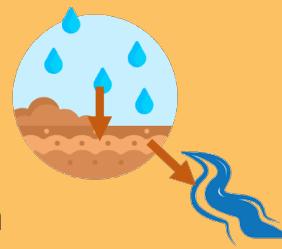


Factsheet Projekt **HYD-RESPONSES**



Hydrologische Einzugsgebietsantworten auf saisonale hydro-meteorologische Vorbedingungen

b
UNIVERSITÄT
BERN

OESCHGER CENTRE
CLIMATE CHANGE RESEARCH

Der HYD-RESPONSES Datensatz

Im Rahmen des Projektes wurde ein neuer Datensatz mit Abfluss- und Trockenheitsindikatoren erstellt. Der Datensatz beinhaltet eine Liste von Trockenheitsergebnissen, standardisierte Trockenheitsindikatoren mit und ohne Schneekorrektur sowie summarische Trockenheitsvariablen. Der Datensatz ist via Zenodo unter dem Link <https://doi.org/10.5281/zenodo.14713274> öffentlich verfügbar. Code-Beispiele zur Nutzung des Datensatzes sind auf GitHub vorhanden: <https://github.com/codiculus/HYD-RESPONSES>.

Standardisierte und nicht standardisierte Trockenheitsindikatoren

Eine Auswertung des *Standardized Precipitation Indexes (SPI)* (McKee et al. 1993) während hydrologischer Trockenheitphasen (saisonales 5. Perzentil) ist in Abbildung 1 zusammengefasst. Die Auswertung ist sowohl saisonal (DJF = Dezember, Januar, Februar, MAM = März, April, Mai, JJA = Juni, Juli, August, SON = September, Oktober, November) als auch nach Abflussregimetypen der untersuchten Einzugsgebiete (EZG) aufgegliedert. Abbildung 2 fasst zusätzlich die Ergebnisse für die nicht standardisierten Indikatoren zum kumulativen Wasserbilanz-Defizit (P-E) zusammen (CWD = absolutes Defizit, CWD-Anomalien = Abweichung von saisonal typischen Wasserbilanzdefiziten). Für beide Defizit-Typen wurden auch schneekorrigierte Varianten (Berücksichtigung von Schneefall/Schneeschmelze) berechnet. Im Falle des SPI entspricht dies dem *Snowmelt and Rain Index (SMRI)* (Staudinger et al. 2014).

- ⇒ Wichtige Aggregationsskalen (SPI-1 = 1 Monat, SPI-3 = 3 Monate etc.) für Niederschlagsdefizite unterscheiden sich je nach Abflussregimetyp und Jahreszeit (d. h. mit Trockenheit verursachenden Prozessen). Die charakteristischen Skalen stimmen gut mit den Ergebnissen anderer Studien überein.

