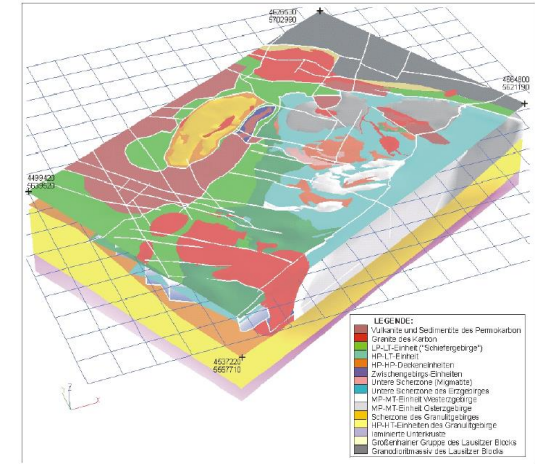
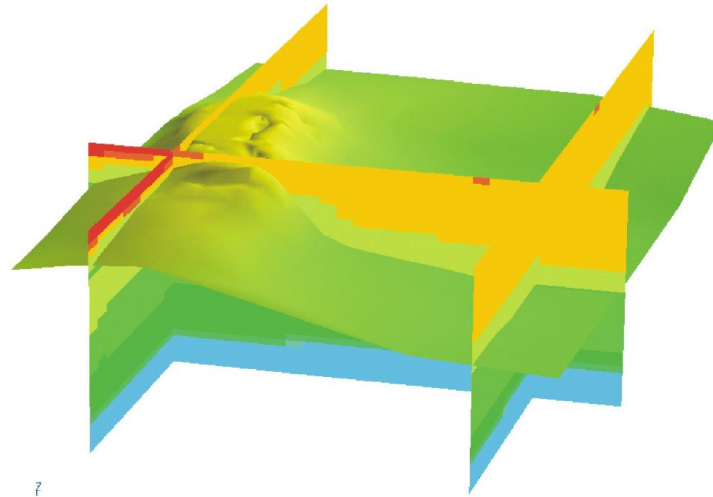
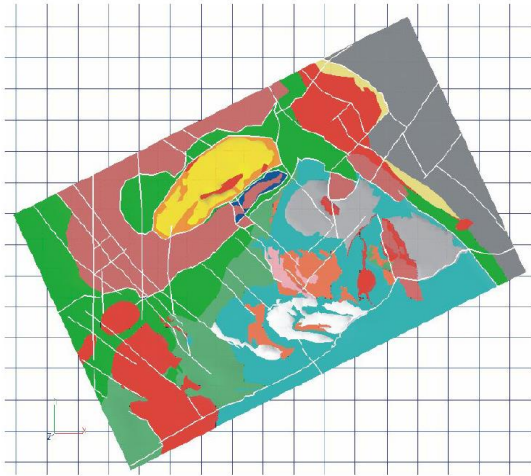


3D Geomodellierung

1. Einführung



- Unterlagen zu Vorlesung und Übung:
<https://bildungsportal.sachsen.de/opal/auth/RepositoryEntry/21223079958/CourseNode/100246628147914>
(OPAL-Kurs: 3D Geomodellierung)
- Kontakt: Dr. Peter Menzel
 - Peter.Menzel@geophysik.tu-freiberg.de
 - 03731 / 39-3815
 - Otto-Meiser-Bau (Gustav-Zeuner-Straße 12), Büro 102

Ziel ...

... der Vorlesung:

- Grundlegendes Wissen bzgl. Modellierung in der Geowissenschaften
- Theoretische Hintergründe der Software Skua-Gocad

... der Übungen:

- Praktischer Umgang mit der Software Skua-Gocad

Themen

1. **Einführung – Was ist Modellierung eigentlich?**
2. Grundlagen Gocad-Modellierung
3. Interpolation(, Approximation, Schätzen)
 1. Grundlagen
 2. Globale Interpolationsverfahren
4. Vermaschung und Zerlegung des Raumes
 1. Voronoi-Zerlegung
 2. Delaunay-Triangulation
 3. Lokale Interpolation auf Vermaschungen

Themen

5. Topologie

1. Zellulare Zerlegung
2. Simplicial-Komplexe
3. Topologische Datenstrukturen

6. Theoretisches Modellkonzept in Skua-Gocad

1. Diskretes Modell und Constraints
2. Discrete Smooth Interpolation



Einführung Geomodellierung

Was ist ein Modell?

Was ist ein Modell?

... Abbildung oder Beschreibung eines Sachverhaltes zu einem **bestimmten Zweck**.

... diese Abbildung ist **nie** vollständig ...

- Abstraktion
- Vereinfachung / Detailreduktion
- Formalisierung
- ...

... umfasst die Attribute, die für den Zweck als relevant erachtet werden ...

