

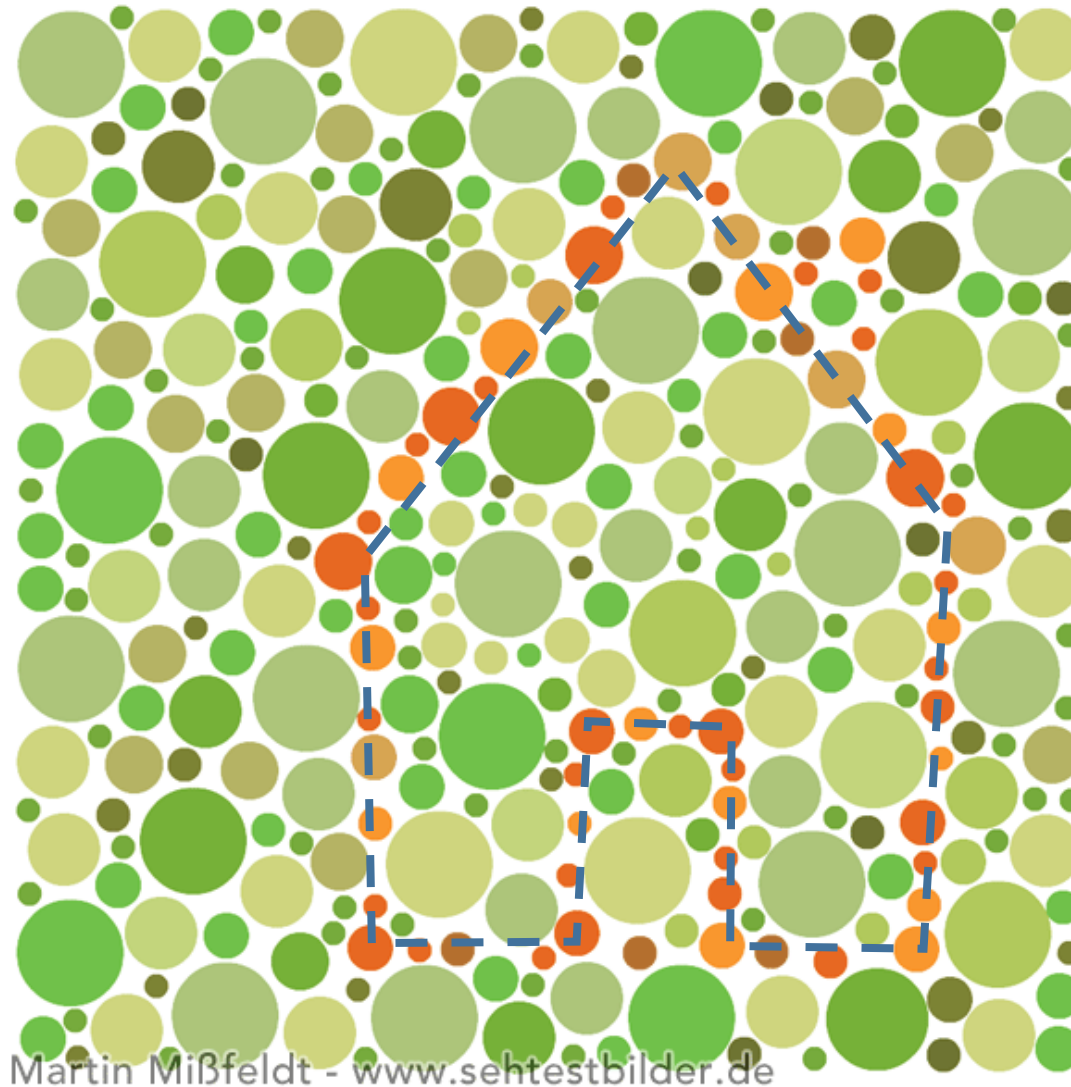
Hilft KI in der geothermischen Exploration?

Grundlagen und Anwendungen für maschinelles Lernen.

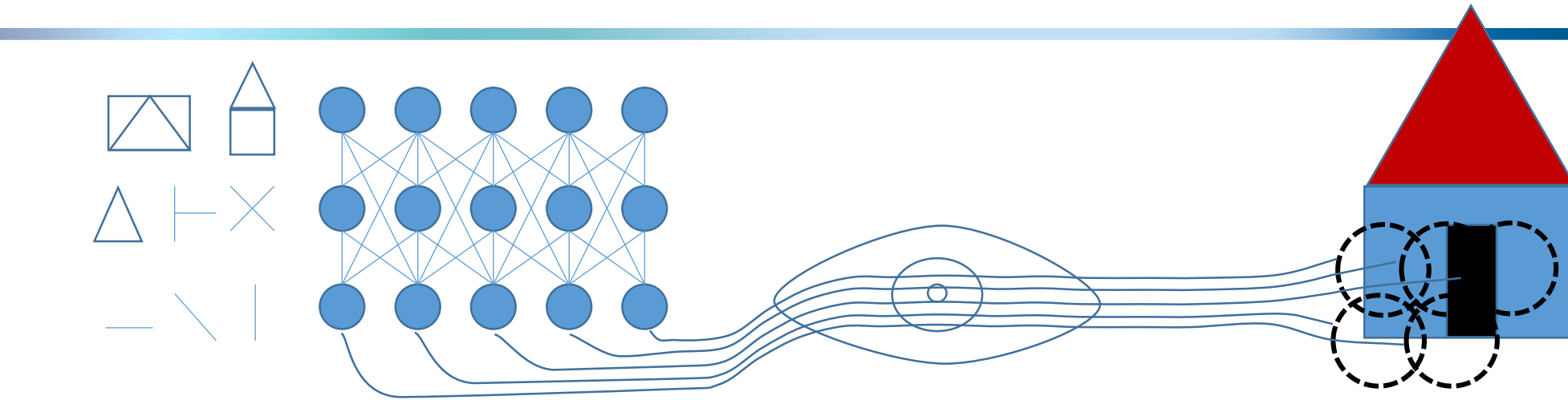
Struktur

- **Einleitung: Warum KI**
- **KI in der Exploration**
 - **Exploration: Processing – Interpretation - Charakterisierung**
 - **Vorteile und Anwendungsreife**
 - **End to end Prozesse**
- **Zusammenfassung**
- **Ausblick**

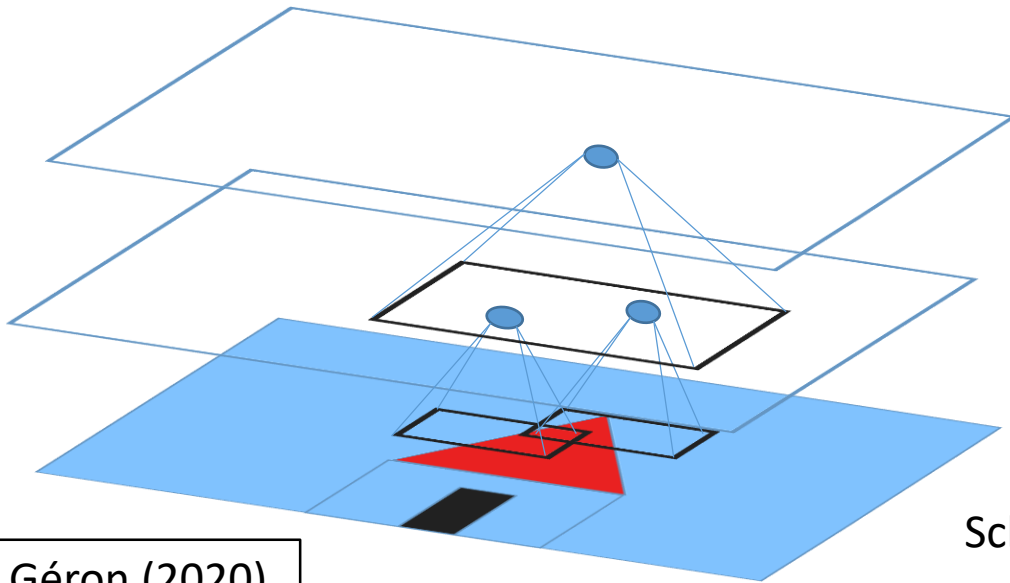
Was ist maschinelles Lernen?