SPI-Zeitskalen mit moderatem Niederschlagsdefizit

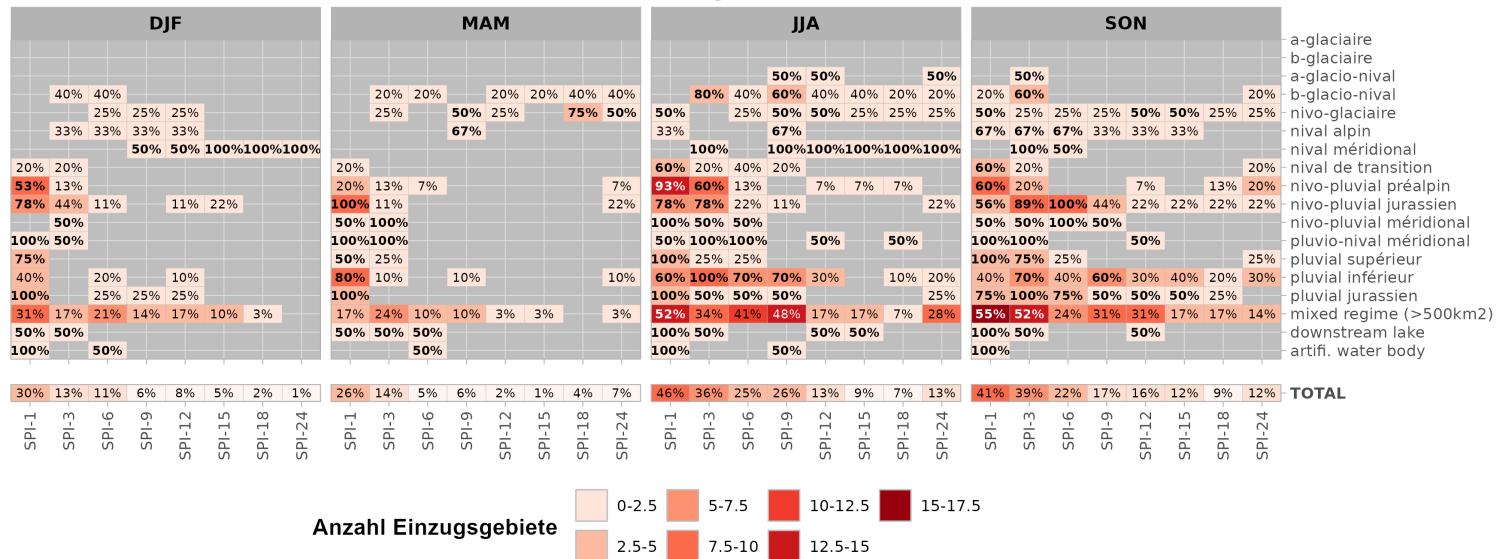


Abbildung 1: Übersicht der relevanten Zeitskalen des Niederschlagsdefizit für hydrologische Trockenheitsphasen nach Saison und Abflussregimetypen (oben). Zahlen kennzeichnen den prozentualen Anteil der Einzugsgebiete (EZG) an welche während einer hydrologischger Trockenheitsphase für eine spezifische Zeitskala mindestens ein moderates Niederschlagsdefizit aufwiesen ($SPI \leq -1$). Die Farben zeigen die absolute Anzahl EZG an. Die unterste Zeile gibt den Prozentsatz über alle Abflussregimetypen an.

