



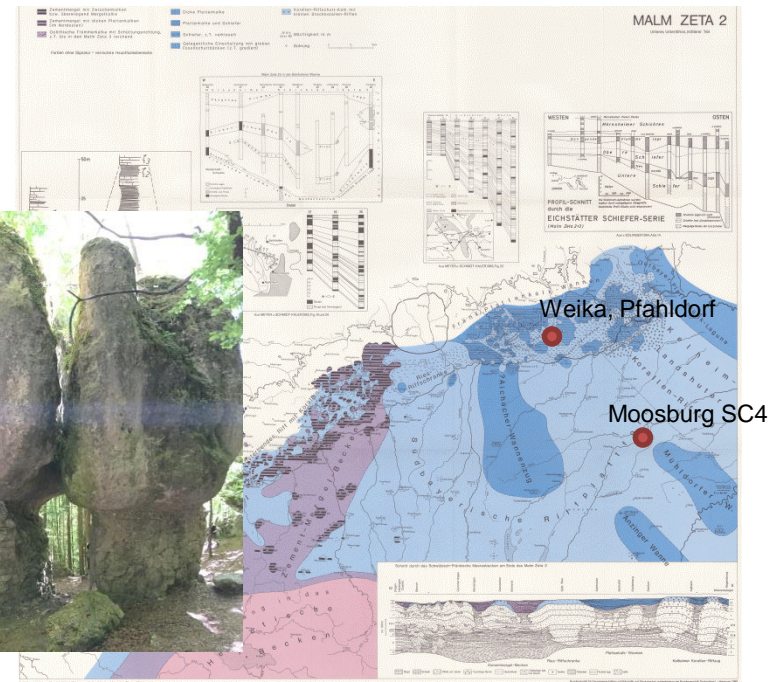
Identifizierung von Paläokarst durch stabile Kohlenstoff- und Sauerstoffisotope in oberjurassischen Karbonatgesteinen unterhalb des Molasse Beckens

