

### NISBO

#### Stabile Isotope in Regen & Schnee

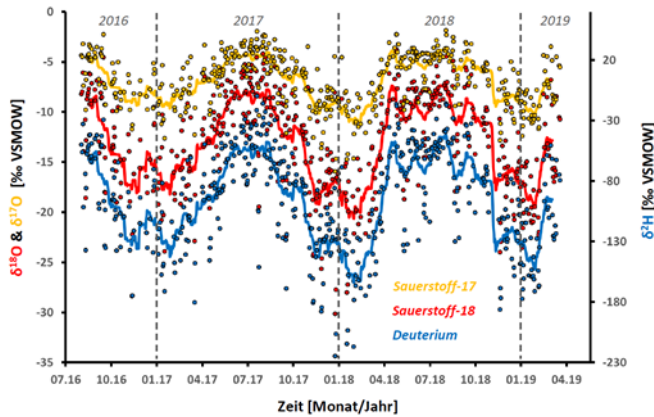


Abb.1: Tägliche Isotopenanalysen und saisonale Entwicklung (30pt laufender Mittelwert) der meteorischen Niederschläge, die während vier Jahren am Sonnblick gesammelt wurden.

Fig.1: Daily isotope analyses and seasonal evolution (30-pt running mean) in meteoric precipitation collected during four years at Sonnblick.

Während Phasenübergängen im Kreislauf des Wassers (Dampf-flüssig-fest) werden unterschiedliche Isotopen (Atome verschiedenen Gewichtes) durch meteorologische und geographische Einflüsse getrennt. Die Alpen bilden eine natürliche Scheide für Luftmassen und Wetterbedingungen.

Die Fraktionierung von Isotopen wird auf Basis des täglichen Niederschlags, gesammelt auf dem Sonnblick (3106) und in Wals bei Salzburg (446) und unter Anwendung moderner Laser Absorptions-Spektroskopie (OA-ICOS). Änderungen in der Isotopensignatur werden als Delta Werte in ‰  $\delta^2\text{H}$  bzw. D,  $\delta^{17}\text{O}$ ,  $\delta^{18}\text{O}$  und sowie als daraus abgeleitete Parameter Deuterium Exzess und  $^{17}\text{O}$  Exzess dargestellt. Sie stellen natürliche Markierungen sowohl regionaler als auch lokaler Prozesse dar und werden in Hydrogeologie, Klimaforschung, Infrastrukturprojekten (Trinkwasserversorgung, Tunnelbau, Geothermie und Wasserkraft) verwendet. So können Höhe und Größe von Einzugsgebieten, saisonale Neubildung, Fließwege und Mischungen sowie ungefähre Alter des Grundwassers ermittelt werden. Darüber hinaus kommen stabile Isotopen in forensischen Untersuchungen (Lebensmittel, Beton) zur Verwendung.

Die seit August 2016 untersuchten Isotopendaten vom Sonnblick zeigen ausgeprägte saisonale Schwankungen (25 ‰ bei  $^{18}\text{O}$ ) und Differenzen zwischen den Jahren (Abb.1).

### NISBO

#### Stabile Isotopes in Meteoric Precipitation

During vapor-liquid-solid phase transitions of the natural water cycle different isotopes (variable atomic masses) in  $\text{H}_2\text{O}$  are separated systematically based on meteorological and geographical controls. The Alps constitute a major divide for different air masses and related seasonal and weather conditions. We therefore study isotope fractionation based on daily precipitation sampled continuously both at Sonnblick mountain (3106) versus a foreland station in Wals/Salzburg (446) using standardized collector vessels and high-tech laser absorption spectroscopy (OA-ICOS).

Subtle changes in the stable isotope signatures (expressed as delta ‰ values)  $\delta^2\text{H}$ ,  $\delta^{17}\text{O}$ ,  $\delta^{18}\text{O}$  and the derivate parameters deuterium (D)-excess and  $^{17}\text{O}$ -excess are used as tracers of regional and site-specific processes relevant in hydro(geo)logy, climate research and infrastructure projects involving drinking water, tunnels, geothermal and hydropower. For example, information on the elevation and spatial extent of water infiltration areas, seasonally weighted infiltration and groundwater formation, flow routes and mixing, as well as approximate ages and percolation rates of waters can be inferred. Further, these stable isotope tracers are used in forensic and material scientific applications (food, concrete).