Ablauf des maschinellen Lernens



CNN und virtueller Cortex



Schichten eines CNN mit rechteckigen lokalen Wahrnehmungsfeldern

Géron (2020)

Voraussetzungen

Was befördert die zunehmende Anwendung des maschinellen Lernens?

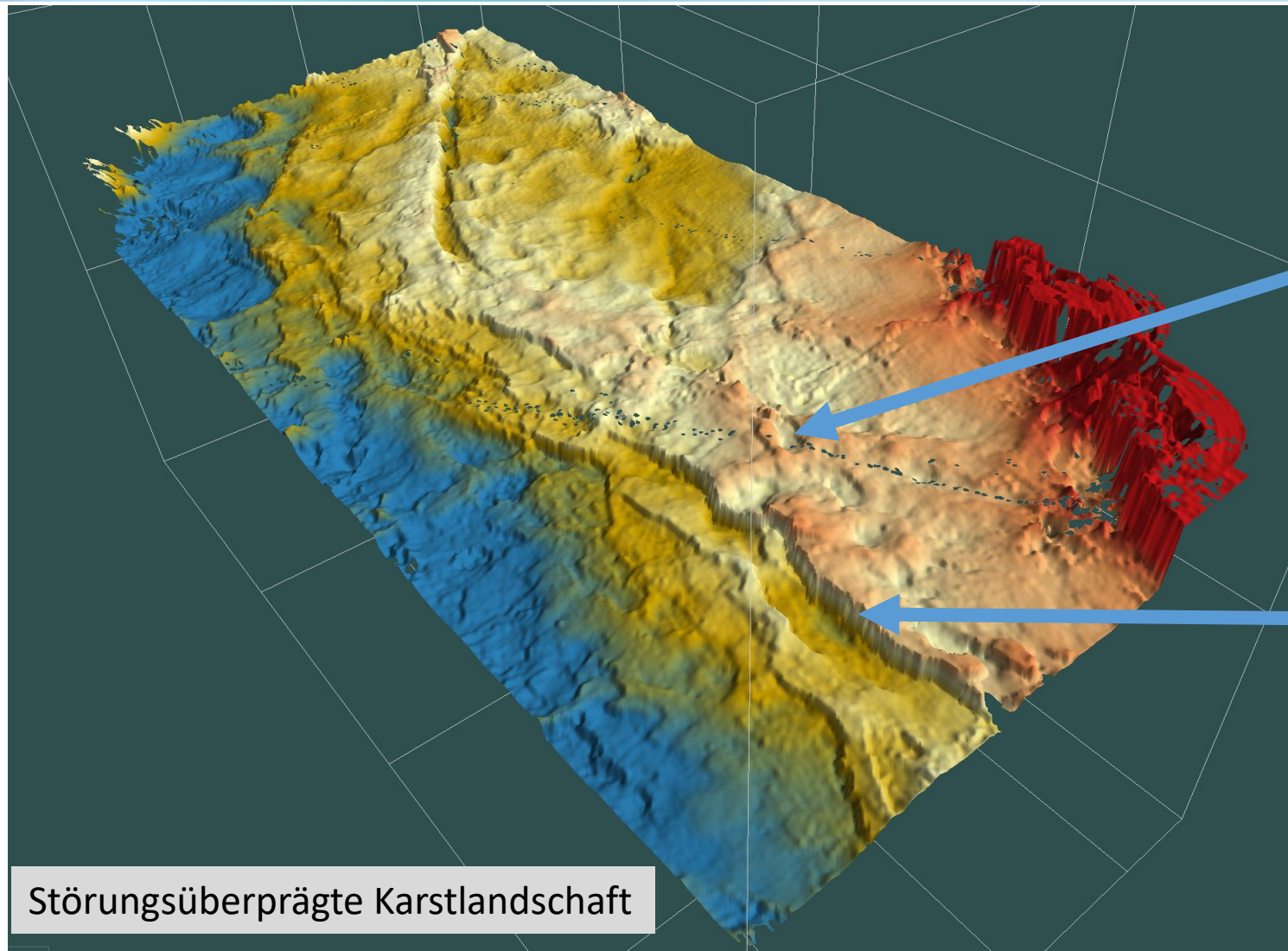
- Große Datenmengen
- Die Notwendigkeit für kürzere Abläufe
- Wachsende Rechnerkapazitäten
- Neue Herausforderungen

Versprechen

Was ist das Versprechen des Einsatzes von KI?

- Automatisierung von Abläufen
- Zeitliche Verkürzung von Abläufen
- Effizienz von Abläufen
- Verbesserung der Ergebnisse