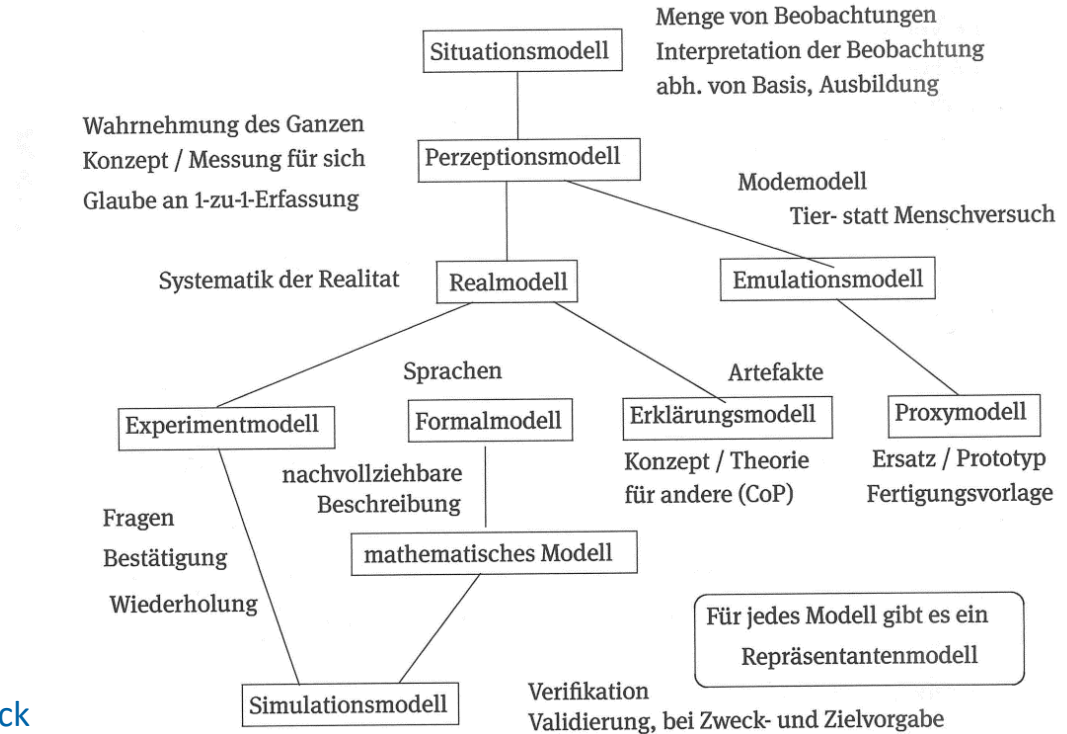


Abb. 1.2. Visualisierungsversuch der Zusammenhänge von Modellen

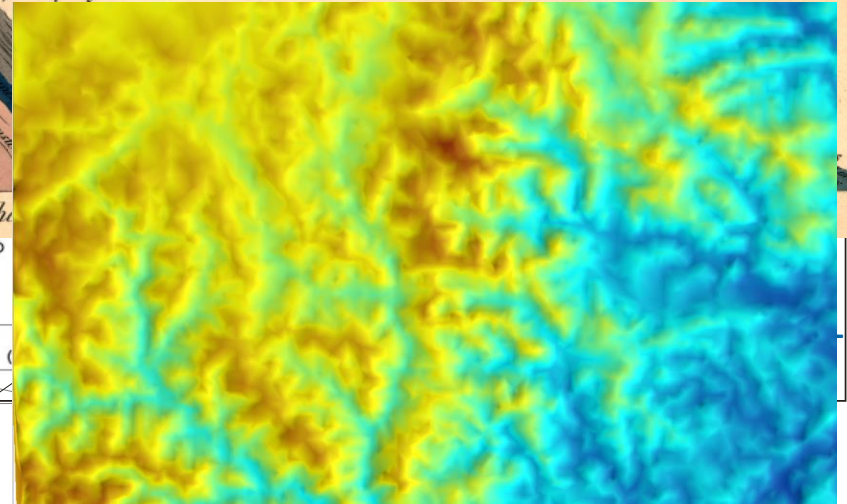
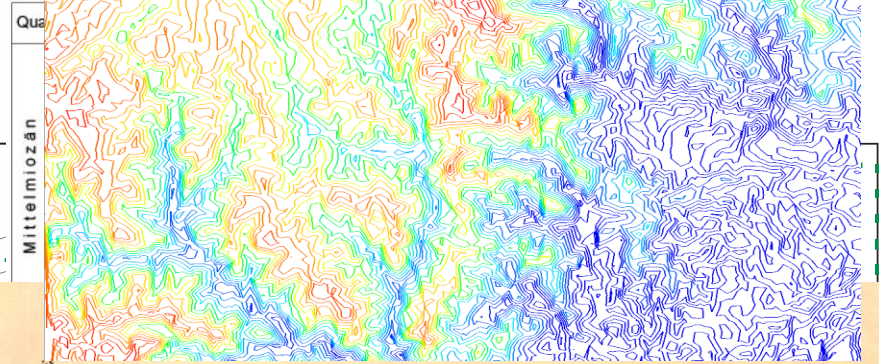
(Thalheim und Nissen, 2015)

Modelle in der Geologie

- Geologische Karte
- Normalprofil
- Profilschnitt
- Digitales Höhenmodell
- ...



Profilschnitt zur ersten





Einführung Geomodellierung

Was ist Modellierung?

Was ist Modellierung?

Modellierung ...

- ... umfasst sowohl die Modellerstellung als auch den Modellgebrauch.
- ... stellt Zusammenhang zwischen Modell und abzubildendem Sachverhalt her.

- Die Modellerstellung selbst kann zum Erkenntnisgewinn (Modellzweck) beitragen und ist deshalb als gleichwertig zum Ergebnismodell anzusehen.



Geomodellierung

Geomodeling consists of a set of all the mathematical methods allowing to model in an unified way the topology, the geometry, and the physical properties of geological objects while taking into account any type of data related to these objects.

(J.-L. Mallet, Geomodeling, 2002)

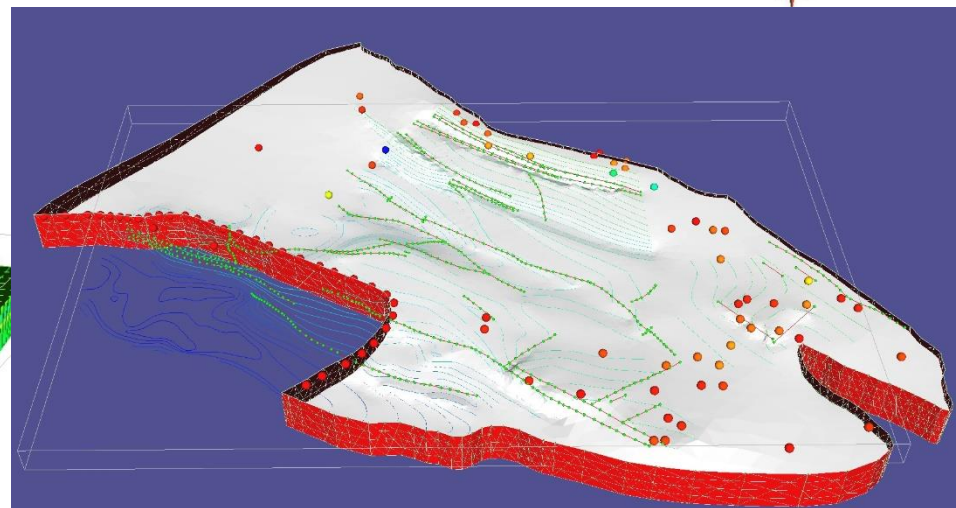
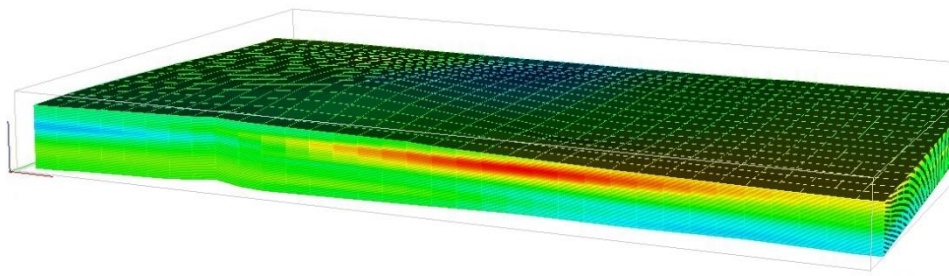
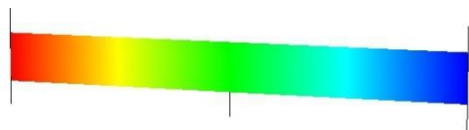
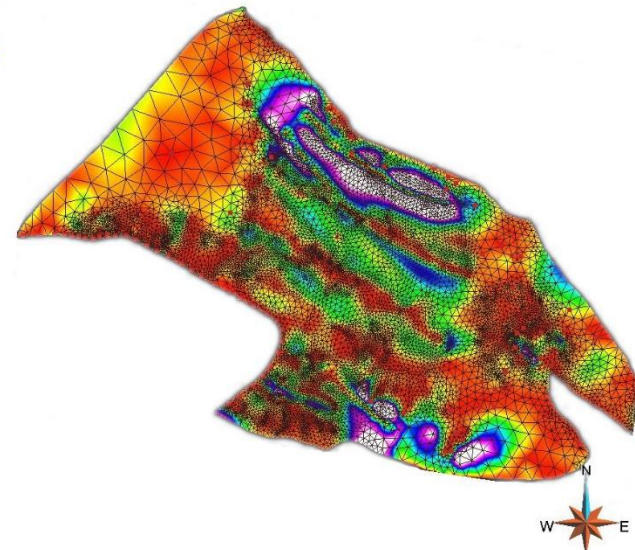
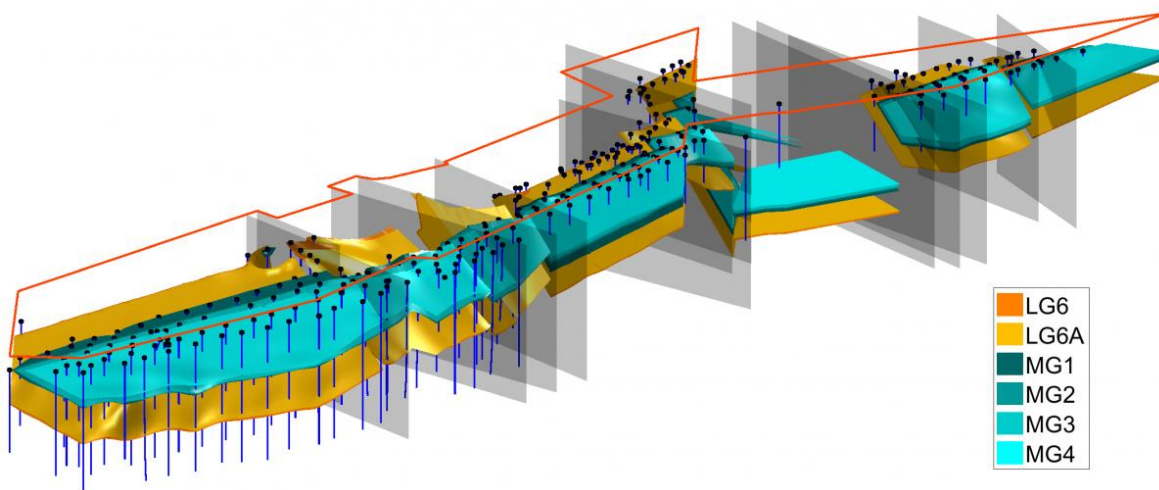
Geomodellierung

Geomodeling consists of a set of all the mathematical methods allowing to model in an unified way the topology, the geometry, and the physical properties of geological objects while taking into account any type of data related to these objects.

