

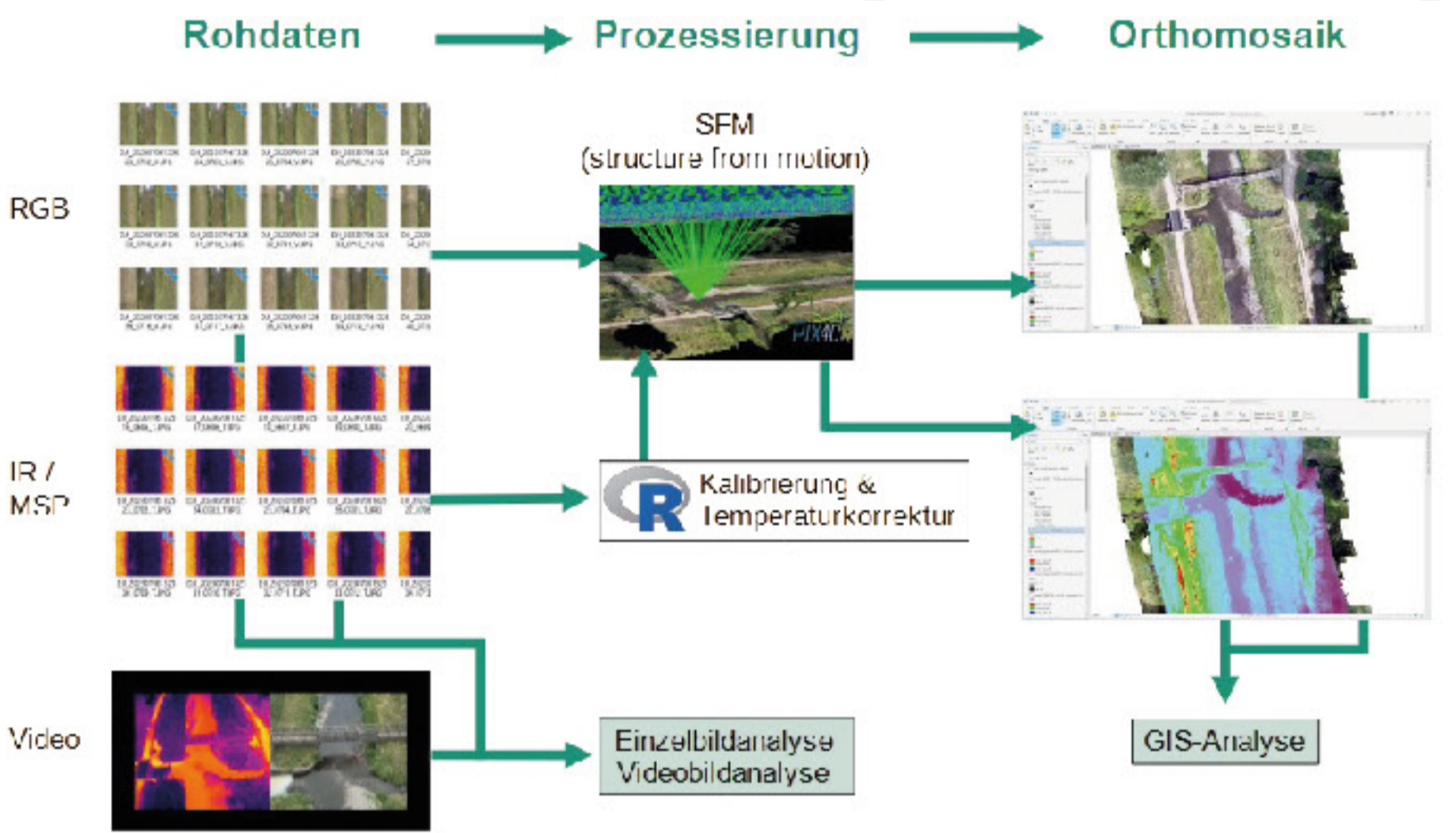
Neue Monitoringkonzepte zur Bestimmung der Grundwasserneubildung