Das geothermische Reservoir - Karbonate

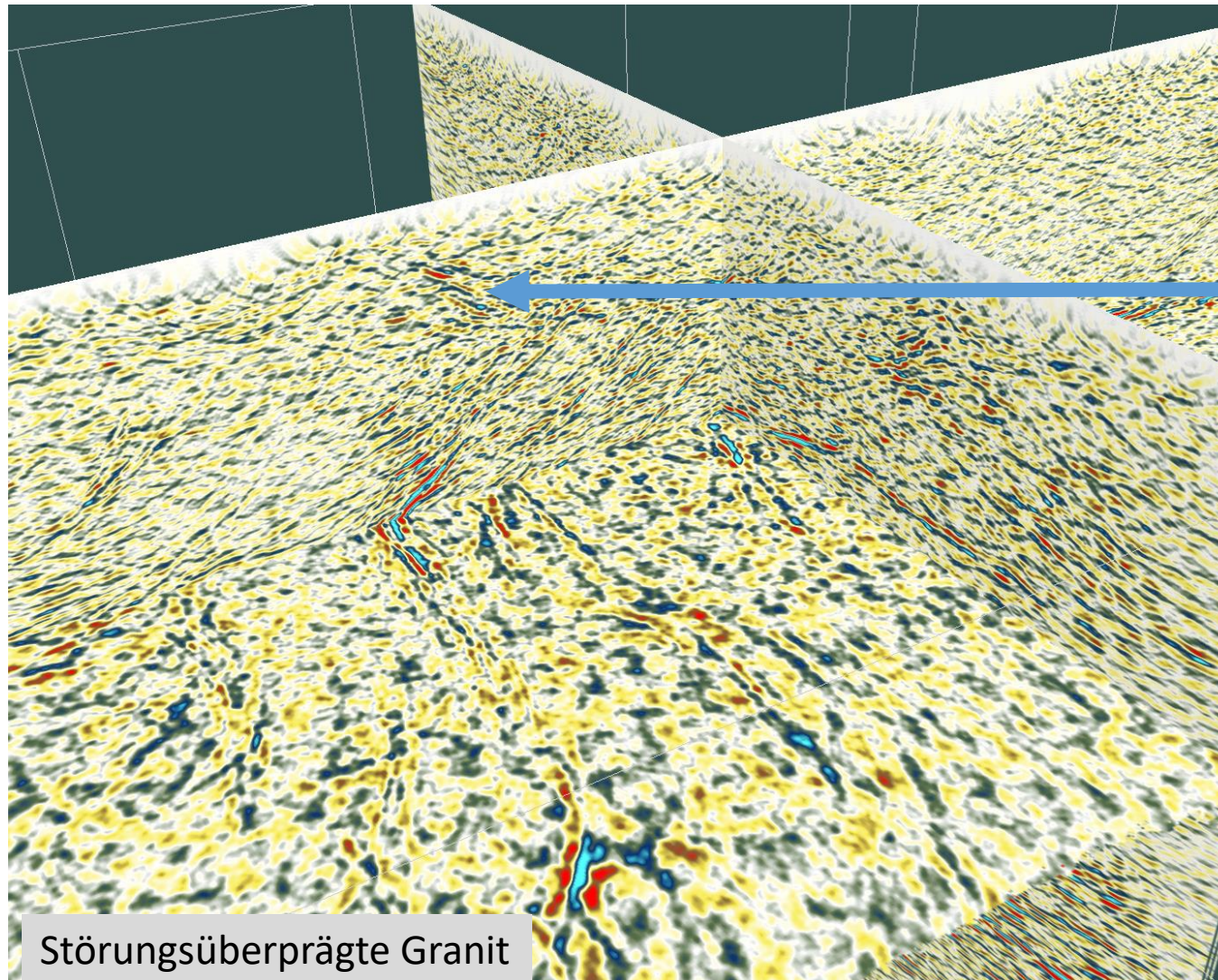


Dolinen
-> Hinweis auf Hohlräume

Tektonische Störungen
-> Erhöhte Klüftigkeit

Störungsüberprägte Karstlandschaft

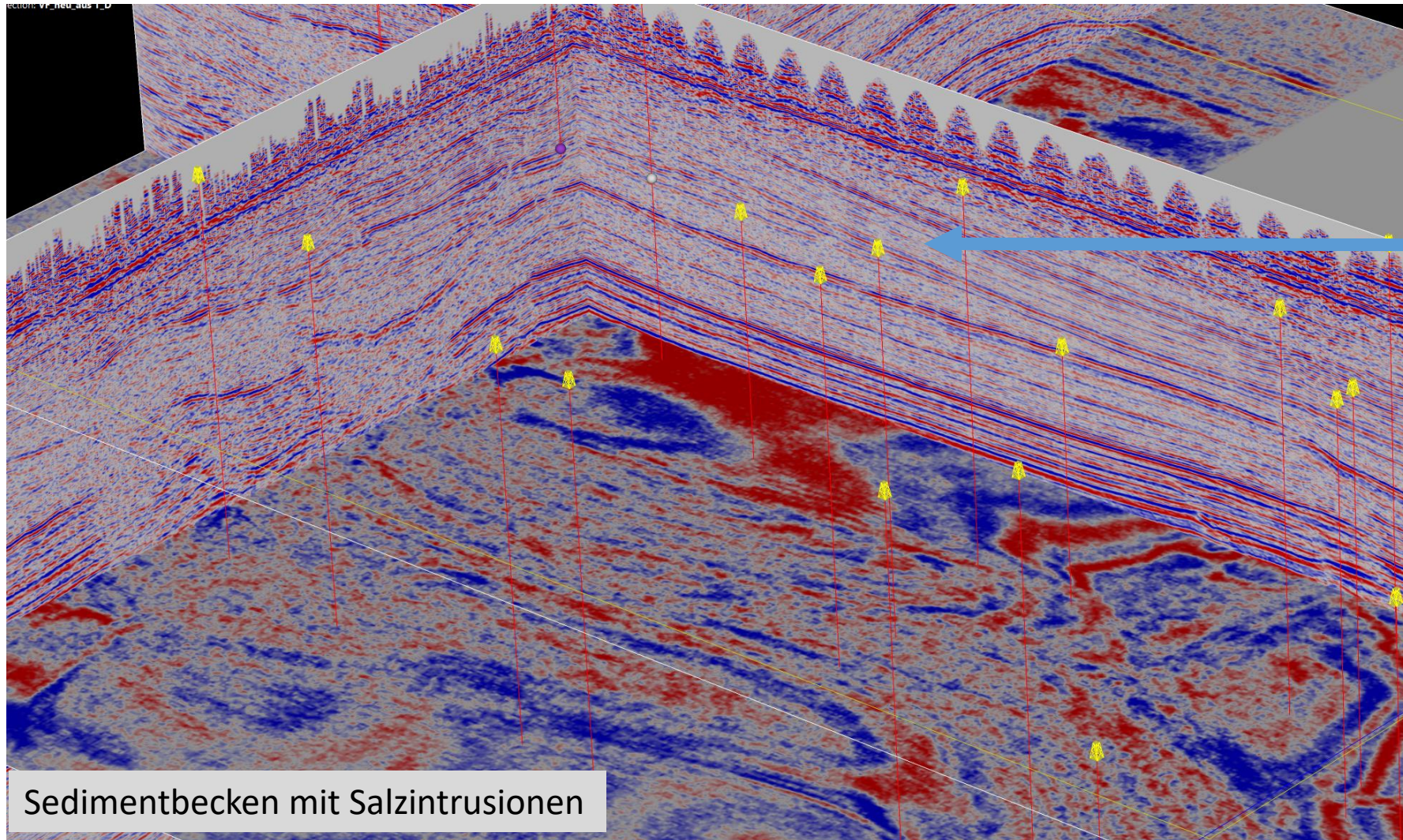
Das geothermische Reservoir - Granite



Tektonische Störungen
