



TECHNISCHE UNIVERSITÄT
BERGAKADEMIE FREIBERG

Die Ressourcenuniversität. Seit 1765.

Grundlagen GIS

Sommersemester 2025

Prof. Christian Gerhards / Dr. Peter Menzel
Arbeitsgruppe Geomathematik und Geoinformatik

OPAL:

<https://bildungsportal.sachsen.de/opal/auth/RepositoryEntry/19758415873?6>

Institut für Geophysik und Geoinformatik - TU Bergakademie Freiberg

1. Logistik
2. Definitionen, Funktionen, Anwendungen
3. Koordinatensysteme und -transformationen
4. Räumliche Datenmodellierung
5. Vermaschungen
6. Räumliche Interpolation
7. Transformationen, Filtermethoden, Sonstiges

1. Wöchentliche Vorlesung – 14 Termine bis zum 09. Juli
(04.06. dies academicus ab 13:00 Uhr)
2. Wöchentliche Übungen (HH; BGIP, MGEO-Ing, MA) oder 2-wöchentliche
Übungen (NH; BUS, BGM)
 1. Offizieller Start in der Woche vom 07. bis 11. April (ungerade Woche)
 2. PC-Pool URZ-1203 (Zugang mit Studentenausweis)

- Abschluss des Moduls mittels 90 Min. Klausur
 - Unterlagen: A4-Blatt mit handschriftlichen Notizen
 - Zusatzpunkte für Klausur können über Übungsbeleg erreicht werden:
 - 90 Minuten am jeweils letzten Übungstermin einer Übungsgruppe
 - Umfasst: grundlegende Arbeiten in ArcGIS bis zum Erstellen einer druckbaren Karte

- OPAL-Kurs:
<https://bildungsportal.sachsen.de/opal/auth/RepositoryEntry/19758415873>
 - Wichtige aktuelle Informationen, Forum, ...
 - Vorlesungsunterlagen + Online-Skript
 - Tutorial-Videos (bitte Google Chrome nutzen ...) leider nur für ArcGIS Desktop
 - Übungsunterlagen (gruppenabhängig)
 - Virtuelles Klassenzimmer
- Bitte tragen Sie sich in die OPAL-Lerngruppe für die Vorlesung ein:
<https://bildungsportal.sachsen.de/opal/auth/RepositoryEntry/19758415873/CourseNode/1739244838731961006>
 - Nur wer eingetragen ist, hat Zugang zu den Vorlesungsunterlagen!
- Bitte tragen Sie sich in die OPAL-Lerngruppe für Ihre Übungsgruppe ein:
<https://bildungsportal.sachsen.de/opal/auth/RepositoryEntry/19758415873/CourseNode/1741664095366117012>
 - Nur wer eingetragen ist, hat Zugang zu den jeweiligen Übungsunterlagen!

Was ist GIS

GIS = Geoinformationssystem: Rechnergestütztes System aus Hardware, Software und Daten

Raumbezogene Problemstellungen lassen sich modellieren und bearbeiten, Daten/Information können digital erfasst, organisiert, analysiert und dargestellt werden

Vier-Komponenten-Modell (funktionelle Komponenten), IMAP

- Eingabe/Input (manuelle oder automatisierte Eingabe von Rohdaten)
- Management/Verwaltung (Aufbau von Datenbanken und Schnittstellen, sowie Bearbeitung von Geoobjekten)
- Analyse/Auswertung (Erstellung und Auswertung von Modellen zu gegebenen Sachverhalten)
- Präsentation

Was ist GIS

GIS = Geoinformationssystem: Rechnergestütztes System aus Hardware, Software und Daten

Raumbezogene Problemstellungen lassen sich modellieren und bearbeiten, Daten/Information können digital erfasst, organisiert, analysiert und dargestellt werden

Vier-Komponenten-Modell (funktionelle Komponenten), IMAP

- Eingabe/Input (manuelle oder automatisierte Eingabe von Rohdaten)
- Management/Verwaltung (Aufbau von Datenbanken und Schnittstellen, sowie Bearbeitung von Geoobjekten)
- Analyse/Auswertung (Erstellung und Auswertung von Modellen zu gegebenen Sachverhalten)
- Präsentation

Strukturelle Komponenten

Beispiel: Corona



Was ist GIS

https://gisanddata.maps.arcgis.com/apps/dashboards/bda7594740fd40299423467b48e9ecf6

COVID-19 Dashboard by the Center for Systems Science and Engineering (CSSE) at Johns Hopkins University (JHU)