D. Glaser⁽¹⁾, A. Krämer⁽³⁾, H. Paulsen^(1,4), B. Herbstritt⁽¹⁾, C. Hübner⁽⁴⁾, J. Schwarz⁽¹⁾, J. Lange⁽¹⁾, M. Weiler⁽¹⁾

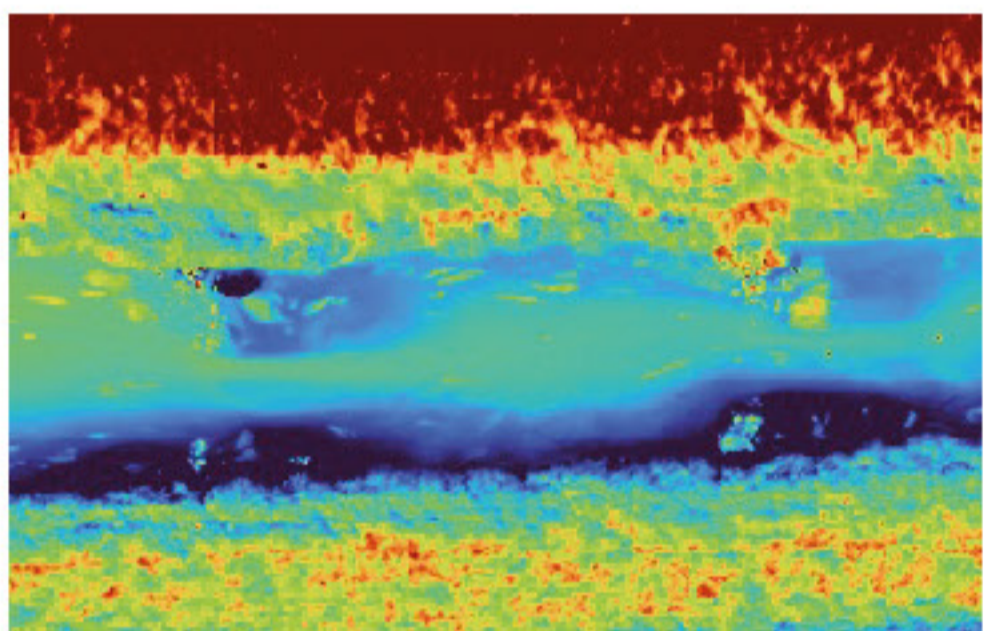
Thermale Gewässerkartierung mit Drohnen

- Durchführung regelmäßiger Drohnenflüge
- Ziel: flächendeckende, georeferenzierte Aufnahmen → **indirekte GWNB**
 - Thermalbilder
 - Erproben neuer Messmethoden

Workflow: Datenverarbeitung Drohnenmessung



In Zahlen:
 - 13 Flugtage
 - 84 Flüge
 - 75.000 Einzelbilder
 - 121 Videosequenzen
 - 911 GB Daten



Sequentielle Abflussmessung

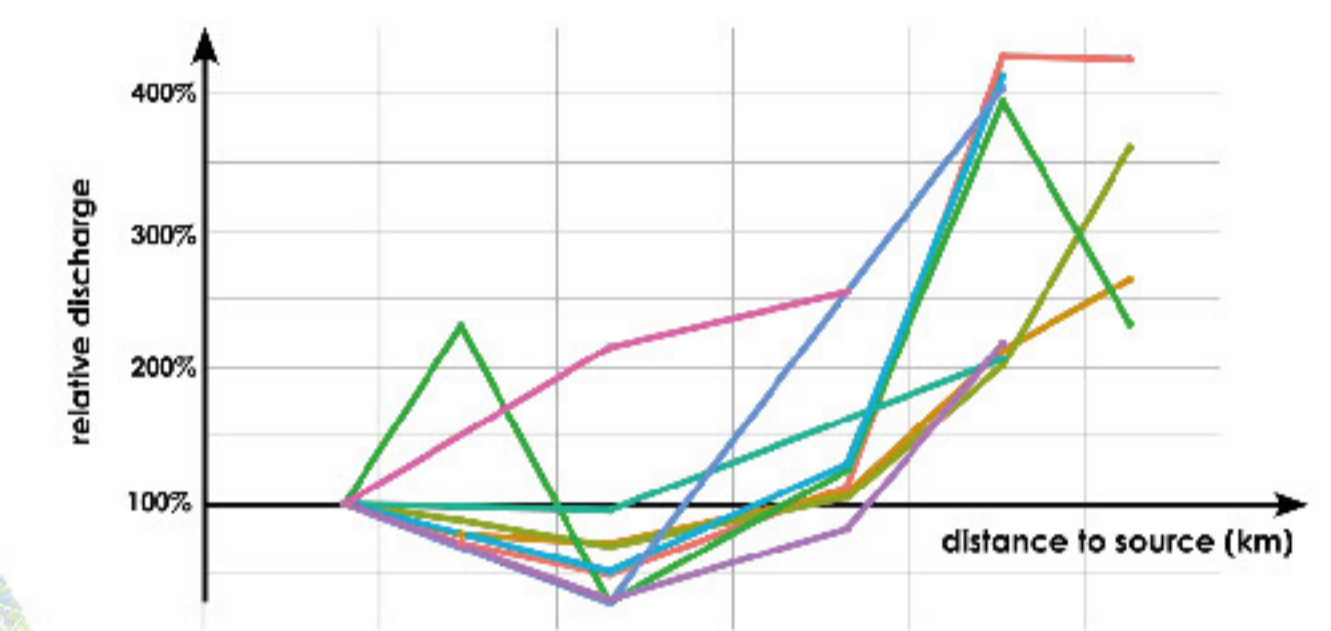
- Ziel: Kontinuierliche Ermittlung der Oberflächen-Grundwasser-Interaktion (**indirekte GWNB**)
- Ergänzendes Messnetz im Einzugsgebiet der Trinkwasserversorgung Freiburgs
- 20 Messstellen an 3 Flüssen:
 - 14-tägige Abflussmessung
 - kontinuierliche Wasserstands-Logger
 - weitere Parameter an ausgewählten Orten
- Bestimmung der ortsspezifischen Wasserstands-Abfluss-Beziehung zur Berechnung kontinuierlicher Abflussdaten
- Auswertung der Netto-Verluste entlang Flusslauf (= lokale GWNB)