-> Erhöhte Klüftigkeit

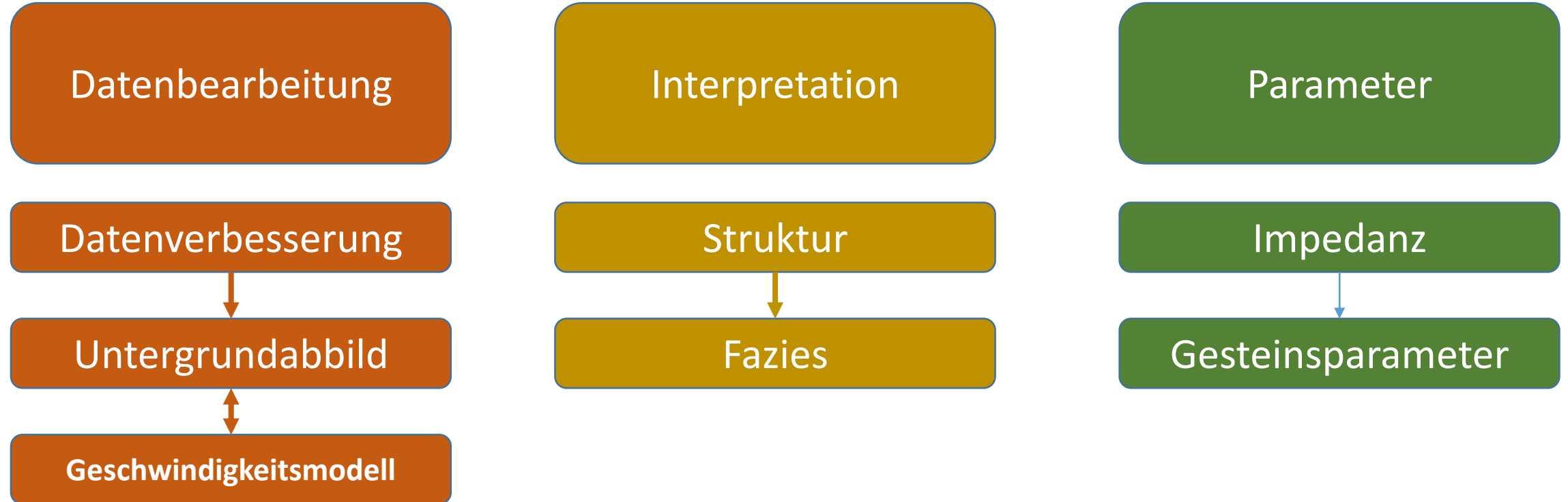
Störungsüberprägte Granit

Das geothermische Reservoir - Sand

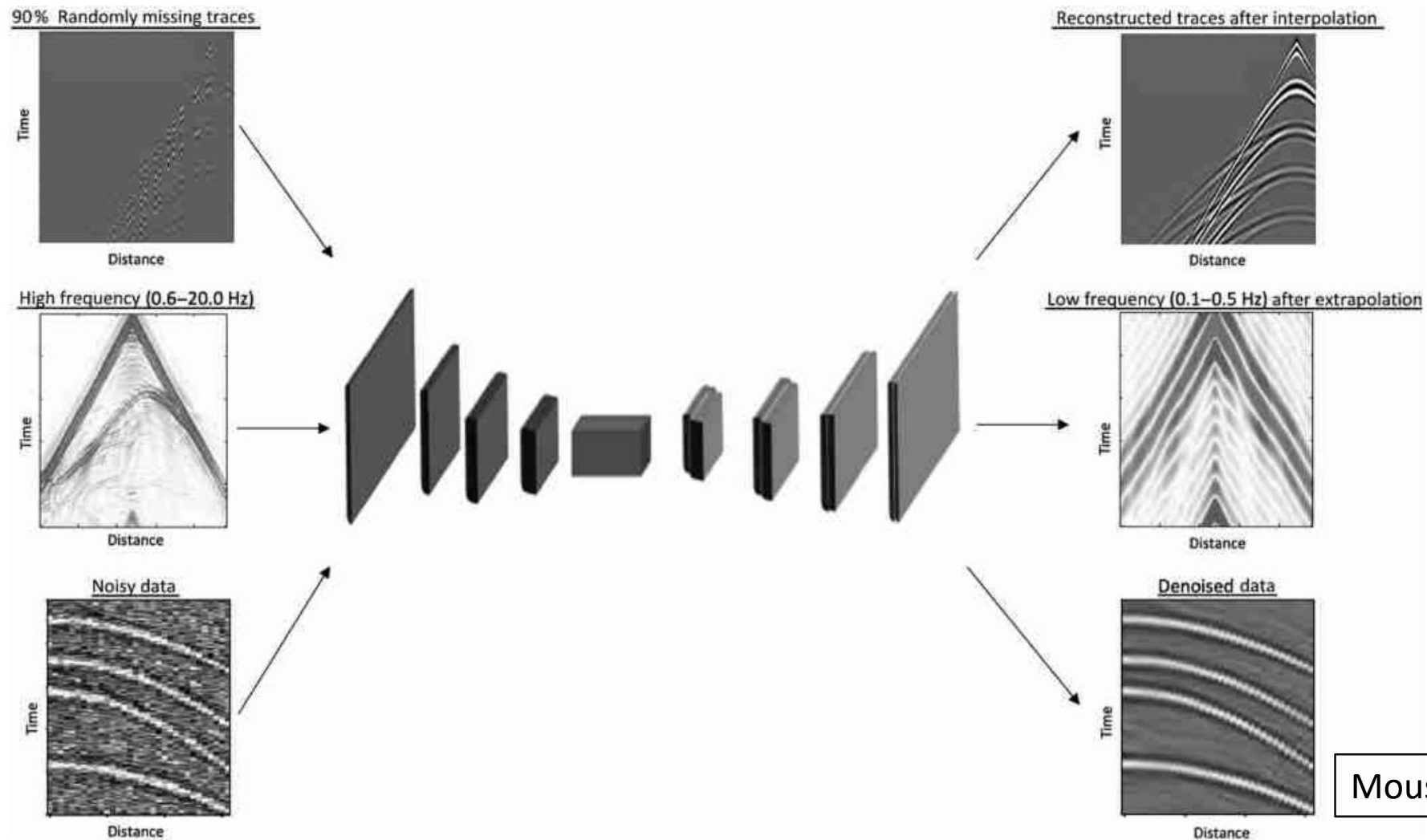


Sedimentäre
Ablagerungen
-> Bereiche mit erhöhter
Porosität

Exploration: Arbeitsphasen



Anwendung von ML in der Datenbearbeitung



