

**Modul Nr. 13193 + 13194,  
M.Sc. Bau: Geodäsie und GIS  
Teil GIS – Kapitel 2:  
Grundlegende Konzepte**



**Univ.-Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Reinhardt**  
**AGIS / Inst. Für Angewandte Informatik (INF4)**  
**Universität der Bundeswehr München**  
**Wolfgang.Reinhardt@unibw.de**  
**www.agis.unibw.de**

# Ziele und Inhalte – Vorlesung GIS

**Ziele:** Grundprinzipien kennen  
Wissen was man mit GIS bearbeiten kann  
Einfache Aufgaben durchführen können,  
primär im Zusammenspiel GIS/DGM

## **Inhalte :**

- Kap 1: Einführung
- **Kap 2: Grundlegende Konzepte**
- Kap 3: Daten
- Kap 4: Datenbanken
- Kap 5: Digitale Geländemodelle
- Übungen

## **Kap2:**

**Geometrische und topologische Grundlagen, geom. Datentypen, Operatoren, Beispiele  
Modellierung / Datenmodelle für GIS**

# Überblick

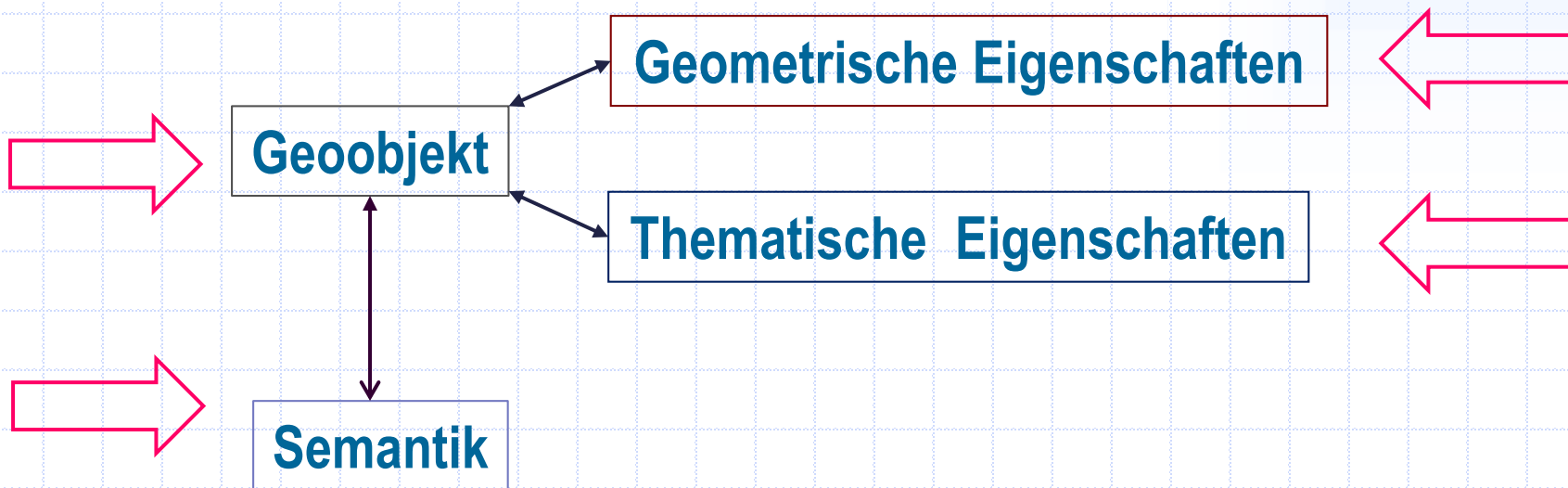
---

## Geometrie- und Sachdaten:

- Vektordaten
- Topologie und Geometrie
- Rasterdaten
- Sachdaten
- Modellierung

# Überblick

## Erinnerung: Geoobjekt (feature)



# Überblick

## Geometrie-Modellierung

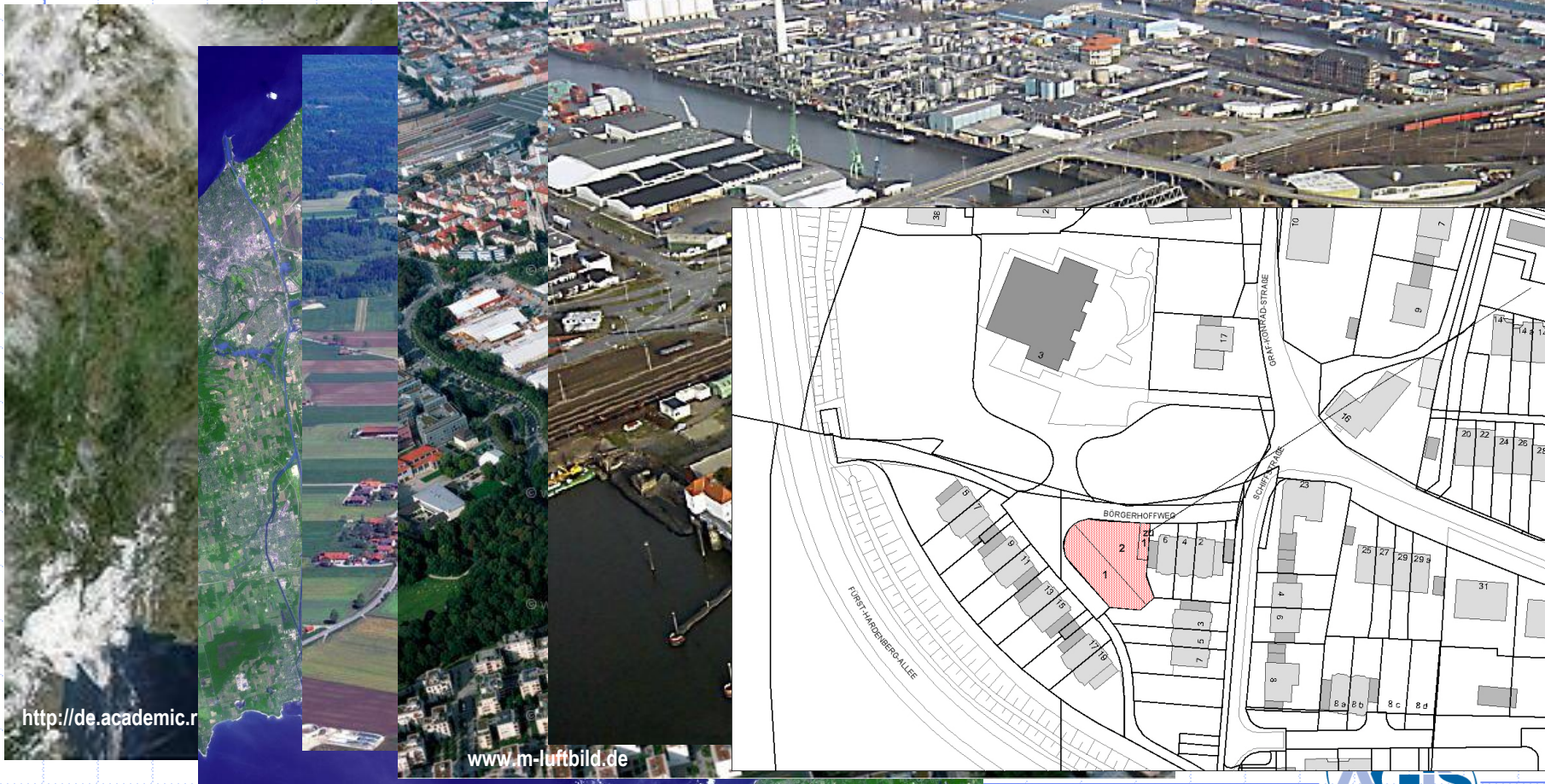
- Vektordaten
- Grundlagen Graphen
- Topologie und Geometrie
- Rasterdaten

## Thematische Eigenschaften (Sachdaten)

## Modellierung

# Was wollen wir geometrisch modellieren?

Phänomene der realen Welt in unterschiedlichster Form und Abstraktion



# Was wollen wir geometrisch modellieren?

Was müssen wir für die **geometrische** Modellierung wissen und beachten?