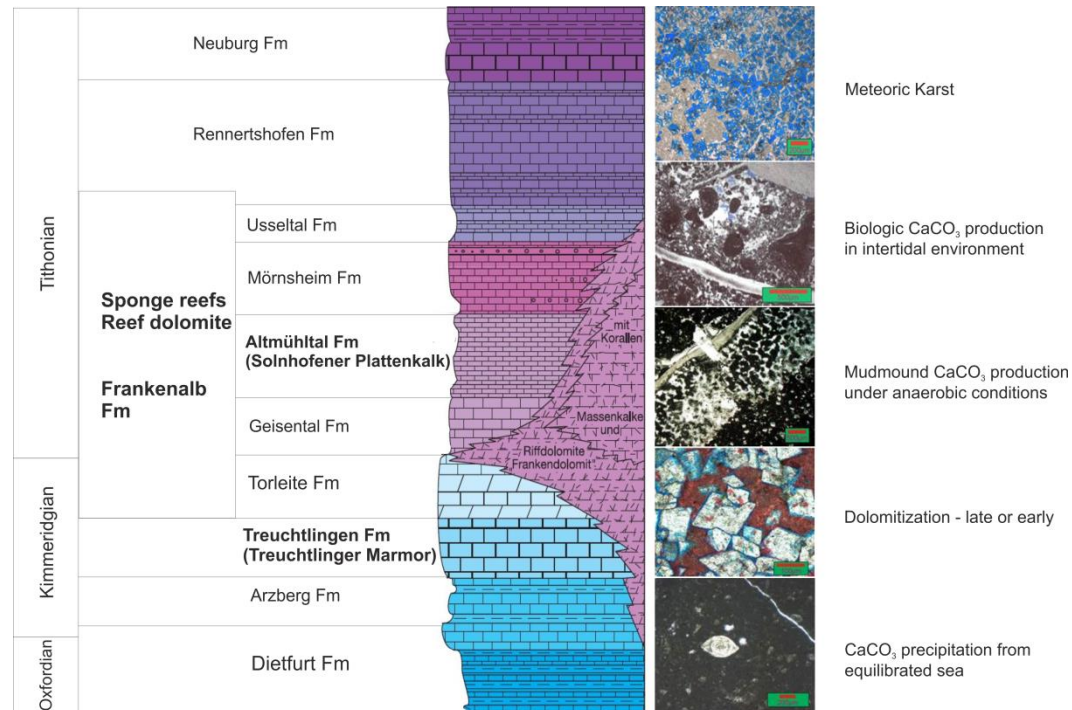
Martin Nowak¹

¹Bayerisches Landesamt für Umwelt, Hof/Saale, Germany



- Der Malm Aquifer (MA) ist gekennzeichnet durch häufigen Fazieswechsel, eine komplexe stratigraphische Abfolge und diagenetische Überprägung.
- Diese Faktoren haben großen Einfluss auf Zuflussraten in Geothermie Bohrungen im Malm Aquifer.
- Fazies-Verteilung, stratigraphische Abfolge und Diagenese des MA sind im Molasse Becken bislang nur lückenhaft bekannt.
- Stabile Isotope von Oberjura Karbonaten bieten ein mögliches Mittel zur stratigraphischen Klassifizierung, insbesondere von Cutting Proben.
- Auch diagenetische Überprägungen wie Dolomitisierung und Verkarstung können mittels stabiler Isotope identifiziert werden.





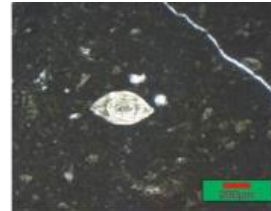
Aus Nowak et al., 2018

- Die bis 600 m mächtige Weißjura Abfolge ist charakterisiert durch einen Wechsel von Massen- und Bankfazies.
- Massenfazies weist oft, insbesondere im östlichen Molasse-Becken, diagenetische Überprägung in Form von Dolomitisierung und Verkarstung auf.
- Massenfazies ist vorrangiges Ziel für die geothermische Nutzung des Malm Aquifers.

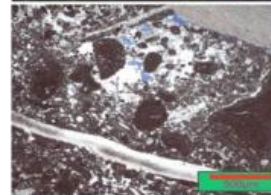


Equilibrium ^{18}O fractionation
calcite:

$$1000 \ln \alpha = 2.78 * 10^{-6} T^{-2} - 2.89$$



Cold waters
Oxfordian
enriched $\delta^{18}\text{O}$



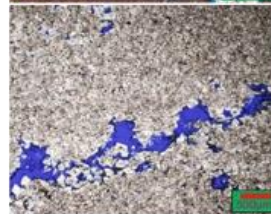
Warm waters
Tithonian
depleted $\delta^{18}\text{O}$

