



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
WIEN

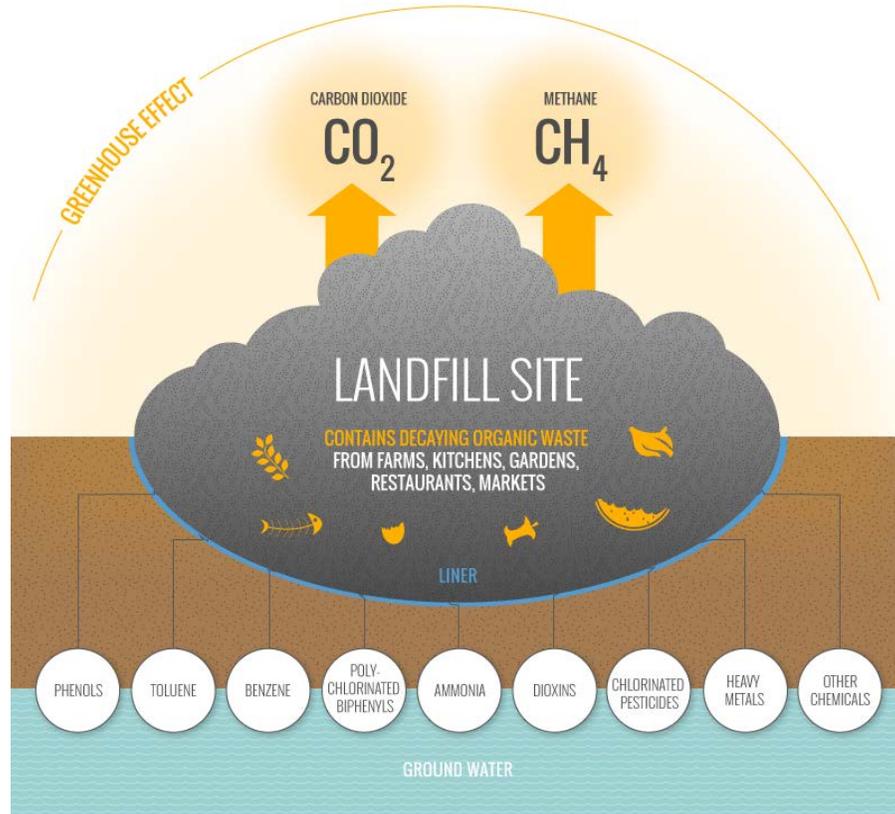
# Quantitative Deponiecharakterisierung: Petrophysikalisch gekoppelte Inversion komplementärer geophysikalischer Daten

**Matthias Steiner<sup>1</sup>, Timea Katona<sup>1</sup>, Johann Fellner<sup>2</sup> & Adrián Flores Orozco<sup>1</sup>**

1) TU Wien, Department of Geodesy and Geoinformation, Research Unit of Geophysics, Wien, Österreich