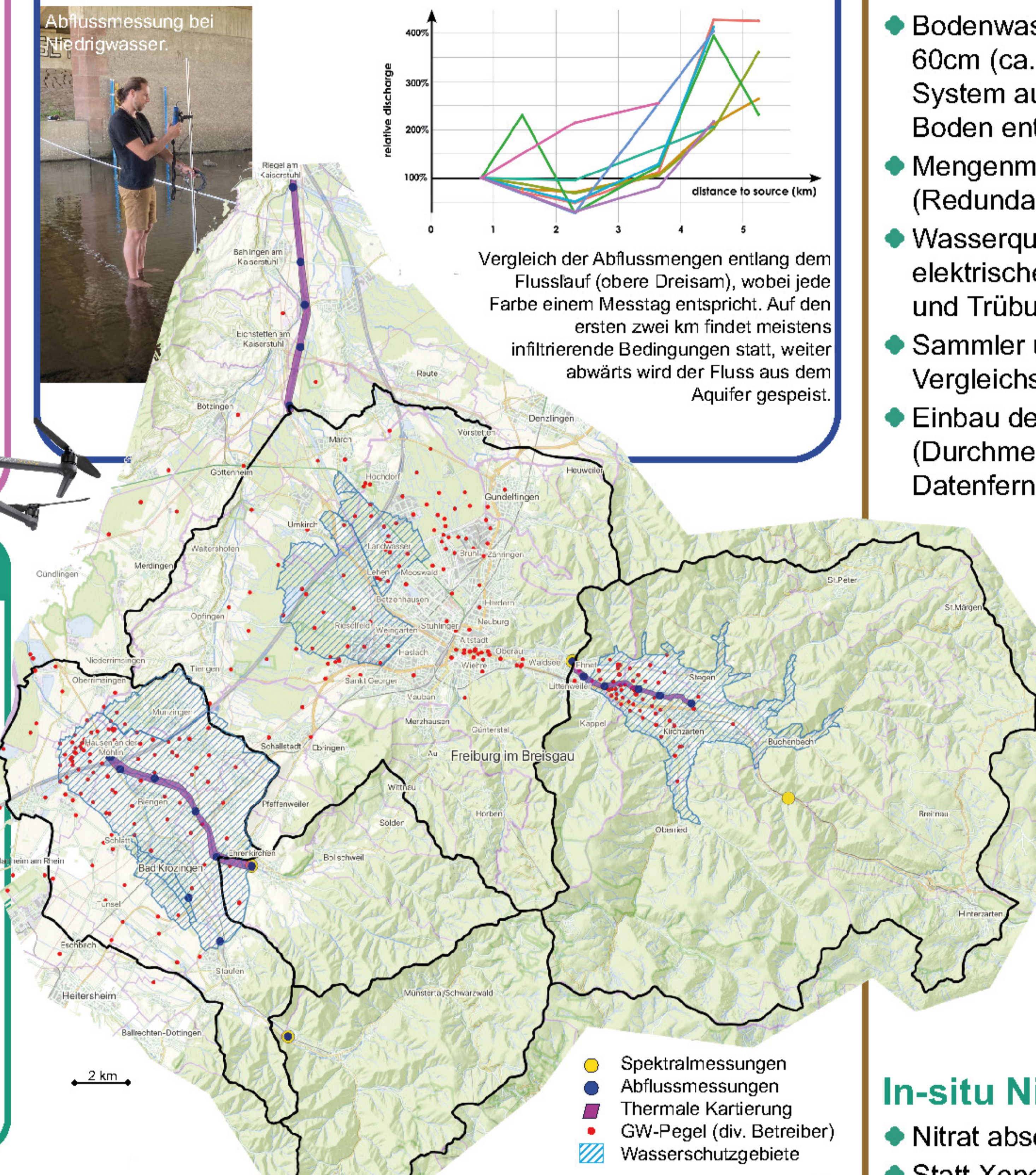
Temporärer Lattenpegel mit Druckdifferenzlogger