Equilibrium ^{18}O fractionation
dolomite

$$1000 \ln \alpha = 2.62 * 10^{-6} T^{-2} - 2.17$$



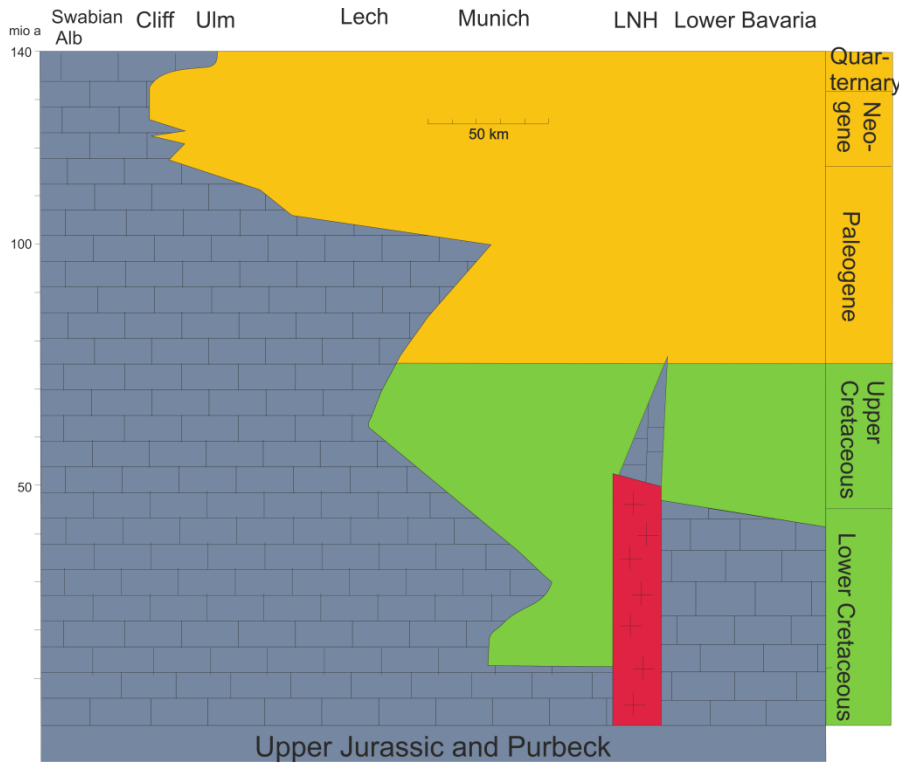
Early diagenetic
dolomite
enriched $\delta^{18}\text{O}$



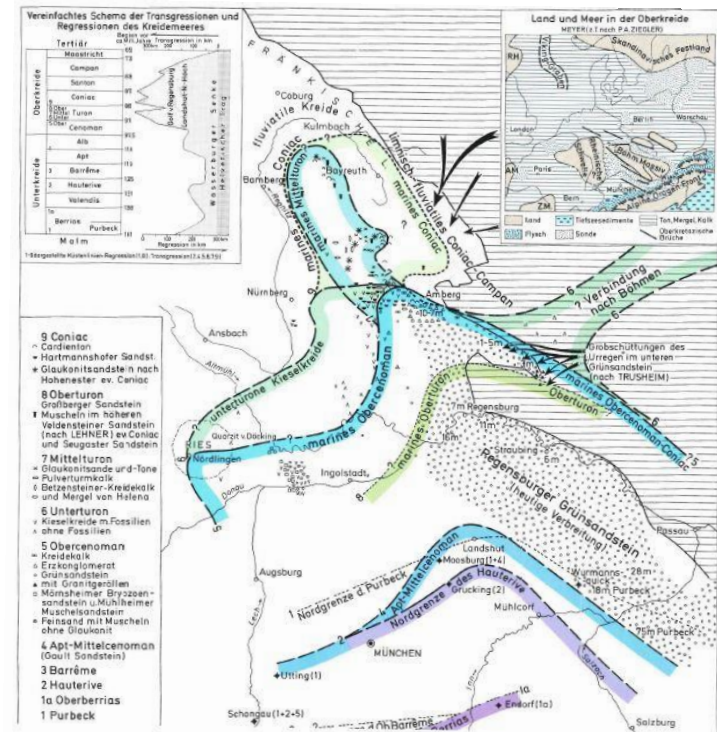
Late diagenetic
dolomite
depleted $\delta^{18}\text{O}$

Aus Nowak et al., 2018

- **Hypothese:** Im Weißjura bieten stabile Kohlenstoff- und Sauerstoff Isotope die Möglichkeit lithostratigraphische Einheiten und diagenetische Überprägungen wie Dolomitisierung und Karst zu unterscheiden.

