



ING. MICHAEL MARKUS MÜLLNER

Irlachring 7, A – 5201 Seekirchen am Wallersee, Tel.: 0664 / 825 35 92, e-Mail: m.muellner@salzburg.co.at
Allgemein beideter und gerichtlich zertifizierter Sachverständiger Fachgebiet 73.20
Schwarzdecker- und Isoliererarbeiten



Information zum Referenten:

Ausbildung:

HTL Hochbau Salzburg 1986 – 1991

Berufspraxis:

Architekt Cziharz Meixner Salzburg - Planungen 1992 – 1994

Architekt DI Kofler Salzburg - Planung, Bauleitung, Projektsteuerung 1994 – 2001

Allgemeine Bau Chemie Salzburg - Technischer Leiter 2001 – 2003

Pagitsch Trockenbau GesmbH - Bauleiter 2003 – 2005

Sterkl, Schörkhuber + Partner Salzburg - Gutachtenerstellung für Elementar und
Haftpflichtschäden seit 2005 – seit 2013 stellvertretender Bereichsleiter

Zusatzausbildungen:

Baustellenkoordinator

EU Vergaberecht

AUVA SVP seit 2015

Spezialausbildung:

Allgemein beideter und gerichtlich zertifizierter Sachverständiger am
Landesgericht Salzburg seit 2012

Vortragsthema:

„Herkunftsbestimmung der Feuchtigkeit nach Isotopenmethode – Sinn und Zweck von Schadwasseranalysen im Flachdachaufbau“

Aufgabenstellung:

Stehendes Wasser im Warmdachaufbau und Folgeschaden im Gebäude durch aufsteigende Feuchtigkeit





➤ **Vorgeschichte zu exemplarischem Schadensfall:**

2 unterschiedliche ausführende Unternehmen bei den Abdichtungsarbeiten, dadurch mehrfache Arbeitsunterbrechungen nach Konkurs und undefinierbare Zeitabläufe von bis zu 2 Jahren mit möglichen Wassereinträgen auf bereits erbrachte Abdichtungsleistungen

Nach Fertigstellung mehrfache Wasserstandsproben und dabei Luminat Einsatz des Leckortungsunternehmens

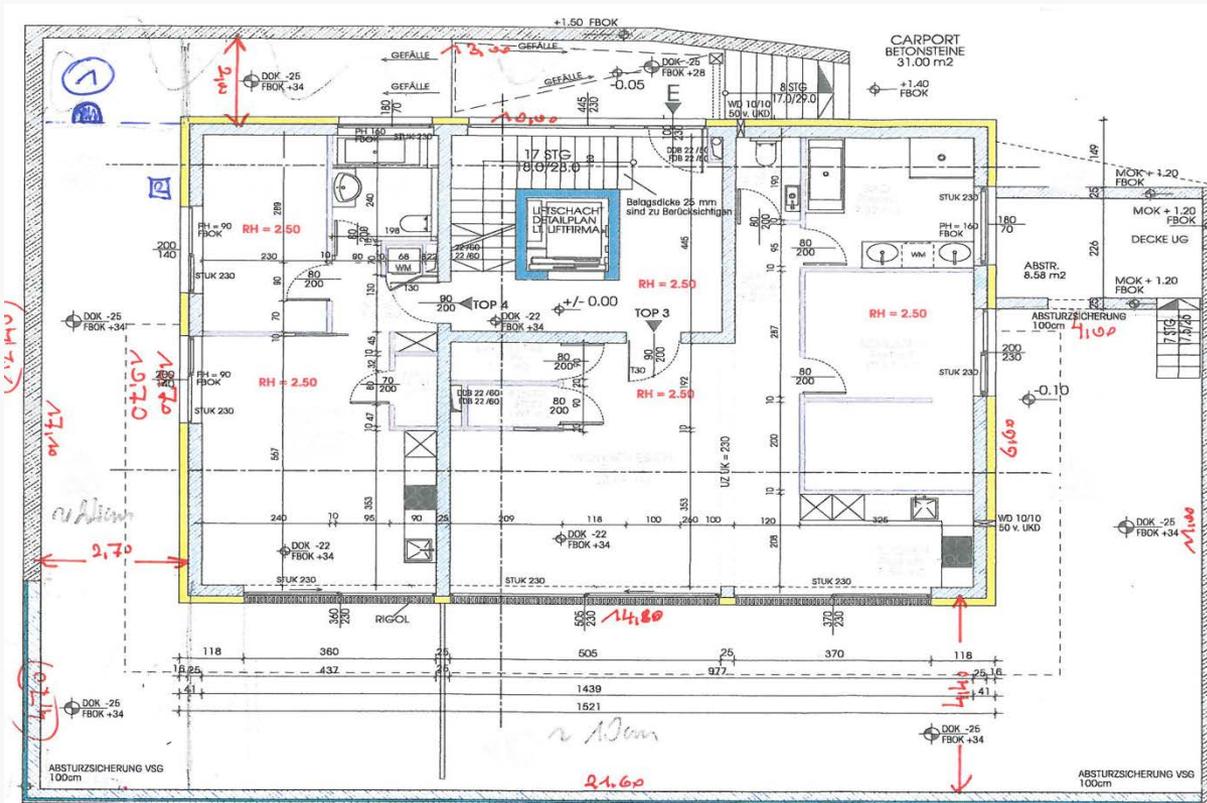
Leckagemessungen mit Fehlerstromanalysen