(J.-L. Mallet, Geomodeling, 2002)

Ziel: eindeutige Beschreibung der Struktur und Parametrisierung von geologischen Objekten durch dreidimensionale Abbildungen des Untergrundes.

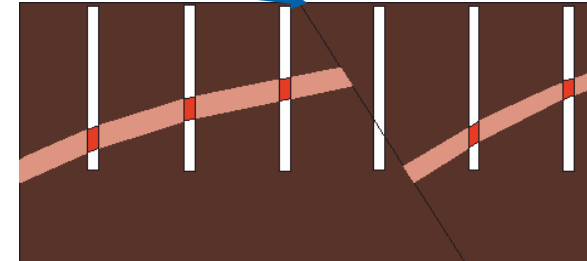
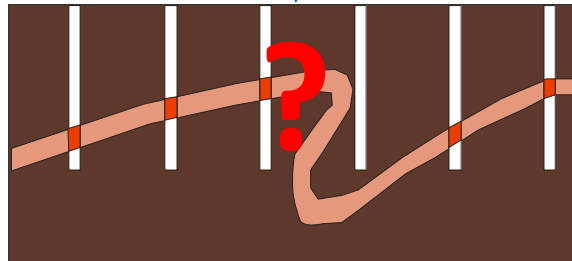
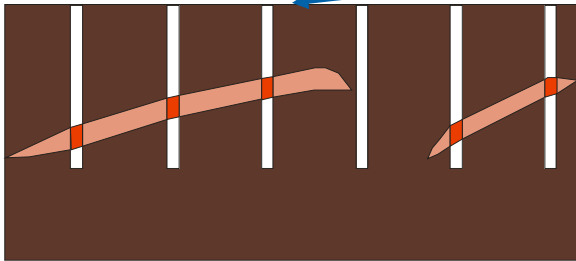
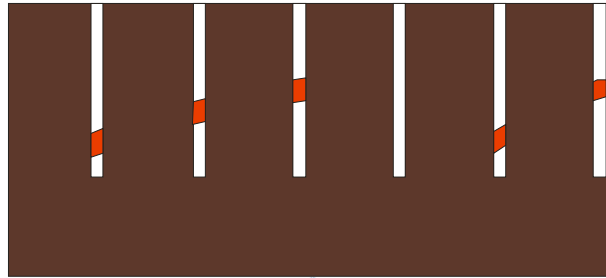
Mittel: mathematische Methoden, welche diese Beschreibung und Abbildung ermöglichen.





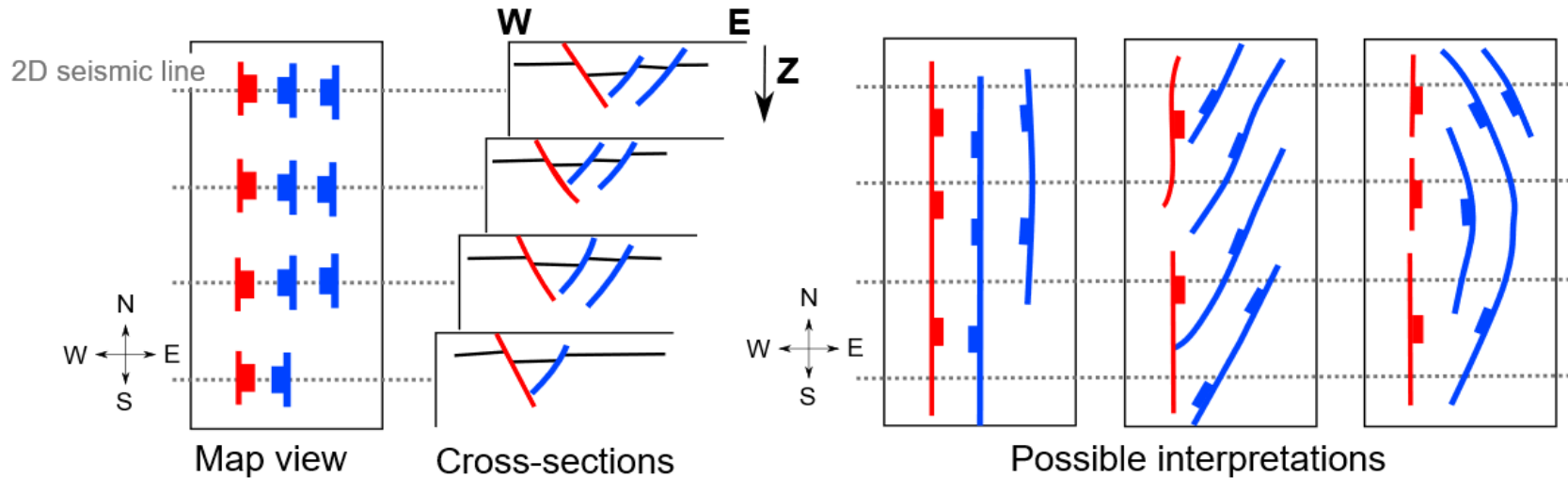
Herausforderungen in der Geomodellierung

Unvollständiges Wissen – uneindeutige Daten



Linse oder Falte oder Störung ?

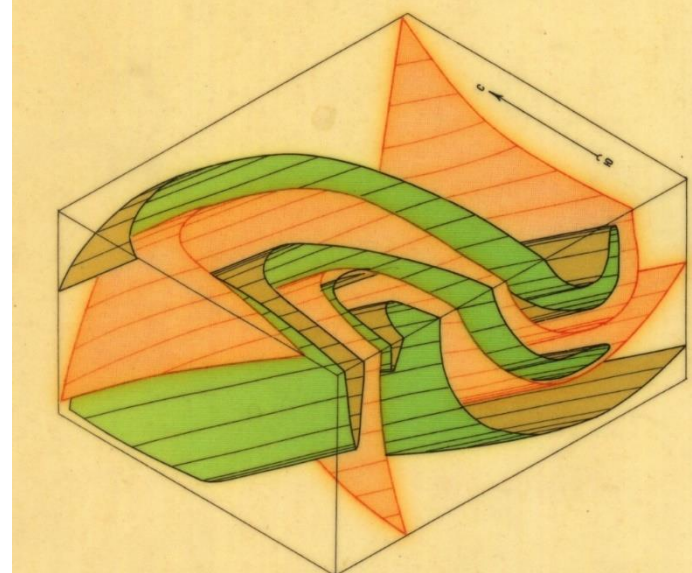
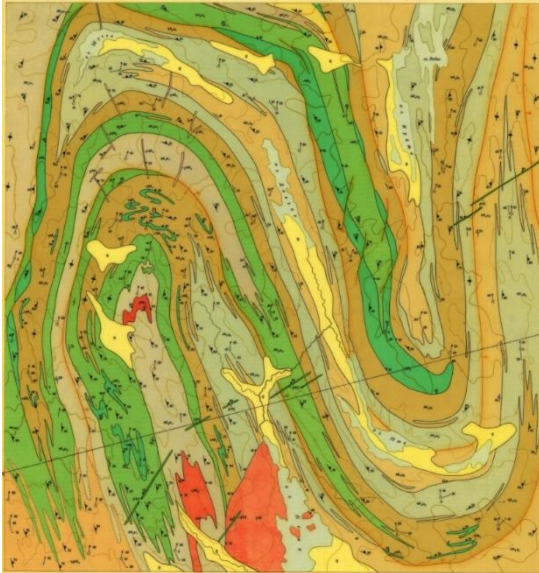
Unvollständiges Wissen – uneindeutige Daten



