohstoffe	2.5 Aufbaustab zur Einrichtung des Forschungs- und Entwick- lungszentrums Bergbaufolgen	3.5 Geotechnische Sicherheitsnachweise		
Z.6 Zentrale Informationstechnik					
Z.7 Interne Kommunikation, Service-Z-Managem., Publikationen					
Referate	Fachbereiche				

Forschungs- und Entwicklungszentrum Bergbaufolgen (FEZB)

Unsere Mission ist die Minimierung der bergbaubedingten Umweltauswirkungen.



Hydrochemie & Isotopenhydrologie

- Untersuchung persistenter organischer Schadstoffe (POPs) in Bergbaufolgelandschaften
- Messung der 3D-Verteilung von hydrochemischen Parametern in Bergbaufolgeseen
- Isotopenstudie Bergbaufolgeseen

Grundwassermodellierung

- Untersuchungen zu bergbauspezifischen Problemen wie der Flutung von Bergbaufolgeseen
- Koordinierung der Entwicklung eines regionalen Grundwassermodells für die Lausitz (~ 5000 km²)



Bodenverflüssigung auf Innenkippen

Was ist das "innere Initial"?

Wie kann der Sanierungsnachweis erfolgen?

Angewandte geophysikalische Methoden

- Kernspinresonanz (NMR)
- Passive seismische Messungen
- Gravimetrie
- Elektrische Widerstandstomographie (ERT)
- Transiente Elektromagnetik (TEM)

Luftgestützte geophysikalische Methoden

- Hubschraubergestützte Elektromagnetik (HEM)
- Drohnengestützte Photogrammetrie

Bodenuntersuchungen (Labor)

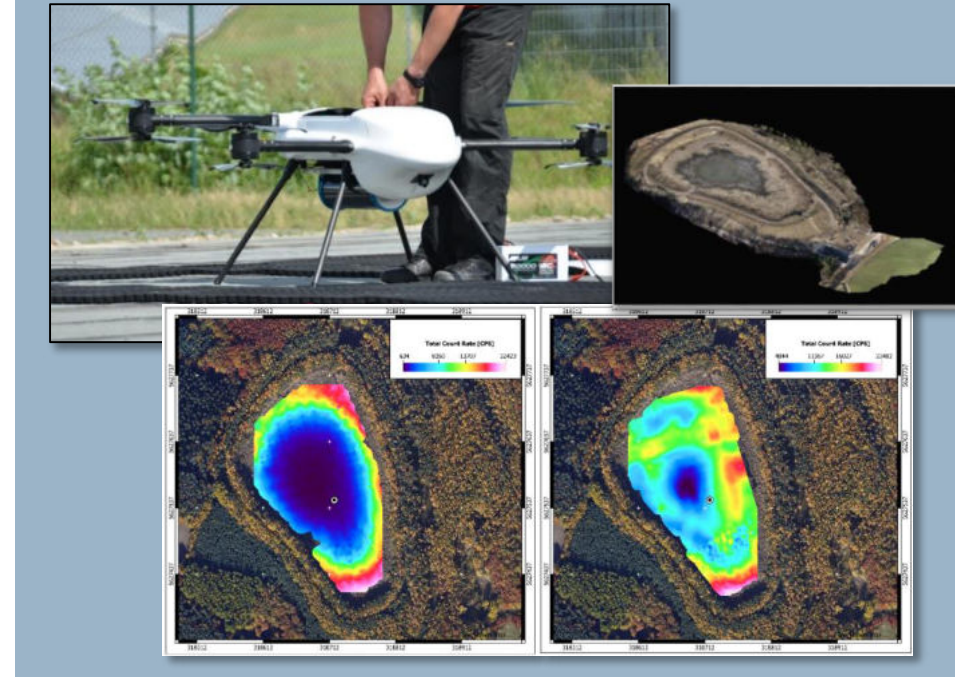
- Kornanalyse (Form, Rundung, Korngrößen)
- Scherversuche



