



Wege des Wassers – Neue Einblicke durch Isotopentechnologie

Univ.-Prof. Dr. Christine Stumpp
Institut für Bodenphysik und landeskulturelle Wasserwirtschaft (SoPhy)
BOKU Universität Wien

Frühjahrs-Bodenforum 2026, Petzenkirchen, 19.05.2026



Sicherung des Wassers für die Zukunft - Wege des Wassers

landwirtschaftliche Produktion

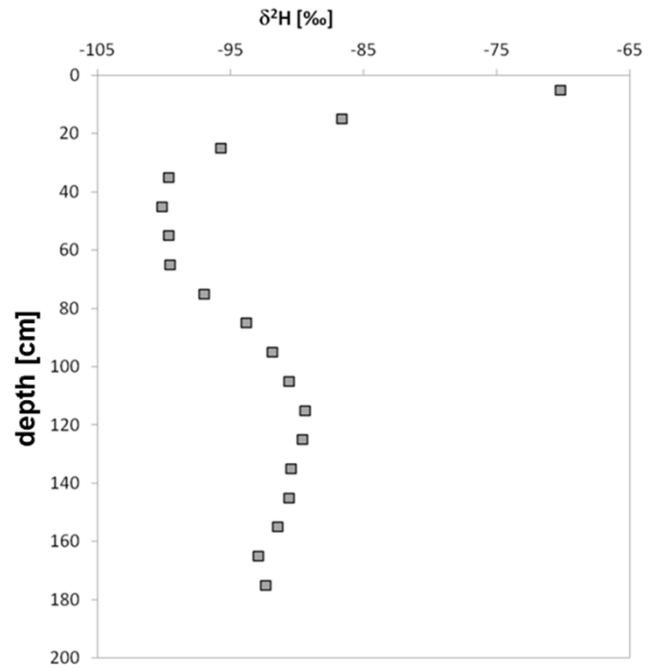
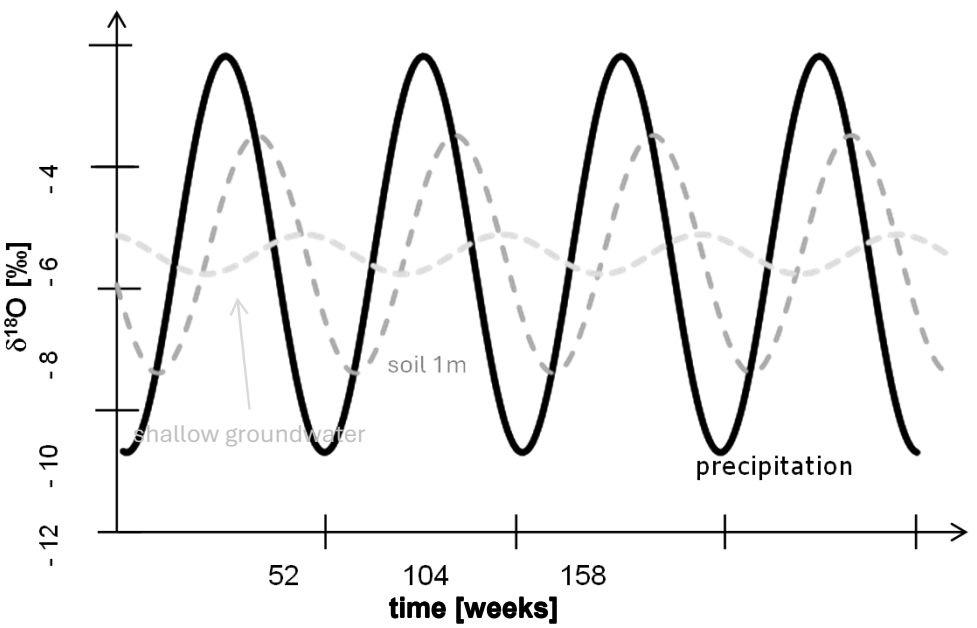


Trinkwasser

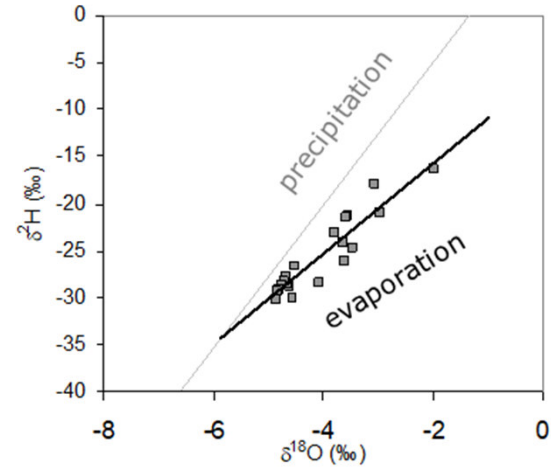


- Nachhaltiges Wassermanagement zur Sicherung der Wasserressourcen für die Zukunft
- Isotopenhydrologie zeigt die Herkunft und die Wege des Wassers
- Bestimmung hydrologischer Prozesse und Beurteilung quantitativer und qualitativer Aspekte
- Beitrag zur Gewährleistung der Versorgungssicherheit

Die Wege des Wassers „sichtbar“ machen



(Stoewer, PhD Thesis, 2015)



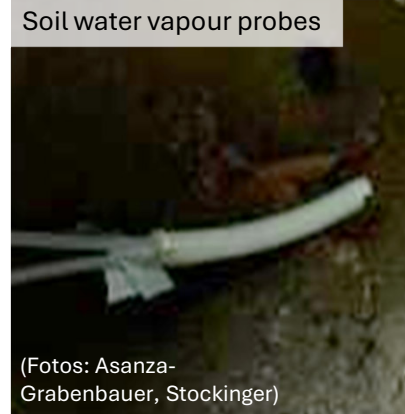
- Wasserflüsse und Verweilzeiten
- Transportprozesse
- Wasserherkunft
- Verdunstung

→ Kalibrierung mathematischer Modelle
 → hydraulische Eigenschaften, Transportparameter
 → Verweilzeitverteilungen und hydrologische Prozesse
 → Methodenentwicklung