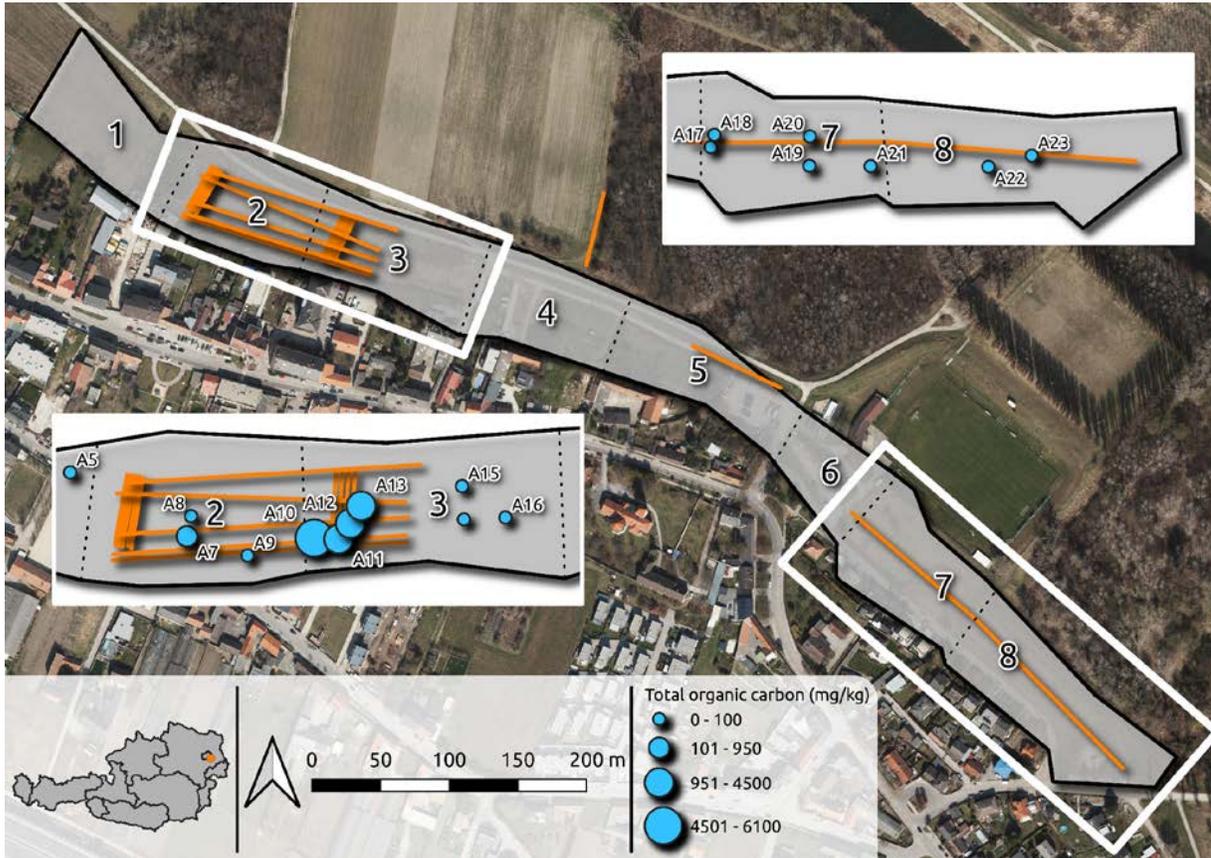
2) VIRWa GmbH, Wien, Österreich

# Geophysikalische Untersuchung von Deponien



| [GAZASIA.COM](http://GAZASIA.COM) |

- Untersuchung und Überwachung wichtig für adäquates Deponiemanagement
  
- Geophysikalische Methoden
  - basieren auf nicht-invasiven Messungen
  - liefern Informationen über physikalische Eigenschaften
  - ermöglichen skalierbare räumliche und zeitliche Auflösung

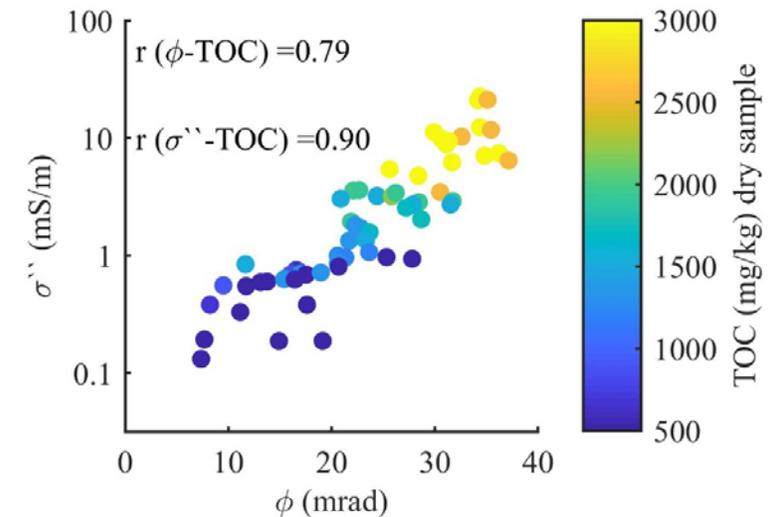
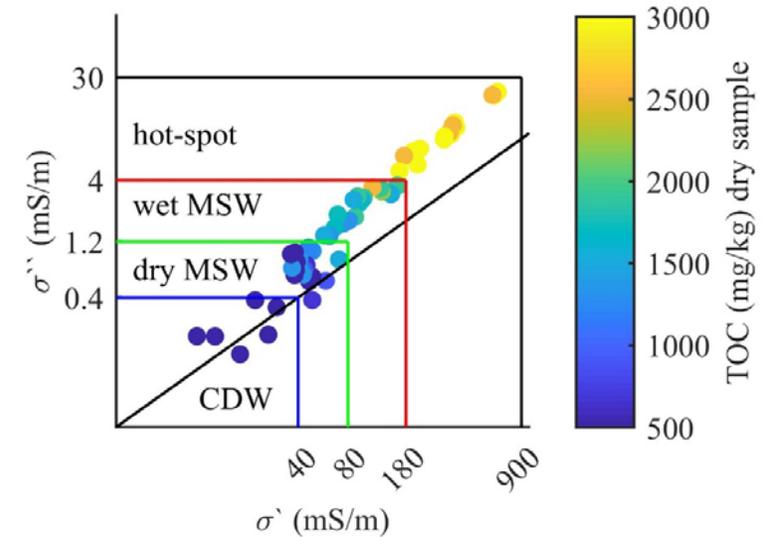