Last Updated at (M/D/YYYY)
5.4.2022, 07:20

Total Cases
493.675.018

Total Deaths
6.169.931

Total Vaccine Doses Administered
11.007.686.598

Cases | Deaths by Country/Region/Sovereignty

Korea, South
28-Day: 9.397.716 | 8.380
Totals: 14.267.401 | 117.662

Germany
28-Day: 5.641.306 | 5.598
Totals: 21.706.329 | 130.052

Vietnam
28-Day: 5.284.987 | 1.751
Totals: 9.867.046 | 42.642

France
28-Day: 2.965.489 | 3.226
Totals: 26.218.724 | 143.699

US
28-Day: 2.151.520 | 35.859
Totals: 81.495.644 | 997.127

United Kingdom
28-Day: 6.139.212 | 3.656
Totals: 21.522.955 | 166.378

Italy
28-Day: 1.628.370 | 3.892
Totals: 14.877.144 | 159.909

Australia
28-Day: 1.343.235 | 961
Totals: 4.772.818 | 6.425

Japan
28-Day: 1.298.599 | 3.264
Totals: 6.730.631 | 28.332

Netherlands
28-Day: 1.152.709 | 4.117
Totals: 6.098.541 | 22.642

Austria
28-Day: 1.005.747 | 976
Totals: 3.899.640 | 16.002

Brazil
28-Day: 937.526 | 7.922
Totals: 30.015.357 | 660.570

Russia
28-Day: 880.773 | 12.728
Totals: 17.651.048 | 362.581

Thailand
28-Day: 690.775 | 2.234
Totals: 3.757.571 | 25.603

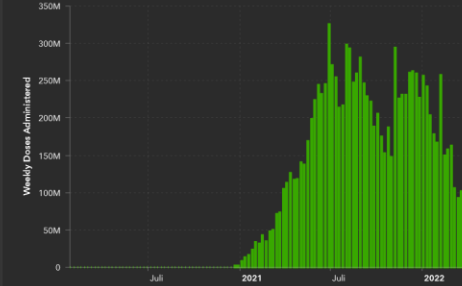
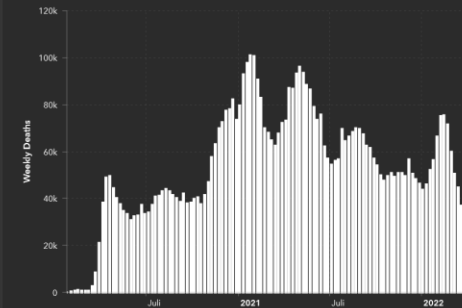
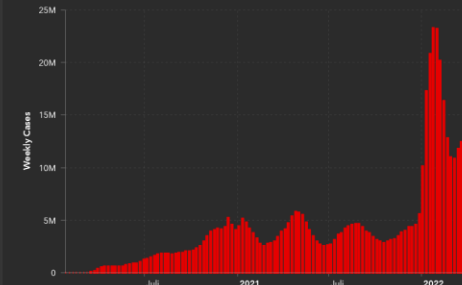
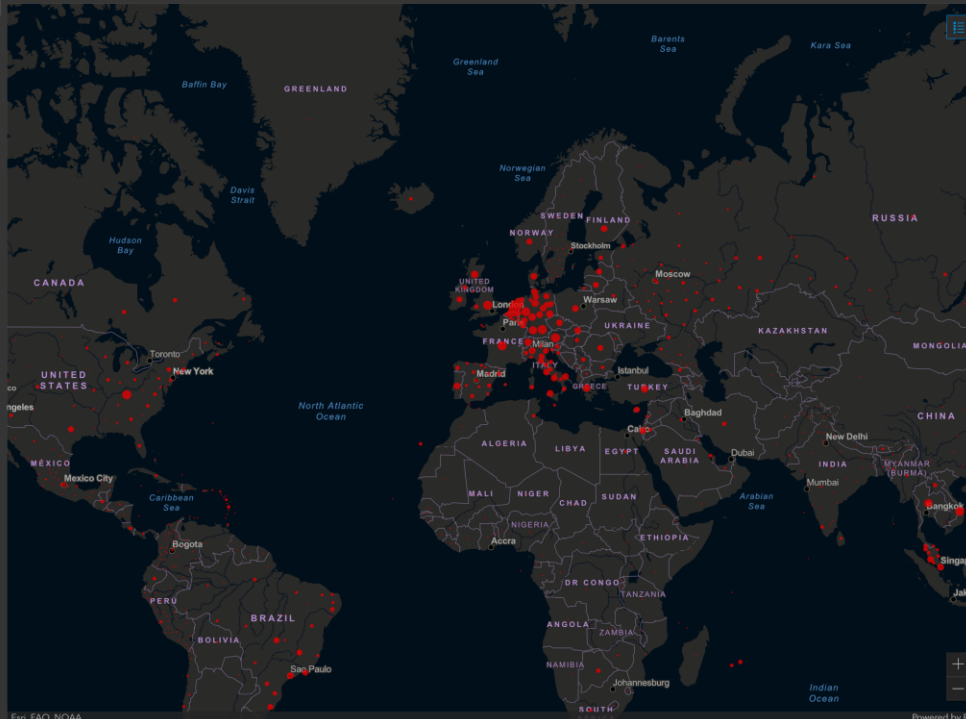
China
28-Day: 632.460 | 5.977
Totals: 1.462.190 | 12.900

Malaysia
28-Day: 600.000 | 1.000
Totals: 1.000.000 | 1.000

28-Day Cases
45.770.818

28-Day Deaths
167.807

28-Day Vaccine Doses Administered
409.628.453



Esri, FAO, NOAA
28-Day Totals Incidence Case-Fatality Ratio Global Vaccinations US Vaccinations Terms of Use

Daten- und Objekttypen

- **Primärdaten:** direkt beobachtete oder gemessene Daten; Eingangsdaten
- **Sekundärdaten:** nicht direkt beobachtete Daten, aus Primärdaten durch Modellierung und Bearbeitung hervorgegangene Daten; Ausgangsdaten

Daten- und Objekttypen

- **Primärdaten:** direkt beobachtete oder gemessene Daten; Eingangsdaten
- **Sekundärdaten:** nicht direkt beobachtete Daten, aus Primärdaten durch Modellierung und Bearbeitung hervorgegangene Daten; Ausgangsdaten

- **Klassische Daten** (Primär- und/oder Sekundärdaten)
- **Metadaten** (Daten über Daten; beschreibende Informationen): Zum Beispiel
 - Formate, Koordinatensysteme
 - Datenqualität, Zeitpunkt
 - Adressen, Vorwahlen
 - *Herkunftsdaten* (Provenance/Lineage): verwendete Methoden, Bearbeitungsschritte, Autoren, genutzte Primärdaten, etc.

Daten- und Objekttypen

- **Primärdaten:** direkt beobachtete oder gemessene Daten; Eingangsdaten
- **Sekundärdaten:** nicht direkt beobachtete Daten, aus Primärdaten durch Modellierung und Bearbeitung hervorgegangene Daten; Ausgangsdaten

- **Klassische Daten** (Primär- und/oder Sekundärdaten)
- **Metadaten** (Daten über Daten; beschreibende Informationen): Zum Beispiel
 - Formate, Koordinatensysteme
 - Datenqualität, Zeitpunkt
 - Adressen, Vorwahlen
 - *Herkunftsdaten* (Provenance/Lineage): verwendete Methoden, Bearbeitungsschritte, Autoren, genutzte Primärdaten, etc.

- **Daten ≠ Information:** Information entsteht durch Anwendung von Regeln und Anweisungen auf Daten und liefert interpretierbare Ergebnisse; Information ist stets an ein Informations-/Kommunikationsmittel gebunden (Sprache, Schrift, Visualisierung)
 - Syntax: interne Codierung, Struktur und Repräsentation der Information
 - Semantik: Kontext der zugrundeliegenden Daten
 - Kommunikation: Verwendung und Wiedergabe der zugrundeliegenden Daten

Daten- und Objekttypen

- **Geodaten vs. Sachdaten:**
 - Geodaten weisen stets einen Raumbezug auf und können in verschiedenen Datenmodellen (z.B. Vektor- oder Rasterdaten) vorliegen; es wird oft zwischen Geometriedaten und Topologiedaten unterschieden
 - Sachdaten liegen initial ohne Raumbezug vor (Namen, Nummern, Bezeichnungen, etc.)

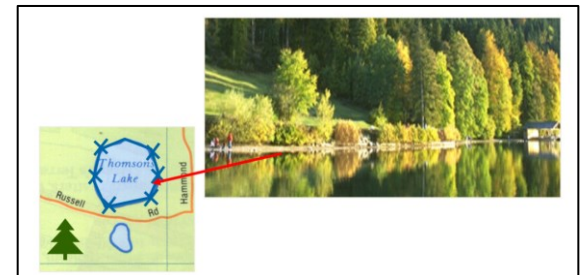
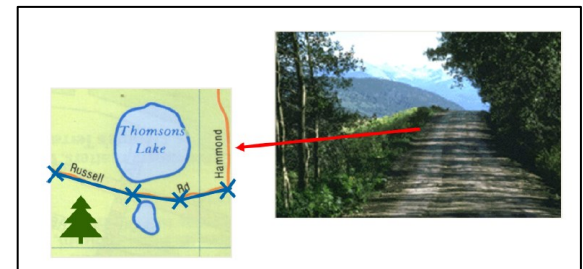
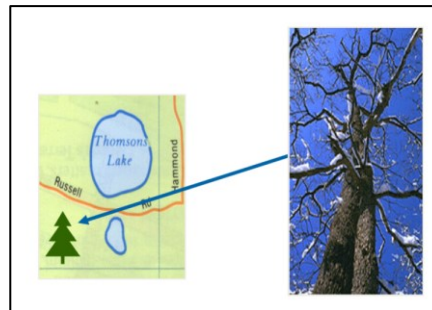
Daten- und Objekttypen

- **Geodaten vs. Sachdaten:**

- Geodaten weisen stets einen Raumbezug auf und können in verschiedenen Datenmodellen (z.B. Vektor- oder Rasterdaten) vorliegen; es wird oft zwischen Geometriedaten und Topologiedaten unterschieden
- Sachdaten liegen initial ohne Raumbezug vor (Namen, Nummern, Bezeichnungen, etc.)