Mousavi, et al., 2024

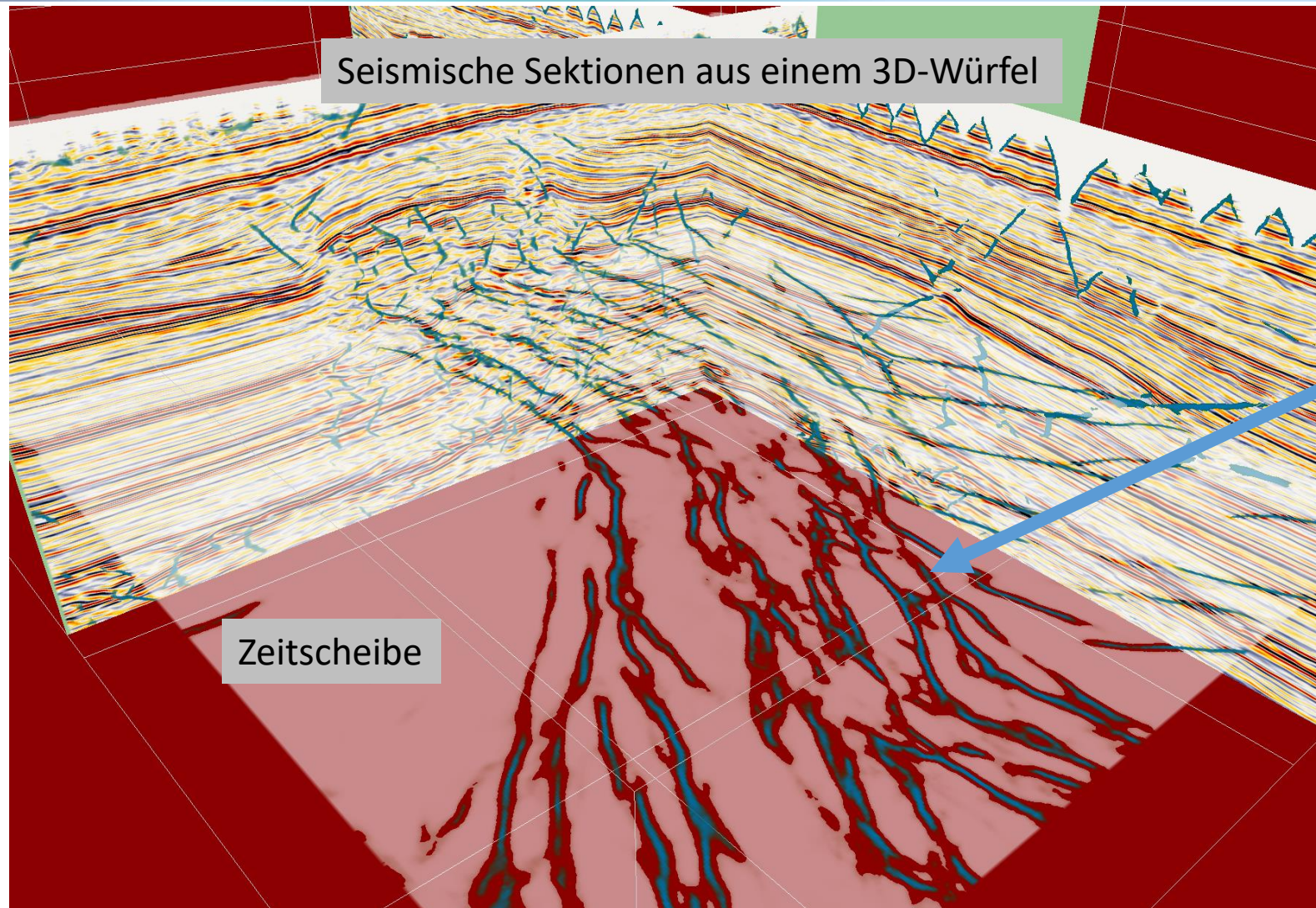
Störungserkennung

Erlernen von
Störungsmustern

Anpassung an
die aktuellen
Daten

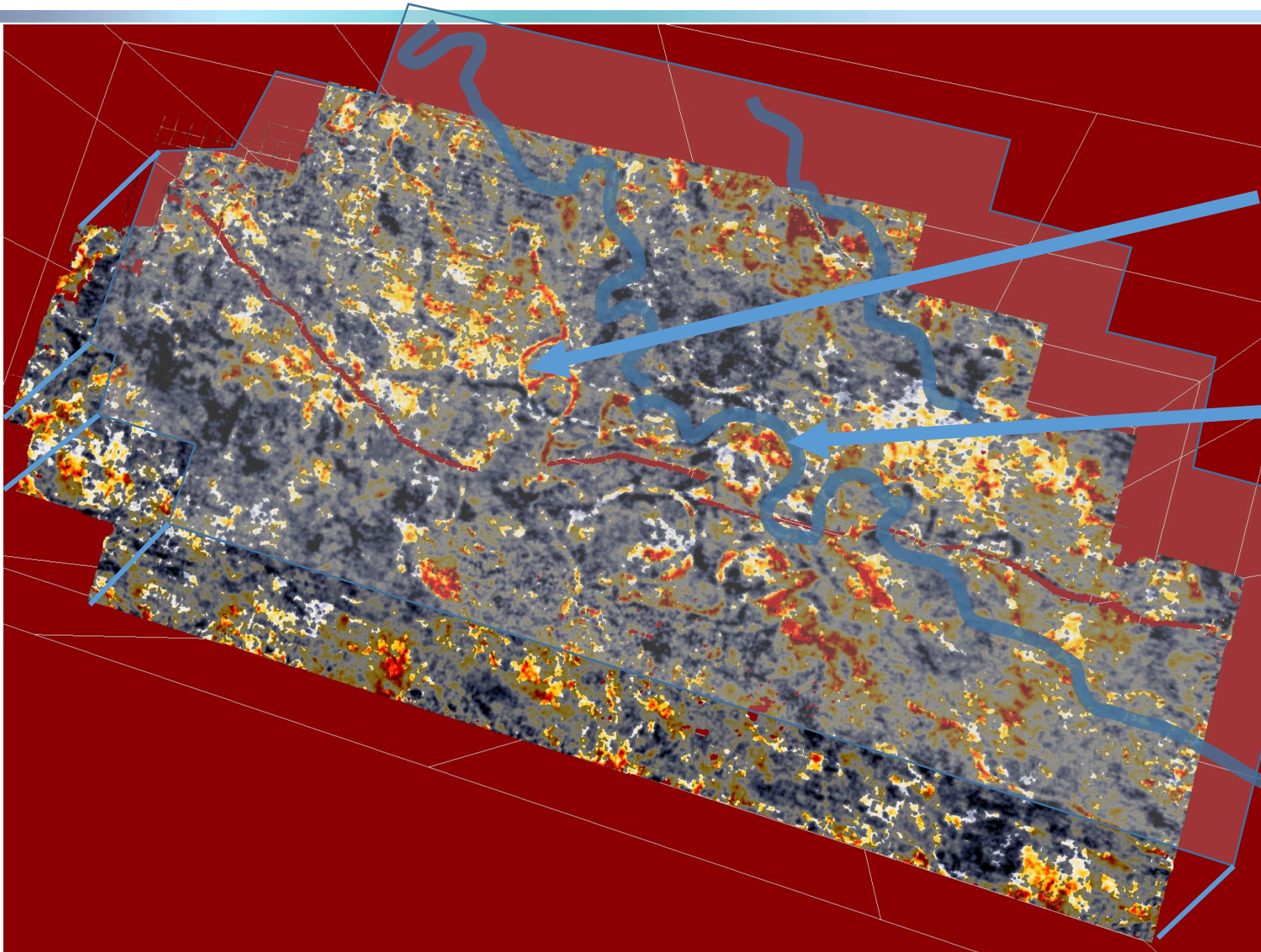
Anwendung

Störungserkennung



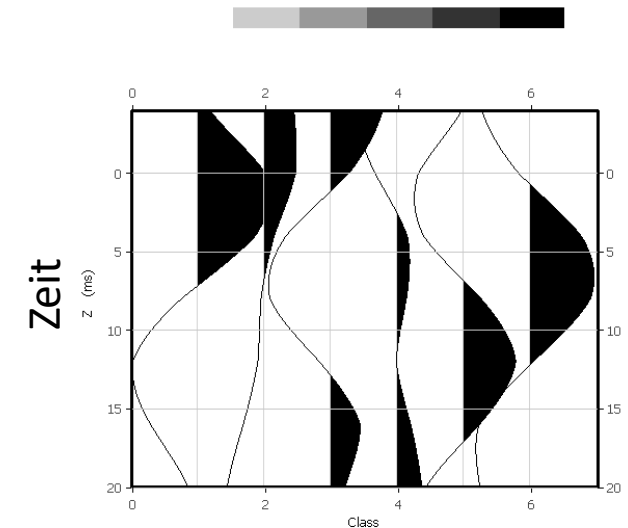
Wahrscheinlichkeitsmaß
für eine Störung als 3D-
Datensatz