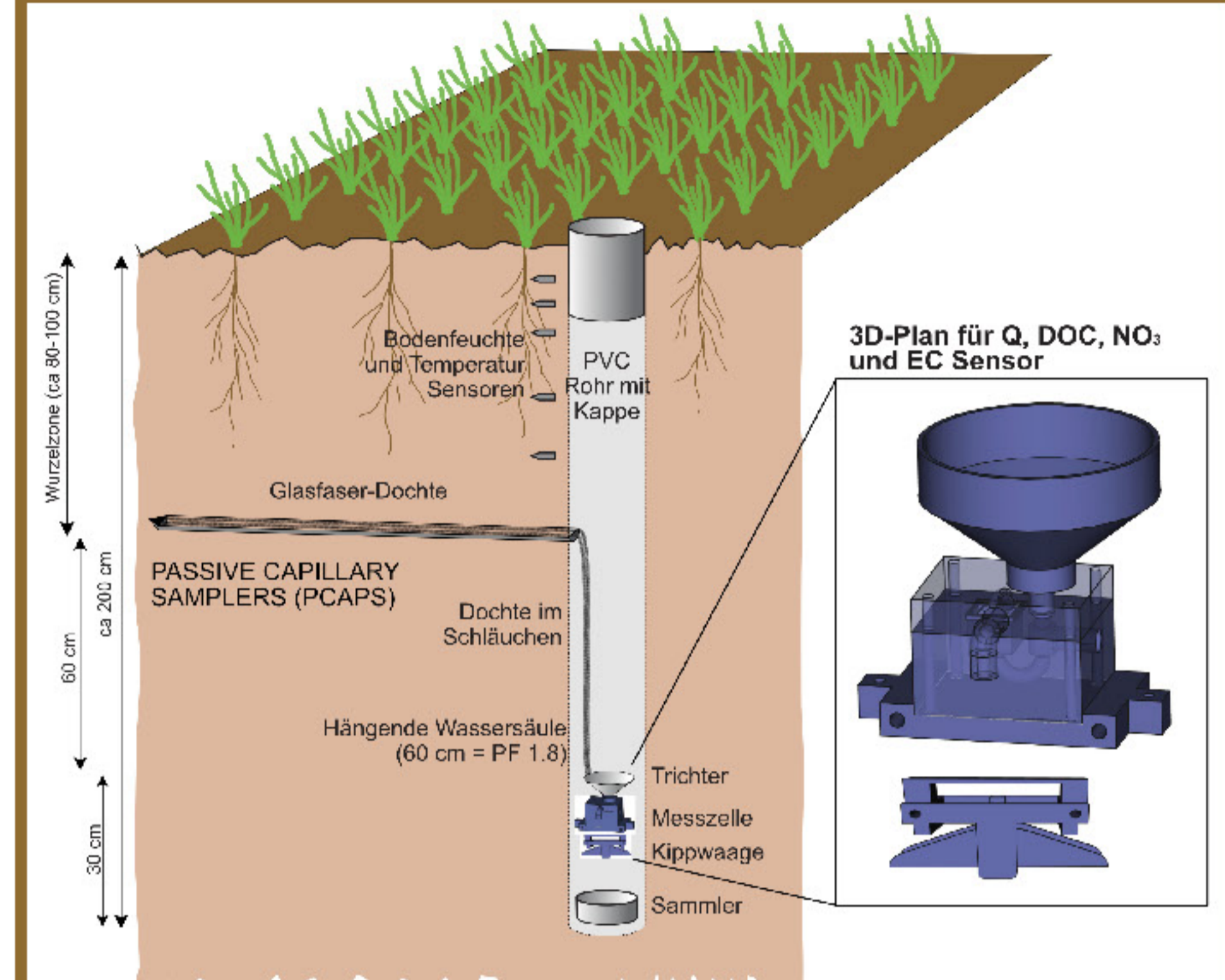
Abflussmessung bei Niedrigwasser.



Vergleich der Abflussmengen entlang dem Flusslauf (obere Dreisam), wobei jede Farbe einem Messtag entspricht. Auf den ersten zwei km findet meistens infiltrierende Bedingungen statt, weiter abwärts wird der Fluss aus dem Aquifer gespeist.



Direkte Grundwasserneubildung: In-situ Menge und Qualität



- Bodenwasser wird bei einer Saugspannung von 60cm (ca. Feldkapazität) durch ein PCAPS System auf einer Fläche von 100x100cm dem Boden entzogen (passives System)
- Mengenangabe durch Kippwagensystem (Redundanz mit Reed und Lichtschranke)
- Wasserqualität in Messzelle (Siphon): elektrische Leitfähigkeit, Absorption für Nitrat und Trübung, Fluoreszenz für DOC.
- Sammler um manuelle Wasserproben für Vergleichsmessungen zu entnehmen.
- Einbau des Systems in ein HDTP Rohr (Durchmesser 20 cm) inkl. Datenlogger und Datenfernübertragung.