Messung von Umweltveränderungen und Entwicklung von Beobachtungsmethoden

Beispiel:
Überwachung einer Uran-Altlast der Wismut während der Sanierung

- Einsatz von Drohnen zur Messung von Gammaskpektren und zur Durchführung von Photogrammetrie
- Vergleich mit bodengestützten Daten aus einer schwimmenden Messplattform





© BGR, J. Ma

Technische Zusammenarbeit (TZ)

Unterstützung der BGR TZ-Projekte

- **Südamerika**
(Workshops zur Anwendung von Drohnen und Abteufen von Bohrungen im Abraum)
- **Mongolei**
(Grundwassermodellierung)

Internationale Projekte (Anträge eingereicht)

- Netzwerk-Projekt (Schließung Kohletagebaue) im Rahmen des IGF - Intergovernmental Forum on Mining, Minerals, Metals and Sustainable Development
- Hydrologische Untersuchungen in Namibia im Rahmen eines IKI-Projekts (Internationale Klimainitiative)

Entwicklungen zur Wasserbilanzierung und Untergrundparametrisierung



Oberflächenwasserbilanz

Die **Oberflächenwasserbilanz** ermöglicht es die Menge an Wasser zu messen, die einen bestimmten Bereich verlässt

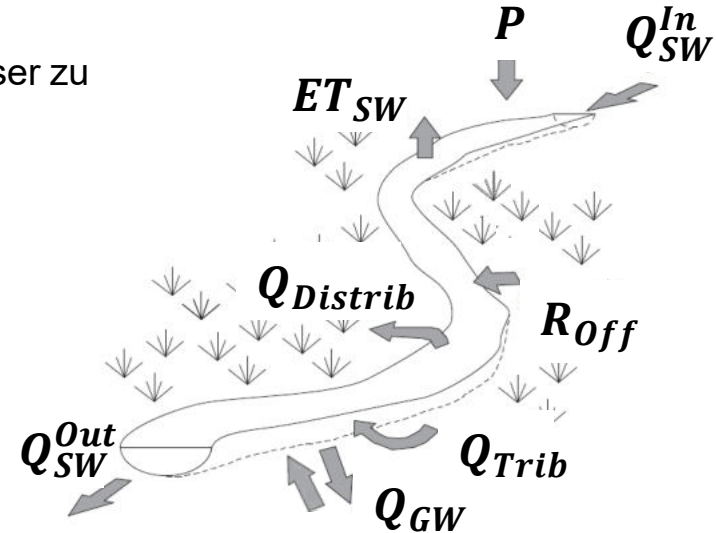
$$Q_{SW}^{Out} = Q_{SW}^{In} + P - ET_{SW} - \Delta S_{SW} + R_{off} + Q_{Trib} - Q_{Distrib} + Q_{GW}$$

Umstellen der Bilanzgleichung auf Q_{GW} und vereinfachen für Flussabschnitt i in Zeitabschnitt t :

$$Q_{GW}(i, t) = Q_{SW}^{Out}(i, t) - Q_{SW}^{In}(i, t) - Q_{Trib}(i, t) + Q_{Distrib}(i, t)$$

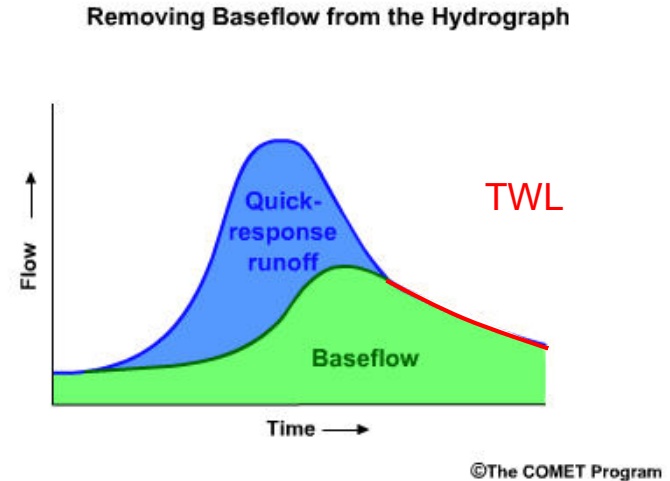
Die Terme der Gleichung können über Pegelzeitreihen bestimmt werden:

- $Q_{GW} > 0$: Diffuse Grundwasserneubildung über das Teileinzugsgebiet
- $Q_{GW} < 0$: Konzentrierte Grundwasserneubildung entlang der Geometrie des Flussabschnittes



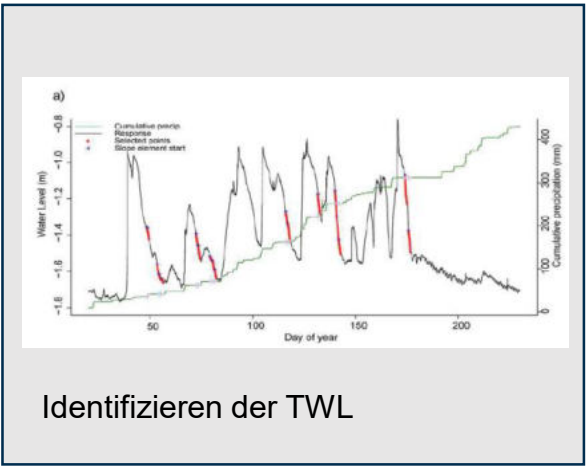
Healy, 2013

- Die **Trockenwetterablauflinie (TWL)** ist die Ganglinie, die durch Mittelung der abfallenden Teilstücke von Hochwasserganglinien, die nicht durch Nachregen beeinflusst werden, entsteht (DIN 4049)
- **Basisabfluss** definiert den Teil des Abflusses, der nicht zum Direktabfluss gezählt werden kann (DIN 4049-3)
- Methoden zur Trennung des Basisabflusses vom Gesamtabfluss umfassen **hydrologische Trennverfahren**, tracerbasierte Methoden und statistische Modelle



Ableitung von Aquiferparametern

Die Trockenwetterauslauflinie kann wertvolle Informationen über die Eigenschaften eines Aquifers liefern, wie z.B. **Hydraulische Leitfähigkeit und Speicherkapazität**



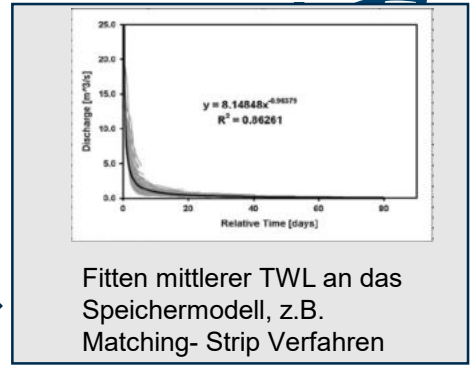
Maillet 1905/
Bousinesq 1877

$$Q_t = Q_0 e^{-\alpha t}$$

$$Q_t = Q_0 / (1 + \alpha t)^2$$

Bousinesq 1903

Auswahl Speichermodell



$Q_0 = \frac{\pi}{2} K H l \frac{h_m}{L}$ <p>Maillet 1905</p>	$Q_0 = 0.862 K l \frac{h_m^2}{L}$ <p>Bousinesq 1903</p>
$\alpha = \frac{\pi^2 K H}{4 \varphi L^2}$	$\alpha = \frac{1.115 K h_m}{\varphi L^2}$

Hydrogeologische Interpretation der Fitparameter

Datensatz Lausitz

Für unser Untersuchungsgebiet „Lausitz“ liegen 128 Pegel mit 6 023 168 Abflusseinträgen ab dem 01-11-1893 vor