Wasserisotope im Boden - Messmethoden



- destruktiv
- Äquilibrieren Wasser - Wasserdampf

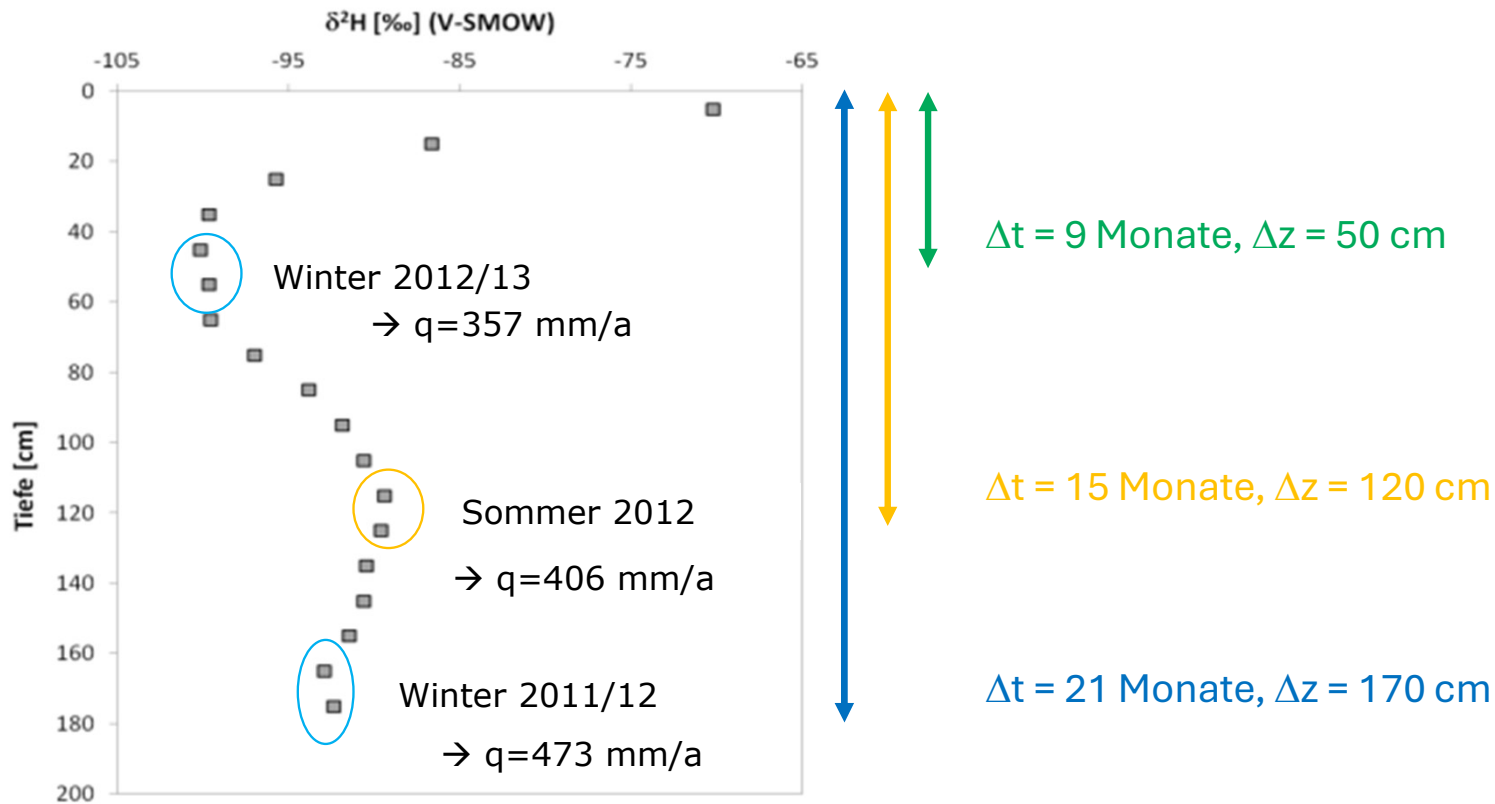


- Sickerwassersammlung

- in-situ Boden und Vegetation
- Äquilibrieren Wasser - Wasserdampf

Verweilzeiten und Wasserflüsse

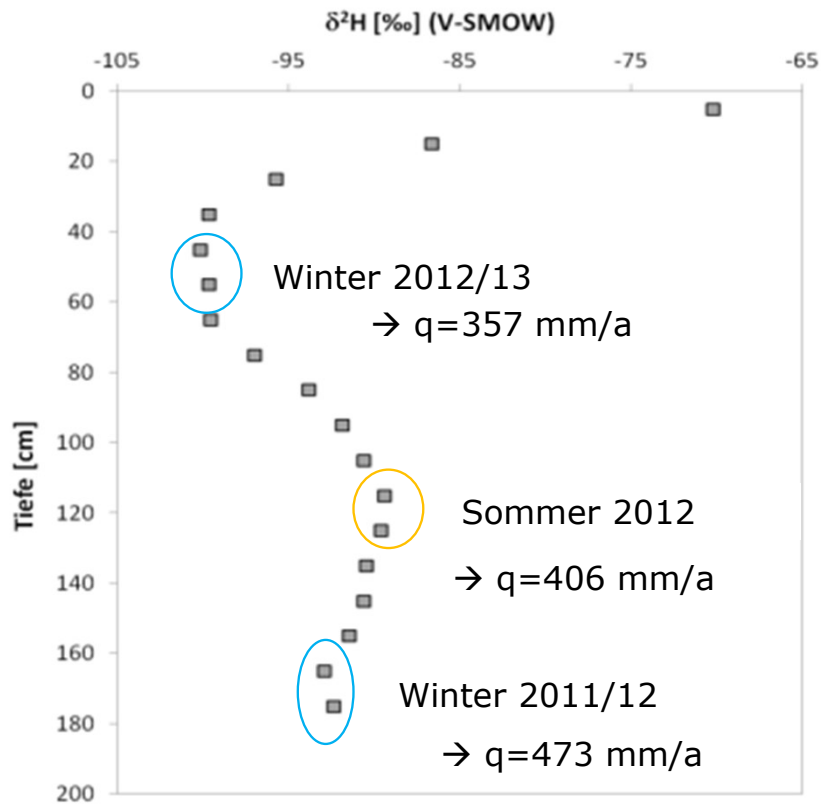
Südbayern, 1200 mm Jahresniederschlag



(Stoewer, PhD thesis, 2015)