| MODIFIED FROM FLORES OROZCO ET AL. (2020) |

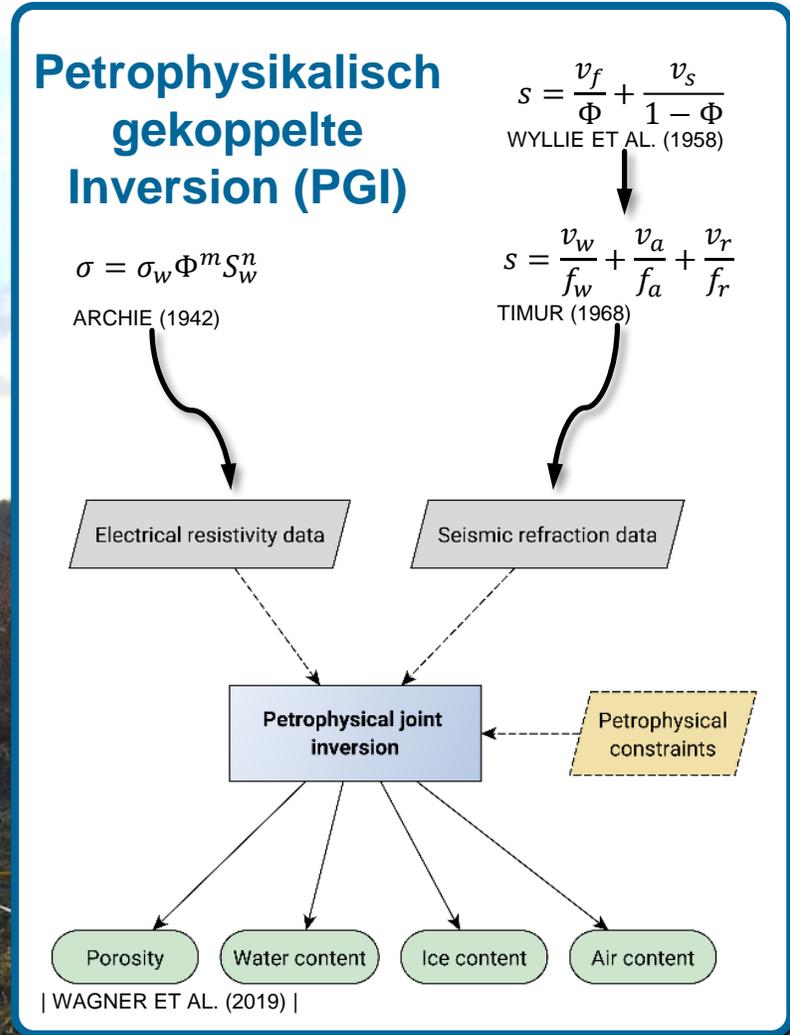
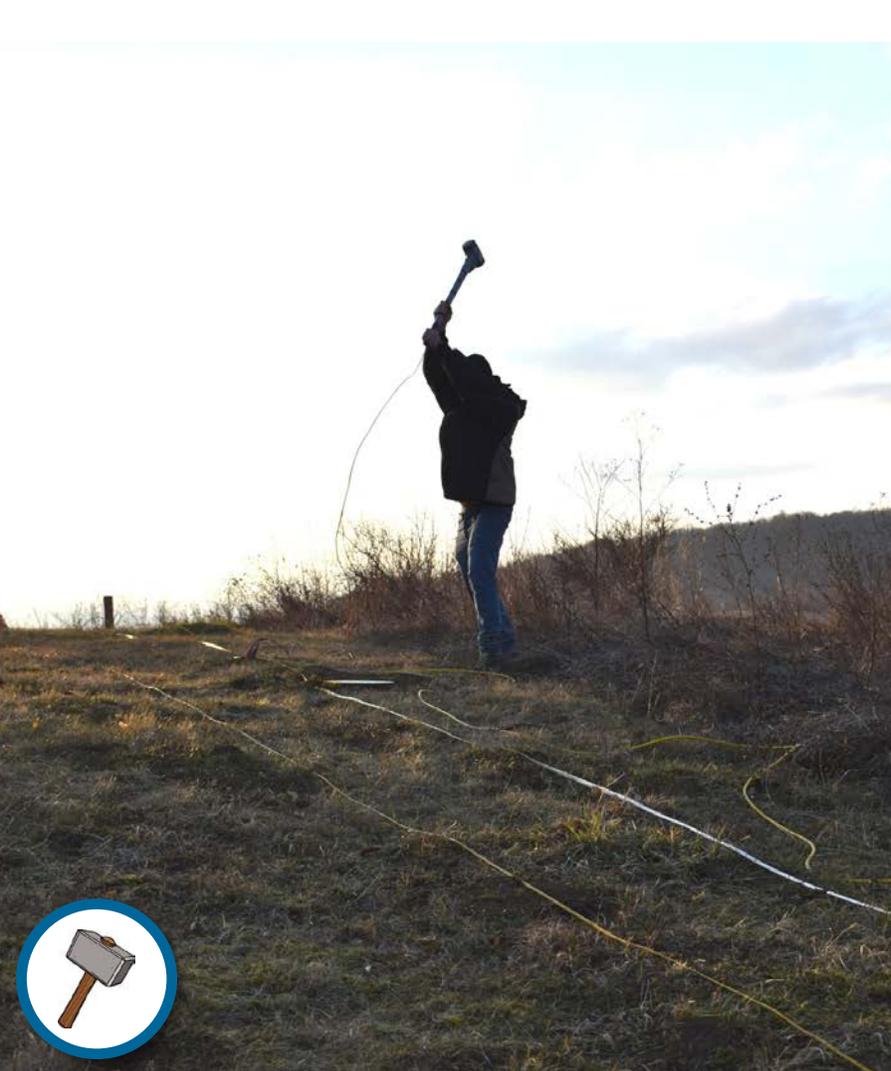
- Geoelektrische Messungen entlang verschiedener Profile (Flores Orzoco et al., 2020)
- Position und Verteilung der Profile entsprechend der Abfallzusammensetzung
- Gesamter organischer Kohlenstoff (total organic carbon - TOC) als Indikator für mikrobielle Aktivität

# Elektrische Eigenschaften, Abfallzusammensetzung und TOC

- Elektrische Verfahren ermöglichen die Unterscheidung von Abfallarten bzw -zusammensetzungen
  - Niedrige Werte für Bau- und Abrisschutt
  - Moderate Werte für Siedlungsabfälle
  - Hohe Werte bei biogeochemischen hot-spots
  
- **Können wir mit geophysikalischen Methoden den Wasser-/Feuchtegehalt in der Deponie bestimmen?**