Interpretationen anhand geologischer Konzepte

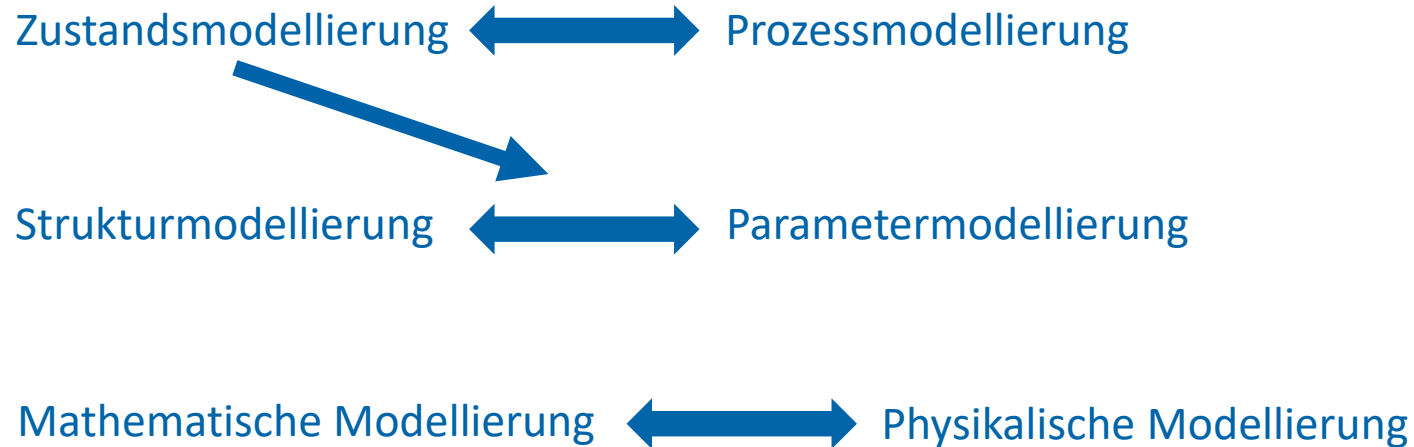
Godefroy, 2017

Komplizierte geometrische Sachverhalte



Reale Geometrie aus 2D Modellen schwer vorstellbar

Konzepte in der Geomodellierung

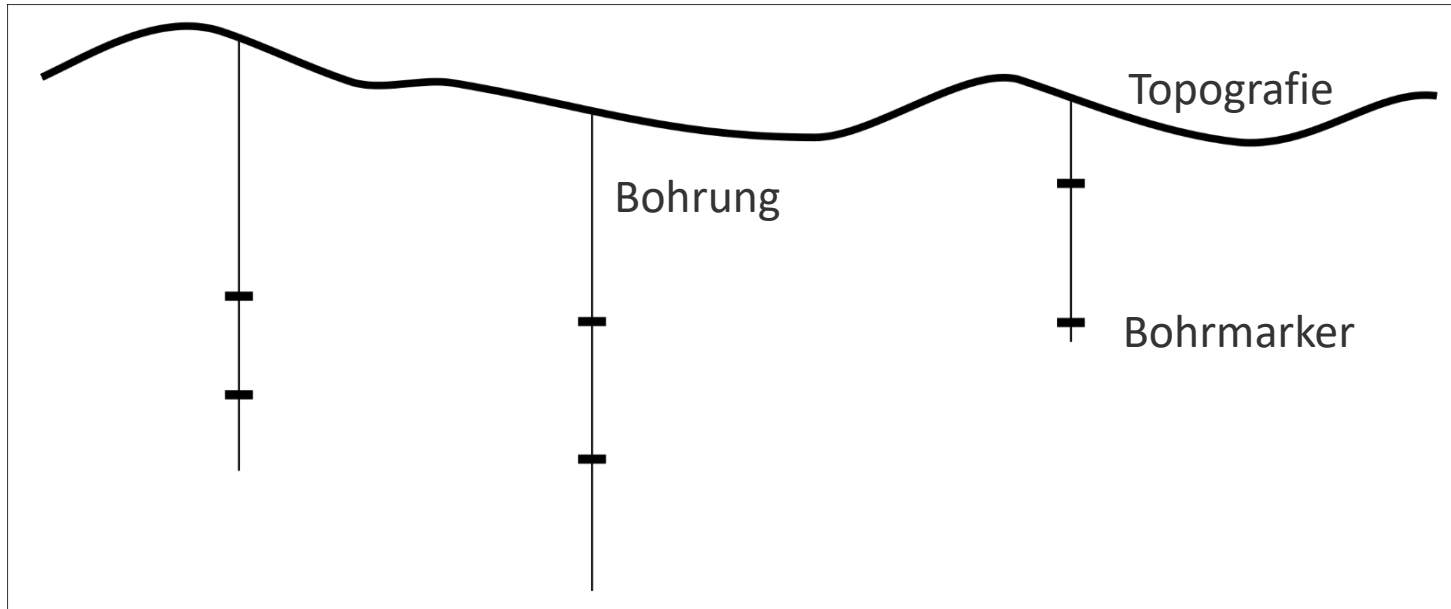


Zustands-Modellierung

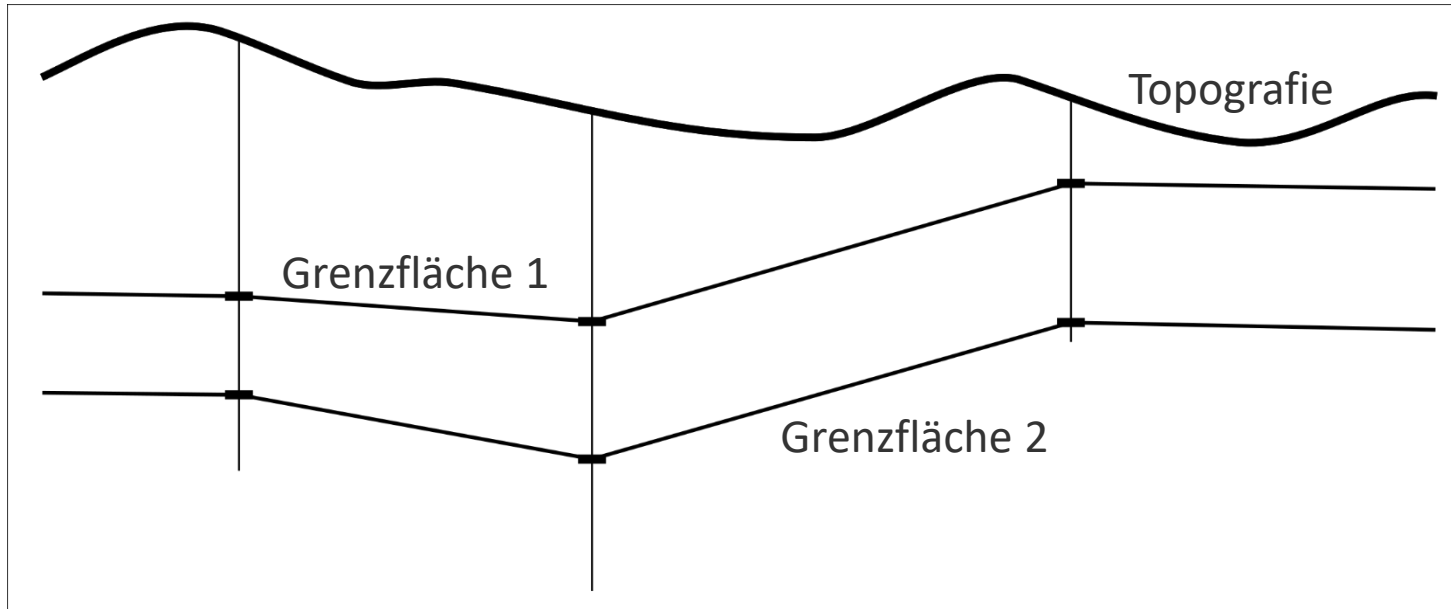
Beschreibung des IST-Zustandes im Untergrund