Verweilzeiten und Wasserflüsse

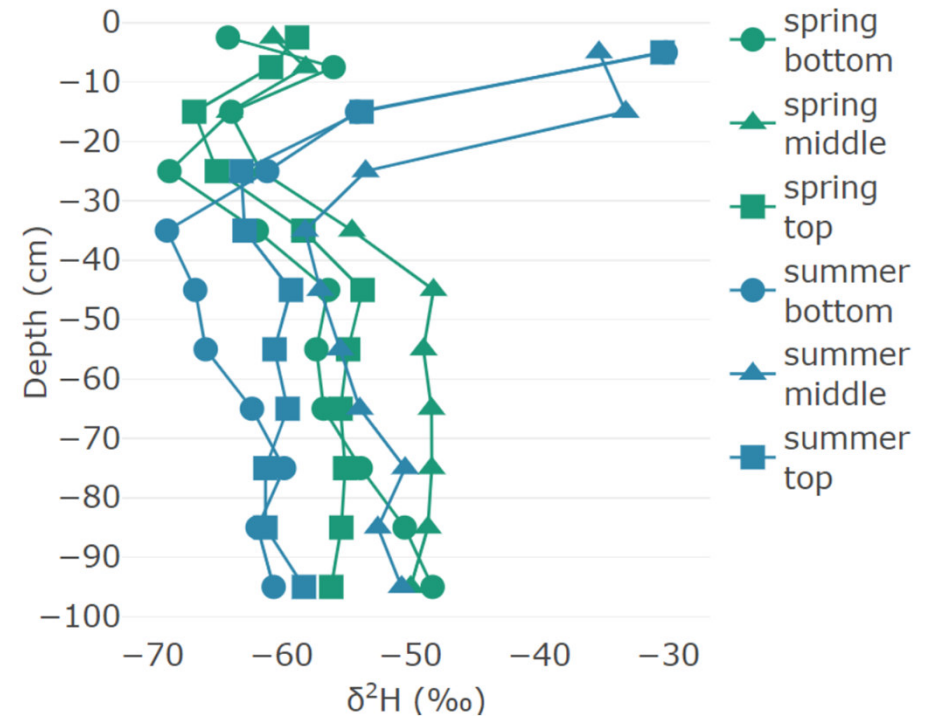
Südbayern, 1200 mm Jahresniederschlag



(Stoewer, PhD thesis, 2015)

HOAL, 820 mm Jahresniederschlag

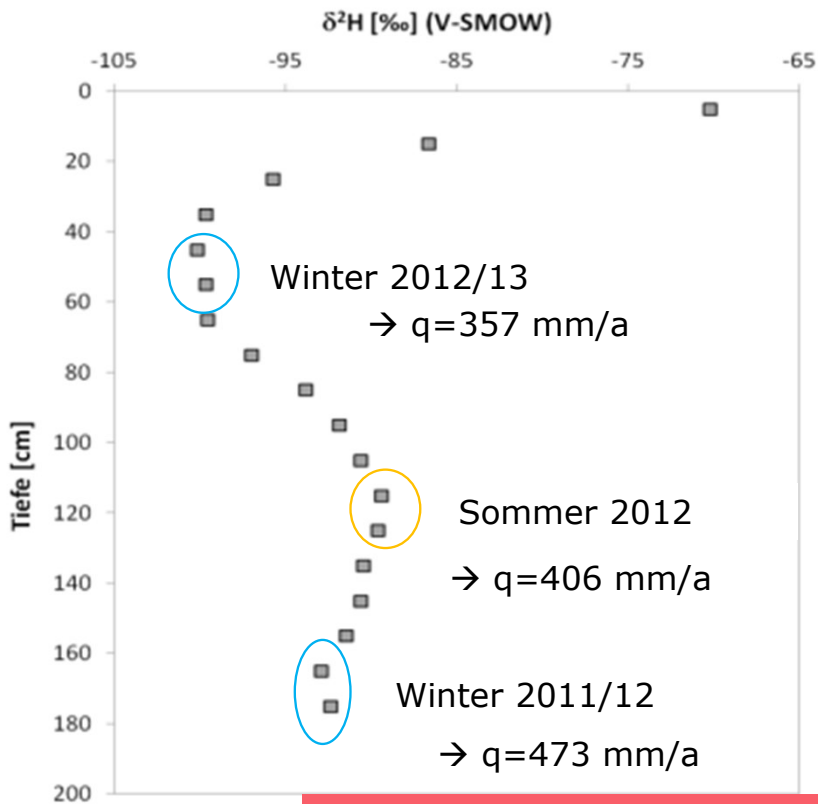
$q = 110 - 350 \text{ mm/a}$



(Hajric, Master thesis, 2023; modified)