Fazies



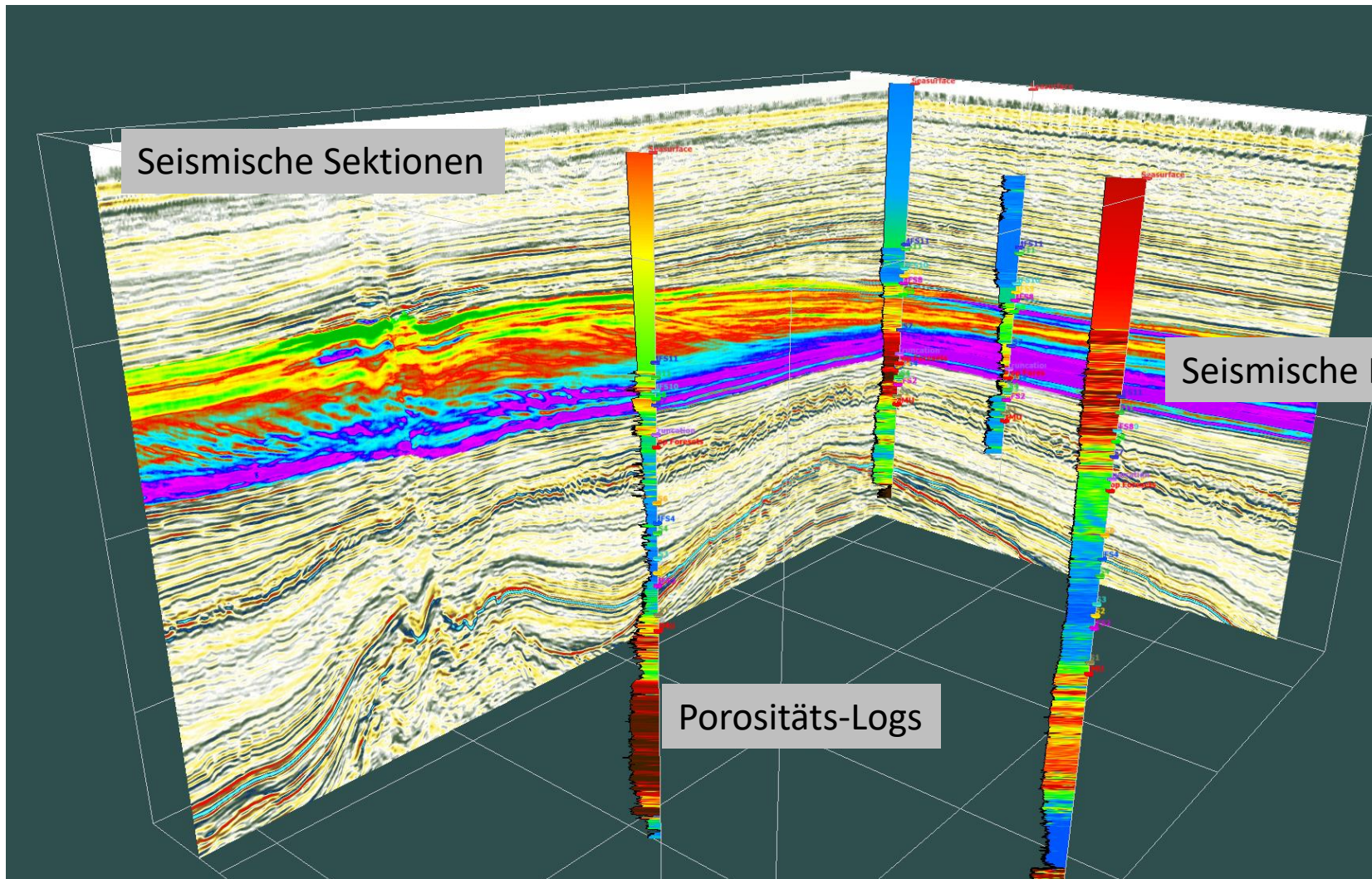
In rot als seismische Amplitude hervorgehobener Flusslauf; die Stärke der Überdeckung ist ein Maß für die Übereinstimmung mit der entsprechenden Klasse.

Skizze der Flussläufe



Klassen für unterschiedliche Signalformen

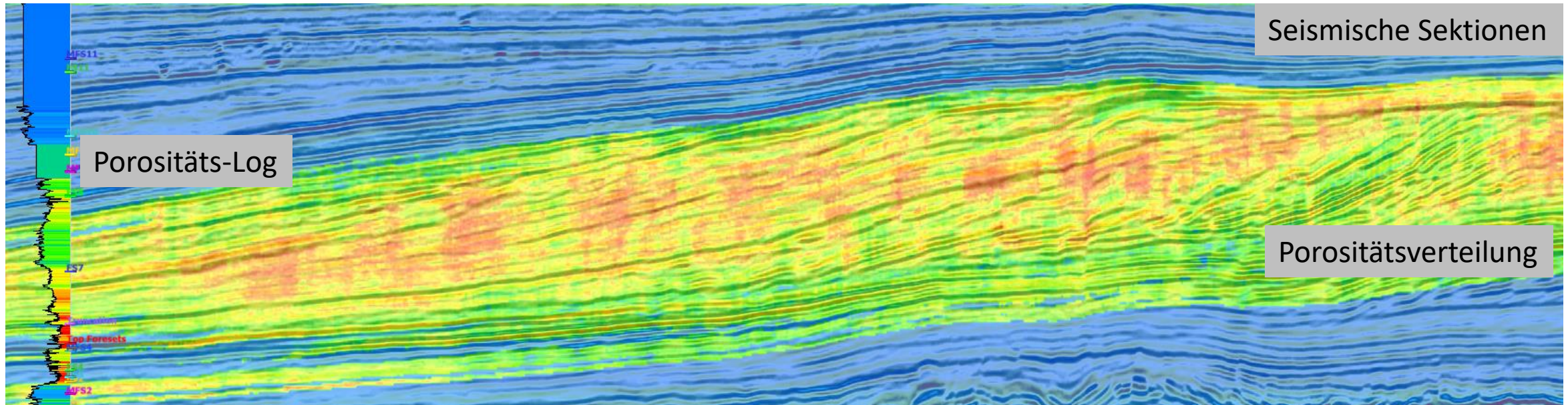
Petrophysikalische Parameter



Für das maschinelle
verwendete Daten

Petrophysikalische Parameter

Abschätzung der Porosität aus Mustern der Eingangsdaten



Merkmale unterschiedlicher ML-Abläufe

Aufgabe

Architektur

Größe der
Eingaben-
Ausgaben

Generalisierung des
Modells

Dimension

Optimierungs-
methode

Anzahl der
Trainingsdaten

Daten Format

ML-Methode

Daten

Attribut Merkmale

Datenquelle
(Synthetisch, Real)

Konditionierung

Rechenleistung

KI in der Exploration: Indizes

Effizienz

Datenvorbereitung
Rechenleistung

Anwendbarkeit

Anteile von realen
Daten und
globalen Modellen
(Genauigkeit)