- Räumliche Struktur
 - Grenzflächen im Untergrund als isolierte 2D Flächen im Raum
 - Aufteilung des Untergrundes in Regionen gleicher inhaltlicher „Bedeutung“:
 - Menge von nichtüberlappenden volumetrischen Körpern
- Parameterverteilung
 - Beschreibung eines Wertes v für einen Parameter P an einer beliebigen Position in Raum $v = P(\vec{x}), \vec{x} \in \mathbb{R}^n$

Strukturmodellierung



Strukturmodellierung - Grenzflächen



Geometrische Repräsentation von 2D Flächen

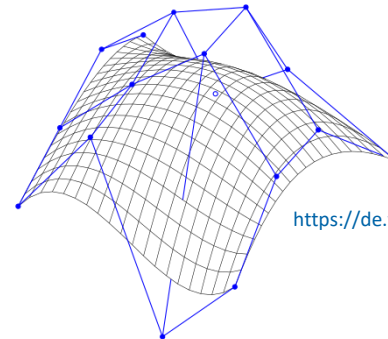
Parametrisch

- Beschreibung einer Fläche im Raum über einen parametrisierbaren Formalismus, z. B.
 - Implizite Flächen
 - Polynomiale Flächen

- Frei-Form-Flächen, Bezier-Flächen

- Splines
- Radiale Basisfunktionen

$$F(\vec{x}) = 0$$
$$z = ax + by + cxy + dx^2 + ey^2$$



<https://de.wikipedia.org/wiki/Bezierfl%C3%A4che>

Geometrische Repräsentation von 2D Flächen

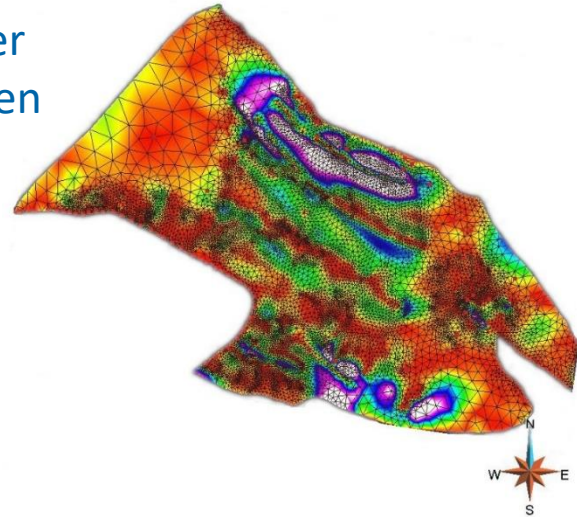
Parametrisch

- Beschreibung einer Fläche im Raum über einen parametrisierbaren Formalismus
- Formalismus erlaubt die effiziente Berechnung unbekannter Punkte auf der Fläche.
 - Sehr einfach und adaptiv diskretisierbar
- Abbildung realer Sachverhalte nur abstrahierend möglich

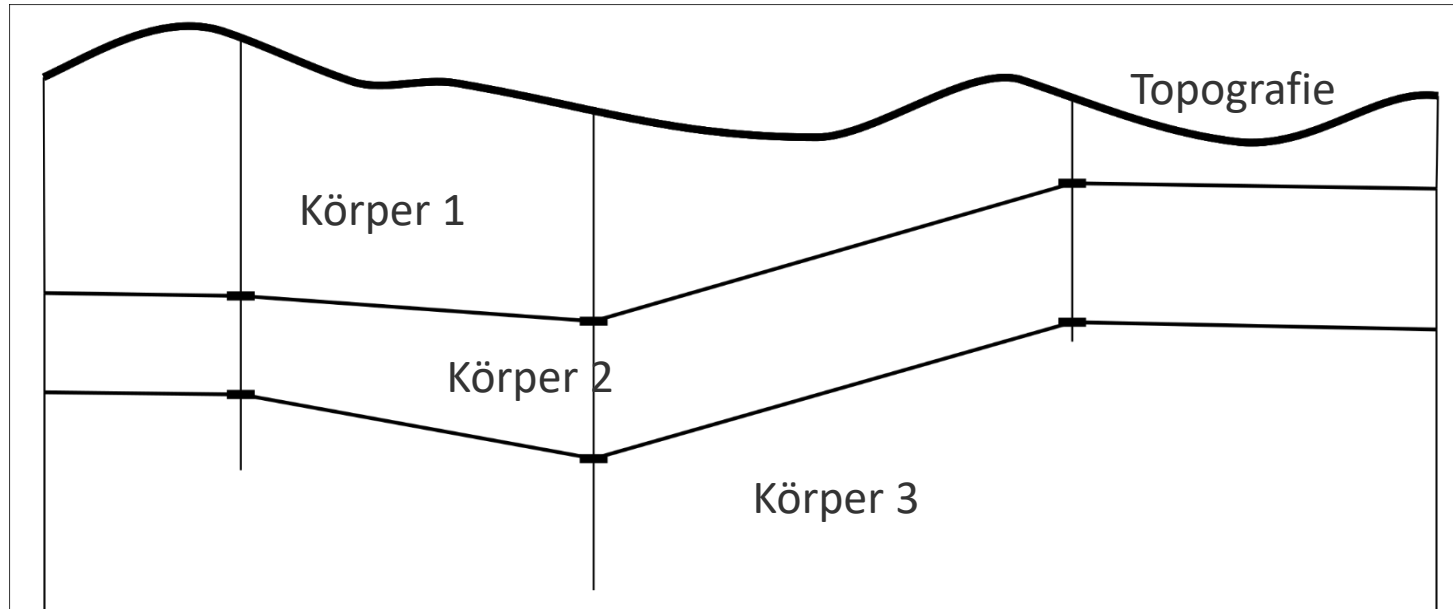
Geometrische Repräsentation von 2D Flächen

Explizit

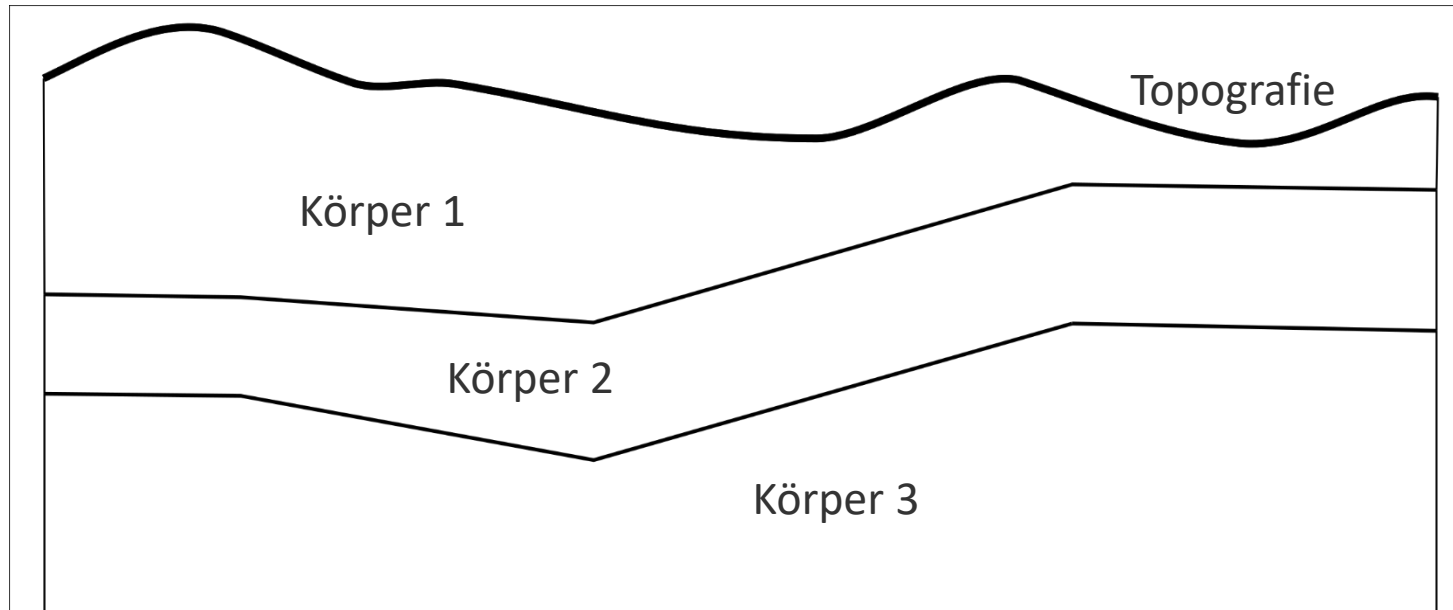
- Beschreibung einer Fläche direkt über die diskrete Geometrie der Fläche
 - Speicherung der Knotenpositionen und der Vermaschung der Knoten
- Erlaubte kompliziertere nicht-parametrische Formen
 - Ermöglicht die exakte Abbildung natürlicher Körper
- Nachträgliche Manipulation einzelner Knotengeometrien oder Teilen der Vermaschung ist z.T sehr aufwändig ...
 - Diskret Smooth Interpolation (DSI)
 - Mesh-Simplification