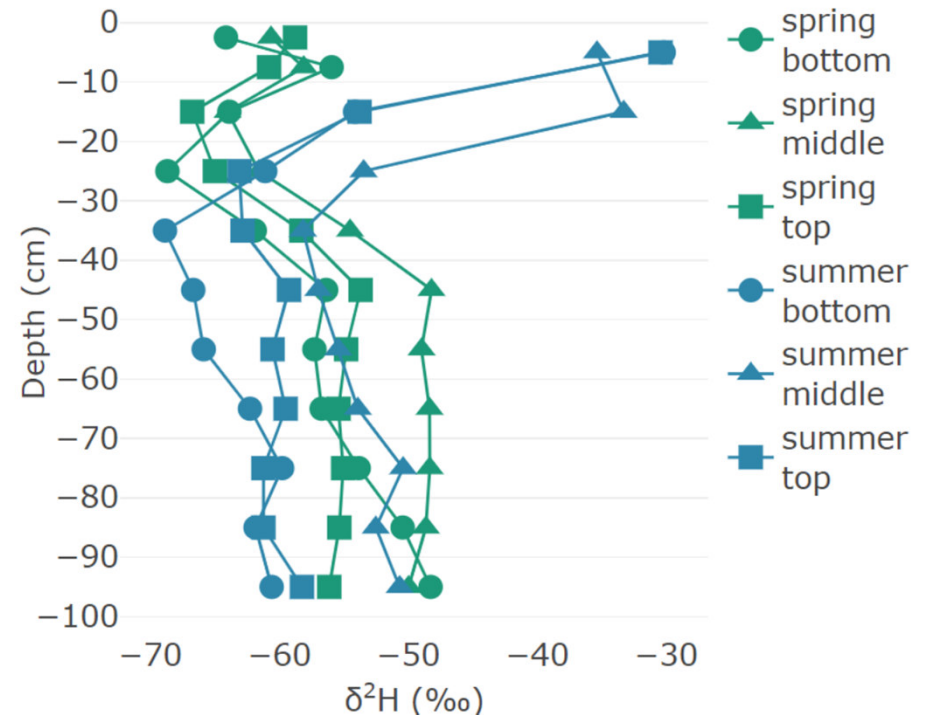
Verweilzeiten und Wasserflüsse

Südbayern, 1200 mm Jahresniederschlag



$q = 110 - 350 \text{ mm/a}$

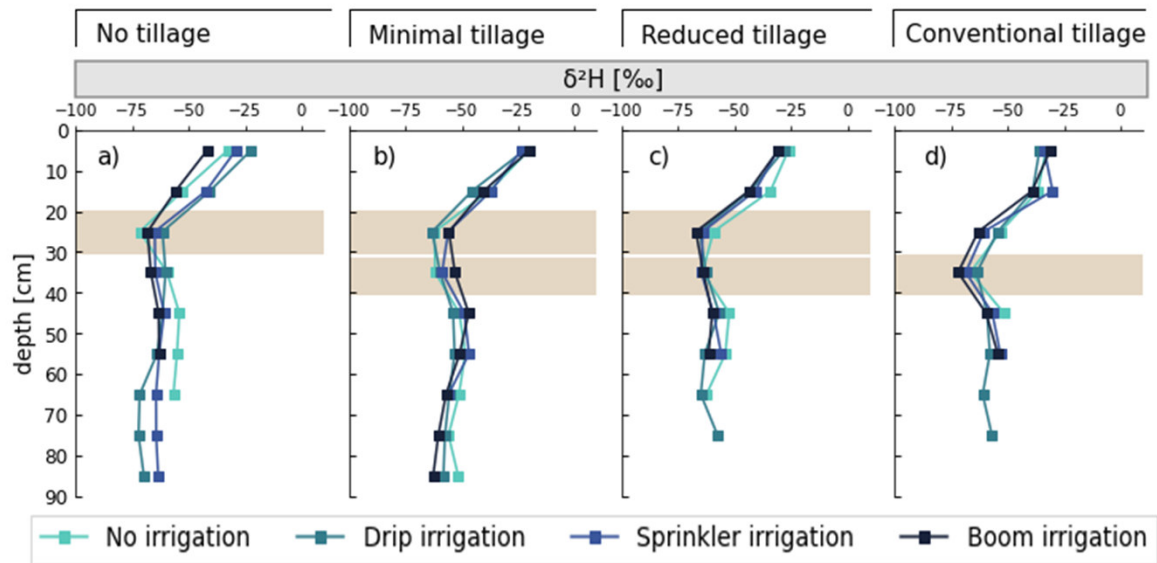
HOAL, 820 mm Jahresniederschlag



- Isotope zum Sichtbarmachen der Infiltrationshistorie im Bodenprofil
- Isotope als Information über Verweilzeiten und advektivem Transport
- Isotope zur Quantifizierung von Sickerwasserflüssen

esis, 2023; modified)

Wasserbilanz beeinflusst durch Bodenbearbeitung und Bewässerung

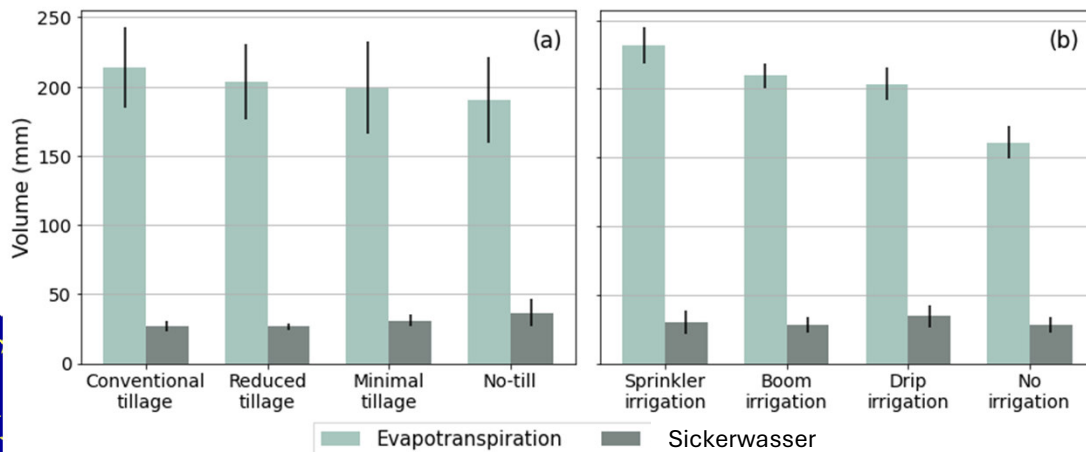
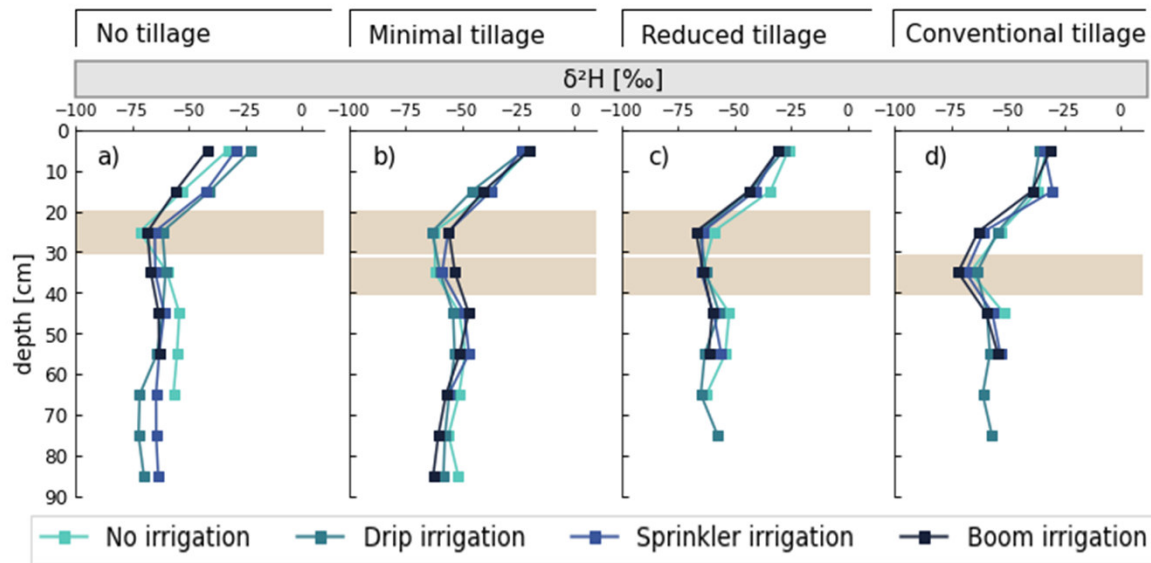


Horizon 2020, GA No 858735

(Canet-Marti et al., Soil Tillage 2023;
<https://doi.org/10.1016/j.still.2023.105732>)