➤ **Herangehensweise zur möglichen Wasseranalyse:**

Macht eine Wasserherkunftsanalyse Sinn oder sind alternative Suchmethoden, wie z.B. Strömungstest mit Spürgas oder Leckeingrenzung durch Herstellung von Abschottungen möglich bzw. besser geeignet.

➤ Dachaufbau und Dimension der zu prüfenden Dachfläche:

die Dimension der Dachabmessungen (100 m² oder 12.000 m²) sind grundsätzlich nicht relevant



➤ Baustellenfotos sichten und relativieren:

Bauablauf, speziell Witterung und Jahreszeit, sind relevant für eine weitere Wasseranalyse



➤ Was ist die Isotopenmethode / Wasserisotopen:

Isotope sind Atomarten – sog. Nuklide – eines chemischen Elements, die sich nur durch die Anzahl der Neutronen im Kern und damit durch ihre Massenzahl unterscheiden. Jene Eigenschaften des Elements, die von der Elektronenhülle abhängen – wie z.B. das Eingehen chemischer Verbindungen – bleiben gleich, jedoch die Eigenschaften, bei denen die Masse des Atoms eine Rolle spielt, ändern sich.

Wasser besteht aus H₂O – Molekülen. Wasserstoff H besitzt die Isotopenvariationen ¹H und ²H, Sauerstoff hat die Isotopenvariationen ¹⁶O und ¹⁸O. Diese Isotopen und ihr Verhältnis zueinander ¹H/²H und ¹⁶O / ¹⁸O werden umgangssprachlich als „Wasserisotopen“ und „Wasserisotopen-Verhältnisse / Wasser-I.V.“ bezeichnet.

Messtechnisch ermöglicht seit den 1960iger Jahren die Methode der massenspektrometrischen Analytik die Bestimmung der Isotopenverhältnisse, die Messmethoden haben in den letzten Jahren einen starken Aufschwung erfahren.

Isotopenverhältnisse werden nicht absolut angegeben, sondern als δ -Notation: $\delta = (\text{I.V. Probe} / \text{I.V. Standard} - 1) * 1.000$. D.h. der Standard hat den Wert Null, die δ -Werte beschreiben die Abweichung der Proben-I.V. vom Standard.

➤ Variation der Isotopenverhältnisse $^2\text{H} / ^1\text{H}$ und $^{18}\text{O} / ^{16}\text{O}$ im Wasserkreislauf:

Wasser besteht zu ca. 99,998% aus den sog. „leichten“ Wassermolekülen $^1\text{H}_2^{16}\text{O}$, und zu nur ca. 2‰ aus den „schweren“ Wassermolekülen $^1\text{H}^2\text{H}^{16}\text{O}$ und $^1\text{H}_2^{18}\text{O}$.

Das aus schweren Molekülen bestehende Wasser hat einen geringeren Dampfdruck als leichtes Wasser. Daher finden überall im Wasserkreislauf, wo es zu Phasenumwandlungen kommt – Schmelzen, Erstarren, Verdampfen, Kondensieren usw. – Isotopentrennprozesse (sog. Isotopenfraktionierung) statt. Diese Prozesse sind bei kälteren Temperaturen stärker als bei wärmeren.