- **Geoobjekte:** Gruppierung von Daten in zusammenhängende, räumlich abgeschlossene Objekte mit ähnlichen Eigenschaften

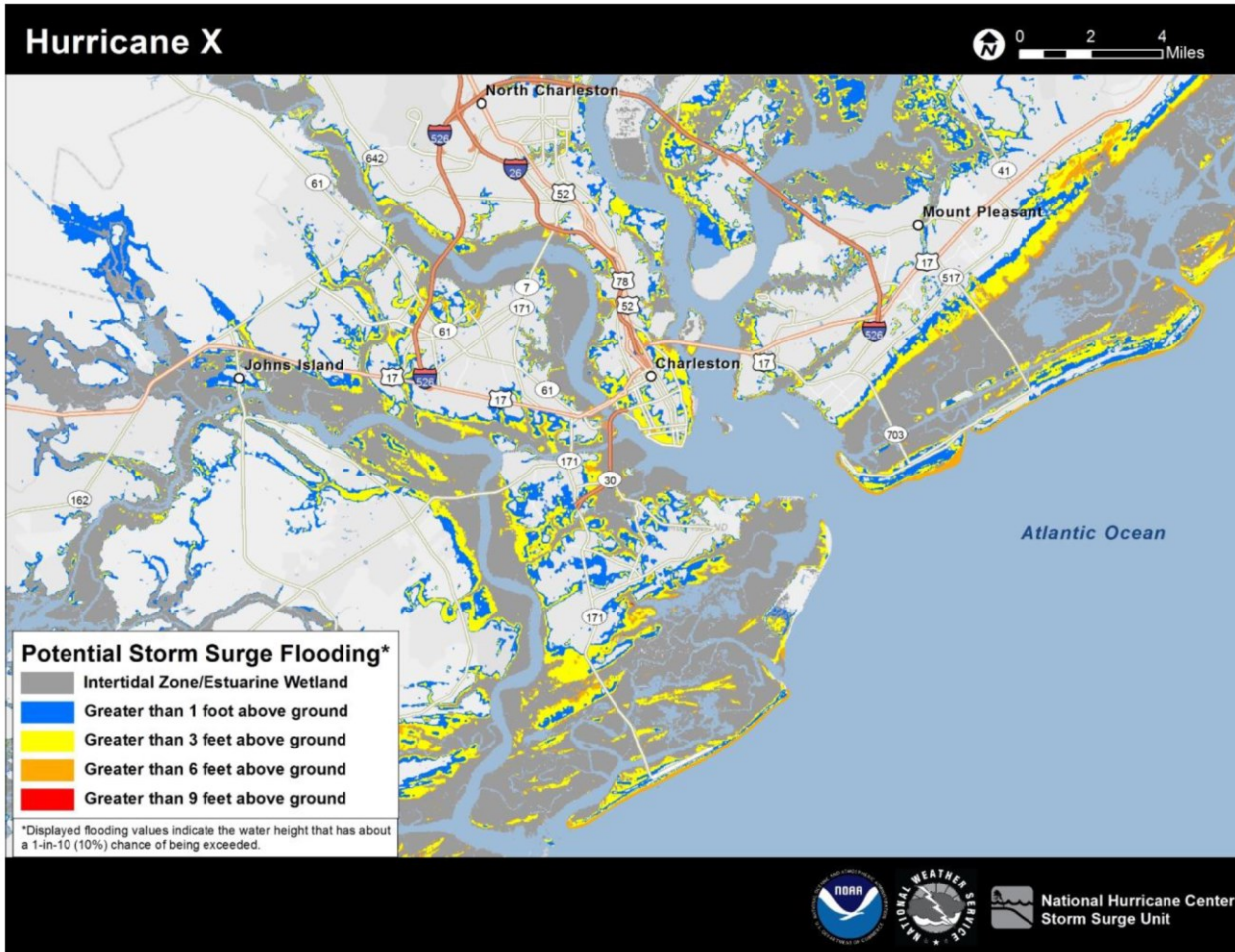
- Punkteobjekte (0-d)
- Linienobjekte (1-d)
- Flächenobjekte (2-d)
- Volumenobjekte (3-d)
- etc.



Daten- und Objekttypen



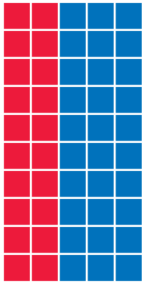
Primär- oder Sekundärdaten?



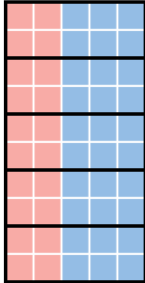
Daten- und Objekttypen

Primär- oder Sekundärdaten?