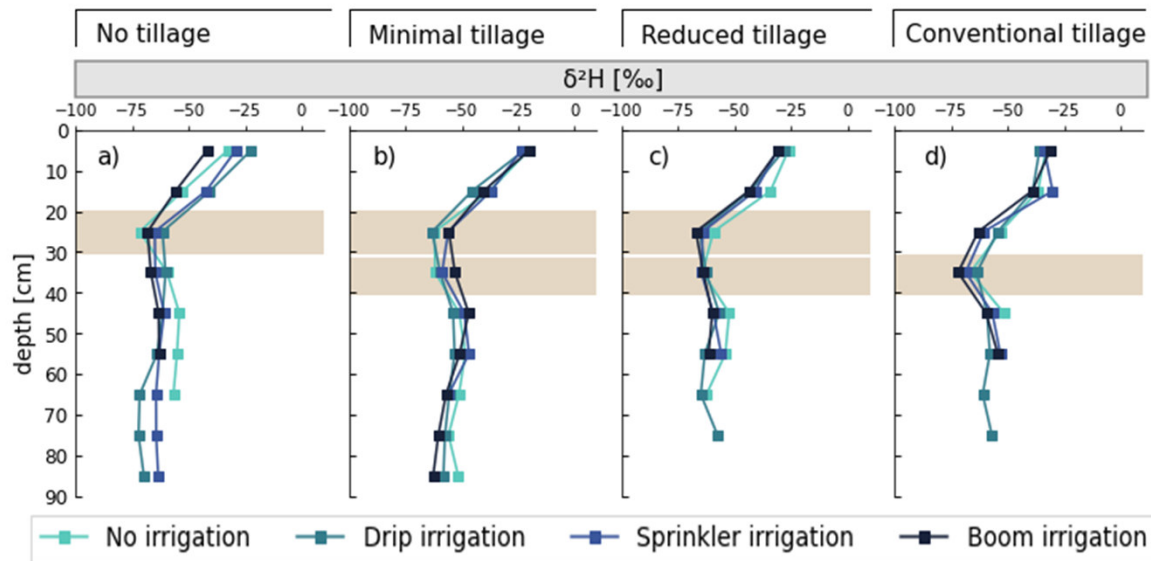
Wasserbilanz beeinflusst durch Bodenbearbeitung und Bewässerung



- 80-91% Evapotranspiration (ET)
- Direktsaat mit geringster Evapotranspiration und potenziell höchstem Beitrag zum Sickerwasser
- Tropfbewässerung am effizientesten in Bezug auf Wasserverlust

(Canet-Marti et al., Soil Tillage 2023;
<https://doi.org/10.1016/j.still.2023.105732>)

Wasserbilanz beeinflusst durch Bodenbearbeitung und Bewässerung



→ Isotope als Indikator für Einfluss verschiedener Bewirtschaftungsmethoden auf Bodenwasserhaushalt
 → Isotope als Entscheidungshilfe zur effizienten Wassernutzung

- 80-91% Evapotranspiration (ET)
- Direktsaat mit geringster Evapotranspiration und potenziell höchstem Beitrag zum Sickerwasser
- Tropfbewässerung am effizientesten in Bezug auf Wasserverlust



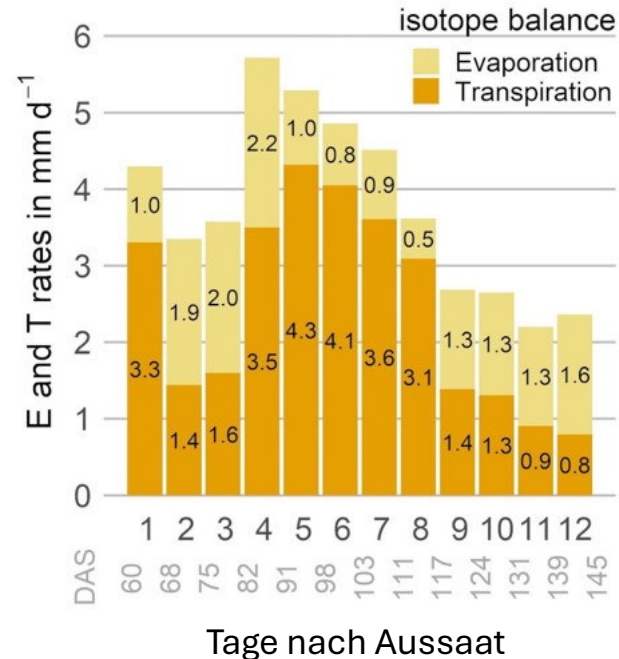
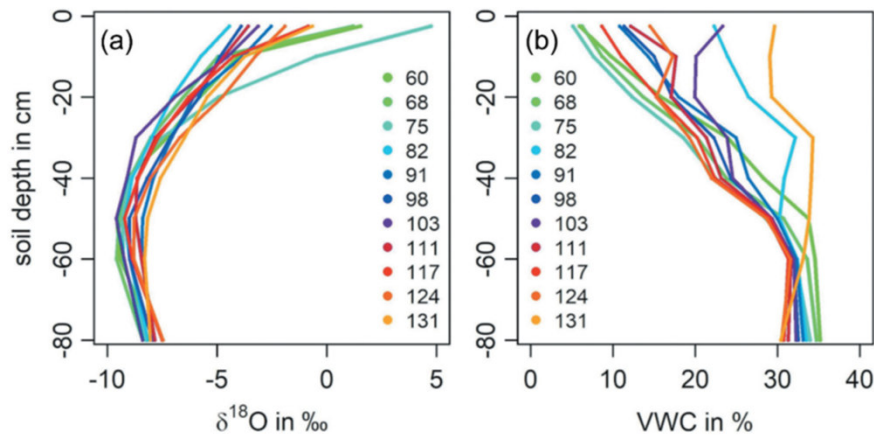
Horizon 2020, GA No 858735

Sickerwasser

(Canet-Marti et al., Soil Tillage 2023;
<https://doi.org/10.1016/j.still.2023.105732>)



Aufteilung von Evaporation und Transpiration zur Verbesserung des Wassermanagements bei Kulturpflanzen