# Dimension unseres Modells

## Dimensionen

2 D:



Verwendung von X- und Y- Koordinaten

2,5 D:



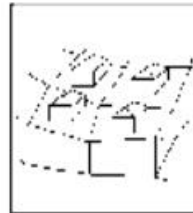
Verwendung von X- und Y- Koordinaten. Z- Koordinate als Attribut

2 D + 1 D:



Verwendung von X- und Y- Koordinaten  
Zusätzlich separate Beschreibung der Höhenverhältnisse

3 D:



Verwendung von X- und Y- und Z-Koordinaten  
Dreidimensionale Modellierung

4 D:



Zeit als 4. Dimension  
Beschreibung zeitlicher Veränderungen

=> Grundlage für metrische Operationen

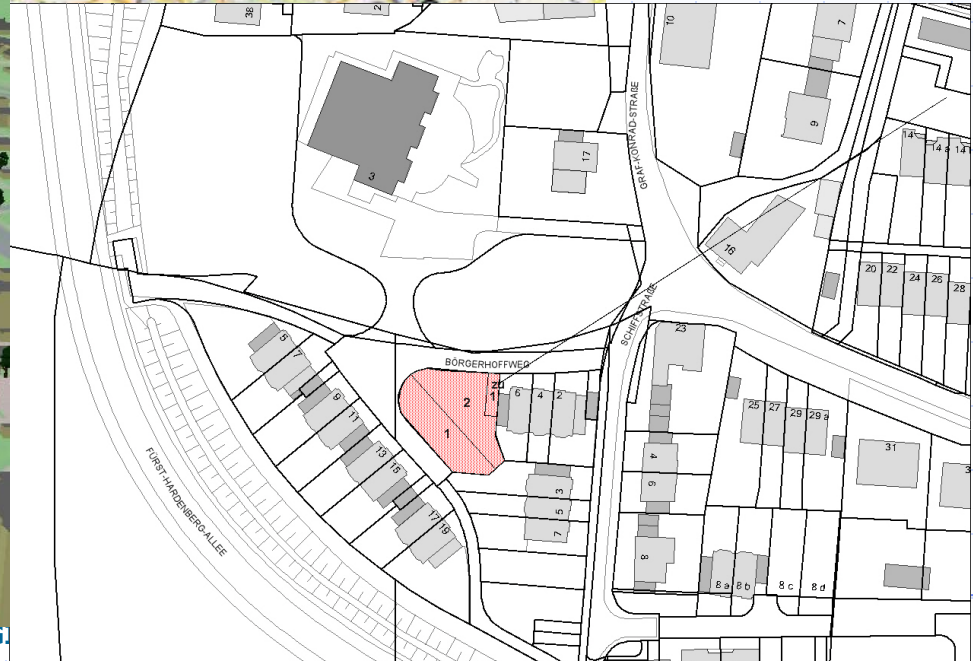
Unterscheide:  
Dimension

- Der Koordinaten
- Des Modells (-> geom . Elemente)

Grossräumige GIS (ATKIS, EVU ..) oft  
2D bzw. 2,5D  
oder 2D + 1D



# Abstraktion unseres Modells



# Allgemeines über Geometriedaten

Beschreibung der Geometrie, d.h. der **Form** und **Lage**, von Geo-Objekten und Feldern.