The Sonnblick stable isotope data collected and analyzed since August 2016 show pronounced warm vs. cold season variations ( $\delta^{18}\text{O}$  ~25 ‰ amplitude) and major interannual differences (Fig.1). The very small and rarely measured  $^{17}\text{O}$  contents show a similar trend compared to  $^{18}\text{O}$  and  $^2\text{H}$ . In an O vs. H isotope plot (Fig.2), the Sonnblick data reveal a typical linear relationship resembling average global (GMWL), regional (Mediterranean, Austrian) or local (Salzburg) meteoric water lines. Different slopes, intercepts and distributions of the lines and data points are indicative of specific processes.

Compared to monthly (mixed) precipitation samples collected since 1973 at the station Salzburg (430 m) as part of the Austrian Network of Isotopes in Precipitation (ANIP), the daily Sonnblick data show a much broader range on both axes and prominently negative values (Fig2.)

Die sehr geringen Raten von  $^{17}\text{O}$  zeigen einen ähnlichen Trend wie  $^{18}\text{O}$  und D. Plottet man  $^{18}\text{O}$  gegen D (Abb.2), zeigen die Daten vom Sonnblick einen typischen Trend, der die weltweite meteorische Wasserlinie (GMWL), aber auch die regionalen und lokalen Wasserlinien (mediterranean und Salzburg) abdeckt. Verschiedene Steigungen und Schnittpunkte sind auf ganz spezifische Prozesse zurückzuführen.

Im Vergleich zu den monatlichen Mischproben des österreichischen Netzwerkes von Niederschlagsisotopen (ANIP), die seit 1973 in Salzburg gesammelt werden, zeigen die Tagesdaten vom Sonnblick eine deutlich breitere Bandbreite (Abb.2). Dies wird auf die tiefen Temperaturen und den Höheneffekt, die die Zusammensetzung von Schnee und Regen beeinflussen, zurückgeführt. In den Alpen ist die Temperaturabhängigkeit der Fraktionierung in feuchter Luft jahreszeitlich veränderlich, während der Höheneffekt die räumliche Isotopenverteilung steuert. Verschiedene Herkunft der Feuchtigkeit (Verdunstung vom Meer versus lokal; Atlantikraum versus Mittelmeerraum...) und Transportweiten beeinflussen ebenfalls die lokalen Variationen und die Daten vom Sonnblick reflektieren diese Einflüsse (Abb.2). Darüber hinaus spielen auch die Niederschlagsmengen selbst und ereignisbezogener Niederschlag und Wiederverdunstung eine wichtige Rolle. Zukünftige Studien der stabilen Isotopen werden sich auf spezielle meteorologische Situationen (Zyklone), basiert auf einem hochaufgelösten Probenintervall sowie auf größere Niederschlagsereignisse konzentrieren. Darüber hinaus ist geplant, Eis und Schmelzwässer zu analysieren, um unser Verständnis des Permafrosts und der Prozesse in der Bodenzone im Kontext des progressiven Klimawandels (Erderwärmung) am Sonnblick und in anderen Bereichen zu verbessern.

CRAIG, H. (1961): Isotopic Variations in Meteoric Waters. Science, 133: 1072-1073.

HAGER, B. & FOELSCH, U. (2015): Stable Isotope Composition of Precipitation in Austria. AJES, 108: 2-13.