→ Isotope als einzige Methode um Evaporation und Transpiration zu separieren

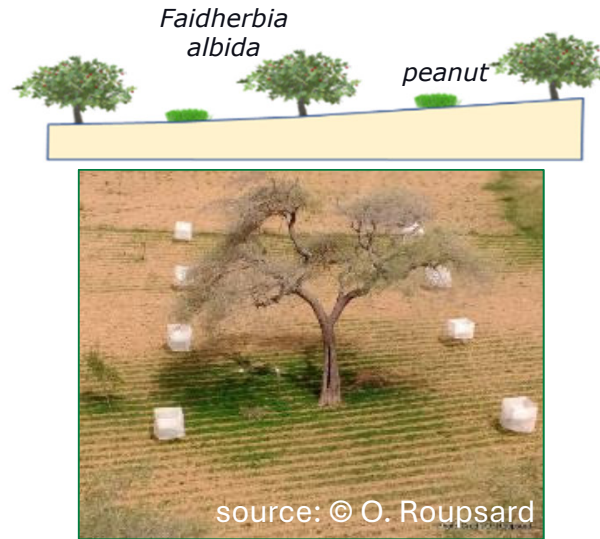
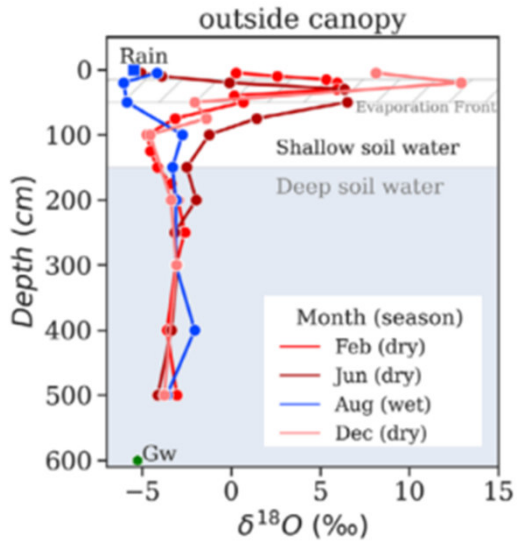
→ Bestimmung der Wassernutzungseffizienz möglich

→ Verbesserung der Modellierung der Wurzelwasseraufnahme

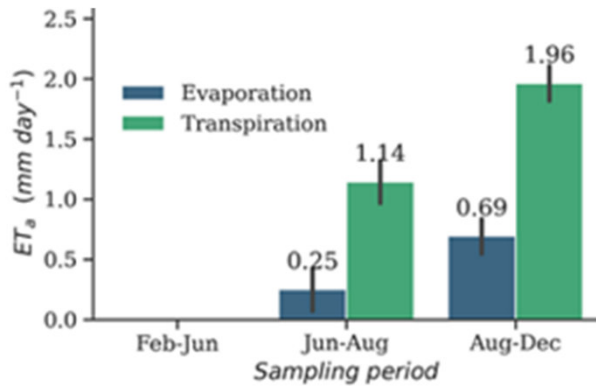
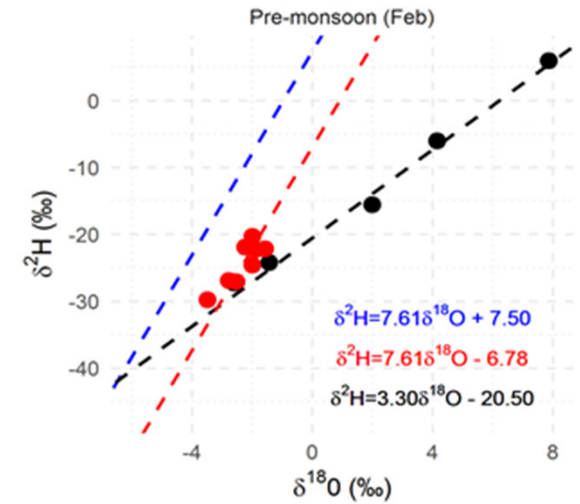
- Kombinierte Anwendung des Isotopen- und Lysimeter-Ansatzes zur Quantifizierung der Verdunstungs- und Transpirationsraten während des Pflanzenwachstums

Wasserflüsse im Agroforst in ariden Gebieten

→ Evapotranspiration

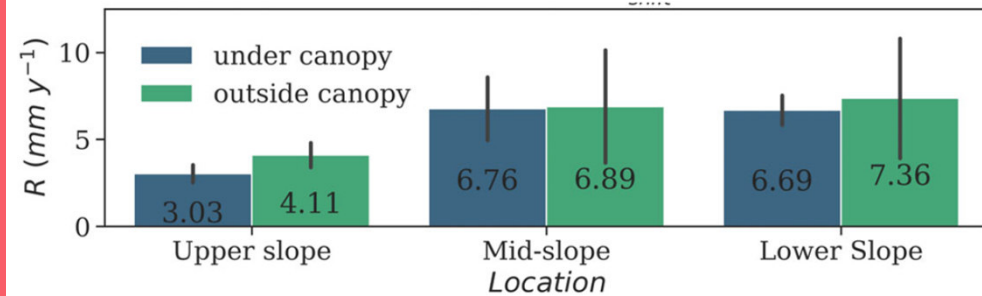


→ Grundwasserneubildung



→ Isotope zur E und T
Trennung und
Quantifizierung von
Flüssen

→ Beurteilung von
Landnutzungsoptionen



Erwärmung und erhöhte CO₂-Konzentrationen verstärken präferentielle Flüsse in Graslandschaften unter den klimatischen Bedingungen der Zukunft

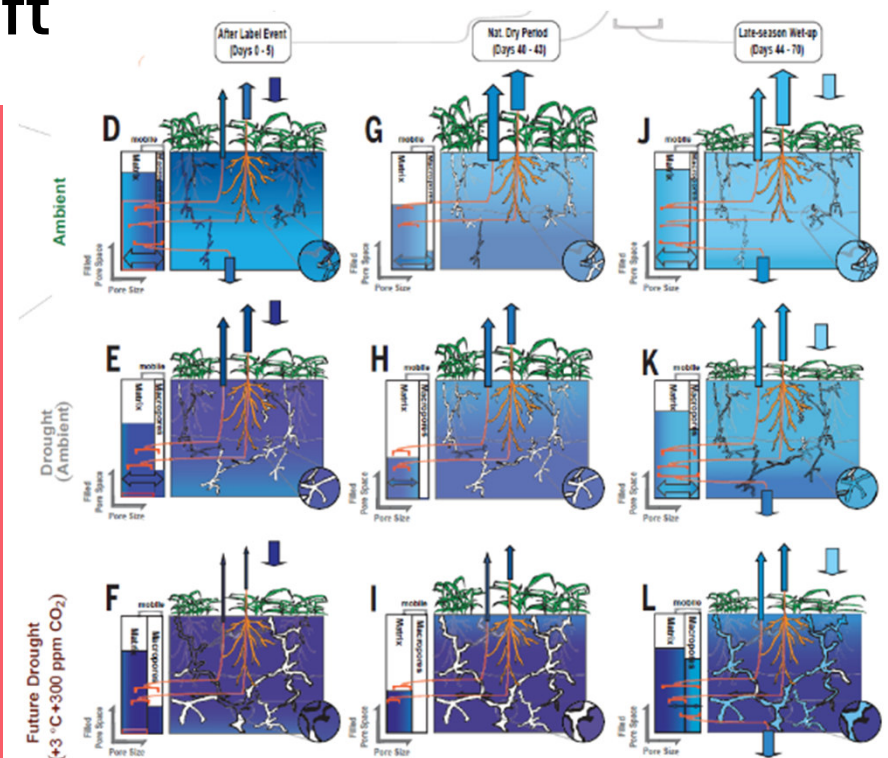


- Lysimeter-Versuche zur Untersuchung der Auswirkungen des künftigen Klimas (T, CO₂) auf bodenhydrologische Prozesse
- Isotopenmarkierungsversuche und in-situ Analysen