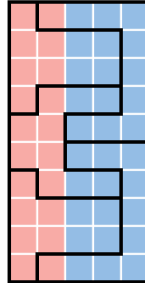
HOW TO STEAL AN ELECTION



50 PRECINCTS
60% BLUE
40% RED

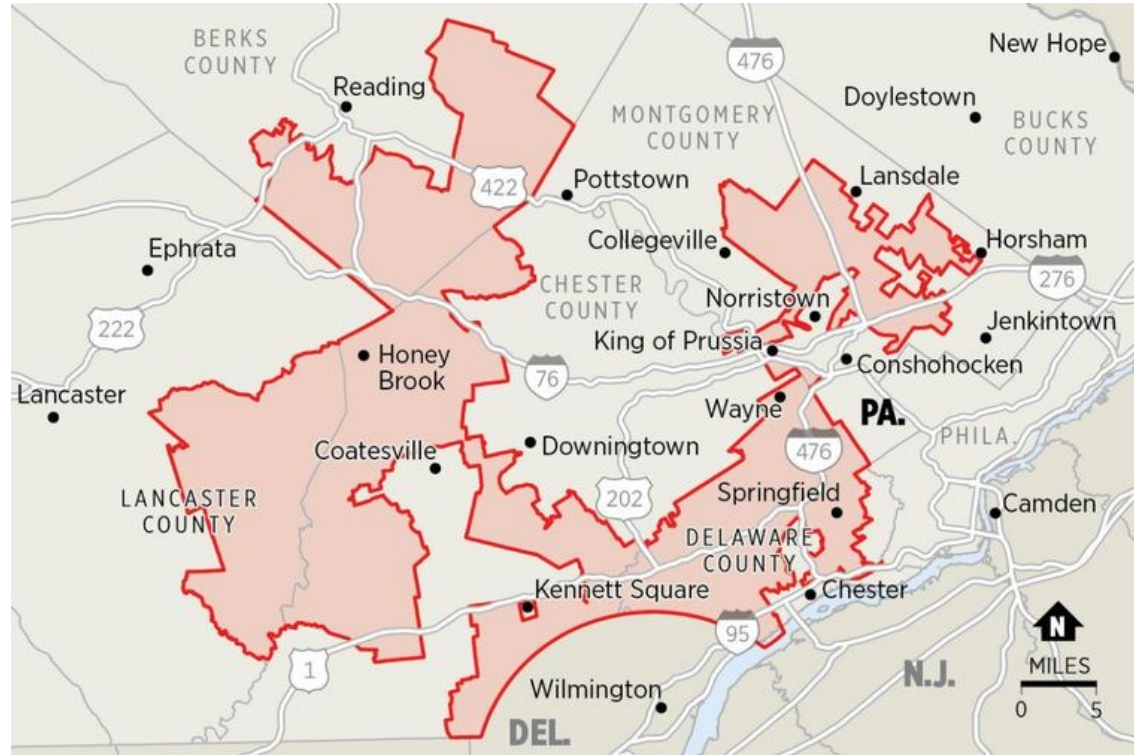


5 DISTRICTS
5 BLUE
0 RED
BLUE WINS



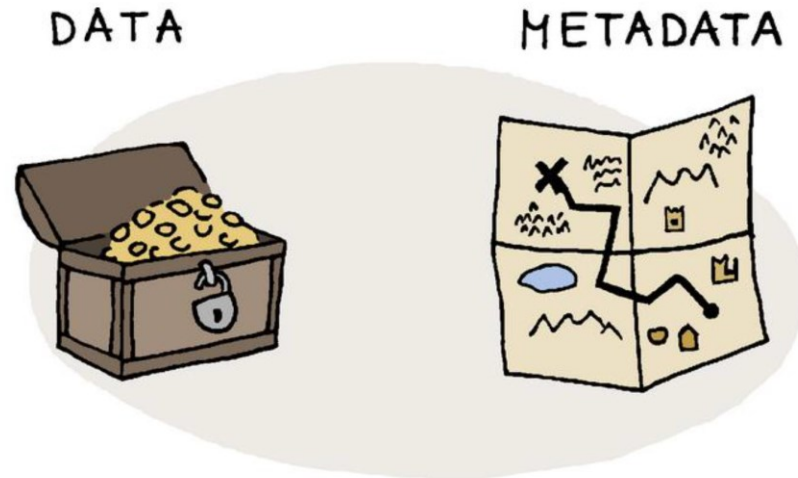
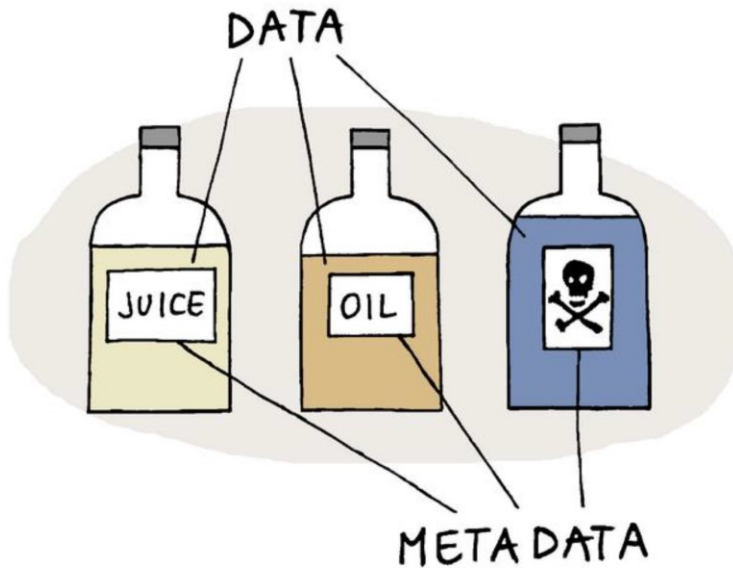
5 DISTRICTS
3 RED
2 BLUE
RED WINS

https://www.fairvote.org/new_poll_everybody_hates_gerrymandering



<https://www.inquirer.com/philly/opinion/pennsylvania-republicans-redistricting-gerrymandering-supreme-court-opinion-20180212.html>

Was sind Metadaten?



 Dataedo /cartoon

Piotr@Dataedo

 Dataedo /cartoon

Piotr@Dataedo

Image: <https://dataedo.com/cartoon/data-vs-metadata-4>

Image: <https://dataedo.com/cartoon/data-vs-metadata-2>

Was sind Metadaten ...

... „Daten über Daten“ / Datendokumentation / ...

- **Deskriptiv:** Informationen über den Inhalt
 - *Objektname, Ersteller, Spatial Reference, Erstellungszeit, Zweck, Beschreibung ...*
- **Administrativ:** Informationen zu Verwaltungszwecken
 - *Datenquelle / Datenformat, Version, Copyright / Lizenz ...*
- **Strukturell:** Informationen zu Beziehungen zwischen Objekten
 - *Zugrundeliegende Objekte, untergeordnete Objekte ...*

ArcGIS erlaubt es rudimentär, Metainformationen für einzelne Objekte hinzuzufügen. Dies muss aber durch den Anwender selbst geschehen und die Informationen lassen sich nur schwer von „außerhalb“ auslesen.

- **Im Allg. muss der Anwender die Metainformationen von Geoobjekten selbst verwalten. Dies kann aufwändig sein, ist aber notwendig ...**

FAIR-Prinzipien

- **F**indable (Auffindbarkeit)
 - Wo sind die Daten abgelegt?
- **A**ccessible (Zugreifbarkeit / Verfügbarkeit)
 - Wie kann ich auf die Daten zugreifen?
- **I**nteroperability (generelle Verwendbarkeit)
 - Wie können die Daten verwendet werden?
- **R**eusability (Wiederverwendbarkeit)
 - Wie können andere die Daten verwenden?

Im Allgemeinen bzgl. Öffentlich publizierten Daten, aber auch für lokale Daten sinnvoll.

- Umfassende Dokumentation und ausführliche Metadaten sind **IMMER** sinnvoll und notwendig!

FAIR-Prinzipien: Findable

Öffentlich:

- Global eindeutiger und persistenter Identifizierer (z.B. DOI)
- Ausführliche / komplette Metadaten
- Metadaten enthalten Verweis zum Identifizierer der Daten
- Daten liegen in einer öffentlich durchsuchbaren Quelle (Datenbank) vor oder sind dort verlinkt

Lokal:

- Daten sind zumindest eindeutig benannt
- Ausführliche Metadaten / Dokumentation, wo sich alle Daten befinden

FAIR-Prinzipien: Accessible

Öffentlich:

- (Meta)Daten können über den Identifizierer mittels eines standardisierten Übertragungsprotokolls abgerufen werden
- Das verwendete Protokoll ist öffentlich, frei verfügbar und universell implementierbar
- Wenn die Daten nicht verfügbar sind, sind zumindest die Metadaten verfügbar

Lokal:

- Daten und Metadaten sollten getrennt von einander archiviert werden, aber aufeinander verweisen

FAIR-Prinzipien: Interoperabilität

Öffentlich:

- (Meta)Daten liegen in einer formalen, zugänglichen, teilbaren und weit verbreiteten „Sprache“ / Repräsentation vor (*XML, JSON,...*)
- (Meta)Daten verwenden Vokabular / Bezeichnungen, welche den FAIR-Prinzipien entsprechen
- (Meta)Daten verweisen nur über offizielle eindeutige Identifier (fully qualified reference) auf andere (Meta)Daten

Lokal:

- Alle Metadaten werden gemäß einer eindeutigen Konvention erstellt
- Alle Metadaten liegen in einfach-lesbarer / leicht-verarbeitbarer Form vor (*ASCII-Dateien, XML, JSON ...*)

FAIR-Prinzipien: Reusable

Öffentlich:

- (Meta)Daten beinhalten **ALLE relevanten Attribute**
- (Meta)Daten werden mittels klarer und eindeutiger Lizenz veröffentlicht
- (Meta)Daten beinhalten detaillierte Herkunftsinformationen / provenance data.
- (Meta)Daten entsprechen den Standards des betreffenden Fachgebiets

Lokal:

- Alle (Meta)Daten werden, wenn möglich, in nicht-proprietären Datenformaten als Quasistandards / Standardformate vorgehalten / archiviert (shape-files / Pdf / ASCII-Dateien)
- Alle Daten sind ausführlich dokumentiert

... Reproduzierbarkeit?

Ist es möglich, bei nochmaliger Bearbeitung einer Fragestellung mit der gleichen Datenbasis zu den gleichen Ergebnissen zu kommen?

Sollten Geodaten / Geoobjekte aus GIS-Projekten reproduzierbar sein?

- **Ja**, zumindest im Falle von Risikoabschätzung und Gefahrenabwehr!

Sind solche Geodaten / Geoobjekte überhaupt reproduzierbar?

- Herkunftsdaten sind notwendig ...
Wer hat mit welchen Daten die Fragestellung **WIE** bearbeitet?
- Wie kann man interaktive Arbeitsschritte reproduzierbar machen?
 - *Logging / History* – Daten
- Erstellung eines Code-Skripts, welche alle Arbeitsschritte umfasst.
 - Für ArcGIS ⇒ Python-Schnittstelle ArcPy ist vorhanden.

Funktionen eines GIS

Ein GIS Projekt unterteilt sich im Wesentlichen in drei Abschnitte:

- Aufbau der Datenbank
- Datenverarbeitung
- Datenintegration und -modellierung

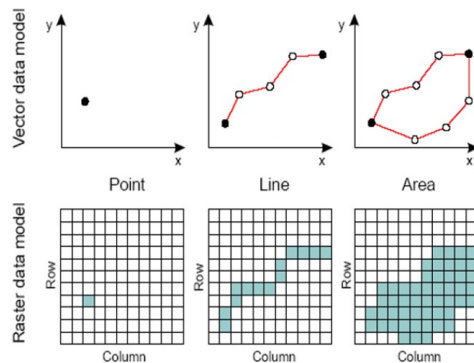
Funktionen eines GIS

Ein GIS Projekt unterteilt sich im Wesentlichen in drei Abschnitte:

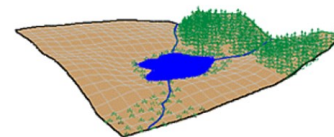
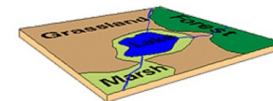
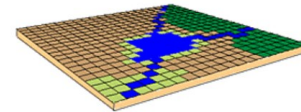
- Aufbau der Datenbank
- Datenverarbeitung
- Datenintegration und -modellierung

Grundsätzliche Funktionen eines GIS:

- **Dateneingabe und -aufnahme:**
 - Datenbank zur Hinterlegung von Daten unterschiedlichen Typs und Struktur
 - *Datenmodelle* (konzeptionelle Struktur; z.B. Raster- oder Vektormodell)
 - *Datenstruktur* (konkrete Umsetzung des Datenmodells)
 - *Datenformat* (konkretes Format zur Speicherung einer Datenstruktur)