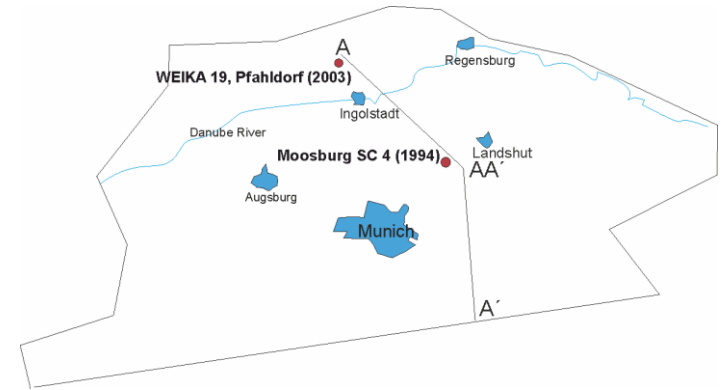
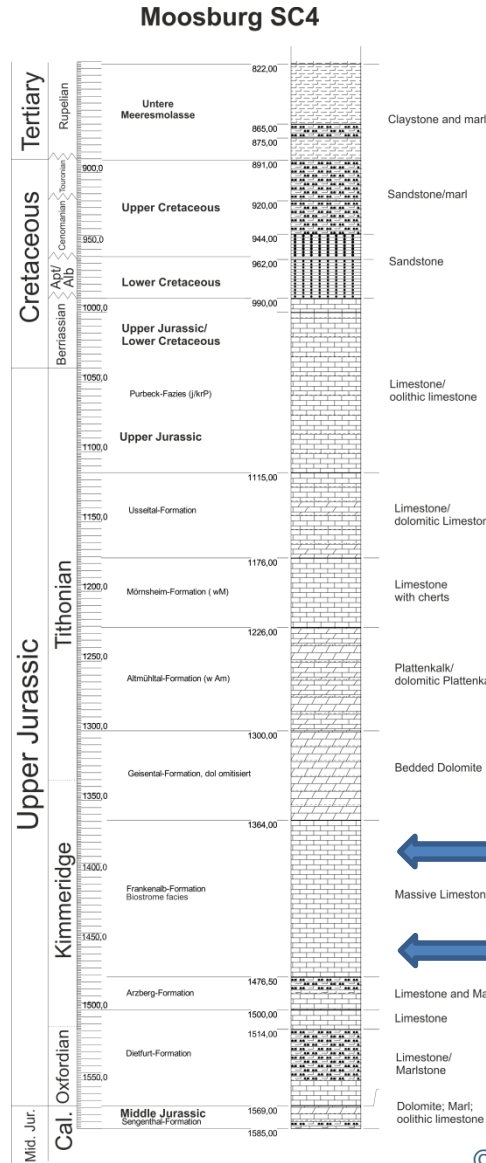
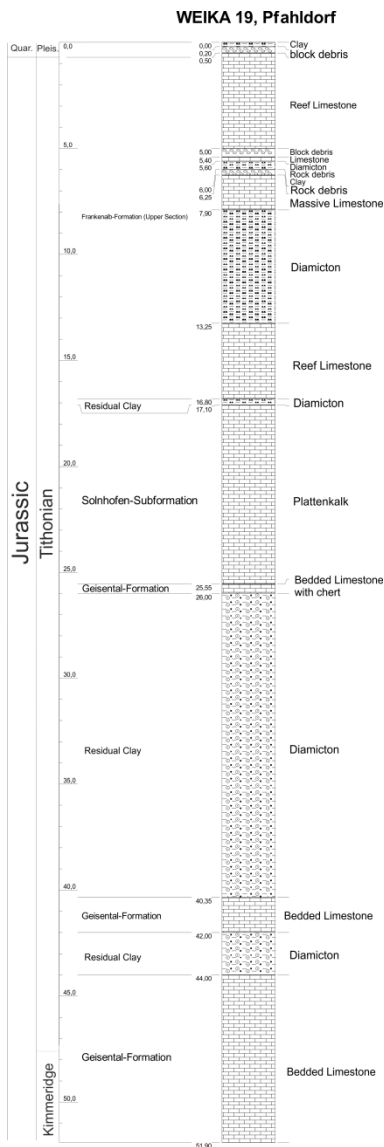


Verändert nach Lemcke, 1988



- Verkarstung fand seit dem oberen Jura in mehreren Phasen statt, insbesondere in der Unterkreide und im Tertiär.
- Das östliche Molasse Becken ist aufgrund der häufiger vorkommenden Massenfazies stärker von Verkarstung betroffen als das westliche Becken.