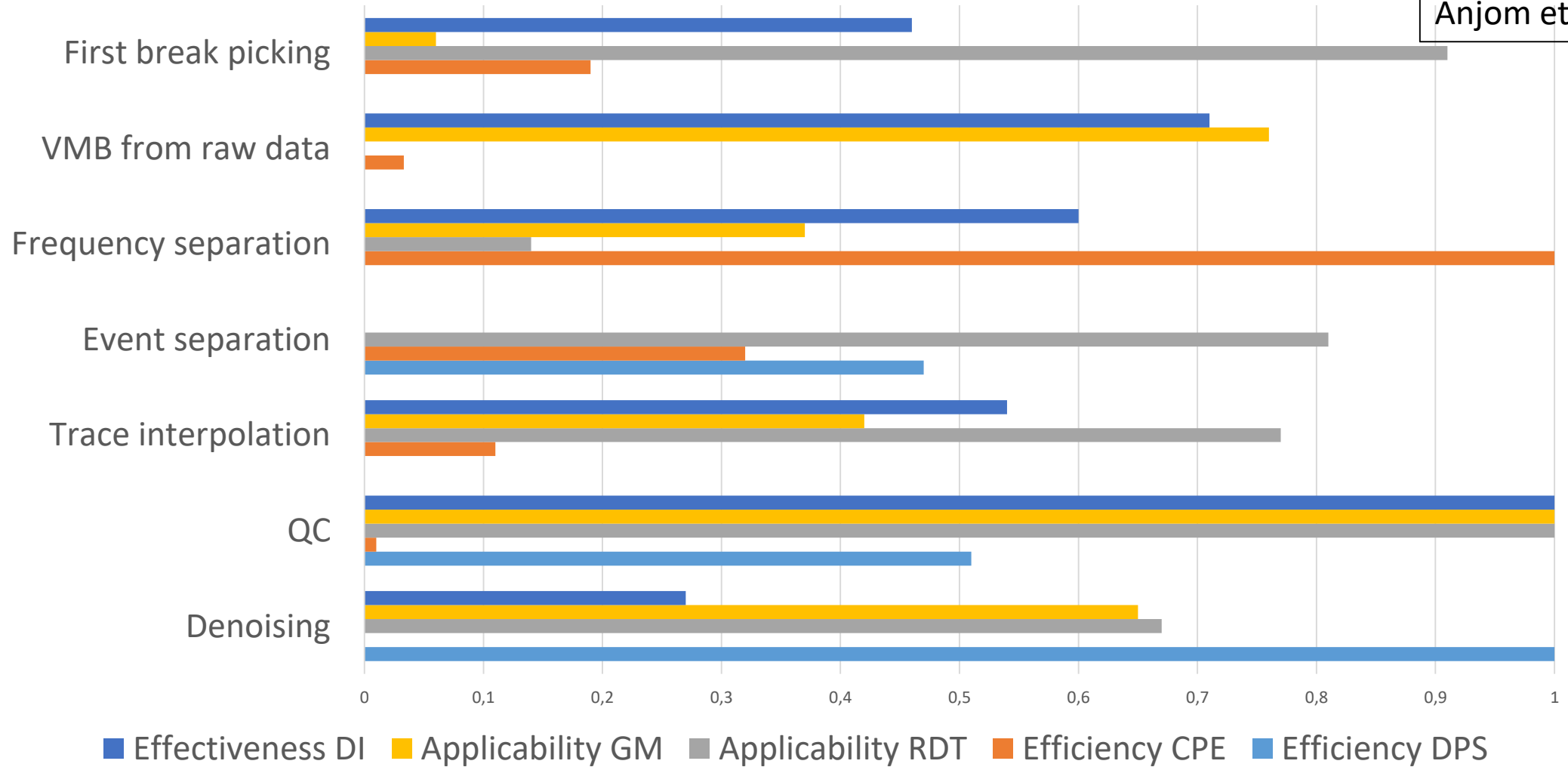
Effektivität

Anzahl der
möglichen
Algorithmen

Anjom et al., 2024

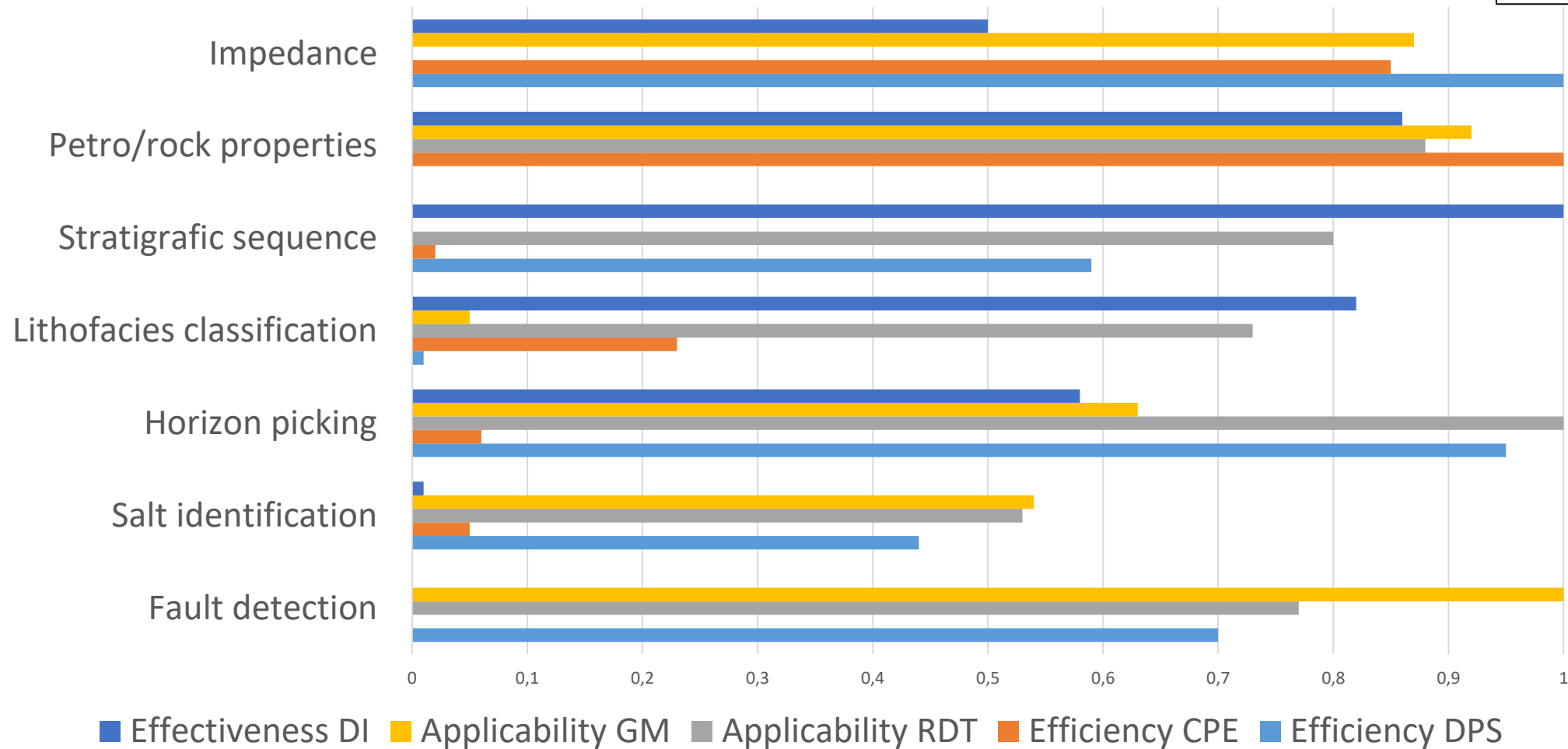
Anwendungsreife Processing

Anjom et al., 2024



Anwendungsreife Interpretation

Anjom et al., 2024



Anwendungsreife

Anjom et al., 2024

Effizienz

- Signalverbesserung, Frequenzextrapolation
- Inversion (Impedanz)