HÖFER-ÖLLINGER, G., MÜGGENBURG, K., LUDEWIG, E. (2019): Stable Isotopes of Daily Precipitation Sampling -

3 Years of Observation at Wals and Sonnblick. Observatory. SINA Conference 2019, Innsbruck.

TIAN, C., WANG, L., KASEKE, K.F., BIRD, B.W. (2018): Stable isotope compositions ( $\delta^2\text{H}$ ,  $\delta^{17}\text{O}$  and  $\delta^{18}\text{O}$ ) of rainfall and snowfall in the central United States. Scientific Reports, 8: 6712

The latter are explained by the pronounced (low) temperature and (high) altitude effects strongly influencing the variable isotopic composition of rain and snow at Sonnblick. In the Alps, the temperature dependence of stable isotope separation in moist air is dominant on a temporal scale (season) while differences in altitude (topography) strongly affect the spatial isotope variations. Different moisture sources, transport distances and the evolution of air masses from the Atlantic vs. the Mediterranean also control the local isotope variations and the Sonnblick data reflect the interacting moisture provenance (Fig.2). Changing precipitation amounts and rainfall event-based moisture (re)cycling and (re)evaporation also play a role. Future studies including water triple isotope analyses could focus on distinct weather situations (cyclones) based on highly resolved sequential sampling and analysis of the major precipitation events. Sampling of ice and differentiated meteoric and meltwaters could contribute to our understanding of permafrost and rock weathering in the context of progressive climate change (global warming) at Sonnblick and other locations.

CRAIG, H. (1961): Isotopic Variations in Meteoric Waters. Science, 133: 1072-1073.

HAGER, B. & FOELSCH, U. (2015): Stable Isotope Composition of Precipitation in Austria. AJES, 108: 2-13.

HÖFER-ÖLLINGER, G., MÜGGENBURG, K., LUDEWIG, E. (2019): Stable Isotopes of Daily Precipitation Sampling -

3 Years of Observation at Wals and Sonnblick. Observatory. SINA Conference 2019, Innsbruck.

TIAN, C., WANG, L., KASEKE, K.F., BIRD, B.W. (2018): Stable isotope compositions ( $\delta^2\text{H}$ ,  $\delta^{17}\text{O}$  and  $\delta^{18}\text{O}$ ) of rainfall and snowfall in the central United States. Scientific Reports, 8: 6712.

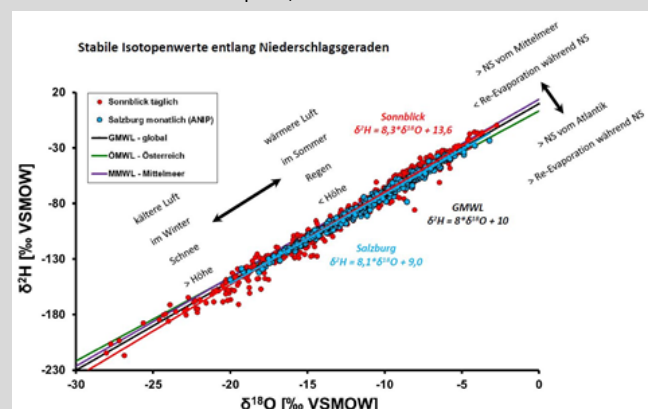


Abb.2: Tägliche Isotopendaten von Sonnblick, monatliche Niederschlagsproben, die in Salzburg gesammelt wurden (1973-2018) und verschiedene Meteorwasserlinien (MWL), die Ähnlichkeiten und Variationen verfolgen

Fig.2: Daily isotope data from Sonnblick, monthly precipitation samples collected in Salzburg (1973-2018) and distinct Meteoric Water Lines (MWL) tracing similarities and variations

## Autoren/innen/Authors

G. Höfer-Öllinger<sup>1,2)</sup>, K. Müggensburg<sup>1)</sup>, E. Ludewig<sup>3)</sup> & R. Boch<sup>1)</sup>  
 1) GEOCONSULT ZT GmbH, Hölzlstraße 5, 5071 Wals  
 2) GEORESEARCH, Hölzlstraße 5, 5071 Wals  
 3) GEOSPHERE, Freisaalweg 16, 5020 Salzburg

## Ansprechpartner/in/Contact Person

Dr. Giorgio Höfer-Öllinger  
 Institut/e: GEOCONSULT ZT GmbH, Wals/Salzburg  
 Email: giorgio.hoefer-oellinger@geoconsult.eu  
 www.geoconsult.eu www.georesearch.ac.at