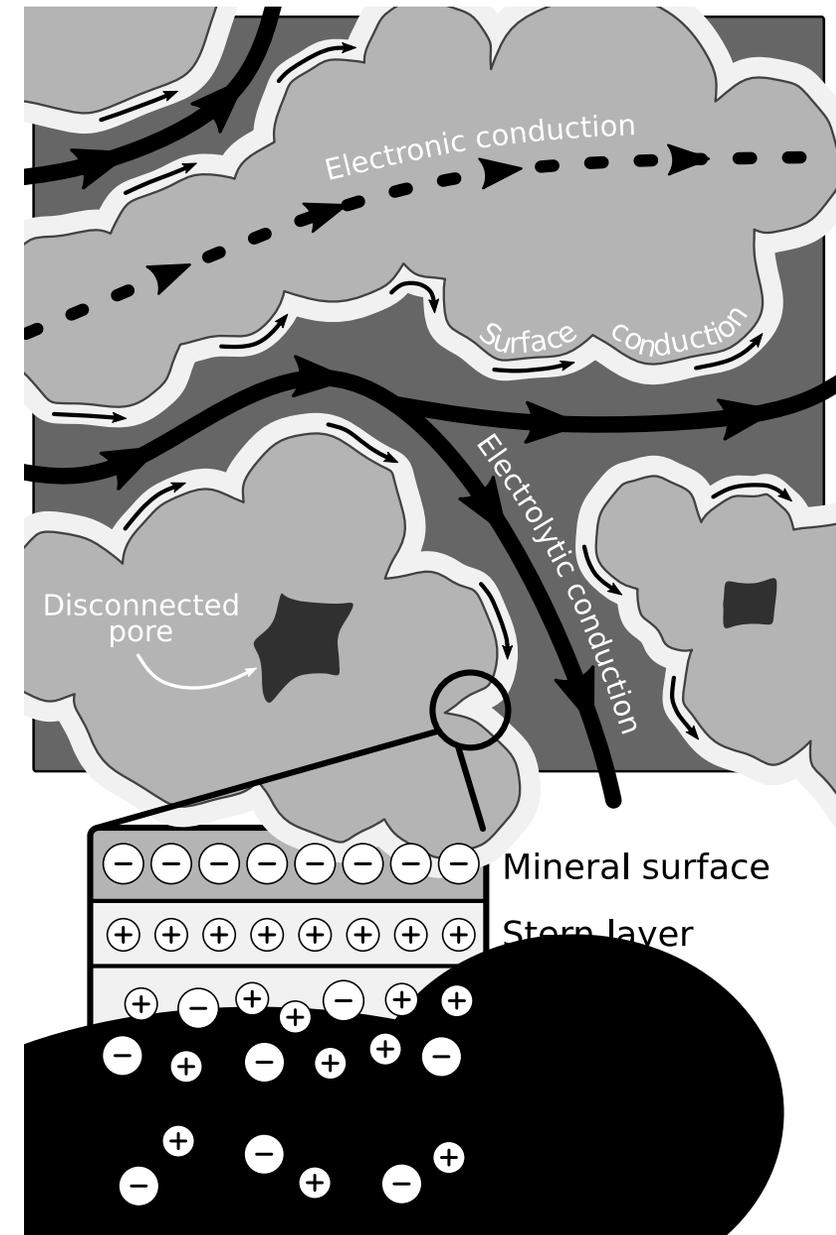


| FLORES OROZCO ET AL., 2022 |

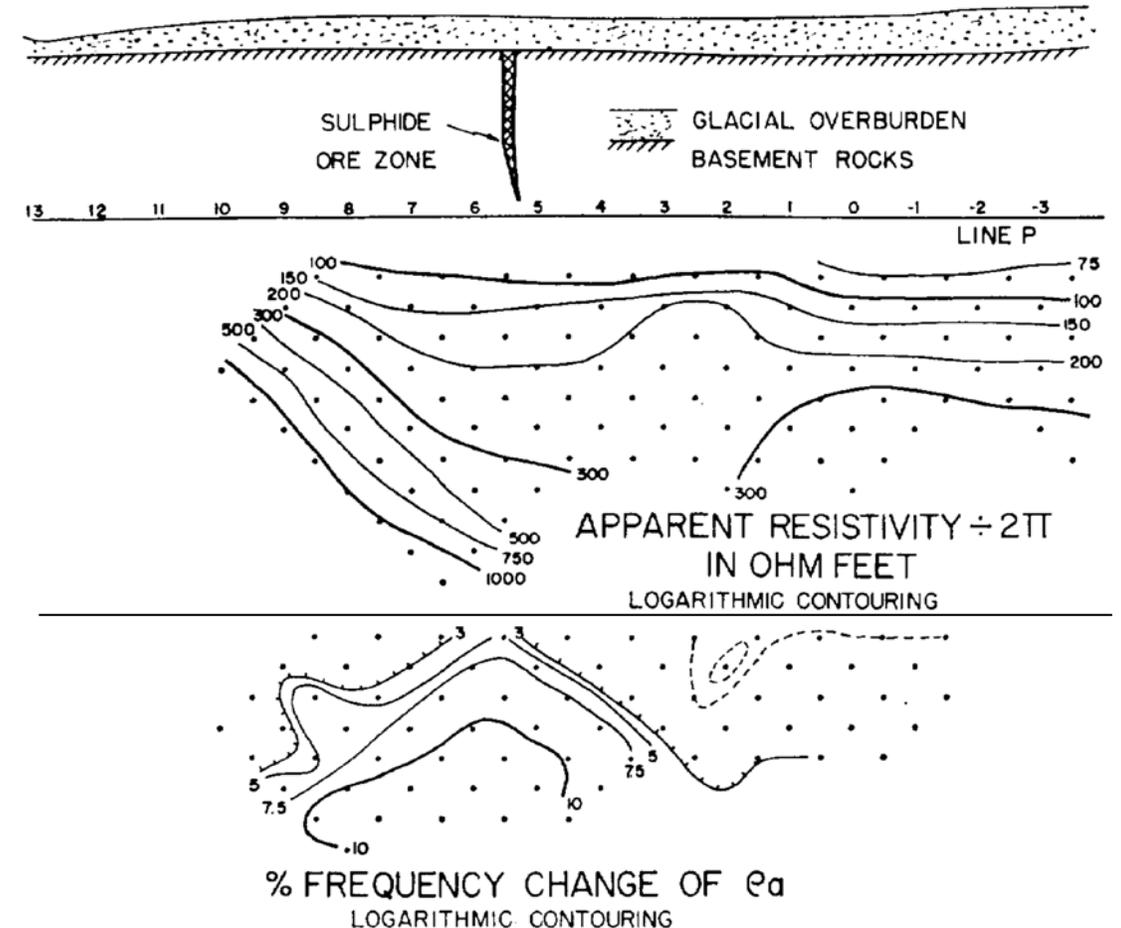


# Leitungsmechanismen

- Elektronische Leitfähigkeit
  - Stromfluss durch die Gesteinsmatrix (metallische Minerale)
  