- RASTER
- VECTOR
- Real World



Funktionen eines GIS

Ein GIS Projekt u

- Aufbau der D
- Datenverarbe
- Datenintegrat

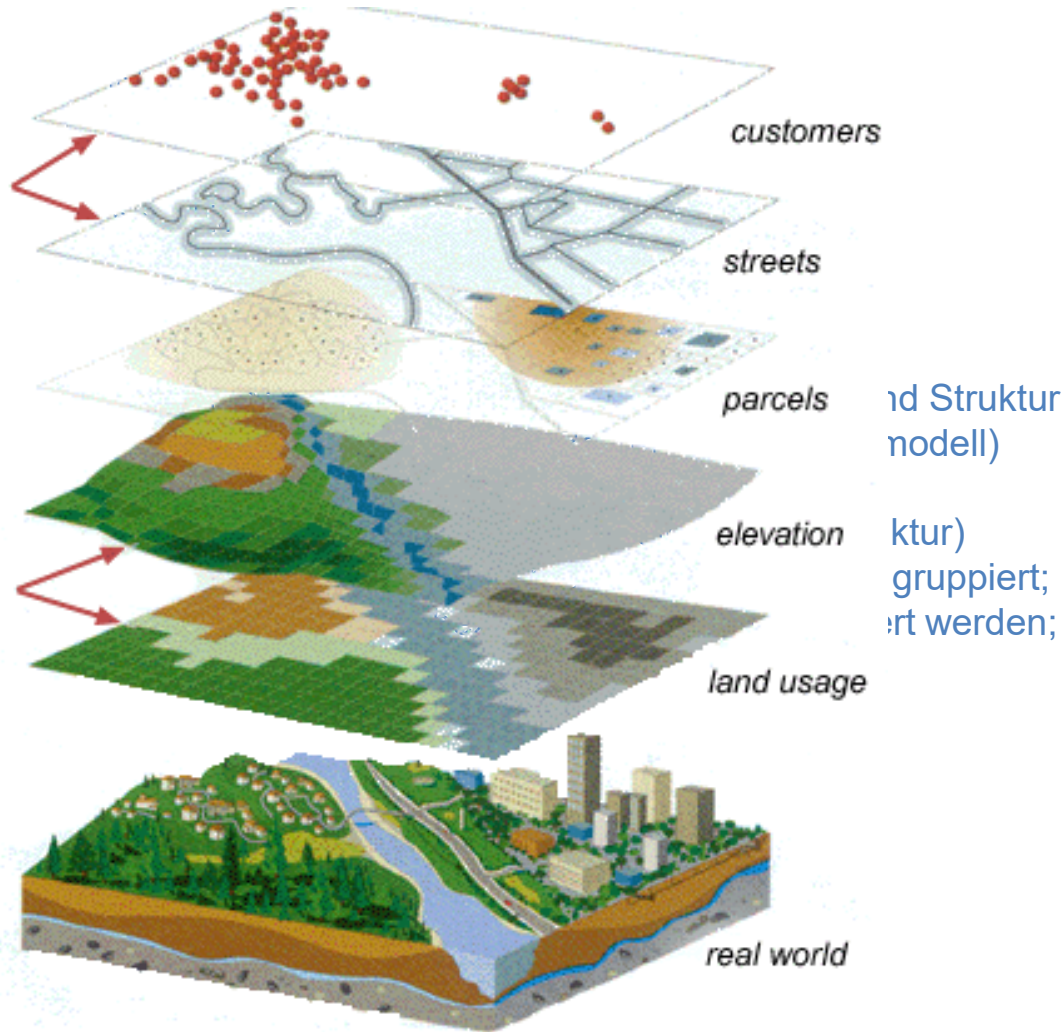
Grundsätzliche F

• **Dateneingab**

- Datenb
- *Datenn*
- *Datens*
- *Datenf*
- Datenla
- Ebenen
- Reihen

v
e
c
t
o
r

r
a
s
t
e
r



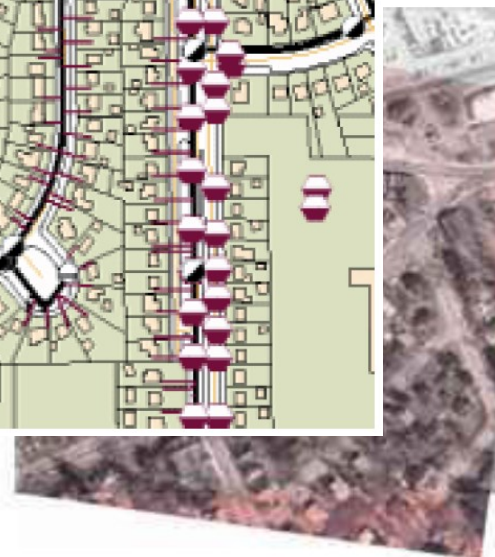
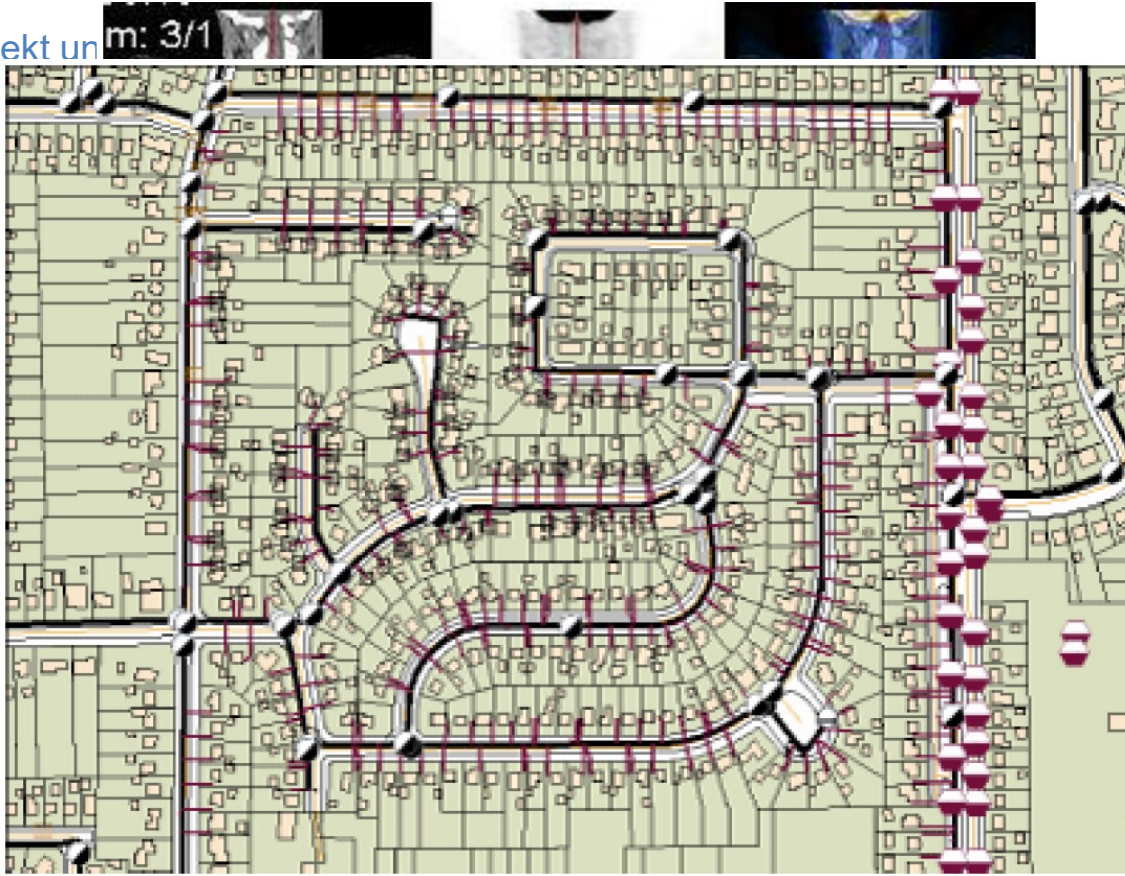
Funktionen eines GIS

Ein GIS Projekt umfasst

- Aufbau d
- Datenver
- Datenint

Grundsätzlich

- **Datenein**
 - Da
 - Da



tur

aten
g

Funktionen eines GIS

Ein GIS Projekt unterteilt sich im Wesentlichen in drei Abschnitte:

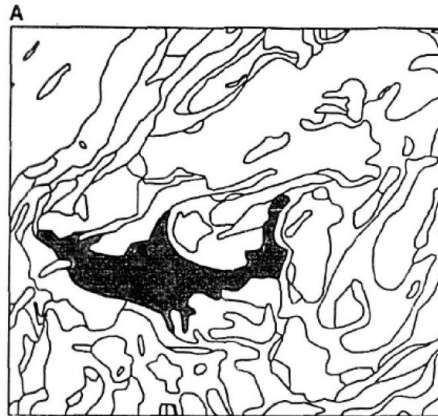
- Aufbau der Datenbank
- Datenverarbeitung
- Datenintegration und -modellierung

Grundsätzliche Funktionen eines GIS:

- **Dateneingabe und -aufnahme:**
 - Datenbank zur Hinterlegung von Daten unterschiedlichen Typs und Struktur
 - *Datenmodelle* (konzeptionelle Struktur; z.B. Raster- oder Vektormodell)
 - *Datenstruktur* (konkrete Umsetzung des Datenmodells)
 - Datenlayer/-ebenen (zugehörige Daten werden als Ebene/Layer gruppiert; Ebenen/Layer haben gleichen Raumbezug und können überlagert werden; Reihenfolge kann eine Rolle spielen)
 - *Georeferenzierung* und Registrierung (Zuweisung der direkten Raumbezüge der Daten in einen Raumbezug innerhalb des GIS (primäre Metrik); ggfs. auch Referenzierung von Sachdaten mit indirektem Raumbezug möglich, z.B. via PLZ, Wahlbezirk, etc. (sekundäre Metrik))
- **Visualisierung** (der Mensch kann komplexe räumliche Beziehungen visuell besser wahrnehmen als Texte, Tabellen, etc.; ein GIS sollte verschiedene Darstellungsmethoden umfassen)