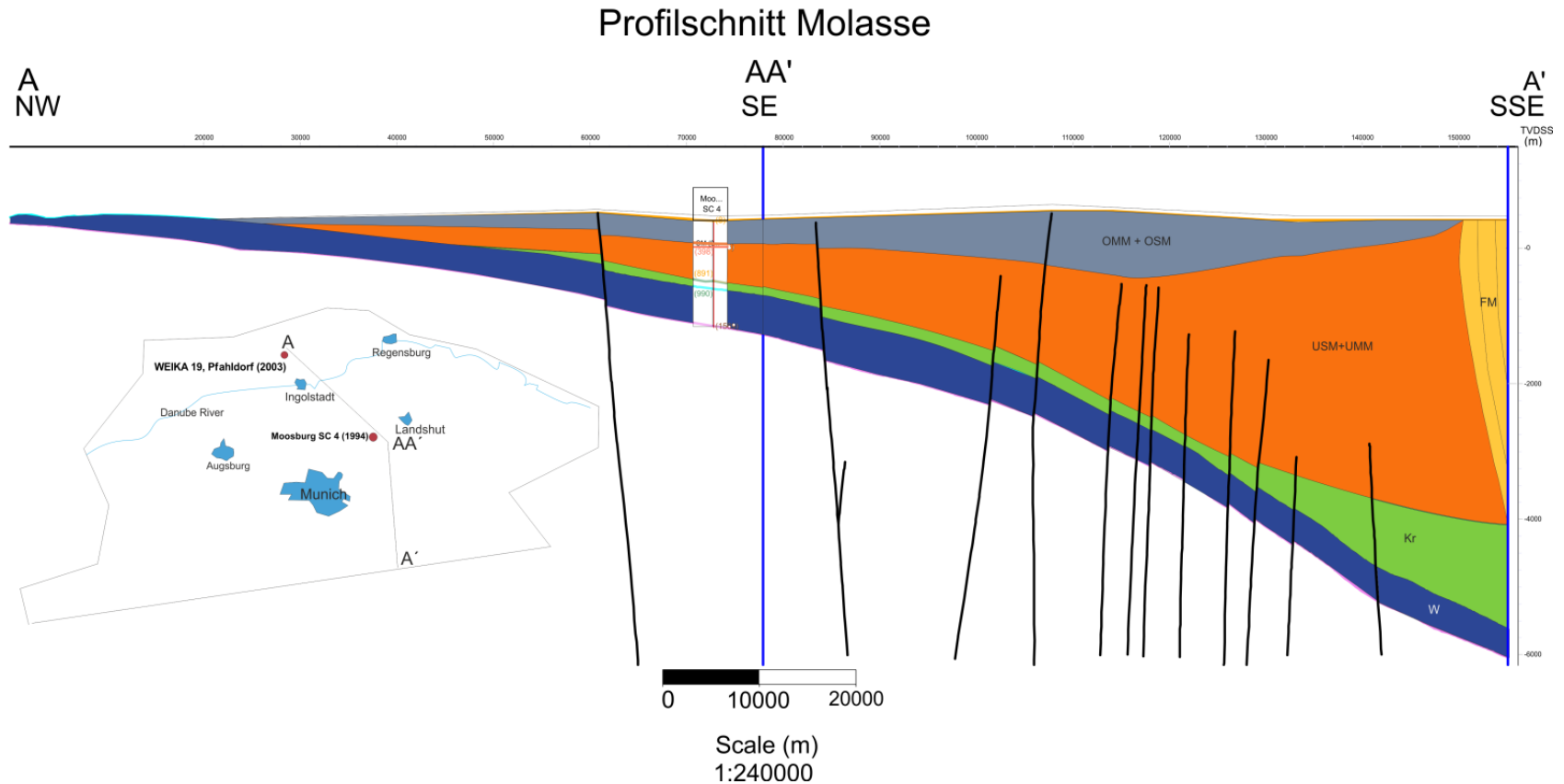
Moosburg SC4 und Weika 19, Pfahldorf Bohrkerne