- Elektrolytische Leitfähigkeit
  - Stromfluss durch die Porenflüssigkeit
  
- Oberflächenleitfähigkeit
  - Stromfluss entlang der Kornoberfläche
  - Dominant bei feinkörnigen Materialien
  - Frequenzabhängig
  
- ❌ Von Archie-Gesetz ( $\sigma = \sigma_w \Phi^m S_w^n$ ) nicht berücksichtigt (Wagner et al., 2019)

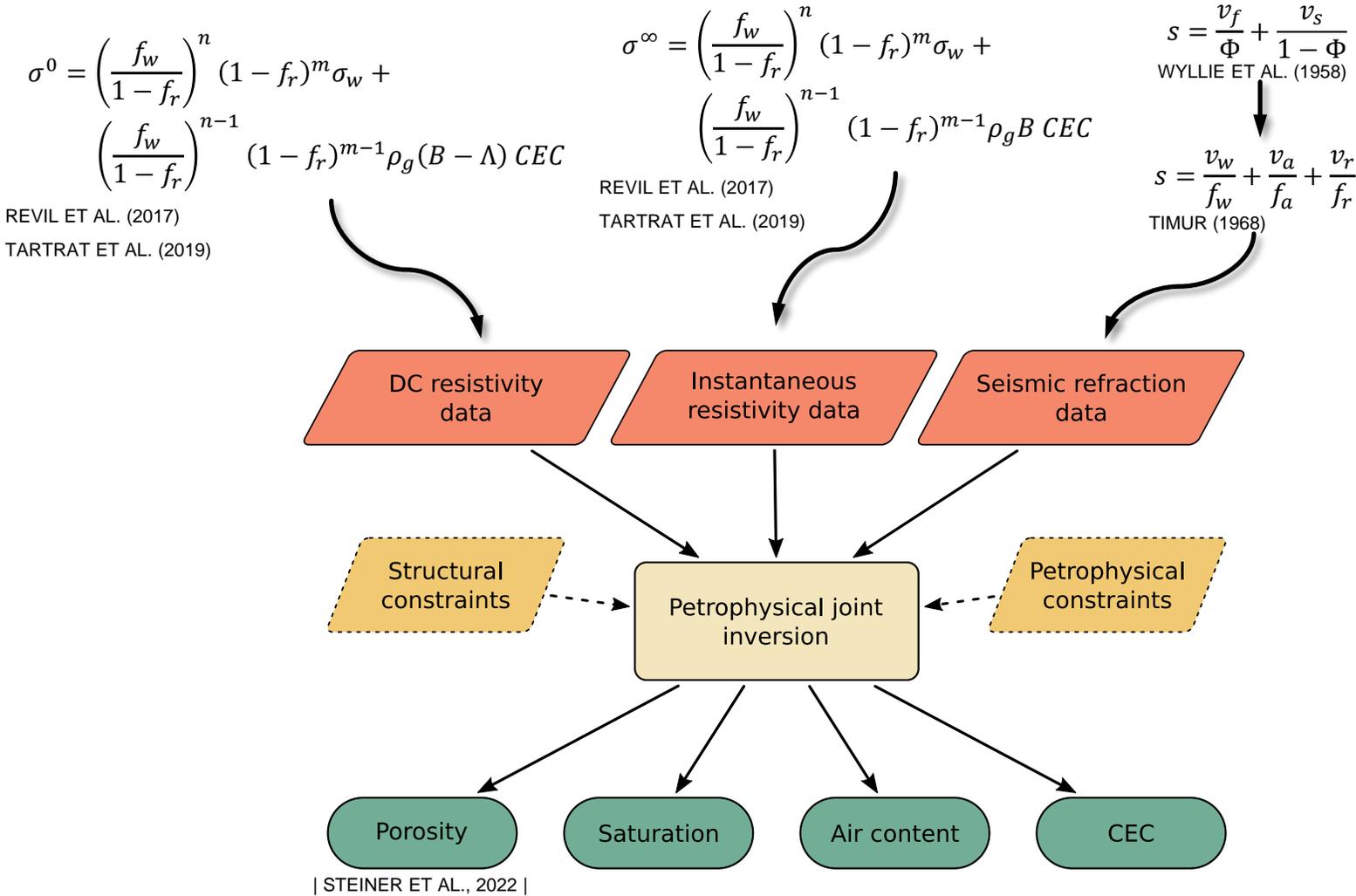


- Der Frequenz-Effekt (FE) entspricht der Differenz im spezifischen elektrischen Widerstand gemessen bei zwei Frequenzen (hoch und niedrig)
  - $PFE = \frac{\rho_0 - \rho_\infty}{\rho_\infty} * 100$
  - Aufgrund der Relevanz in der Erzexploration auch als Metall-Faktor (MF) bezeichnet
- FE erlaubt die Berücksichtigung Oberflächenleitfähigkeit aufgrund ihrer Frequenzabhängigkeit