Beispielsweise kommt es beim Verdampfen und Kondensieren zu einer Anreicherung der schweren Moleküle in der flüssigen Phase und zu einer Abreicherung in der gasförmigen Phase. Als Konsequenz aus der Isotopenfraktionierung ist der von freien Oberflächen aufsteigende Wasserdampf ärmer an schweren Molekülen als die Oberflächenwässer. Aus landeinwärts ziehenden feuchten Luftmassen regnen zuerst die schweren Isotope aus, die verbleibende Luftfeuchtigkeit wird dadurch immer leichter. Die Temperaturabhängigkeit der Isotopenfraktionierung führt auch zu einer Abhängigkeit der I.V. von der geographischen Breite und der Jahreszeit..

➤ Isotopenbestimmung – zu erwartendes Analyse-Ergebnis:

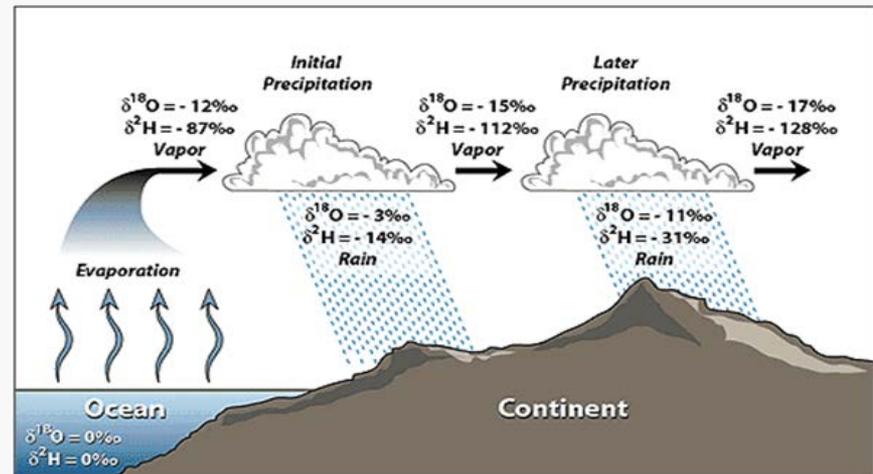
Die Analyse der sog. „Wasserisotopen“ beruht darauf, dass Wasser – je nach geographischer Herkunft und Vorgeschichte - die Isotopen der chemischen Elemente Wasserstoff und Sauerstoff in unterschiedlicher Anzahl enthält. Aus diesen Isotopenverhältnissen (I.V., auch „Isotopensignaturen“) lässt sich die Herkunft sowie die Vorgeschichte – z.B. Verdunstungs- und Kondensationseffekte – von Wasserproben rekonstruieren.

Zur Bestätigung der Herkunft des im Dachaufbau vorgefundenen Wassers können auch Proben aus Dämmmaterial (EPS) Schadwasser extrahiert und das Verhältnis der sog. Wasserisotopen $\delta^2\text{H}$ und $\delta^{18}\text{O}$ mittels Cavity-Ringdown-Spectrometry (CRDS) bestimmt werden.

Isotopengehalte	Probe	
Sauerstoff 18 ($\delta^{18}\text{O}$)	-16,72	‰
Deuterium ($\delta^2\text{H}$)	-132,2	‰
Deuterium-Exzess	1,56	‰

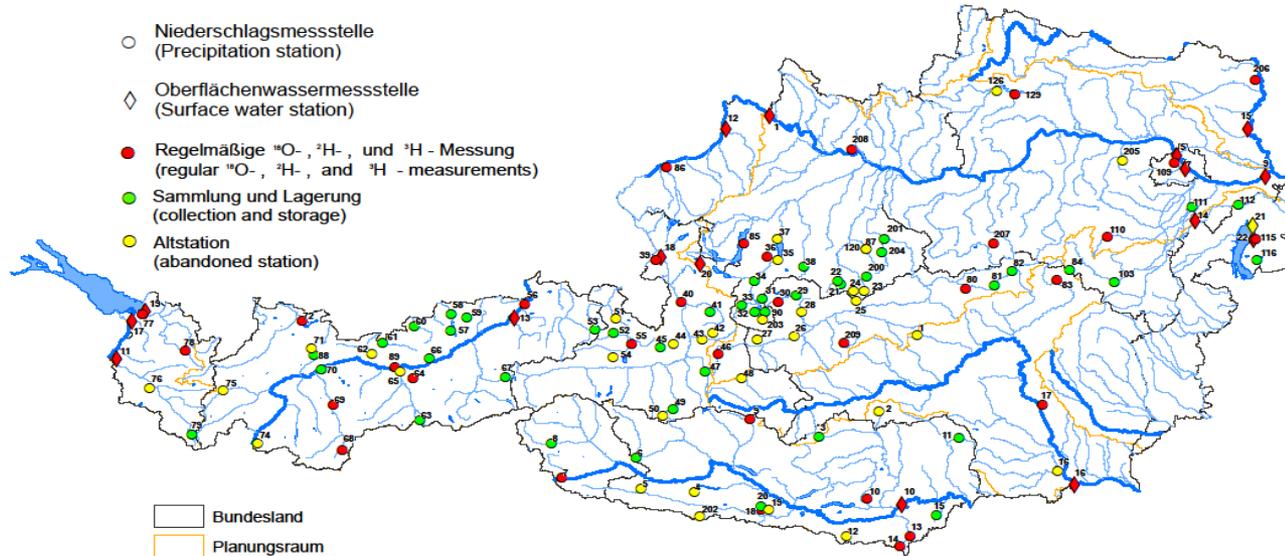
➤ Grundlage der Wasserisotopen im Wasserkreislauf:

- Schwankungen des ^{18}O -Gehaltes im Wasserkreislauf – Auswirkungen des Höheneffektes im Verlauf des ^{18}O -Gehaltes innerhalb eines Flusssystemes, schematische Darstellung.
- Diese verschiedenen Einflüsse auf die Wasser-I.V. erlauben die z.B. geographische oder jahreszeitliche Zuordnung von Wässern.



➤ Isotopen Basismessstellen in Österreich:

Isotopen - Basismessstellen für Österreich Stand 2009 (Austrian Network of Isotopes in Precipitation, ANIP)



Quelle: Gewässerzustandsüberwachungsverordnung (GZÜV) BGBl. Nr. 479/2006 i.d.F.; BMLFUW, Sektion VIII/Abteilung 1 Nationale Wasserwirtschaft.

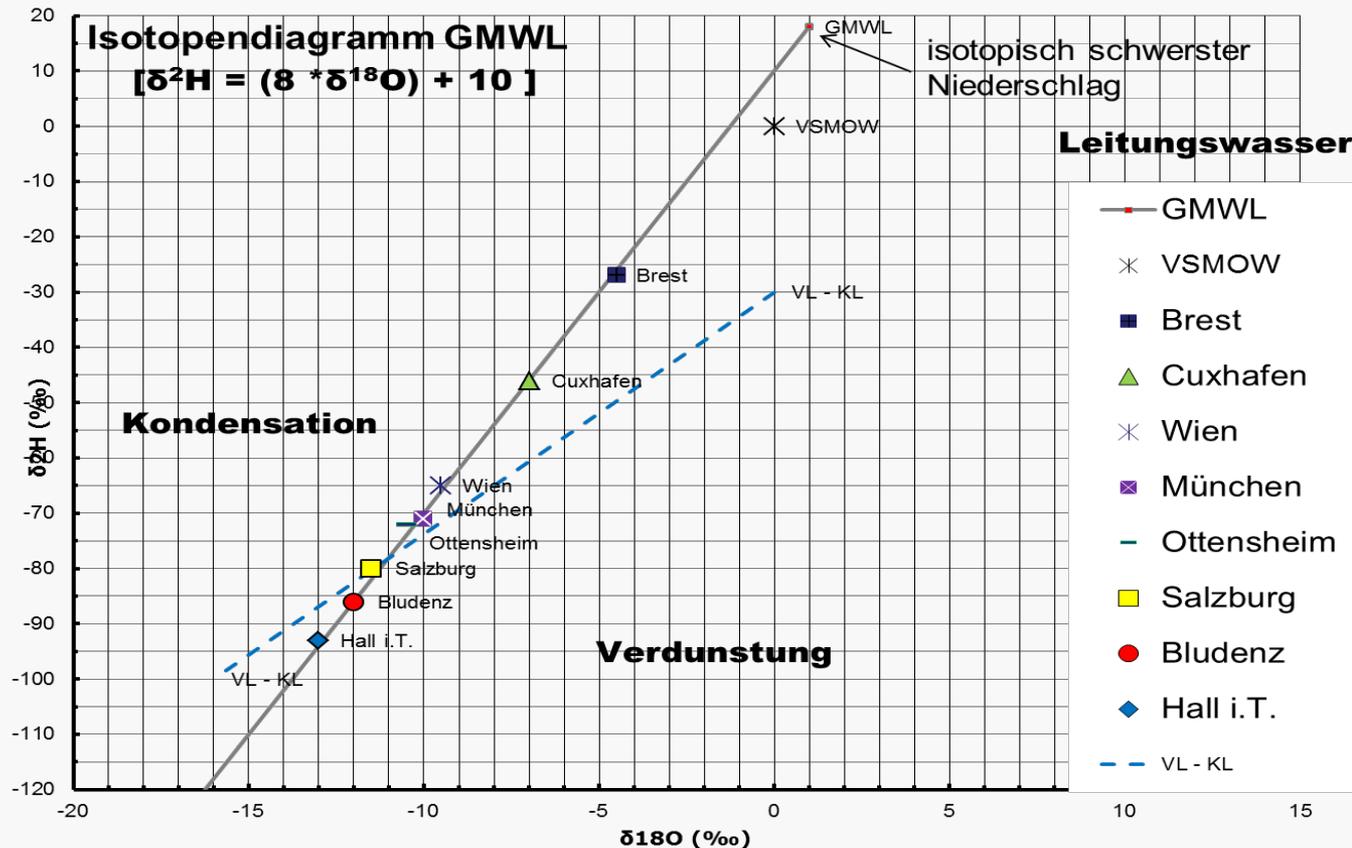
Auswertung/Graphik: Umweltbundesamt GmbH, Mai 2009