Funktionen eines GIS

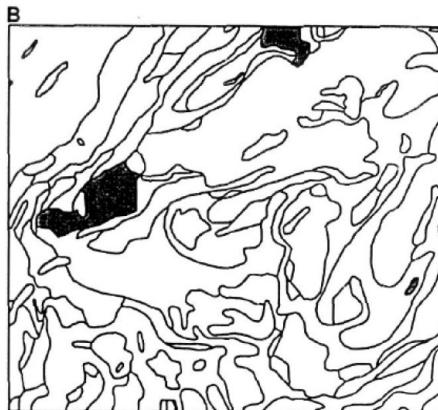
- Räumlich Visualisierung
 - Weltkarte
 - Weltkarte
 - Topographie
 - Weltkarte



Entity	Class	Area	Perimeter	Lithology
65	19	226.2	137.1	Migmatite
66	13	4.5	11.5	Gabbro
67	13	3.4	7.0	Gabbro
68	18	36.0	41.4	Paragneiss

sehen als bloße

Geometrie
 auf?
 von Objekten mit



Entity	Class	Area	Perimeter	Lithology
43	10	2.3	16.9	Syenite
51	10	72.1	46.4	Syenite
91	10	23.1	23.8	Syenite
Count	3	3.0	3.0	
Total	30	97.5	77.1	
Mean	10	32.5	25.7	

Search for :
 lithology = "Syenite"

FIG. 5-14. Interactive spatial query of a geological map. A. Identifying the attributes of a polygon selected on a map view, as indicated in an associated polygon attribute table. B. Identifying those polygons on the map that have the attribute called lithology equal to "syenite", as selected from the polygon attribute table.

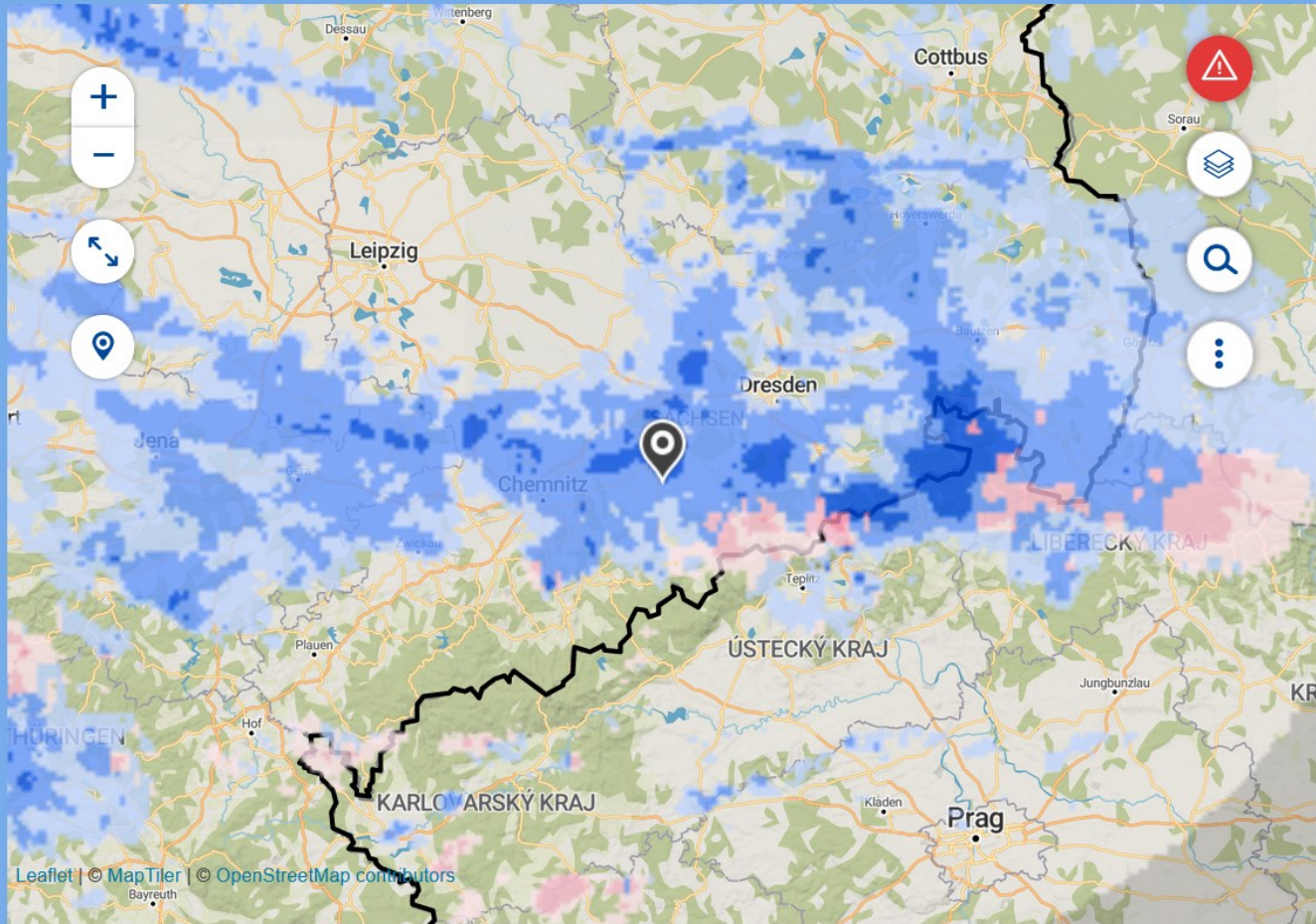
Räumliche Abfrage nach Bonham-Carter (1994)

Funktionen eines GIS

- **Räumliche Abfragen** (oft besser um spezielle Sachverhalte zu untersuchen als bloße Visualisierung):
 - Welche Charakteristik weist ein räumliche Position auf?
 - Welche räumlichen Positionen weisen eine bestimmte Charakteristik auf?
 - Topologische Abfragen (z.B. Abfragen nach benachbarten Objekten oder Objekten mit weniger als x km Entfernung)
- **Datenkombination/-integration:** Kombination verschiedener Datensätze zur gemeinsamen Interpretation
 - *Datenebene:* Nutzung mathematische Beziehungen und Modelle zur Erstellung neuer Attribute (z.B. Bestimmung des Verhältnisses zweier Elemente zueinander basierend auf dem Vorkommen jedes einzelnen)
 - *Layerebene:* Zusammenführung bereits existierender Layer zu neuem Layer mittels Map Algebra (z.B. kombiniere geologische Karten mit Luftbild, um bei verschiedenen Lithologien eine bestimmtes Spektralverhalten erkennen)
 - *Visualisierungsebene:* Überlagere verschiedene Karten zur gemeinsamen Visualisierung (bei Rasterdaten ist u.U. der Einsatz von Transparenzeigenschaften nötig)

Beispiel: Regenradar

Regenradar Europa



08:10
Di. 05.04.