| MODIFIED FROM MARSHALL AND MADDEN (1959) |

# Erweiterte petrophysikalisch gekoppelte Inversion

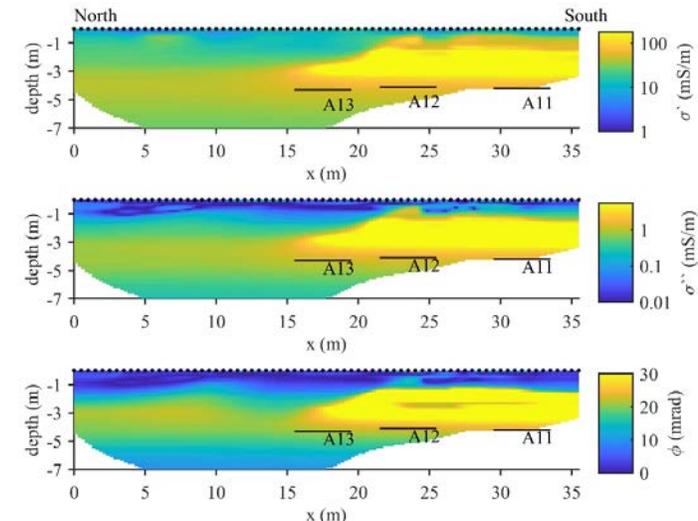


- Berücksichtigung der Oberflächenleitfähigkeit basierend auf elektrischen Daten gemessen bei hoher und niedriger Frequenz
- Das resultierende Untergrundmodell erklärt drei verschiedene Datensätze



| MODIFIED FROM STEINER ET AL., 2022 |

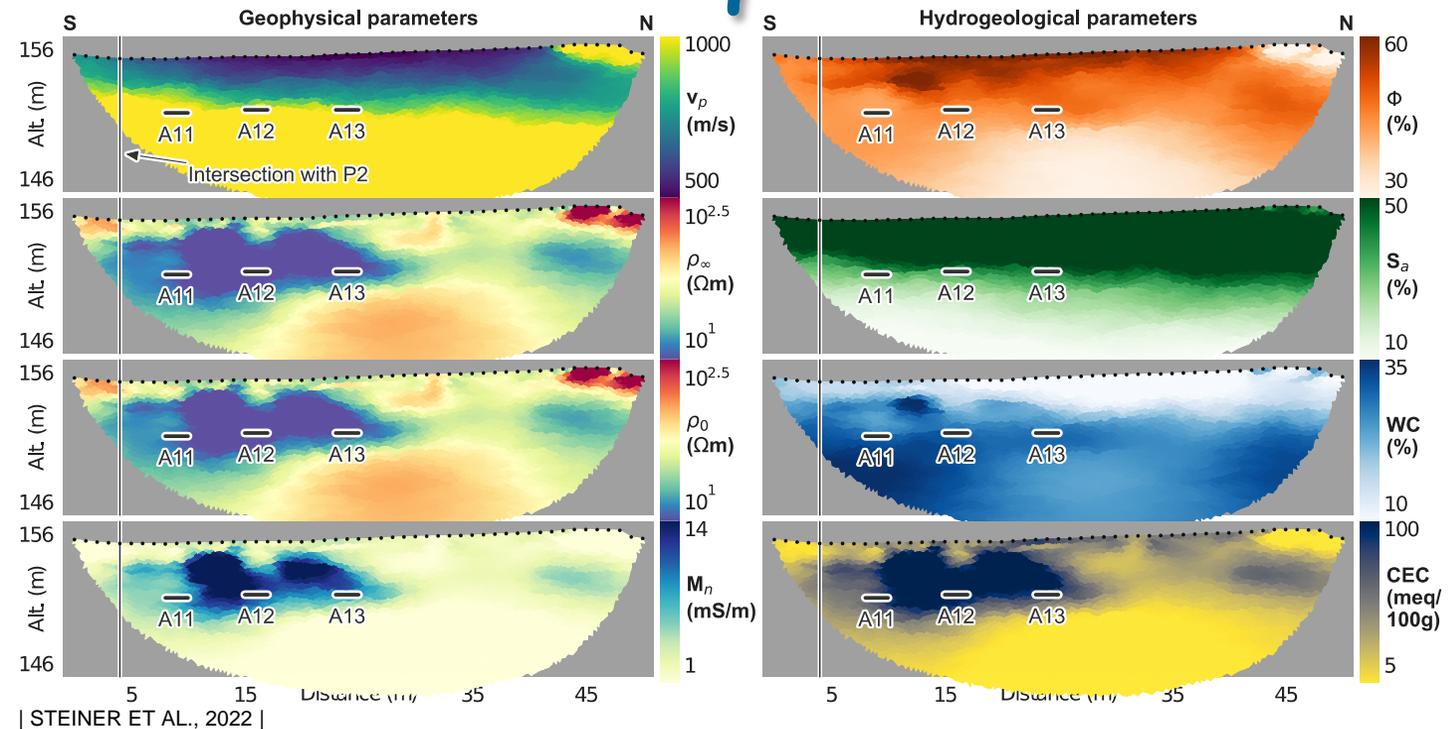
- SIP- und SRT-Messungen entlang ausgewählter Profile
- Profil 3 gekennzeichnet durch
  - Ablagerung von Siedlungsabfällen
  - hohen TOC-Anteil
  - die starke Polarisation beobachtet von Flores Orozco et al. (2020)