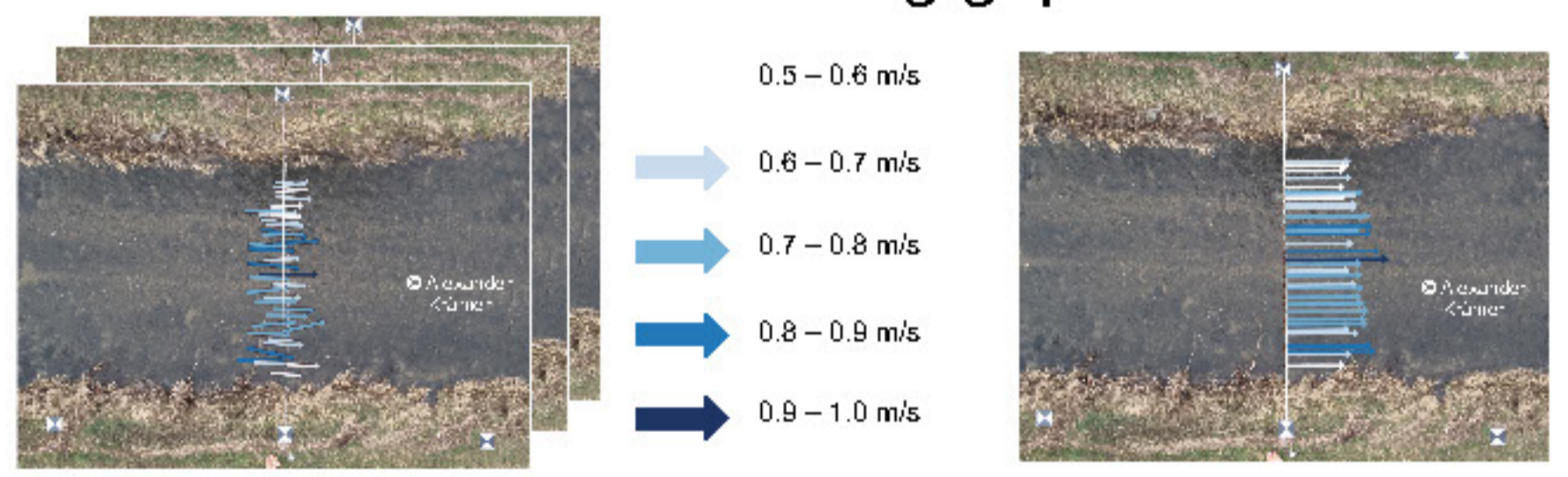
Versuchsaufbau zum Test der Saugleistung verschiedener Docht-Materialien (erster Prototyp) in einen reaktivierten Lysimeteraufbau (ehemaliges BMBF-Forschungsprojekt). Döchte werden in einer Edelstahlchiene befestigt und horizontal in den Boden gepresst.

Particle Tracking Velocimetry

- Idee: Abflussmessung aus Drohnenvideos
- Bewegungspfade einzelner Partikel (natürlich oder künstlich) werden festgehalten
- Bestimmen von Tiefenprofil (h_i) und Faktor k (Rauigkeit des Flussbettes)