Beschreibung der Geometrie erfolgt über

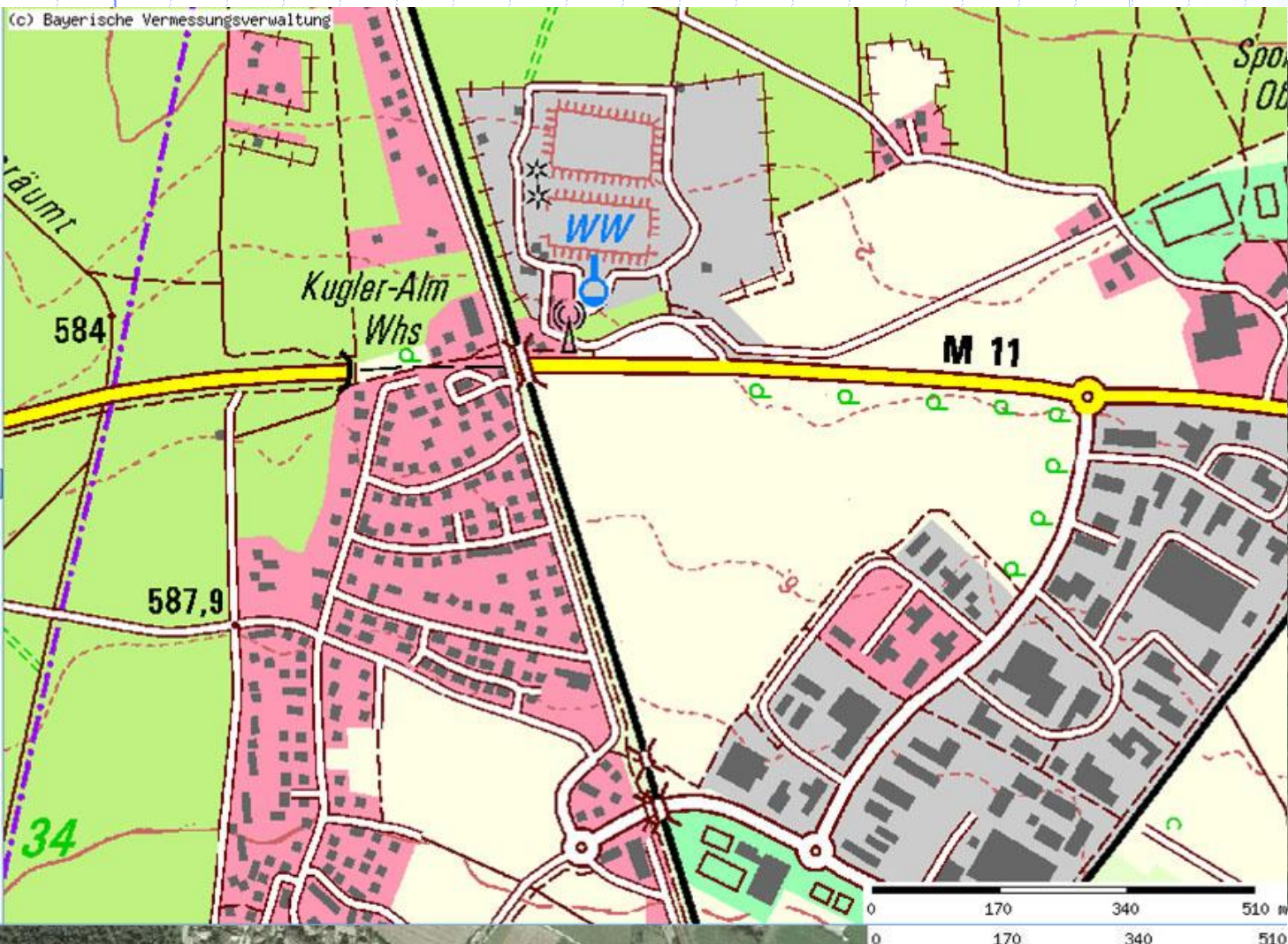
- + Vektordaten (Elemente: Punkte, Kurven, Flächen ...)
- + Rasterdaten (Element: Pixel)

Für die Lage:

- + Koordinaten (Regelfall)