0 30 60 120 km

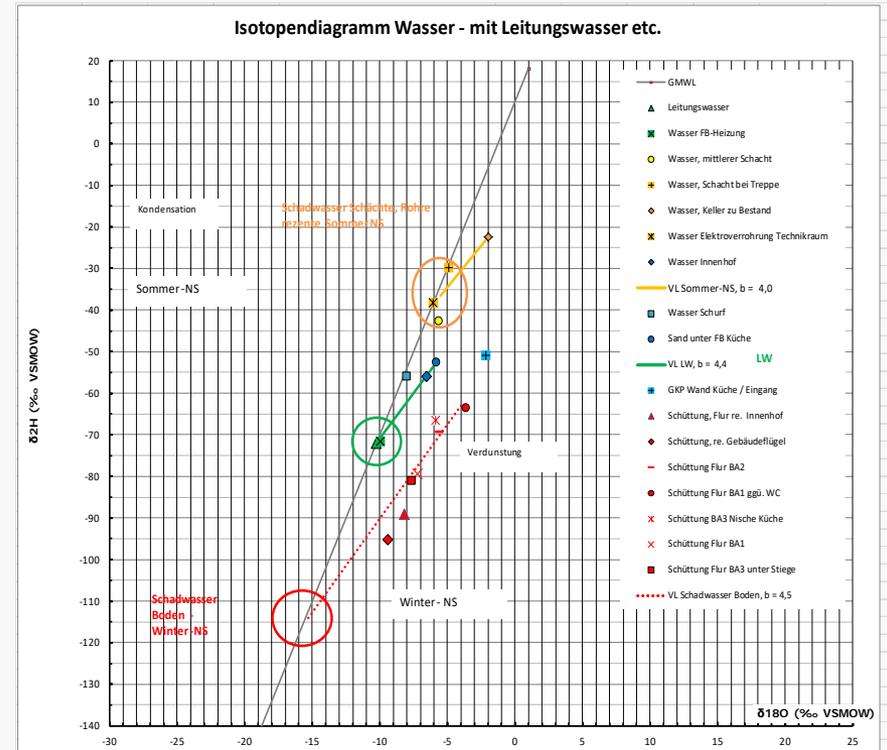
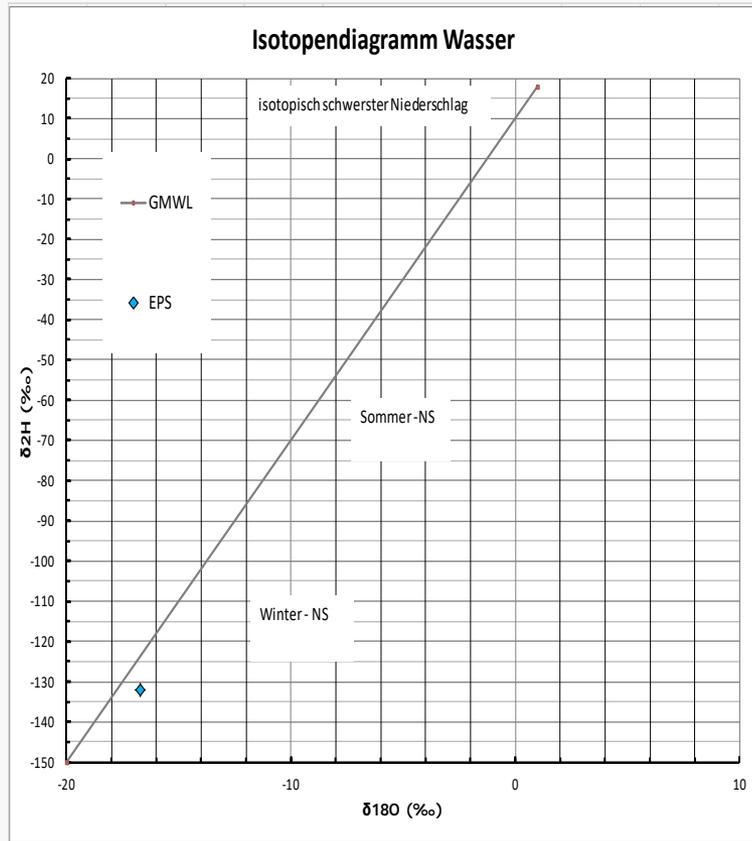
➤ **Globale Meteorische Wasserlinie (GMWL):**