$$Q = \sum k \cdot v_i \cdot h_i$$

→ erste Testmessungen erfolgreich
 → automatisierte Auswertung geplant

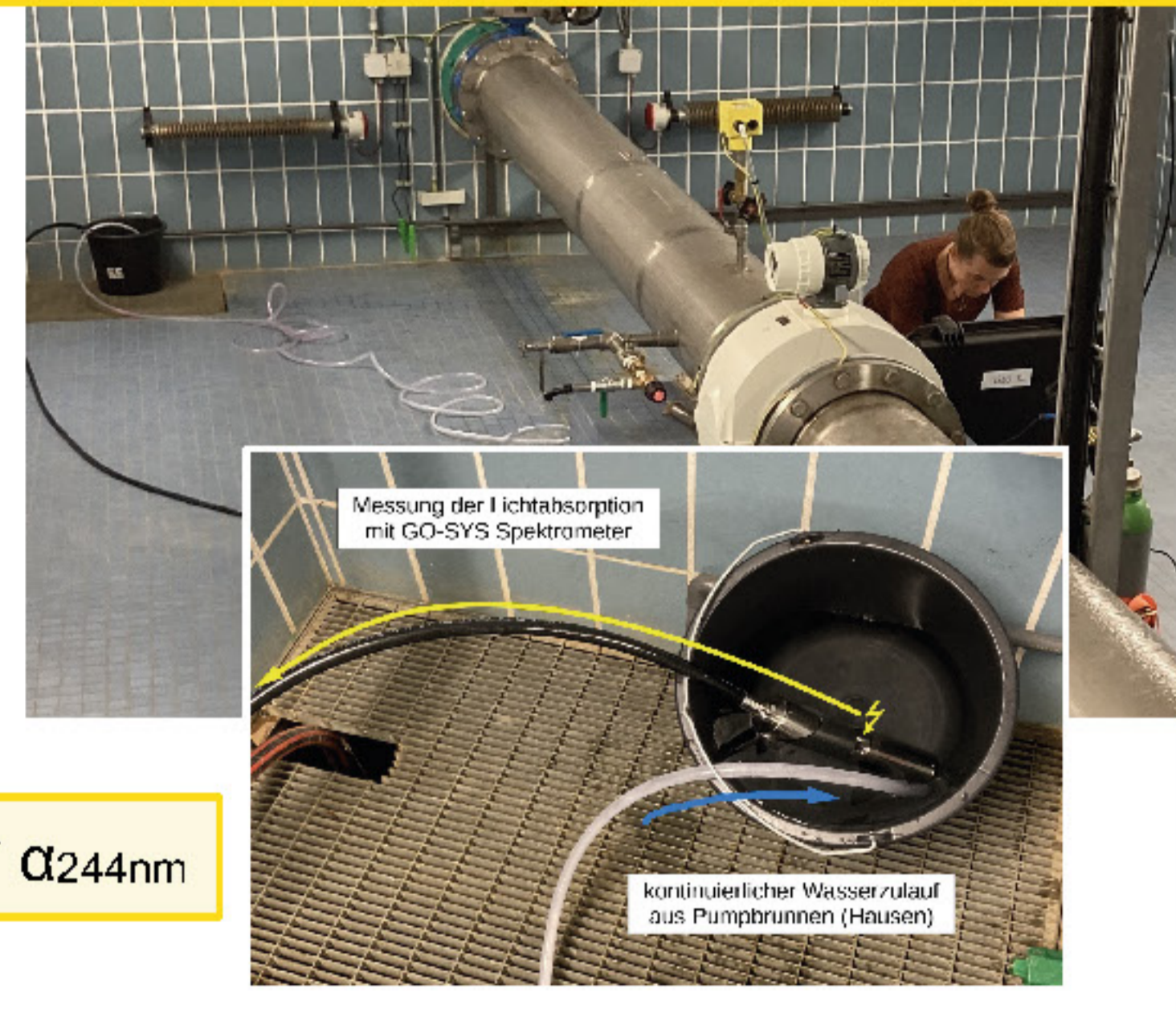


Beispielhafte Abflussbestimmung mittels Drohnenvideos

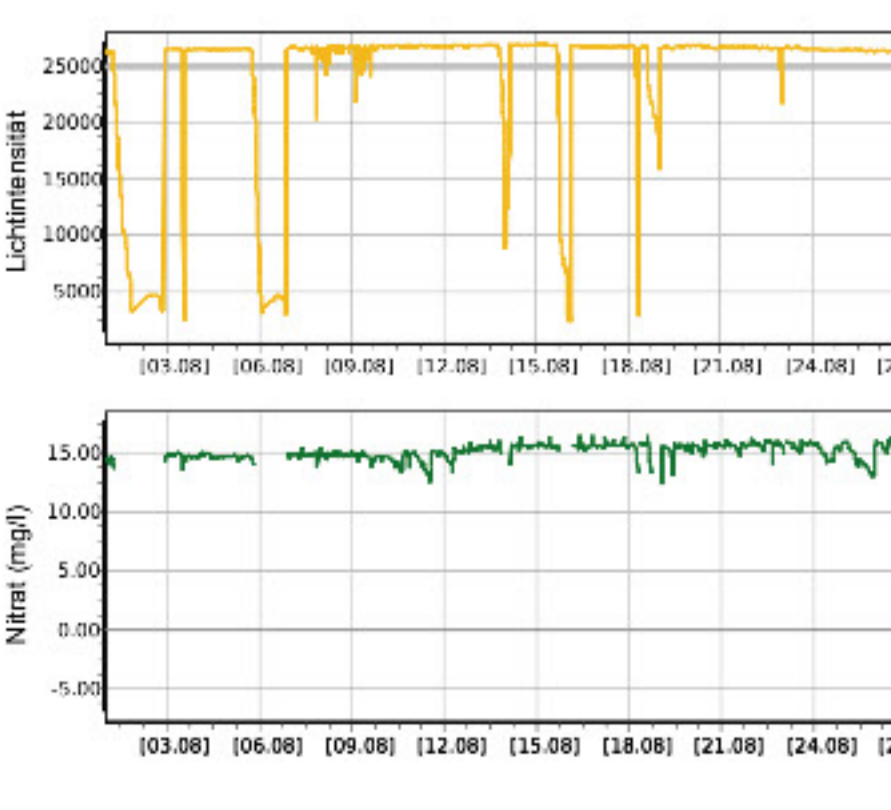
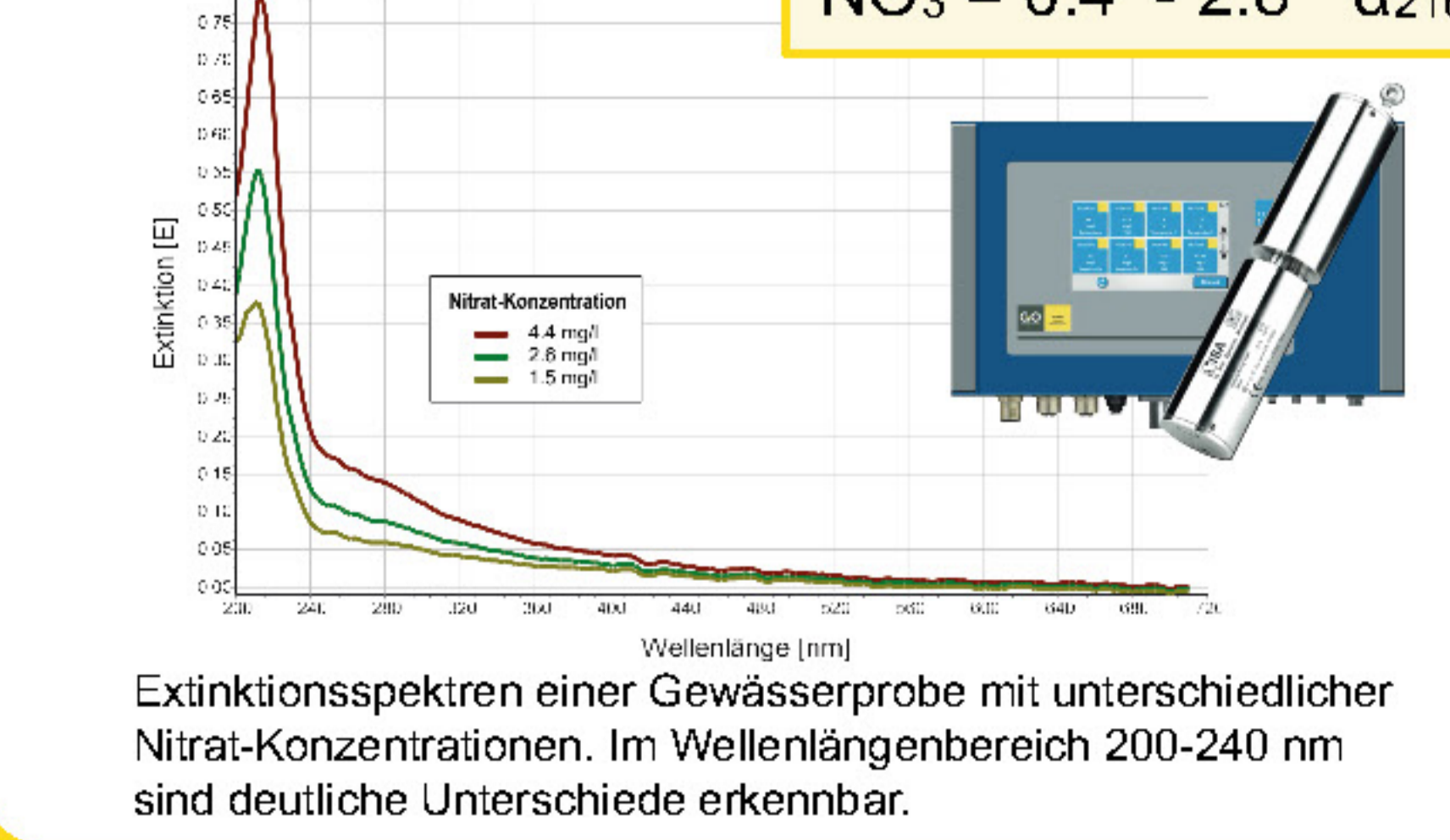
Spektralmessung in Fließgewässer und Grundwasser

- Installation von UV-Vis Sonden (Hersteller: GO-Systemelektronik) in Fließgewässern und an Trinkwasserentnahmestellen um kontinuierlich Nitratkonzentrationen zu messen.
- Erster Pilotstandort: Pumpbrunnen B1 im Wasserwerk Hausen der Badenova (Praxispartner).
- Aufbau einer Kalibrierdatenbank aus gemessenen Spektren und Laboranalysen von Wasserproben.
- Fortlaufende Kalibrierung: Verbesserung der Genauigkeit (auch nachträglich) mit jeder zusätzlichen Laboruntersuchung
- Aktuelle Kalibrierung:

$$NO_3 = 0.4 - 2.8 \cdot \alpha_{216nm} + 589.5 \cdot \alpha_{240nm} - 615.9 \cdot \alpha_{244nm}$$