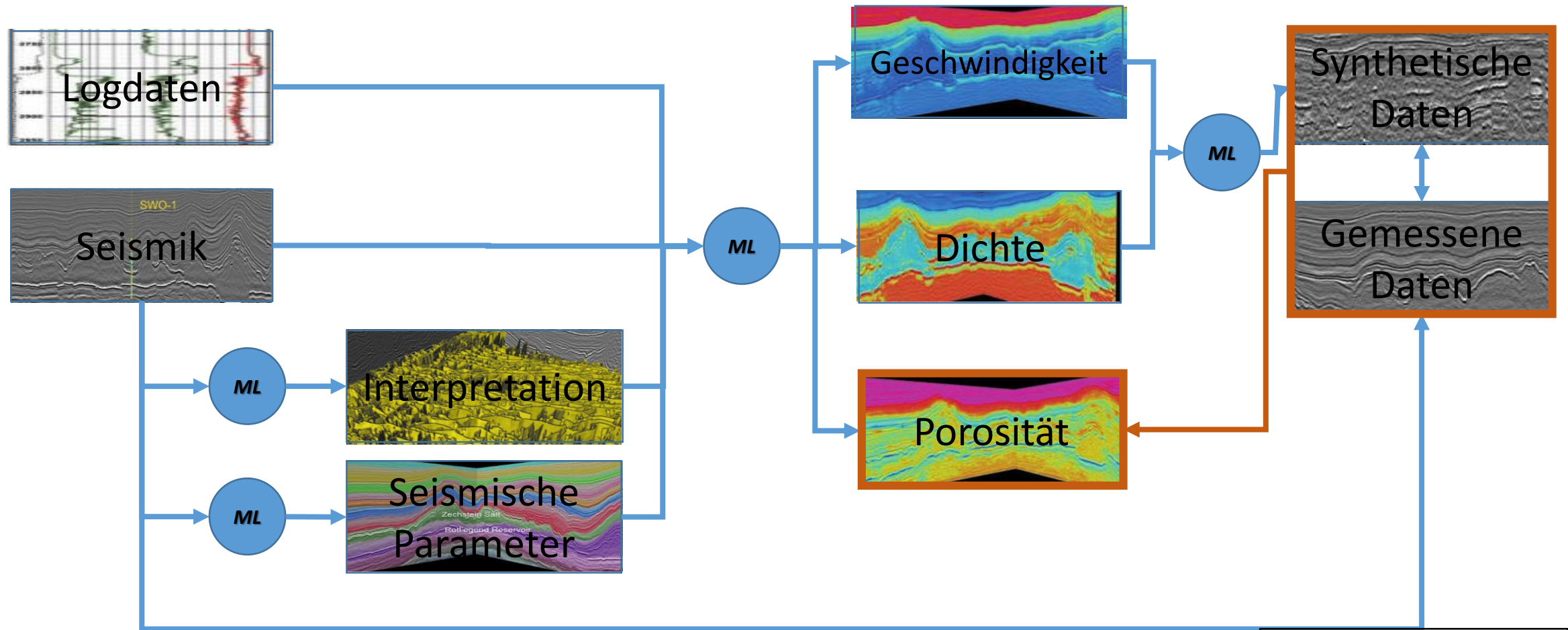
Anwendbarkeit

- Qualitätskontrolle
- Lithofazies
- Klassifikation
- Stratigrafische Sequenz-Markierung
- Petrophysikalische Eigenschaften

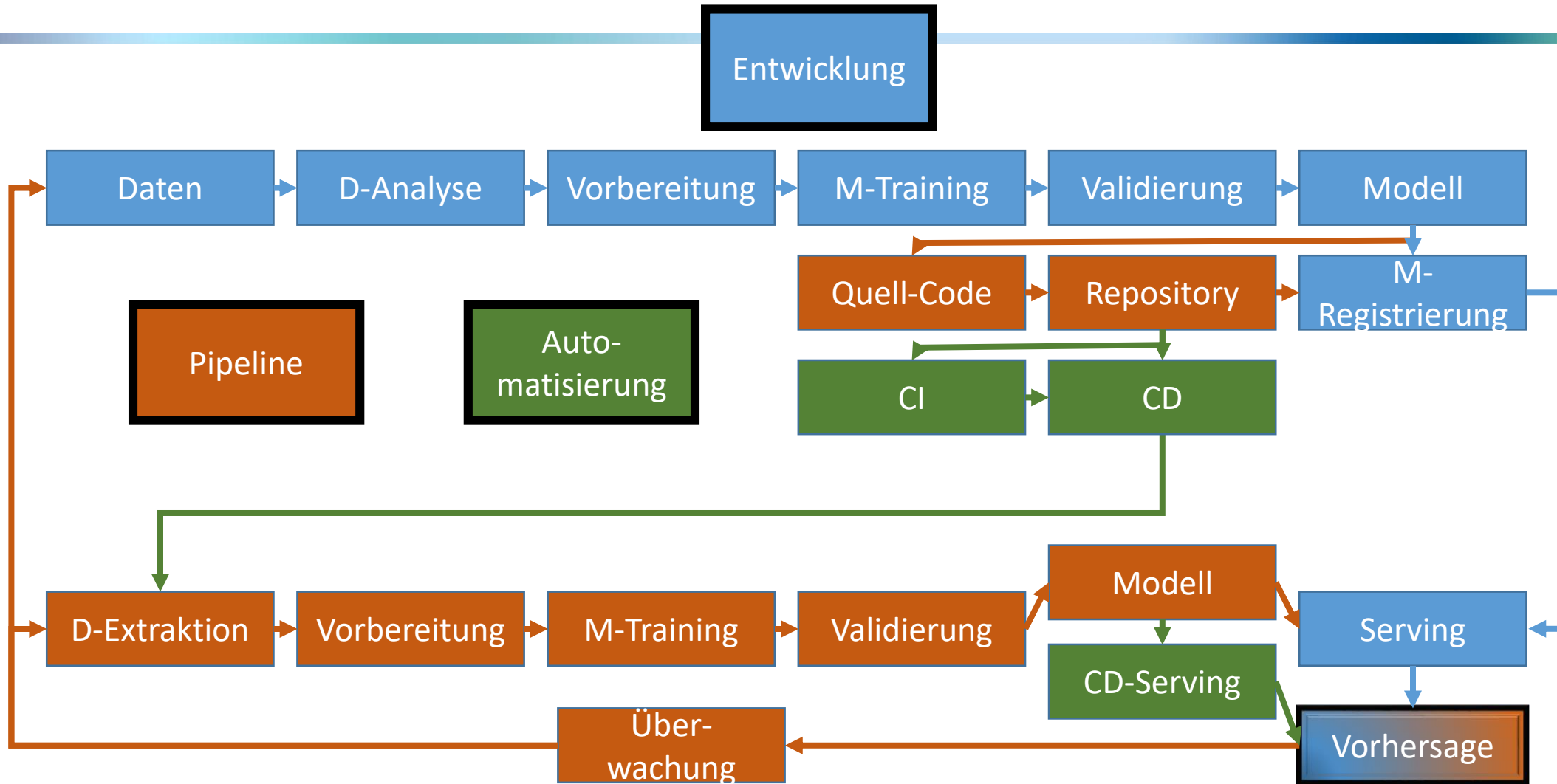
Effektivität

- Qualitätskontrolle
- Störungsgenerierung

End to End Ablauf



Abubakar et al., 2024



(Lakshmanan et al. 2022)

Zusammenfassung

- ML wird zunehmend aufgrund technischer Fortschritte genutzt
- ML- basierte Methoden werden für im Wesentlichen noch für einzelne Aufgaben und weniger für komplette Abläufe eingesetzt.
- Die Anwendungen umfassen fast vollständig alle Arbeitsschritte in der Exploration.
- Ineinandergreifende Abläufe sind in der Entwicklung

- Für regionale Explorationsgebiete müssen geschlossene Abläufe erstellt werden:
 - Daten, Parameter
 - Modelle, Muster, Label
- End to end bedeutet, das der Kunde von den Vorteilen der ML-basierten Abläufe profitiert
- Wie sehen (Geschäfts-) Modelle für MLOps aus?

Aurélien Géron, 2022, Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn, Keras, and TensorFlow, O'Reilly Media, Inc.

Valliappa Lakshmanan, Sara Robinson, Michael Munn, 2020, Machine Learning Design Patterns, O'Reilly Media, Inc.

Khosro Anjom, Vaccarino, Socco, 2024, Machine learning for seismic exploration: Where are we and how far are we from the holy grail?, GEOPHYSICS

Mousavi, Beroza, Mukerji, Rasht-Behesht, 2024, Applications of deep neural networks in exploration seismology: A technical survey, GEOPHYSICS

Abubakar et al., 2024, Deep learning for end-to-end subsurface modeling and interpretation: An example from the Groningen gas field, The Leading Edge



Viele Dank für Ihre Aufmerksamkeit
Zeit für Ihre und meine Fragen