Strukturmodellierung - Volumenkörper



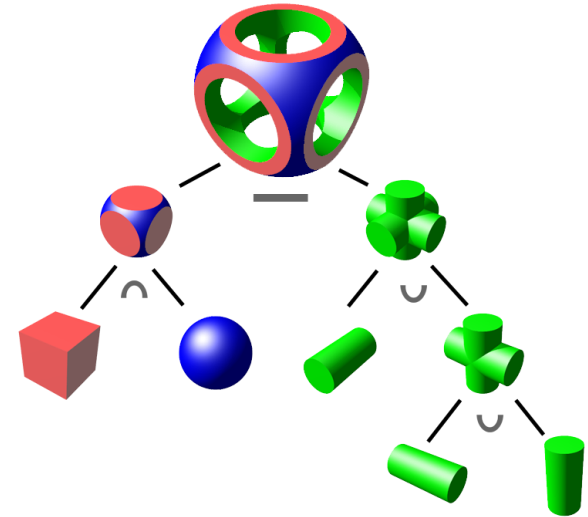
Strukturmodellierung - Volumenkörper



Geomerische Representation von Volumenobjekten

Constructive solid geometry (CSG)

- Aufbau und Beschreibung von Körpern über binäre Mengen-Operationen von analytisch-beschreibbaren Primitivobjekten, z.B.
 - Kugeln
 - Zylindern
 - Prismen ...

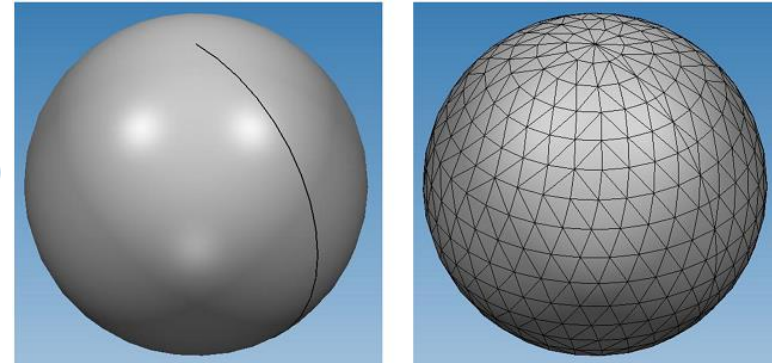


https://de.wikipedia.org/wiki/Constructive_Solid_Geometry

Geomerische Representation von Volumenobjekten

Boundary representation (B-rep)

- Beschreibung von beliebigen Volumenkörpern über ihre Hülle (2D Fläche)
- Hüllflächen können sowohl explizit als auch parametrisch beschrieben sein



<https://cadexchanger.com/blog/204-The-Challenge-of-the-Polygonal-to-BRep-Conversion>

CSG oder B-rep?

CSG (constructive solid geometry):

- Körper sind **immer** valide beschrieben!
- Natürliche Objekte lassen sich nur sehr aufwändig darstellen.
- Visualisierung kann sehr aufwändig sein.

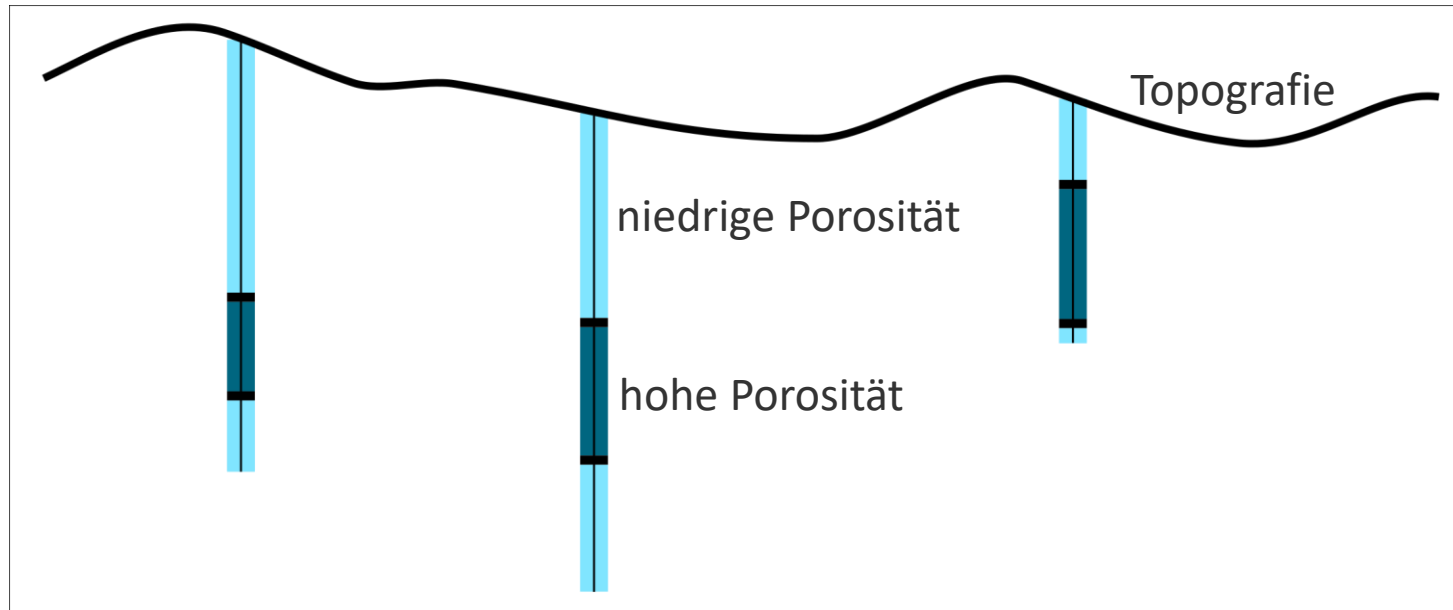
B-rep (boundary representation):

- Natürliche Objekte lassen sich einfach beschreiben und darstellen.
- Geometrische und topologische **Konsistenz** muss immer sicher gestellt werden!