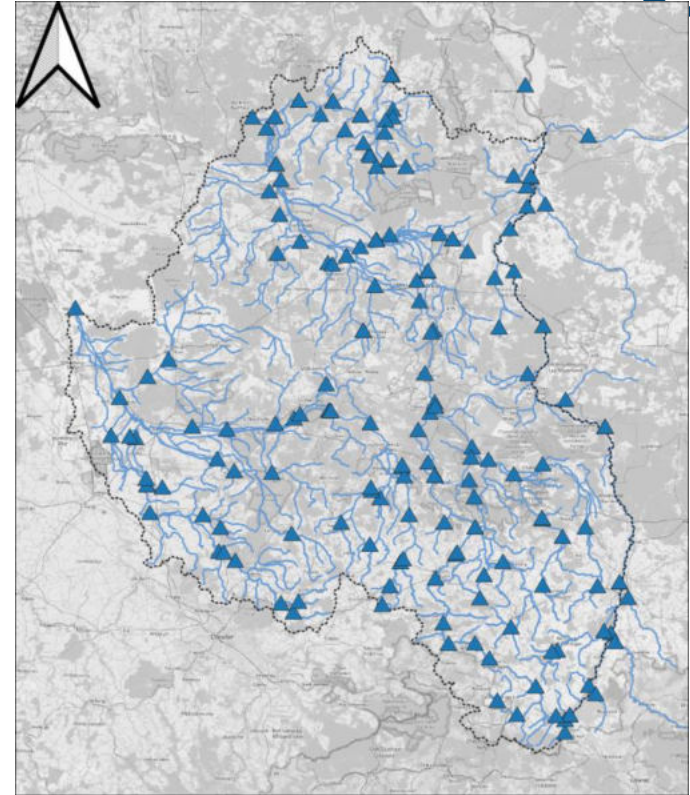
Händische Auswertung der Pegeldata für **Grundwasserneubildung** und **Aquiferparameter** sehr **zeitaufwändig** und **nicht übertragbar**



Entwicklung eines automatisierten Tools für die Aufgabenstellungen :

SBAT

Surface Water Balance Analysis Tool

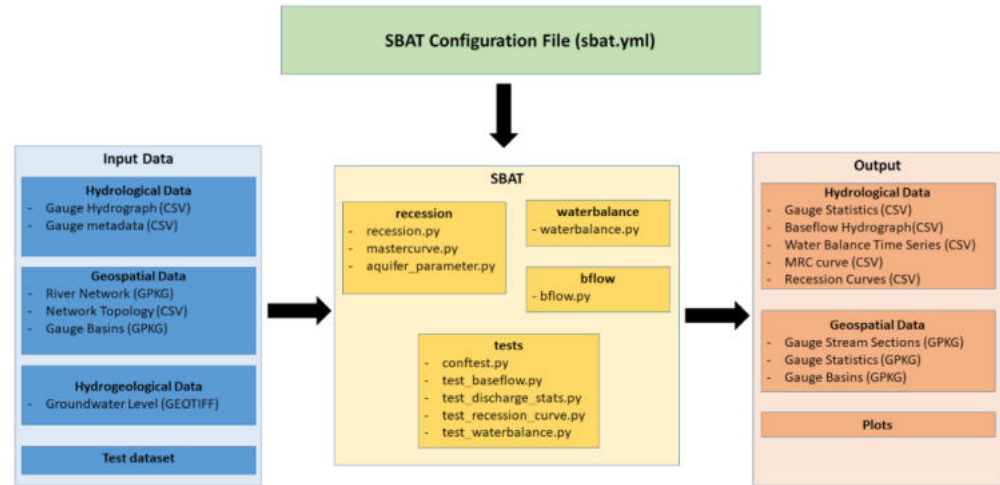


- Nutzung von ausschließlich lizenzfreier Software; ausschließliche Programmierung in **Python**
- Eingangsdaten im CSV-Format (Comma-Separated-Values) und als GIS-Dateien:
 - ***gauge_ts.csv*** enthält die Zeitreihen der Pegel
 - ***gauge_meta.csv*** enthält die Metadateien der Pegel (z.B Koordinaten und Lage am Gewässer)
 - ***branches_topology.csv*** enthält die Topologie im Flussnetzwerk
 - ***gauge_basins.gpkg*** enthält die den Teileinzugsgebieten zugehörigen Polygone
 - ***network.gpkg*** enthält die Polylinien des Flussnetzwerks und ermöglicht die Visualisierung der Berechnungsergebnisse im Raum
- Das Modell kann die Analysen für mehrere Einzugsgebiete gleichzeitig durchführen insofern die topologischen Beziehungen korrekt vorliegen
- Ausgabe erfolgt in CSV Dateien, Abbildungen als png sowie Geopackage Dateien für die weitere GIS Visualisierung/Prozessierung