Dicktafelbankiger Dolomit mit „Lochfazies“

Kalibrierung von stabilen Kohlenstoff und Sauerstoff Isotopen im Weißjura an zwei Bohrungen:

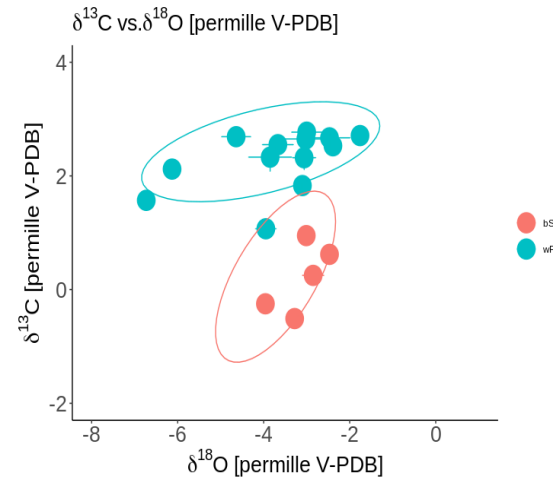
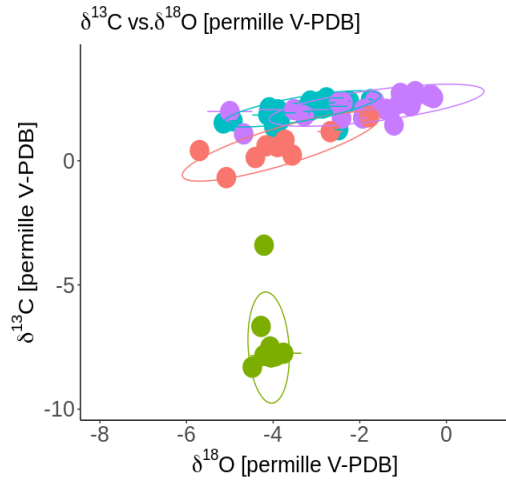
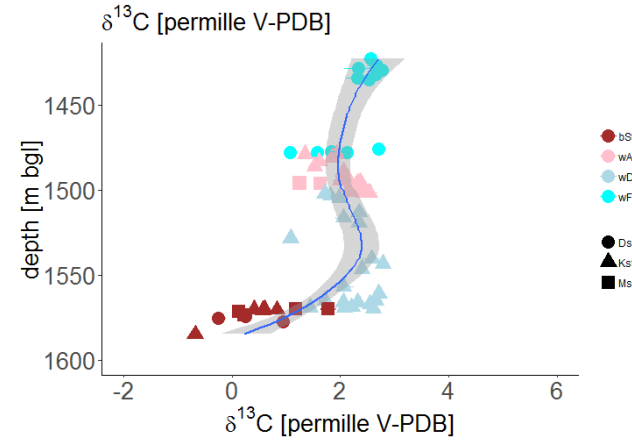
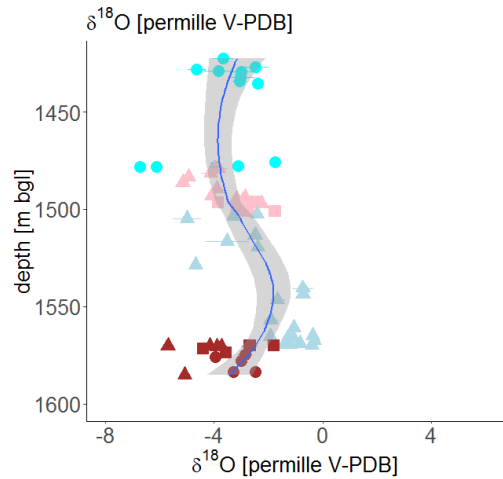
Moosburg SC4 und Weika Pfahldorf 19