→ Isotope als künstliche Tracer zur Verfolgung der Wasserflüsse in Böden und Vegetation

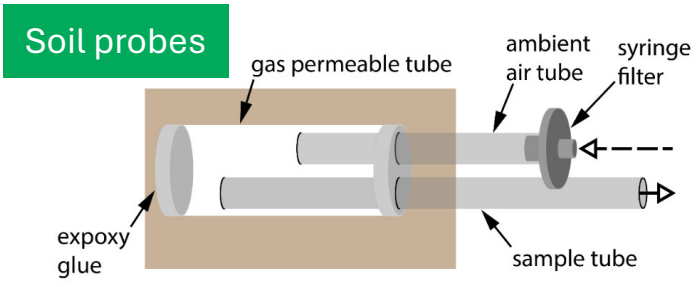
→ Isotope mit Informationsgehalt um numerische Modelle zu kalibrieren

→ Einfluss Klimawandel auf hydrologische Prozesse

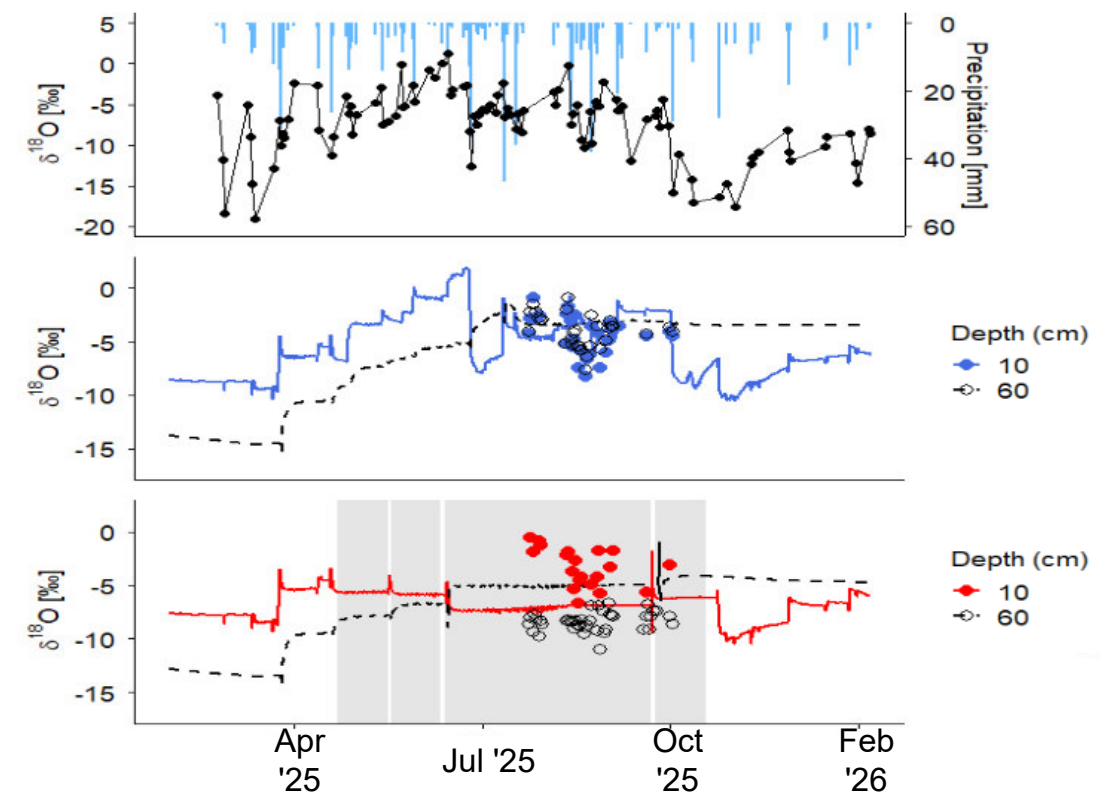
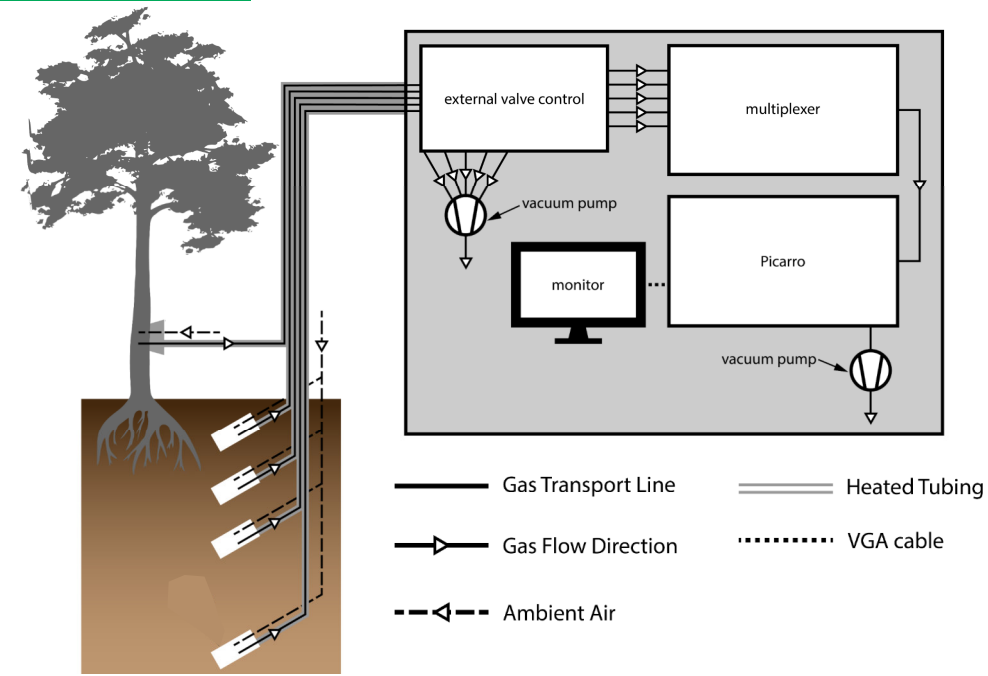


(Radolinski et al. Science 2025; <https://doi.org/10.1126/science.ado0734>)

Einfluss von Dürre auf Wasserflüsse im Wald



Overall setup



(Asanza-Grabenbauer, PhD thesis, in progress)