Surface Water Balance and Aquifer Parameter Estimation Tool (SBAT): Struktur

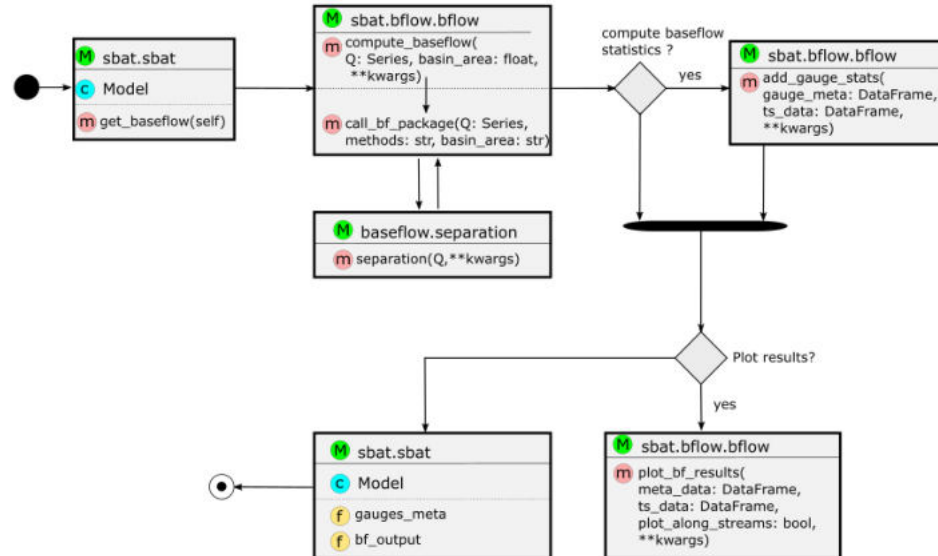
```
#info provides some general information of the dataset
info:
  model_name: example1
  contact: Max Mustermann
#file_io describes the location of all input datasets
file_io:
  input:
    data_dir: data/examples
    gauges:
      gauge_meta: ex1_gauge_meta.csv
      gauge_time_series: ex1_gauge_ts.csv
    hydrogeology:
      gw_levels: ex1_hydraulic_heads.tif
    geospatial:
      river_network: ex1_network.gpkg
      gauge_basins: ex1_basin.gpkg
      branches_topology:
output:
  output_directory: output/
  plot_results: true
#Treatment of missing data
data_cleaning:
  drop_na_axis: 0
  valid_datapairs_only: true
#information on time processing
time:
  compute_each_decade: true
  start_date: 1990-01-01
  end_date: 2021-12-31
```