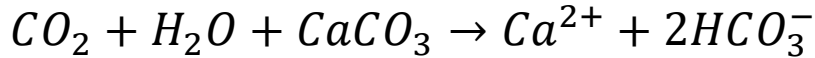




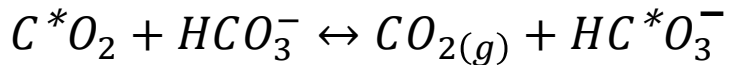
- Detaillierte Probenahme über die gesamte Kernstrecke.
 - 220 Gesteinsproben -> Auflösung von 3 m über den gesamten Oberjura.
- Aufbereitung der Proben mittels Planetenmühle.
- Anwendung von Mittelinfrarot-Laserspektroskopie für Analysen der Proben.
- Bestimmung des $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ und $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ Isotopenverhältnisses bezogen auf den V-PDB Standard und Korrektur der ^{18}O -Säurefraktionierung nach Rosenbaum & Shepard, 1988.
- Statistische Auswertung der Proben mit R-Statistic.

<https://www.youtube.com/embed/vtZtVz-Ftz8>

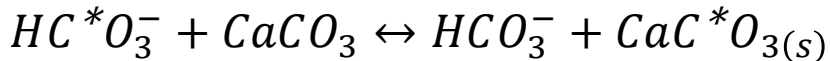




Lösung des Karbonats durch Kohlensäure



Equilibrierung des Boden-CO₂ mit Kohlensäure in Bodenlösung



Ionenaustausch des DIC mit Karbonat des Aquifers

Isotopeneffekte:

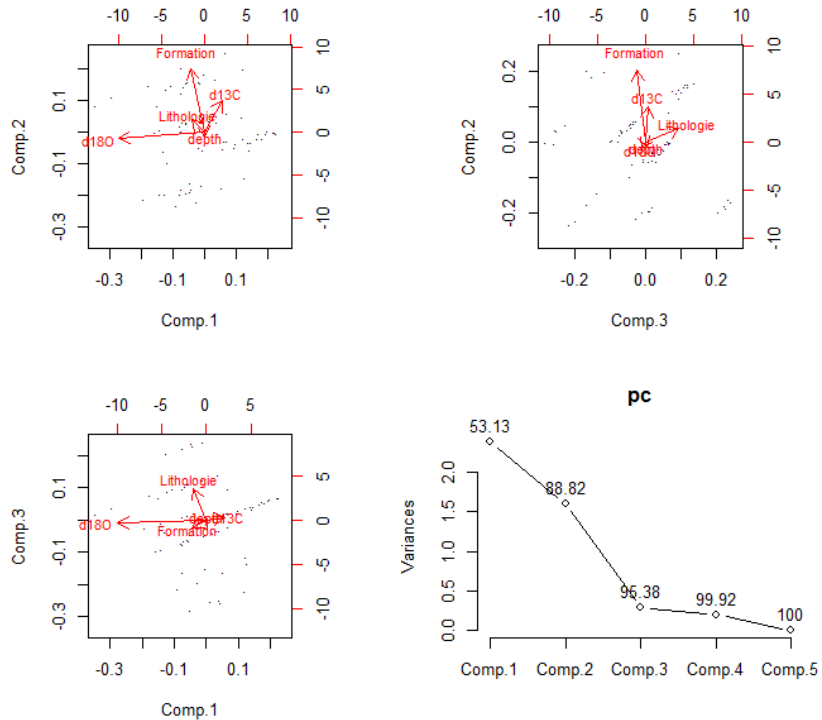
$$^{13}C_0 = \left(\frac{C_a}{C_t}\right) \times ^{13}C_g + 0.5 \frac{C_b}{C_t} (^{13}C_g + ^{13}C_s)$$