Zeitpunkt des grössten Abflussdefizits

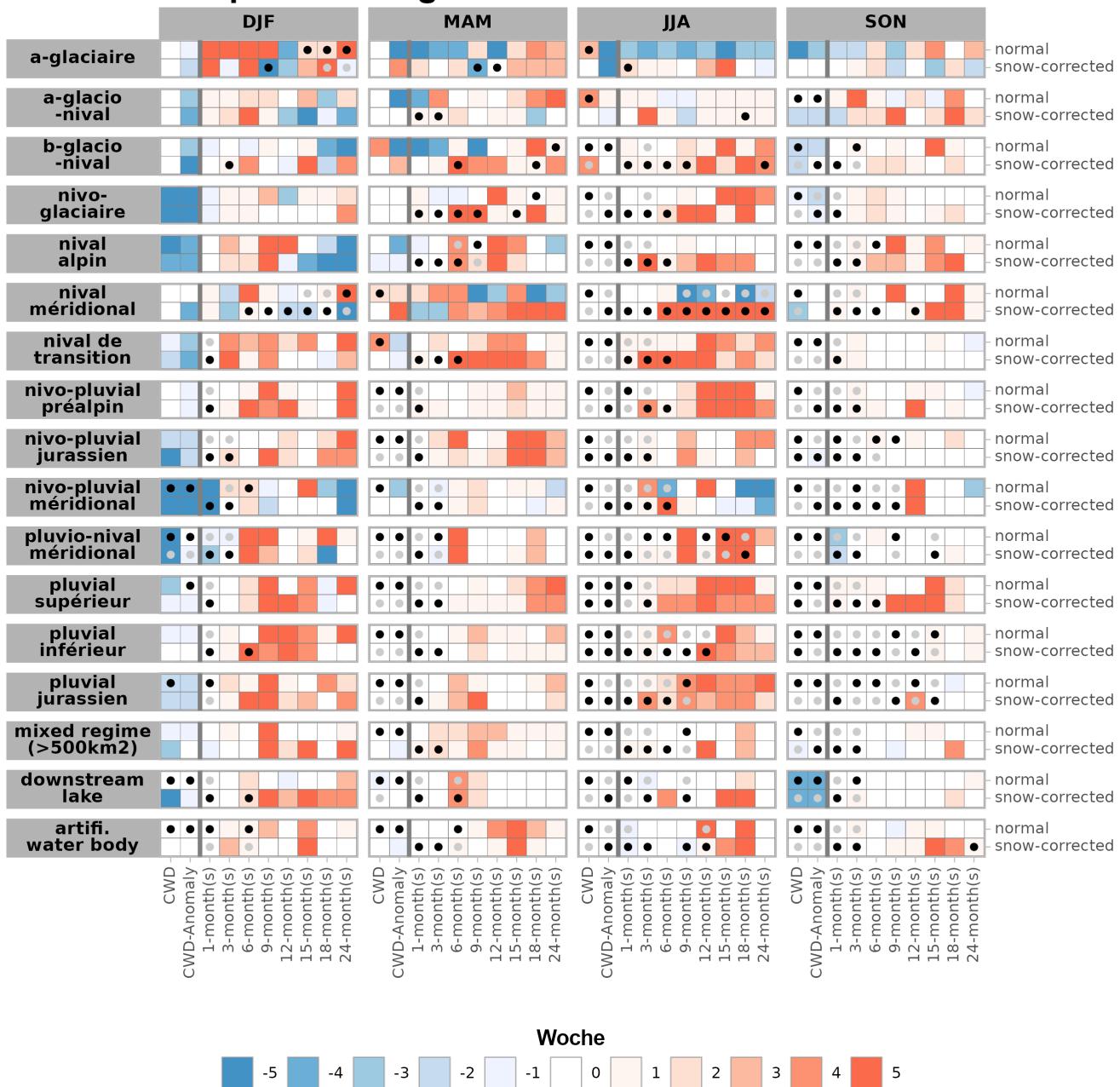


Abbildung 2: Übersicht der zeitlichen Dynamik der Trockenheitsindikatoren mit dem Zeitpunkt des grössten Abflussdefizits (Woche 0). Die Farben zeigen an in welcher Woche relative zum Abflussdefizitmaximum die extremsten Werte eines Indikators auftreten. Die Punkte zeigen an ob Schwellwerte ($SPI, SMRI \leq -1$, $CWD \leq -25 \text{ mm}$, $CWD\text{-Anomalie} < 0$) unterschritten werden. Schwarze/Graue Punkte zeigen dabei an, welche der Berechnungsvarianten (normal oder schneekorrigiert) die weniger extremen/extremenen Defizite aufweist (= tiefere Werte).

- ⇒ Charakteristische Reaktionsskalen in teilweise von Gletschern und/oder Schnee beeinflussten Einzugsgebieten verschieben sich im Sommer und Herbst zu kürzeren SPIs, da Niederschläge für die Entstehung von Abflussmengen (Trockenheit) relevanter werden.
- ⇒ Längere Skalen (>12 Monate) stehen in Zusammenhang mit langfristigen Speichersystemen (z. B. Gletscher), mittelfristige Skalen (ca. 9 bis 12 Monate) stehen oft in Zusammenhang mit Schnee, Grundwasser und/oder Seen, und kurzfristige Skalen (1 bis 6 Monate) spiegeln meist Niederschlagsprozesse wider.
- ⇒ Kurzfristige Skalen sind das ganze Jahr über wichtig für pluviale Einzugsgebiete und Einzugsgebiete in Übergangsregionen (z. B. Jura und Voralpen).