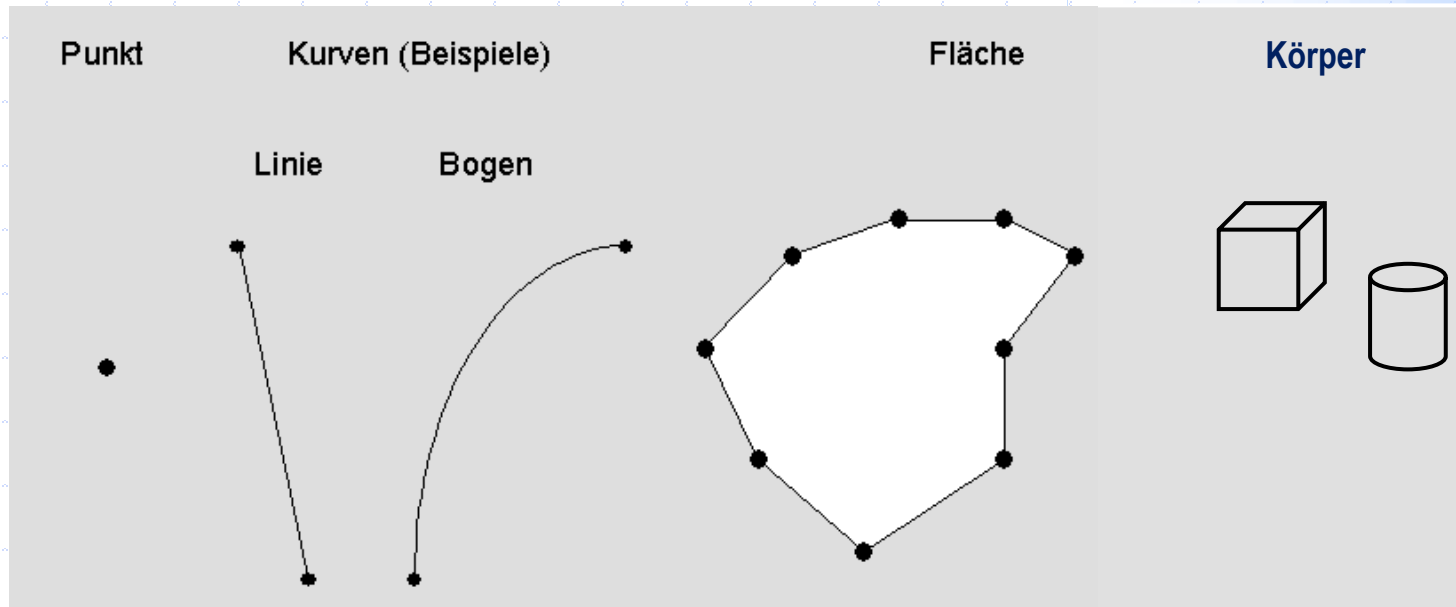


# Raster / Vektor – Daten (Beispiel)



# Vektordaten, allgemein

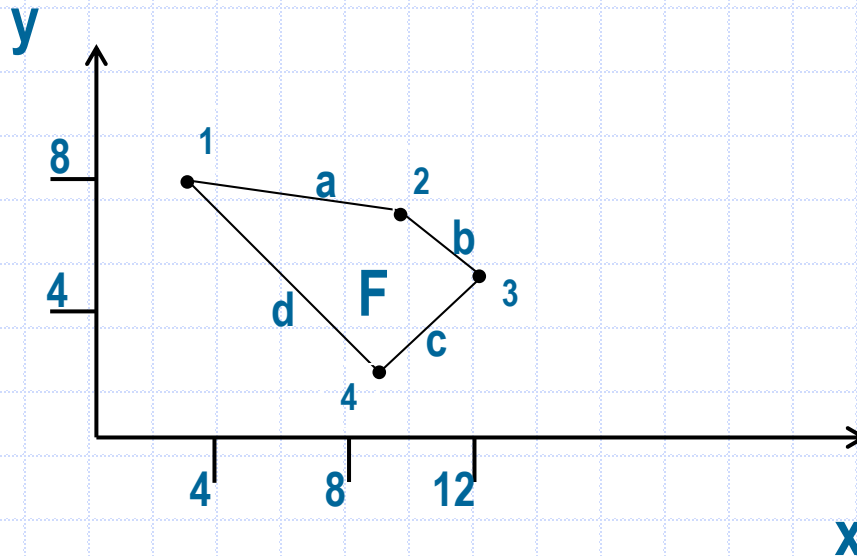
Beschreibung auf Basis der Grundelemente: Punkt, Kurve, Fläche, Körper



- Punkt ist in der Regel der Träger der Koordinate.
- Zur Berechnung von Abstand, Fläche etc. wird spezielle Metrik benötigt. Dies erfolgt
- in der Regel auf Basis der bekannten Euklidischen Geometrie.
- Geo-Datenbanken stellen entsprechende Datentypen zur Verfügung (z.B. „Line“)