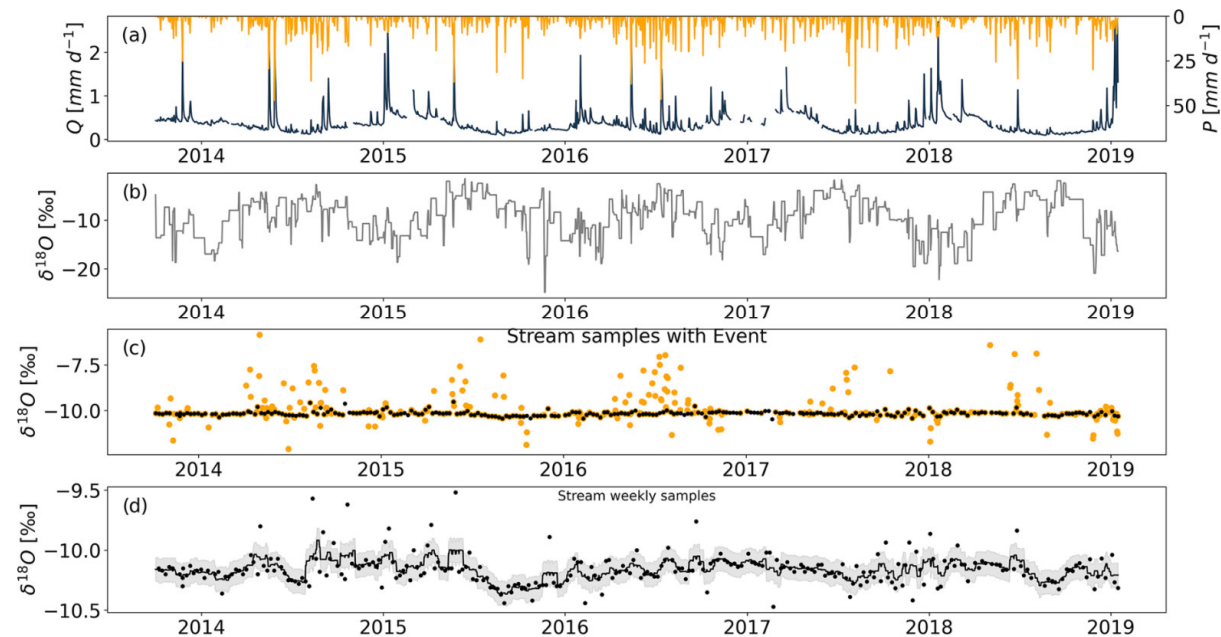


Bodenfeuchte und Niederschlagsintensität beeinflussen Verweilzeit im HOAL Einzugsgebiet

- Hydrologisches Modell in Kombination mit StoreAge-Selektionsfunktionen und stabilen Wasserisotopen
- Variable Verweilzeiten des Wassers und Identifizierung der Abflussprozesse

→ Sättigungsabfluss (saturation overland flow)

→ Horton'scher Oberflächenabfluss (infiltration excess overland flow)



(Türk et al. 2025 HESS, <https://doi.org/10.5194/hess-29-3935-2025>)

→ Isotope zur Identifizierung von Abflussprozessen auf der Einzugsgebietsebene
→ Bestimmung von Verweilzeiten als Indikator für Schadstofftransport und zur Gefährdungsabschätzung von Wasserressourcen

Stabile Isotope zeigen die Wege des Wassers

- Quantifizierung von Wasserflüssen
 - Separation E und T
 - Grundwasserneubildung
 - Quantifizierung von Verweilzeiten
 - Identifizierung hydrologischer Prozesse
 - Kalibrierung hydrologischer Modelle
- Optimierung Landwirtschaft und Verfügbarkeit von Wasserressourcen
- Gefährdungsabschätzung von Wasserressourcen
- Untersuchung und Abschätzung von Klimawandeleffekten



Referenzen

- Canet-Martí, A., Morales-Santos, A., Nolz, R., Langergraber, G., and Stumpp, C. (2023) Quantification of water fluxes and soil water balance in agricultural fields under different tillage and irrigation systems using water stable isotopes. *Soil and Tillage Research* 231, 105732, <https://doi.org/10.1016/j.still.2023.105732>
- Diongue, D.M.L., Stumpp, C., Roupsard, O., Orange, D., Do, F.C., and Faye, S. (2023) Estimating water fluxes in the critical zone using water stable isotope approaches in the Groundnut and Ferlo basins of Senegal. *Hydrological Processes* 37, e14787, <https://doi.org/10.1002/hyp.14787>
- Hajric (2023) Investigating the impact of land use, slope position, and soil heterogeneity on soil water fluxes in a small agricultural catchment, Master thesis, Universität für Bodenkultur, Wien
- Liebhard, G., Klik, A., Stumpp, C., and Nolz, R. (2022) Partitioning evapotranspiration using water stable isotopes and information from lysimeter experiments. *Hydrological Sciences Journal* 67, 646-661, <https://doi.org/10.1080/02626667.2022.2030866>
- Radolinski, J., Vremec, M., Wachter, H., Birk, S., Brüggemann, N., Herndl, M., Kahmen, A., Nelson, D.B., Kübert, A., Schaumberger, A., Stumpp, C., Tissuk, M., Werner, C., and Bahn, M. (2025) Drought in a warmer, CO₂-rich climate restricts grassland water use and soil water mixing. *Science* 387, 290-296, <https://doi.org/10.1126/science.ado0734>
- Stoewer (2015) Vulnerability assessment of nitrate leaching on the regional scale using isotope techniques, PhD thesis, Albert-Ludwigs Universität, Freiburg im Breisgau
- Türk, H., Stumpp, C., Hrachowitz, M., Schulz, K., Strauss, P., Blöschl, G., and Stockinger, M. (2025) Soil moisture and precipitation intensity jointly control the transit time distribution of quick flow in a flashy headwater catchment. *Hydrology and Earth System Sciences* 29, 3935-3956, <https://doi.org/10.5194/hess-29-3935-2025>



Danke und Daten:

Selma Hajric, Myriam Stoewer, Alba Canet-Marti, Gunther Liebhard, Reinhard Nolz, Djim Diongue, Jesse Radolinski, Michael Bahn, Hatice Türk, Michael Stockinger, Megan Asanza-Grabenbauer, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, BAW Petzenkirchen, TU Wien

Univ.-Prof. Dr. Christine Stumpp
Institute of Soil Physics and Rural Water Management
Department of Landscape, Water and Infrastructure
T +43 1 47654-81511
christine.stumpp@boku.ac.at
BOKU University
Muthgasse 18
1180 Wien
boku.ac.at