- ⇒ Längere Zeitskalen werden im Sommer und Herbst für pluviale Einzugsgebiete relevanter.
- ⇒ Unterschiede in den Reaktionsskalen zwischen den verschiedenen pluvialen Einzugsgebieten deuten auf einen stärkeren Einfluss hydroterrestrischer Merkmale (z. B. Geologie, Wasserverfügbarkeit) hin.
- ⇒ Nicht standardisierte (CWDs) und standardisierte Indizes (SPI, SMRI) liefern teilweise komplementäre Informationen, eine kombinierte Verwendung beider Indizes wird für die Überwachung und Vorhersage von Trockenheit empfohlen.
- ⇒ CWD-Anomalien korrespondieren am besten mit der (aktuellen) Dynamik der Trockenheit im Abfluss. Die Relevanz der Indikatoren und Aggregations-Skalen variiert je nach Jahreszeit und Abflussregime (Zusammenspiel unterschiedlicher Trockenheitsentstehungsmechanismen).
- ⇒ Zusätzlich zu den Regimetypen zeigt sich ein kontrastierendes Verhalten für drei Gradienten: (1) über die Alpen hinweg, (2) West- vs. Ostschweiz und (3) mit der Höhe.
- ⇒ Absolute Defizite sind in der West- und Südschweiz tendenziell größer, während in der Ostschweiz vergleichbare (absolute) Defizite hydroklimatisch extremer sind. Das gilt sowohl für kurzfristige Niederschlags- (SPI-1) als auch für verdunstungsbedingte (CWD) Defizite.

Weiterführende Literatur

Eine ausführliche Dokumentation zu Methodik, Datensatz und Ergebnissen wird voraussichtlich als Projektbericht unter <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/dokumentation/studien/wasser-studien.html> zur Verfügung stehen. Eine wissenschaftliche Publikation zum HYD-RESPONSES Datensatz befindet sich derzeit in Vorbereitung für das ESSD-Journal (*Copernicus Earth System Science Data*).