Neutralisierung der Kohlensäure aus Bodenlösung durch Karbonate im Verhältnis 1:1 (Tamers Point):
¹³C Anreicherung DIC

$$\delta^{13}C_0 = \left(\frac{C_a}{C_t}\right) \times (\delta^{13}C_s - \varepsilon_{s/a}) + \left(\frac{C_b}{C_T}\right) \times (\delta^{13}C_s - \varepsilon_{s/b})$$

Isotopenaustausch durch Re-Kristallisierung während der meteorischen Diagenese (Wigley-Effekt): ¹³C Anreicherung DIC, ¹³C Abreicherung CaCO₃

Hauptkomponenten Analyse:



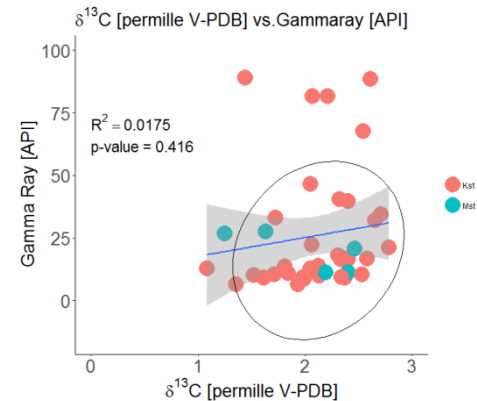
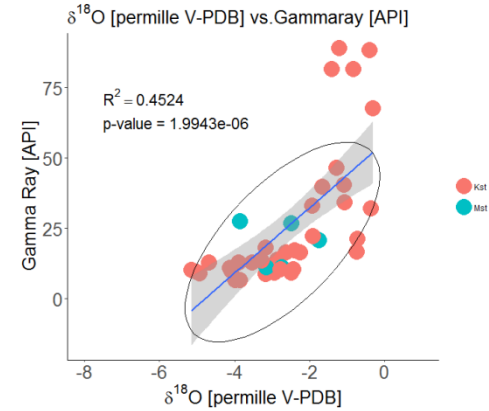
Hauptkomponenten Analyse:

Varianz in $\delta^{18}\text{O}$ überwiegend von der Lithologie und $\delta^{13}\text{C}$ von Formationszugehörigkeit bestimmt.

Korrelation mit Gamma Ray:

$\delta^{18}\text{O}$ aber nicht $\delta^{13}\text{C}$ weist Korrelation mit GR auf - $\delta^{18}\text{O}$ wahrscheinlich durch Isotopenaustausch mit Tonmineralen beeinflusst.

Korrelation mit Gamma Ray Messwerten





- Stabile Kohlenstoff- und Sauerstoff-Isotope von Weißjura Karbonaten ermöglichen eingeschränkt eine stratigraphische Einstufung erster Proben des unteren Weißjura unter der bayerischen Molasse.
- Verschiedene Dolomit-Generationen können ebenfalls unterschieden werden.
- Die Varianz im $\delta^{18}\text{O}$ wird überwiegend durch die Lithologie gesteuert (Dolomit/Mergel), während $\delta^{13}\text{C}$ überwiegend durch die Formationszugehörigkeit bestimmt wird.
- $\delta^{13}\text{C}$ Werte von Paläokarst-Bereichen zeigen überwiegend deutlich mehr negative $\delta^{13}\text{C}$ Werte und eine enge $\delta^{18}\text{O}$ Varianz auf.
- Stabile Kohlenstoff und Sauerstoff isotope können Möglichkeit sein, Wasser aus verkarstetem Bereichen zu identifizieren.



- Steffen Stark
- Maria Glauche
- Phillip Wolpert
- Daniel Bohnsack
- Roman Koch
- Labor Marktredwitz
- Labor Thermo Fisher Scientific in Bremen
- Geothermie Allianz Bayern
- Gruppe der Paläo-Umwelt Forschungsgruppe Erlangen