Nutzer Eingabemaske

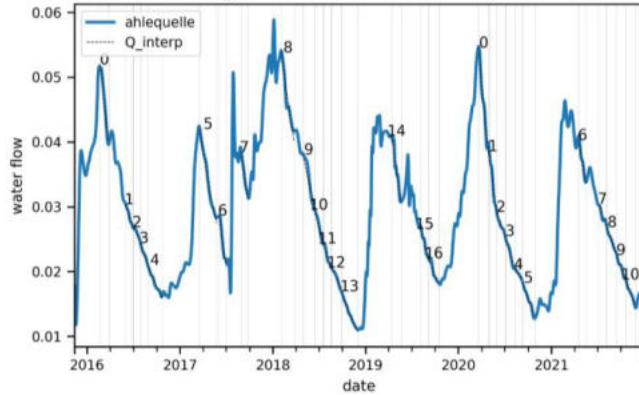


SBAT Paketstruktur

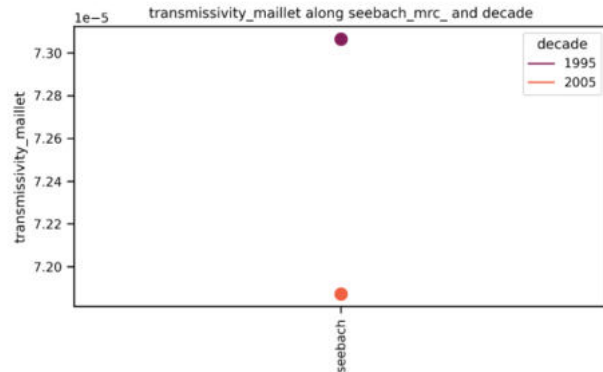
Codestructur Beispiel: Kalkulation des Basisabflusses



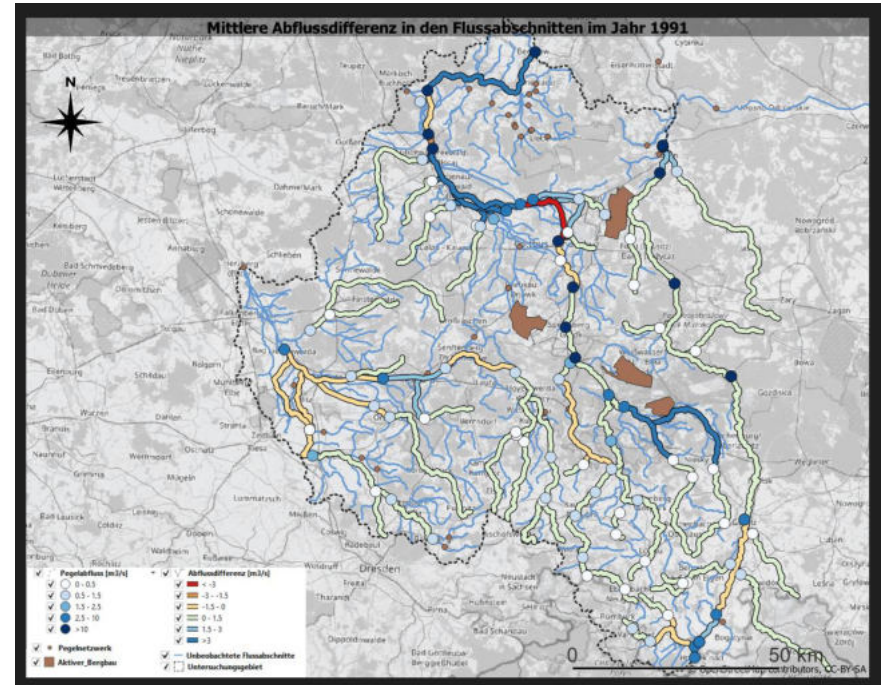
Beispielerggebnisse: TWL und Wasserbilanzen