| FLORES OROZCO ET AL., 2020 |

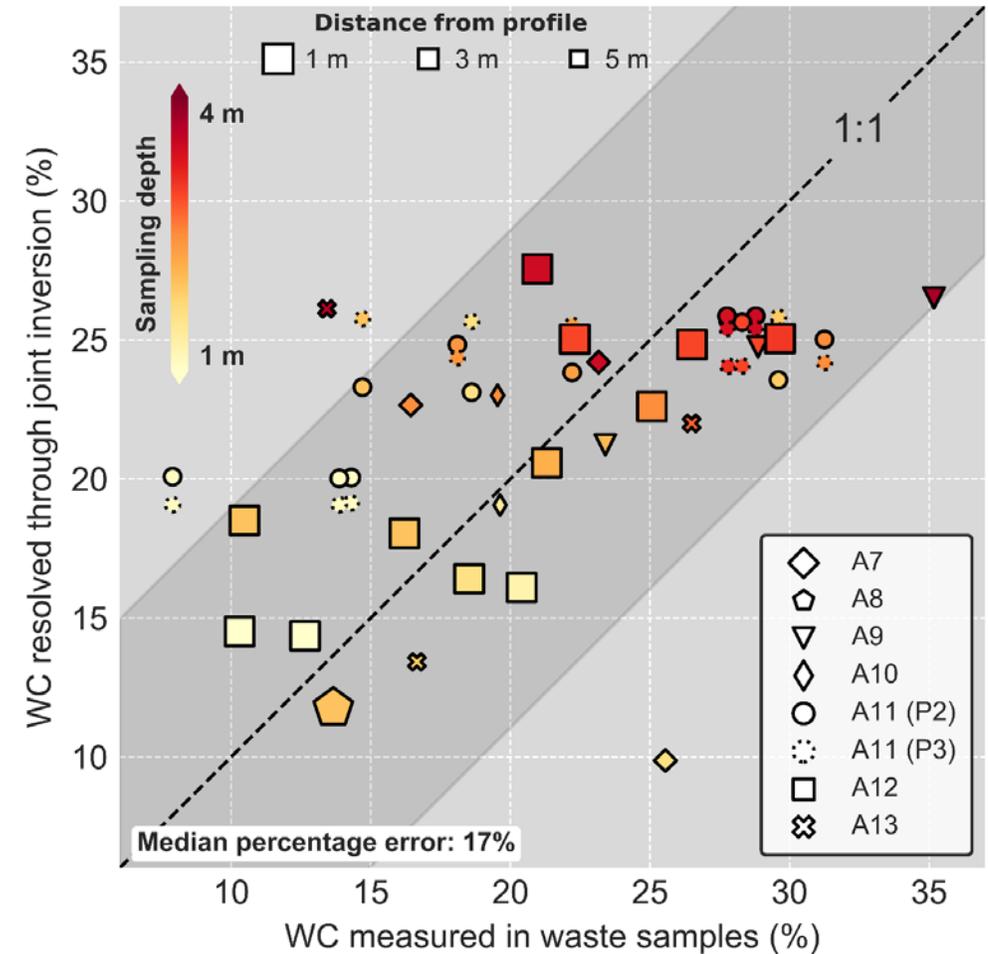
# Querschnitt durch die Deponie

- PGI berechnet direkt hydrogeologische Parameter, liefert jedoch auch geophysikalische Modelle
- Untersuchung des biogeochemischen hot-spot beobachtet von Flores Orozco et al. (2020)
- Erhöhter Wassergehalt im Bereich des hot-spot



# Wie verlässlich ist die Wassergehaltsbestimmung?

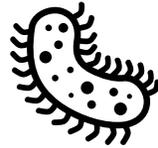
- Vergleich von Wassergehalt aus PGI und Probenuntersuchungen
- Gute Übereinstimmung insbesondere für Probenahmepunkte nahe der Profile
- Auch die Medianabweichung für alle Probenahmepunkte zeigt eine verlässliche Bestimmung des Wassergehalts in der Deponie



| STEINER ET AL., 2022 |



Geophysikalische Methoden ermöglichen die Charakterisierung von Deponien



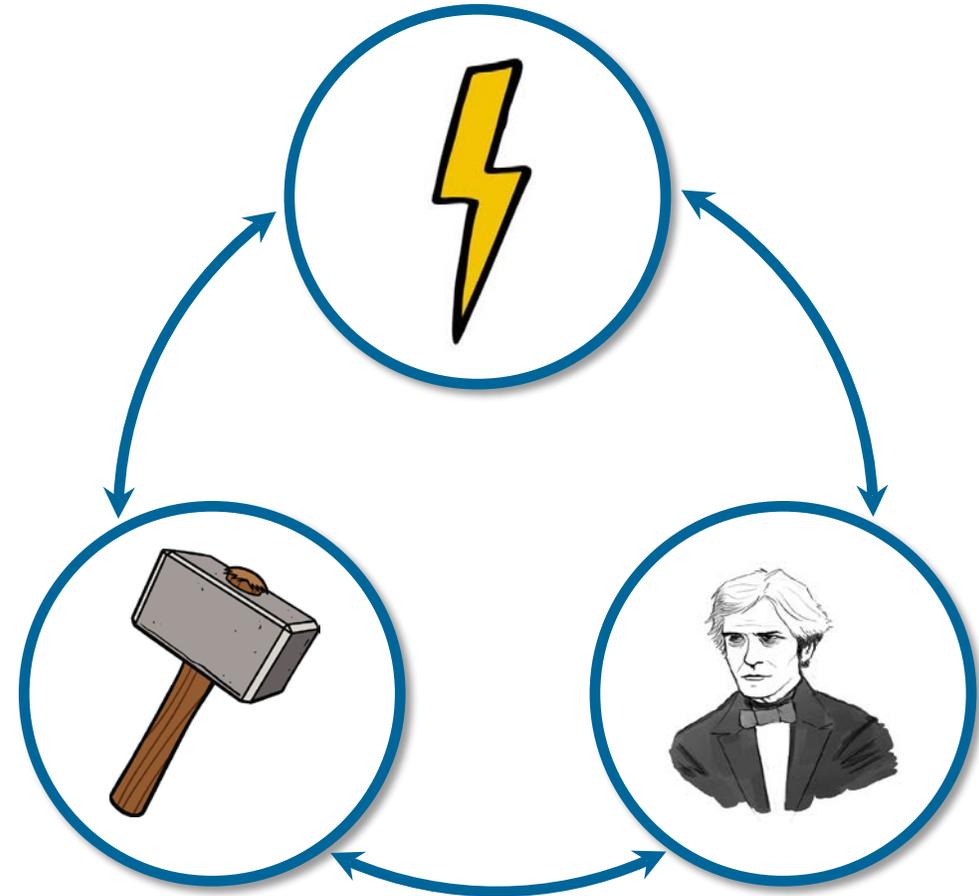
Geophysikalische Methoden liefern Informationen bzgl Abfallzusammensetzung, Deponiegeometrie sowie mikrobieller Aktivität