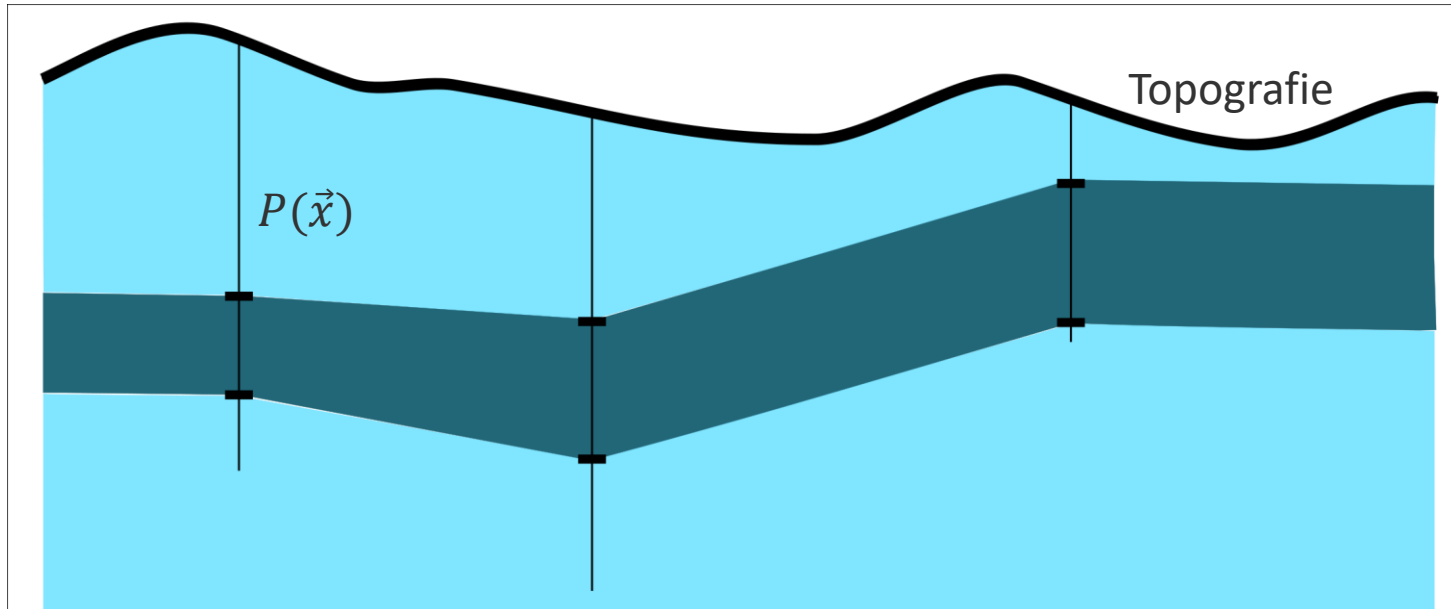


Hülle muss immer **geschlossen** sein,
um korrekte Berechenbarkeit zu gewährleisten!

Parametermodellierung

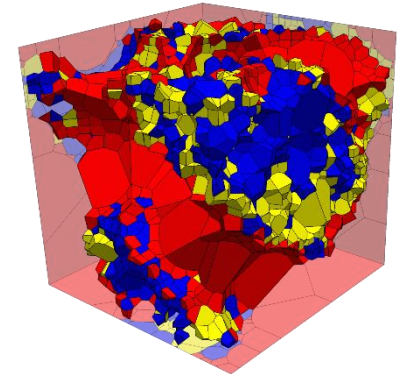
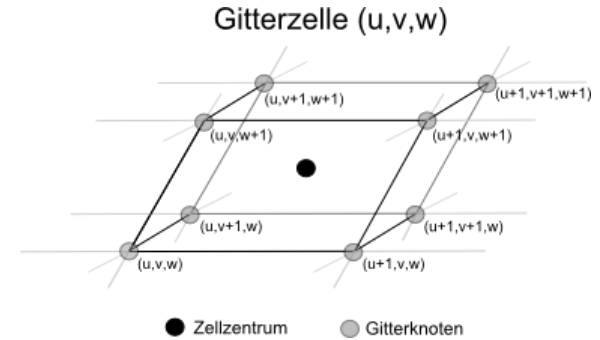


Parametermodellierung



Parametermodellierung

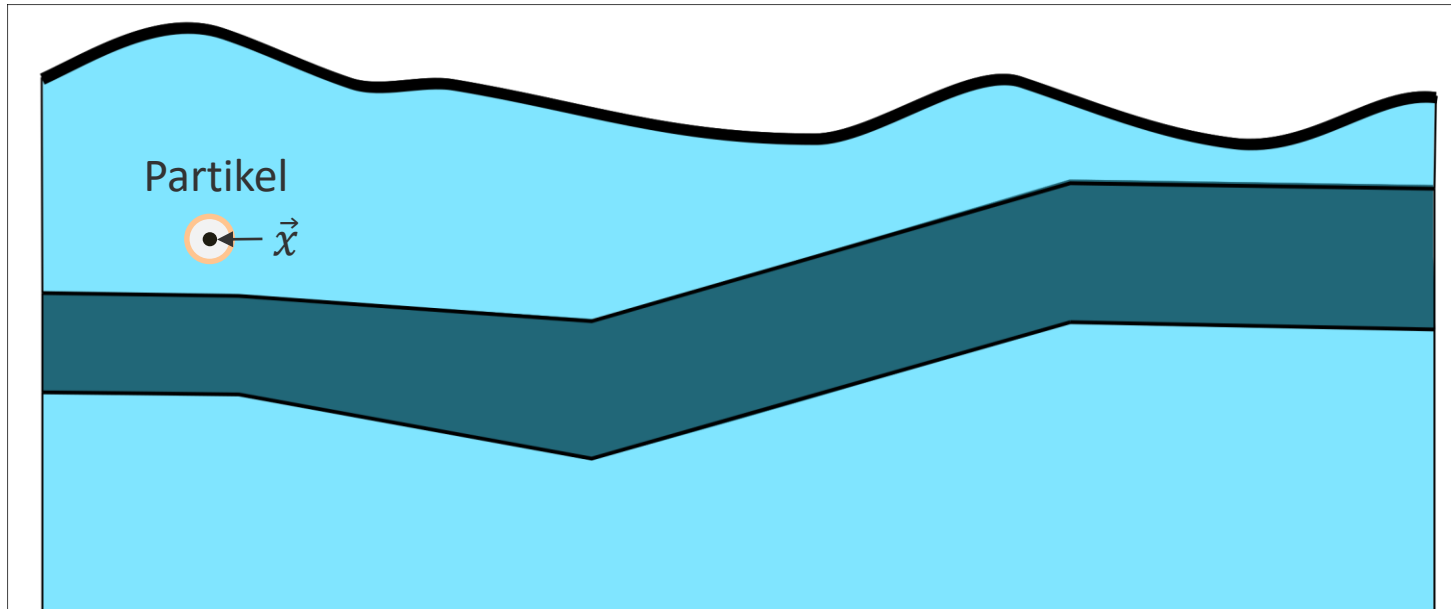
- Analytisch $P(\vec{x}) = f(\vec{x})$
- Diskrete strukturierte Gitter $\vec{x} = \vec{x}_{i,j,\dots} = i \cdot \vec{u} + j \cdot \vec{v} + \dots$
Schrittvektoren \vec{u}, \vec{v}, \dots sind global konstant
- Unstrukturierte Gitter: Zerlegung des Raumes in gleichartige Objekte z. B. Tetraeder oder beliebige Polyeder