Quellenangaben

- **Baez-Villanueva, O. M., Zambrano-Bigiarini, M., Miralles, D. G., Beck, H. E., Siegmund, J. F., Alvarez-Garreton, C., Verbist, K., Garreaud, R., Boisier, J. P., and Galleguillos, M.** (2024). On the timescale of drought indices for monitoring streamflow drought considering catchment hydrological regimes. *Hydrology and Earth System Sciences*, 28(6):1415–1439. <https://doi.org/10.5194/hess-28-1415-2024>. ■ **Brunner, M. I., Van Loon, A. F., and Stahl, K.** (2022). Moderate and Severe Hydrological Droughts in Europe Differ in Their Hydrometeorological Drivers. *Water Resources Research*, 58(10):e2022WR032871. eprint: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1029/2022WR032871>. ■ **Florianic, M. G., Berghuijs, W. R., Jonas, T., Kirchner, J. W., and Molnar, P.** (2020). Effects of climate anomalies on warm-season low flows in Switzerland. *Hydrology and Earth System Sciences*, 24(11):5423–5438. <https://doi.org/10.5194/hess-24-5423-2020>. ■ **Florianic, M. G., Spies, D., van Meerveld, I. H. J., and Molnar, P.** (2022). A multi-scale study of the dominant catchment characteristics impacting low-flow metrics. *Hydrological Processes*, 36(1):e14462. eprint: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/hyp.14462>. ■ **Marty, C., Michel, A., Jonas, T., Steijn, C., Muelchi, R., and Kotlarski, S.** (2025). SPASS – new gridded climatological snow datasets for Switzerland: Potential and limitations [preprint]. EGUsphere, pages 1–21. <https://doi.org/10.5194/egusphere-2025-413>. ■ **McKee, T., Doesken, N., and Kleist, J.** (1993). The relationship of drought frequency and duration to time scales. Eight conference on applied climatology, 17-22 January 1993, Anaheim, California. Download via https://www.droughtmanagement.info/literature/AMS_Relationship_Drought_Frequency_Duration_Time_Scales.1993.pdf. ■ **MeteoSwiss** (2021a). Daily Mean, Minimum and Maximum Temperature: TabsD, TminD, TmaxD. PDF: https://www.meteoschweiz.admin.ch/dam/jcr:818a4d17-cb0c-4e8b-92c6-1a1bdf5348b7/ProdDoc_TabsD.pdf. ■ **MeteoSwiss** (2021b). Daily Precipitation (final analysis): RhiresD. PDF: https://www.meteoschweiz.admin.ch/dam/jcr:4f51f0f1-0fe3-48b5-9de0-15666327e63c/ProdDoc_RhiresD.pdf. ■ **Mott, R.** (2023). Climatological snow data since 1998, OSHD. EnviDat. [Dataset] <https://www.doi.org/10.16904/envidat.401>. ■ **Muñoz-Sabater, J., Dutra, E., Agustí-Panareda, A., Albergel, C., Arduini, G., Balsamo, G., Boussetta, S., Choulga, M., Harrigan, S., Hersbach, H., Martens, B., Miralles, D. G., Piles, M., Rodríguez-Fernández, N. J., Zsoter, E., Buontempo, C., and Thépaut, J.-N.** (2021). ERA5-Land: a state-of-the-art global reanalysis dataset for land applications. *Earth System Science Data*, 13(9):4349–4383. <https://doi.org/10.5194/essd-13-4349-2021>. ■ **Raposo, V. d. M. B., Costa, V. A. F., and Rodrigues, A. F.** (2023). A review of recent developments on drought characterization, propagation, and influential factors. *Science of The Total Environment*, 898:165550. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.165550>. ■ **Staudinger, M., Stahl, K., and Seibert, J.** (2014). A drought index accounting for snow. *Water Resources Research*, 50(10):7861–7872. eprint: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/2013WR015143>. ■ **Staudinger, M., Stoelzle, M., Seeger, S., Seibert, J., Weiler, M., and Stahl, K.** (2017). Catchment water storage variation with elevation. *Hydrological Processes*, 31(11):2000–2015. eprint: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/hyp.11158>. ■ **Stocker, B. D., Tumber-Dávila, S. J., Konings, A. G., Anderson, M. C., Hain, C., and Jackson, R. B.** (2023). Global patterns of water storage in the rooting zones of vegetation. *Nat. Geosci.*, 16(3):250–256. <https://doi.org/10.1038/s41561-023-01125-2>. ■ **von Matt, C. N., Martius, O., and Stocker, B. D.** (2025). HYD-RESPONSES: High-resolution daily catchment-level time series for relevant hydro-meteorological variables, (water) deficit accumulation and streamflow droughts for Switzerland. (Version v1) [Dataset] <https://doi.org/10.5281/zenodo.14713275>. Zenodo Publishing.

Hinweis: Diese Studie wurde im Auftrag des Bundesamts für Umwelt (BAFU) durchgeführt. Für den Inhalt ist allein der Auftragsnehmer verantwortlich.

Impressum / Projektverantwortliche

Projektleitung

Christoph Nathanael von Matt, *Universität Bern*
Wissenschaftlicher Mitarbeiter
Gruppe für Klimafolgenforschung
Kontakt: christoph.vonmatt@unibe.ch

Fachliche Begleitung

Prof. Dr. Olivia Romppainen-Martius, *Universität Bern*
Leiterin Gruppe für Klimafolgenforschung
Prof. Dr. Benjamin David Stocker, *Universität Bern*
Leiter Gruppe Erdbeobachtung und Modellierung