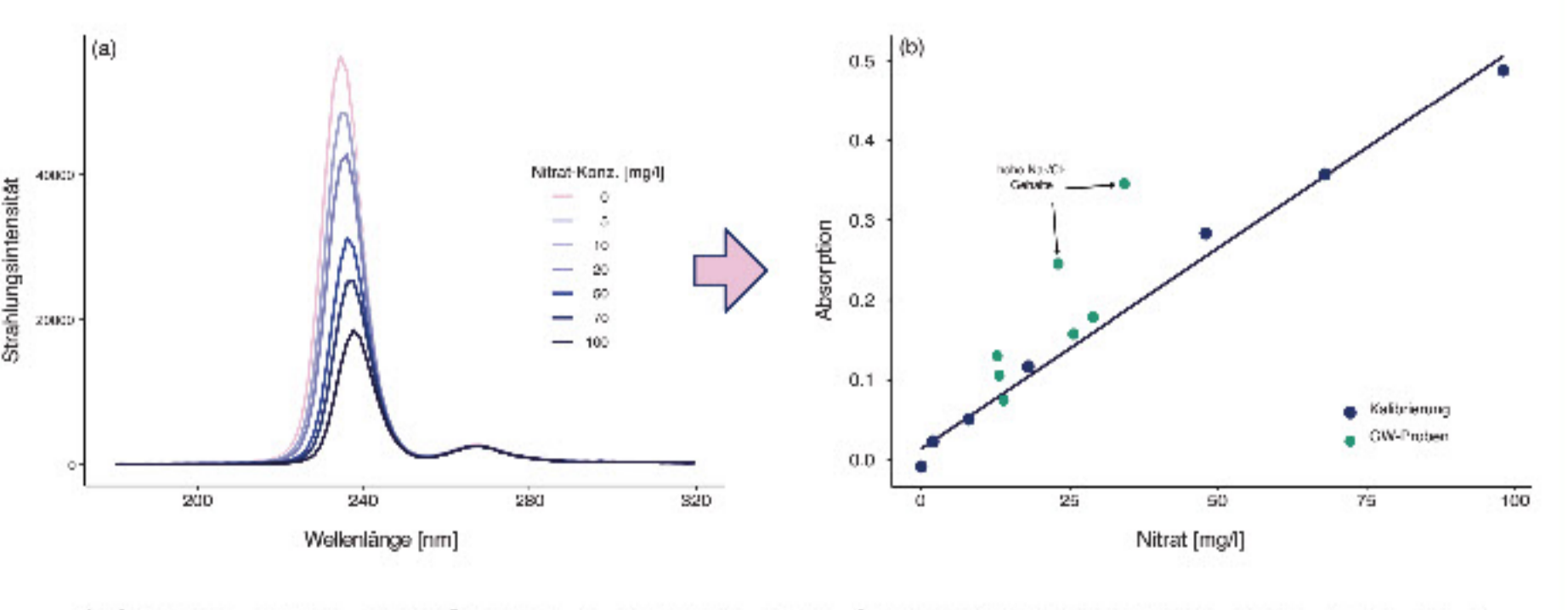


Kontinuierliche Nitratmessung via GO-SYS Spektrometer im Trinkwasserförderbrunnen in Hausen ab August 2024. Der Nitratwert (grün) wurde mittels einer vorläufigen Kalibrierung aus den Absorptionswerten α bei bestimmten Wellenlängen berechnet. Messungen mit einer Lichtintensität (gelb) von $I \leq 20000$ deuten auf Messfehler (z.B. durch Luftblasen) hin.



In-situ Nitrat Messung

- Nitrat absorbiert Licht im niedrigen UV-Bereich
- Statt Xenonlampe und Spektrometer verwenden wir einen vereinfachten Aufbau mit neuer UV-LED (Silanna, 235 nm) und UV-Fotodiode
- Absorptionsverhalten einer Nitrat-Standardreihe (0-100 mg/l) zeigt einen linearen Zusammenhang mit der Nitrat-Konzentration
- Bei „sauberen“ Bodenwasserproben, kann man somit die Nitrat-Konzentration bestimmen.
- Absorptionsverhalten der Probe wird auch von anderen gelösten Stoffen beeinflusst. Daher werden zusätzlich DOC und Trübung bestimmt um damit eine Korrektur vorzunehmen



(a) Reduktion der Strahlungsintensität für die Absorptionsspektren der Nitrat-Standardreihe. (b) Misst man diese Intensität mit einer Fotodiode, kann man eine Kalibrierfunktion ableiten. Die Messung von Grundwasserproben zeigt, bis auf Proben mit hohen Natrium- und Chlorid-Konzentrationen, eine gute Übereinstimmung.

Kontakt: daniel.glaser@hydro.uni-freiburg.de