Identifikation von TWL

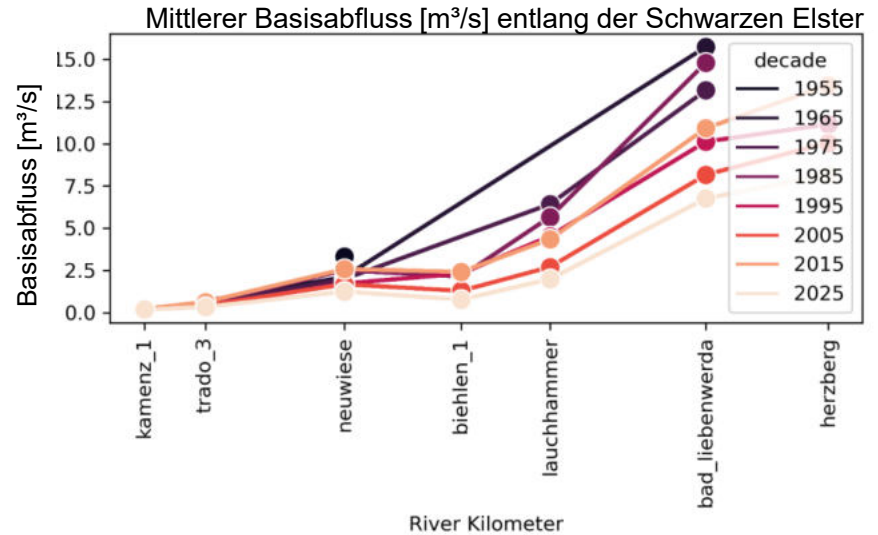
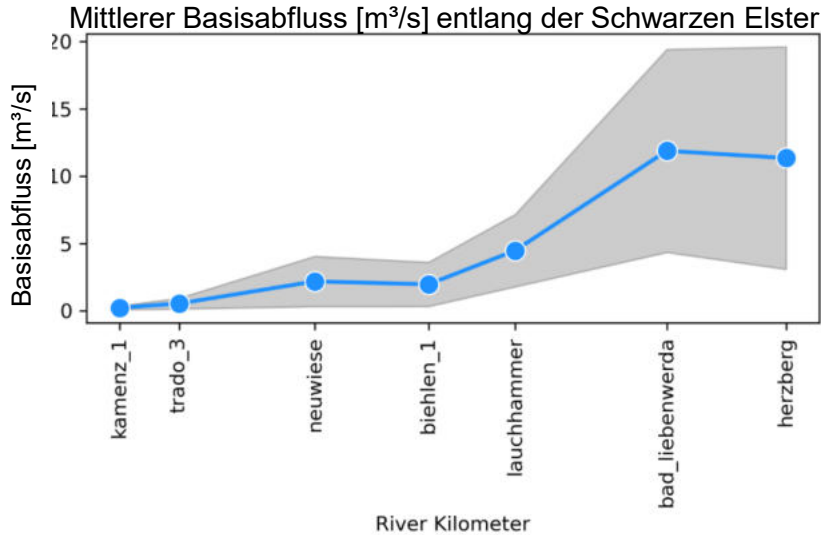


Bestimmung der mittleren Transmissivität

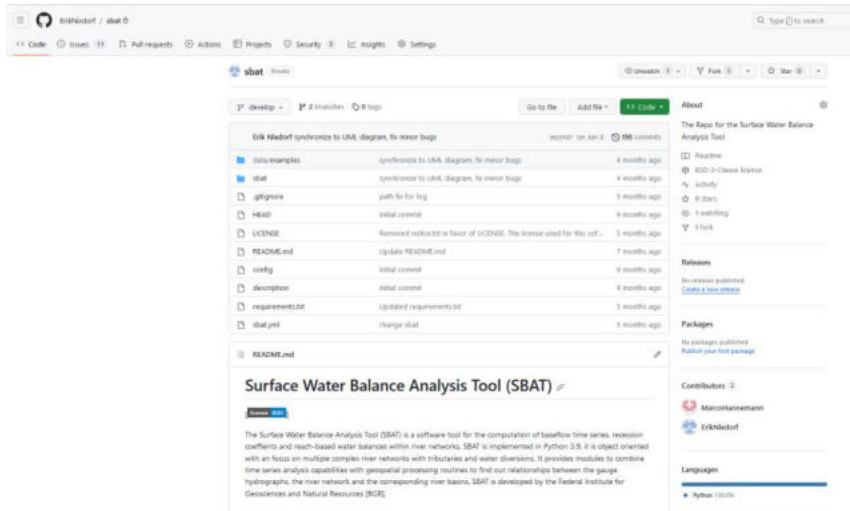


Bestimmung mittlere jährliche Abflussdifferenz je Gewässerabschnitt

Beispielergebnisse: Visualisierung entlang Flussläufen



Verfügbarkeit und nächste Schritte



Softwareverfügbarkeit und Dokumentation auf GitHub (<https://github.com/ErikNixdorf/sbat>) → Anfrage über erik.nixdorf@bgr.de



Publikation in Journal of Hydroinformatics (...)

**Vielen Dank
für Ihre Aufmerksamkeit!**