Gekoppelte Inversion von elektrischen und seismischen Daten ermöglicht die direkte Bestimmung des Wassergehalts

## ... und Ausblick

- Untersuchung weiterer Deponien und Erweiterung auf 3D-Geometrien
- Berücksichtigung von IP-Daten in der PGI bzw andere geophysikalischer Methoden
- Adaptieren des petrophysikalischen Modells, zur direkten Bestimmung
  - des Anteils **metallischer Materialien** in Deponien, sowie
  - von Parametern im Zusammenhang mit der **hydraulischen Leitfähigkeit** (Schadstofftransport)



- Brandstätter, C., Laner, D., & Fellner, J. (2013). Site specific in-situ aeration completion criteria: Case study "Heferlbach". In Sinks a Vital Element of Modern Waste Management 2nd International Conference of Final Sinks, 16–18 May 2013, Espoo, Finland.
- Brandstätter, C., Prantl, R., & Fellner, J. (2020). Performance assessment of landfill in-situ aeration—A case study. *Waste Management*, 101, 231-240.
- Bücker, M., Lozano García, S., Ortega Guerrero, B., Caballero, M., Pérez, L., Caballero, L., Pita de la Paz, C., Sánchez-Galindo, A., Villegas, F. J., Flores Orozco, A., Brown, E., Werne, J., Valero Garcés, B., Schwalb, A., Kemna, A., Sánchez-Alvaro E., Launizar-Martínez, N., Valverde-Placencia, A. & Garay-Jiménez, F. (2017). Geoelectrical and electromagnetic methods applied to paleolimnological studies: Two examples from desiccated lakes in the Basin of Mexico. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 69(2), 279-298.
- Fellner, J., Brandstätter, C., & Laner, D. (2015). Landfill gas migration modelling - a prerequisite for determining environmentally compatible gas generation rates. In R. Cossu, H. Pinjing, P. Kjeldsen, Y. Matsufuji, D. Reinhart & R. Stegmann (Eds.), CD-Proceedings Sardinia 2015, 15th International Waste Management and Landfill Symposium, 5–9 Oct. 2015, S. Margherita diPula (Cagliari), Sardinia (pp. 1–11). CISA Publisher.
- Flores Orozco, A., Kemna, A., & Zimmermann, E. (2012). Data error quantification in spectral induced polarization imaging. *Geophysics*, 77(3), E227-E237.
- Flores Orozco, A., Gallistl, J., Bücker, M., & Williams, K. H. (2018). Decay curve analysis for data error quantification in time-domain induced polarization imaging. *Geophysics*, 83(2), E75-E86.
- Flores Orozco, A., Bücker, M., Steiner, M., & Malet, J. P. (2018). Complex-conductivity imaging for the understanding of landslide architecture. *Engineering Geology*, 243, 241-252.
- Flores Orozco, A., Gallistl, J., Steiner, M., Brandstätter, C., & Fellner, J. (2020). Mapping biogeochemically active zones in landfills with induced polarization imaging: The Heferlbach landfill. *Waste Management*, 107, 121-132.
- Kearey, P., Brooks, M., & Hill, I. (2002). *An introduction to geophysical exploration* (Vol. 4). John Wiley & Sons.
- Sen, P. N., Straley, C., Kenyon, W. E., & Whittingham, M. S. (1990). Surface-to-volume ratio, charge density, nuclear magnetic relaxation, and permeability in clay-bearing sandstones. *Geophysics*, 55(1), 61-69.
- Slater, L., & Lesmes, D. P. (2002). Electrical-hydraulic relationships observed for unconsolidated sediments. *Water resources research*, 38(10), 31-1.
- Soueid Ahmed, A., Revil, A., Abdulsamad, F., Steck, B., Vergniault, C., & Guihard, V. (2020). Induced polarization as a tool to non-intrusively characterize embankment hydraulic properties. *Engineering Geology*, 271, 105604.
- Steiner, M., Wagner, F. M., Maierhofer, T., Schöner, W., & Flores Orozco, A. (2021). Improved estimation of ice and water contents in Alpine permafrost through constrained petrophysical joint inversion: The Hoher Sonnblick case study. *Geophysics*, 86(5), 1-84.
- Wagner, F. M., Mollaret, C., Günther, T., Kemna, A., & Hauck, C. (2019). Quantitative imaging of water, ice and air in permafrost systems through petrophysical joint inversion of seismic refraction and electrical resistivity data. *Geophysical Journal International*, 219(3), 1866-1875.
- Weller, A., Slater, L., Binley, A., Nordsiek, S., & Xu, S. (2015). Permeability prediction based on induced polarization: Insights from measurements on sandstone and unconsolidated samples spanning a wide permeability range. *Geophysics*, 80(2), D161-D173.
- Zisser, N., Kemna, A., & Nover, G. (2010). Relationship between low-frequency electrical properties and hydraulic permeability of low-permeability sandstones. *Geophysics*, 75(3), E131-E141.