05:55

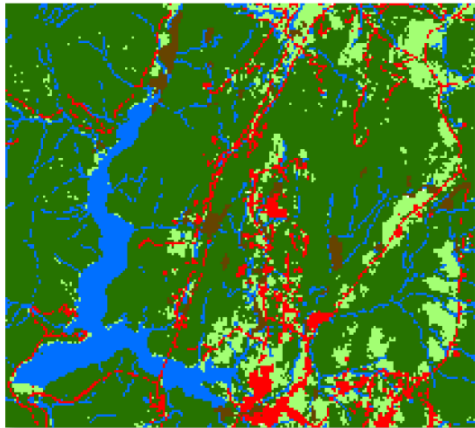
Prognose

09:50

08:09

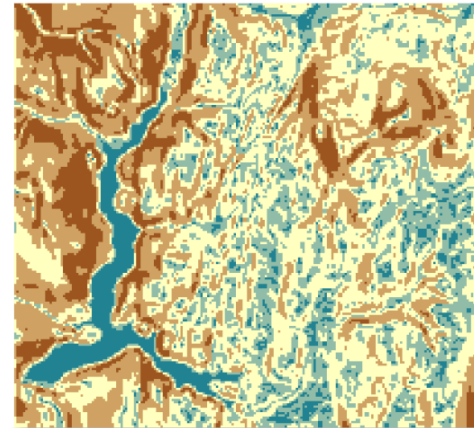
Funktionen eines GIS

• R
Vi



- landu
- LANDUSE
- Agriculture
- Built up
- Forest
- Water
- Wetlands

Zone input



- slope
- <VALUE>
- 0 - 5
- 5 - 15
- 15 - 30
- 30 - 45
- 45 - 65

Value input

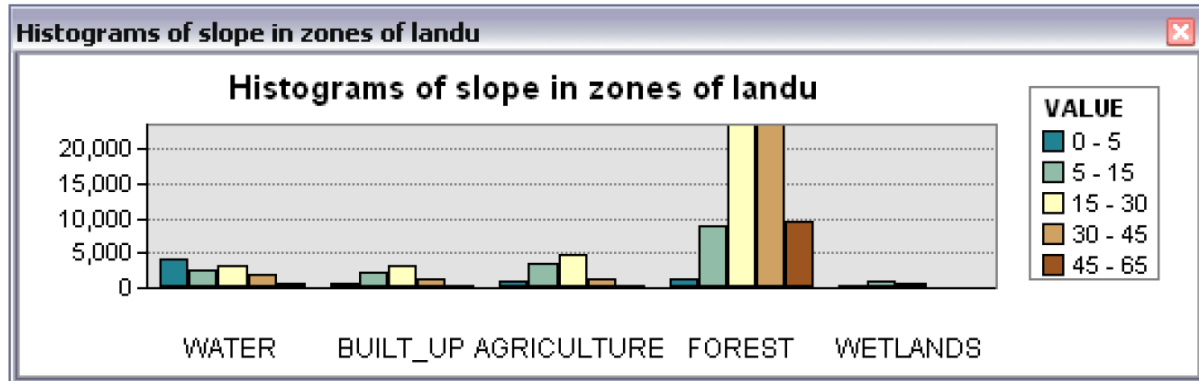
nit

ien

er

id

• D
In



Output graph

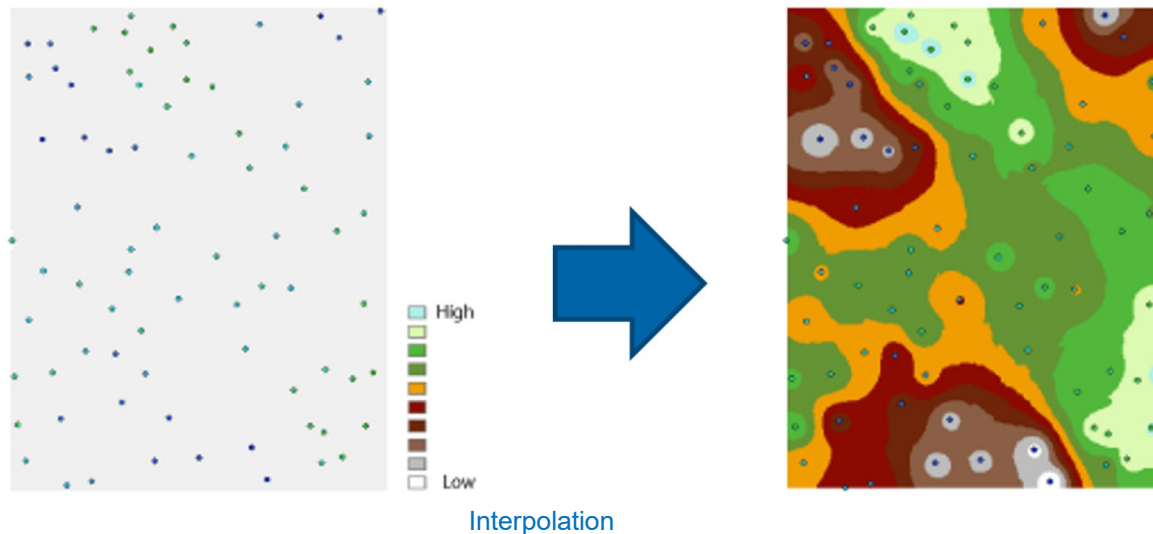
n

• D
(r

n)

Funktionen eines GIS

- **Vorhersage/Modellierung:** Vorhersage und Modellierung von Sachverhalten basierend auf gegebenen Daten (kombinierte mathematische Auswertung von Attributkombinationen zur Bestimmung eines unbekanntes Attributs; oft in Verbindung mit Interpolation und Approximation)



Grundsätzliche verschiedene Arten von GIS Projekten:

1. „*Single Task*“-Projekt:

- Bearbeitet eine einzelne, spezifische Problemstellung, z.B.
 - Kombination mehrere Eingabeobjekte zu einem Ausgabeobjekt
 - Digitalisierung einer Feature-Class basierend auf einem Rasterobjekt
- Eher klein, wenige beteiligte Geoobjekte
- Nur ein Anwender

2. Komplexes Einzelprojekt:

- Bearbeitet eine komplexe Problemstellung, welche die Bearbeitung mehrerer spezifischer „Unterprobleme“ voraussetzt
- Mittlerer Datenumfang, zum Teil zusätzliche „Zwischenobjekte“
- Zumeist nur ein Anwender, ggf. unabhängige Nutzer

3. „*Multi-Task*“- oder „*Multi-Purpose*“-Projekt:

- Bearbeitung mehrerer komplexer Problemstellung basierend auf einer gemeinsamen Datenbasis, zum Teil aufgeteilt in mehrere einzelne GIS-Projekte
- Umfangreiche Datenbasis
- Zumeist mehrere Anwender und unabhängige Nutzer

Welche Datenquellen sollte man verwenden:

1. „*Single Task*“-Projekt:
 - Einzeldateien (z.B. *shape-Files*, *GeoTIFF*), Geodatenbank
2. Komplexes Einzelprojekt:
 - Geodatenbank
 - Eingangsdaten sollten ebenfalls per Datenbank vorgehalten werden
 - Ggf. Export einzelner Datensätze als Einzeldateien
3. „*Multi-Task*“- oder „*Multi-Purpose*“-Projekt:
 - Mehrere Geodatenbanken (Datenbasis thematisch aufgeteilt), ggf. mit *Web Map Server* (WMS)-Anschluss