- Die Globale Meteorologische Wasserlinie beschreibt die Beziehungen zwischen $\delta^2\text{H}$ und $\delta^{18}\text{O}$ in weltweiten Niederschlägen und den daraus gespeisten Oberflächen- und Grundwässern. Die Werte der I.V. für Oberflächen—und Grundwasser, Leitungswasser, Regenwasser etc. liegen – mit geringen lokalen Variationen auf der GMWL.
- Wasser, welches Fraktionierungsprozesse erlitten hat, d.h. Verdunstung oder Kondensation, liegt dagegen in der grafischen Darstellung rechts oder links von der GMWL, je nachdem ob die Prozesse zu einer Anreicherung schwerer Moleküle geführt haben (Verdunstungsverlust) oder ob das Wasser isotopisch leichter geworden ist (Niederschlag des verdunsteten Wassers = Kondensat).
- Verdunstung und Kondensation befinden sich theoretisch im Gleichgewicht, bei Bauschäden hat sich jedoch häufig der isotopisch komplementäre Anteil bereits verflüchtigt.
- Zwischen dem gemessenen I.V.-Wert einer Probe und der GMWL werden sog. Verdunstungs- und Kondensationslinien hergestellt, deren Schnittpunkt mit der GMWL die ursprüngliche isotopische Zusammensetzung des Wassers ergibt.

➤ Darstellung der europäischen Meteorischen Wasserlinie (GMWL):



➤ Fallbeispiel der Meteorischen Wasserlinie (GMWL):



➤ **Wie komme ich zu notwendigen Wasserproben:**

- Die Wasserentnahme ist genau zu dokumentieren
- Einwegbinde verwenden
- Wasser wenn möglich flüssig entnehmen
- Lagerung kühl und dunkel (Kühlschrank) bei Sommerhitze nicht im Auto lagern
- Feststoffproben aus Holz, GK und Beschüttung ist möglich (Extraktion ist dabei notwendig) auf luftdichte Verpackung achten z.B. Folien verschweißen
- In jedem Fall sind Referenz-/Vergleichsproben sicher zu stellen z.B. aus einem Wasserabscheider der mechanischen Trocknungsanlage oder „Poolwasser“ etc.



➤ Resümee: Sinn und Sinnhaftigkeit

Schadwasseranalysen nach Wasserisotopen:

- ✓ nur wenn Leckageortungen kein eindeutiges Ergebnis zu- oder erwarten lassen
- ✓ mehrfache Fehlerquellen zu erwarten sind
- ✓ die Suchmethode extrem unwirtschaftlich werden würde
- ✓ der Einfluss Wassereintrag von Wasser führenden Leitungen herausgearbeitet werden soll
- ✓ und wenn immer die ergänzende Ursachenfeststellung notwendig ist, da die Wasseranalyse nie die Leckageortungen ersetzen kann. Leckortung wird dadurch wesentlich produktiver – somit wirtschaftlicher
- ✓ die Interpretation der Isotopenergebnisse bedarf einer großen Erfahrung des Laboranten / Techniker und SV.



Vielen Dank für ihre Aufmerksamkeit