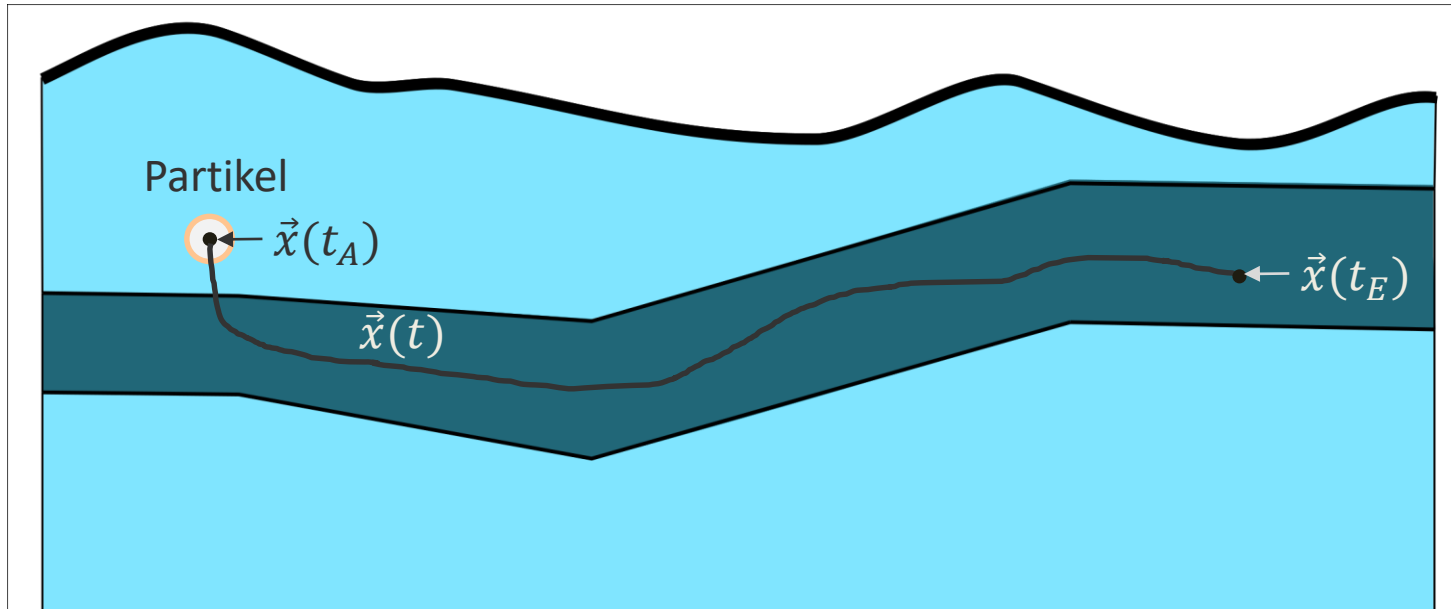
Prozess-Modellierung

- Beschreibung der zeitlichen Zustandsänderung
- Ausgehend von einem bekannten Anfangszustand zum Zeitpunkt t_A
- Fragen:
 - Wie ist der Endzustand zum Zeitpunkt t_E ?
 - Wie verläuft der Prozess/die Zustandsänderung zwischen t_A und t_E ?

Prozess-Modellierung



Prozess-Modellierung



Mathematische oder physikalische Modellierung?

Mathematische Modellierung

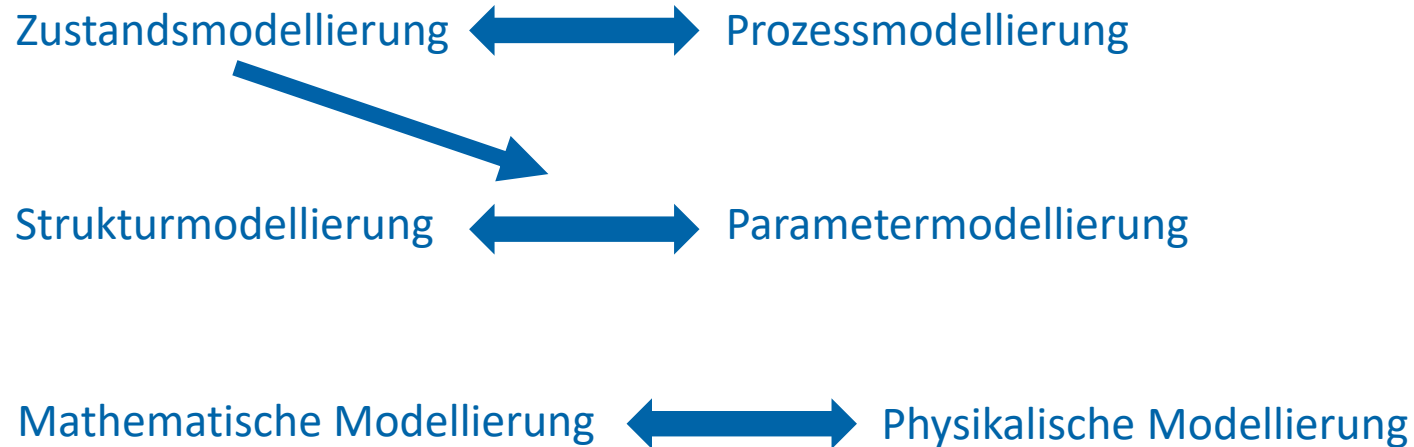
- Beschreibung über rein mathematische Zusammenhänge
 - Effizient, aber z.T. sehr stark abstrahierend

Physikalische Modellierung

- Beschreibung unter Berücksichtigung tatsächlich abgelaufener physikalischer Prozesse
 - Realistisch, aber z.T. sehr aufwändig

 **Trade-Off ...**

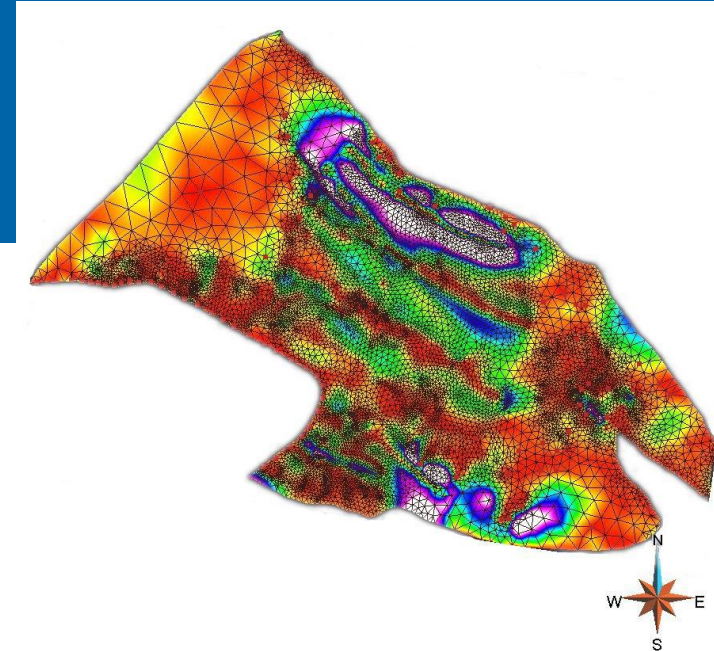
Konzepte in der Geomodellierung



Konzepte treten selten allein auf. Zumeist umfasst eine spezielle Modellierung mehrere Konzepte in verschiedenen Anteilen.

Take-home questions:

- 1) Was ist ein Modell, was ist Modellierung und wie hängen beide zusammen?
- 2) Was sind die speziellen Probleme bei der Geomodellierung?
- 3) Wie kann man ein Volumenmodell einer Region im Untergrund repräsentieren?

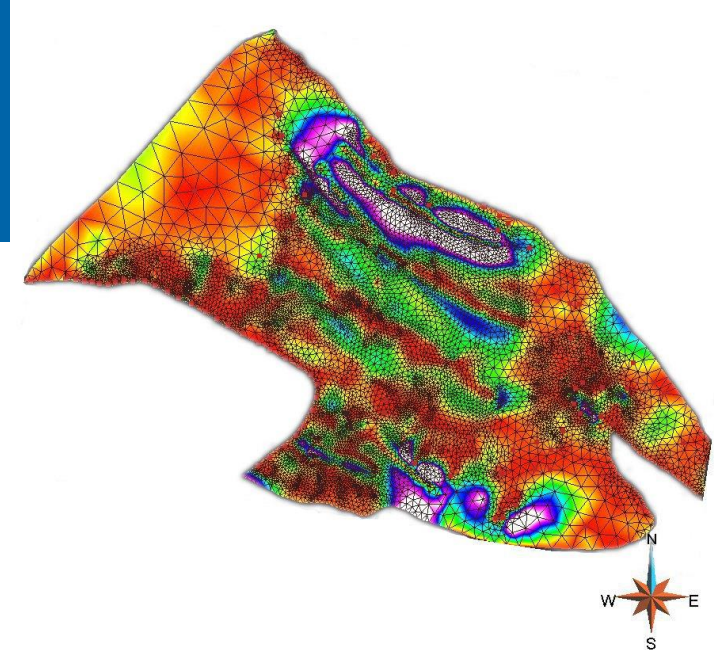


Institut für Geophysik und Geoinformatik
Dr. Peter Menzel
Gustav-Zeuner-Str. 12
09599 Freiberg
Tel. +49(0)3731 39-3815

Literatur:

Mallet, Jean-Laurent. 2002. *Geomodeling*. Oxford University Press.

Thalheim, Bernhard, and Nissen, Ivor (Edt.). 2015. *Wissenschaft und Kunst der Modellierung - Kieler Zugang zur Definition, Nutzung und Zukunft*. De Gruyter GmbH Berlin.



Institut für Geophysik und Geoinformatik
Dr. Peter Menzel
Gustav-Zeuner-Str. 12
09599 Freiberg
Tel. +49(0)3731 39-3815