# Vektordaten

Beispiele wie Vektordaten beschrieben werden können



Punkte:

Nr.	x	y
1	3	8
2	10	7
3	12	5
4	9	2

Linien:

Nr.	P1	P2
a	1	2
b	2	3
c	3	4
d	4	1

Beispiele für Fläche:

$F(1,2,3,4,1)$

$F(a,b,c,d)$

- In GIS-SW-Produkten sehr unterschiedlich!  
Vgl. auch Übungen

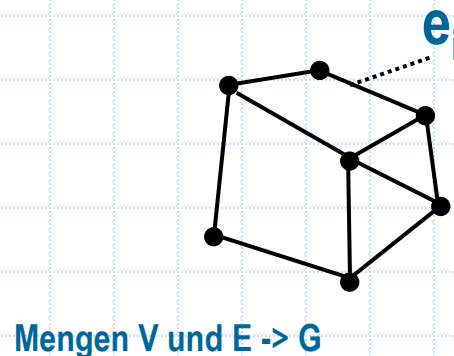
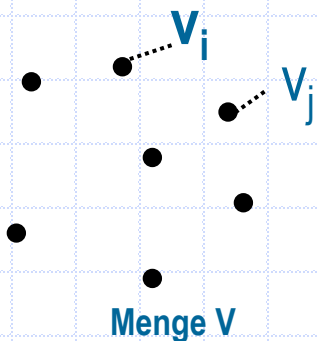
# Grundlagen Graphen (1)

Grundsätzlich wird ein Graph  $G$  durch zwei Mengen symbolisiert:

$$G = (V, E)$$

$V$  ist die Menge aller Knoten (engl. *vertices*) die im Graphen enthalten sind. (darf keine leere Menge sein)

$E$  stellt die Menge aller Kanten (engl. *edges*) zwischen den Knoten des Graphs dar. Dabei wird eine Kante repräsentiert durch das Paar von Knoten die sie berührt.

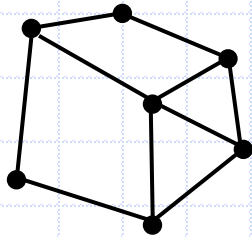


Adjazenz:

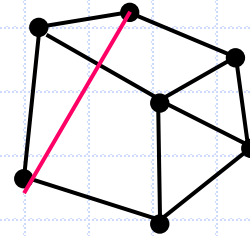
Sind  $v_i, v_j$  zwei Elemente aus  $V$  und existiert  $(v_i, v_j) \in E$  dann heißt  $v_i$  **adjazent**  $v_j$ .

# Grundlagen Graphen (2)

Ein Graph  $G$  heißt planar (oder plättbar), wenn sich Kanten nur in Knoten schneiden

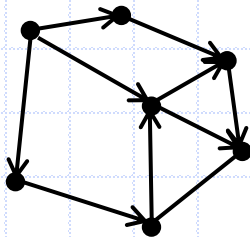
 $G_1$ 

Planar!

 $G_2$ 

Nicht Planar!

Bei einem gerichteten Graph  $G$  können die Kanten nur in einer Richtung durchlaufen werden („gerichtete Kanten“). Dies wird durch Pfeile kenntlich gemacht

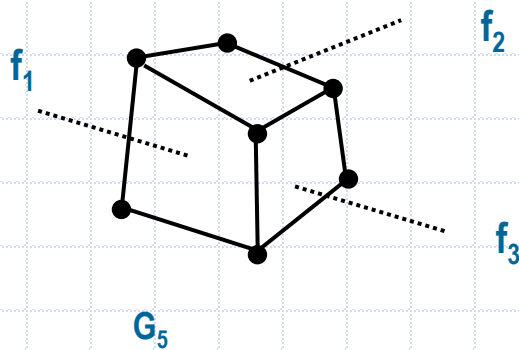
 $G_3$ 

Gerichteter Graph



# Grundlagen Graphen (3)

Der von einem geschlossenen Zug von Kanten umschlossene Bereich heißt Masche (engl. Face -> f)



Für diese Graphen mit

$f$  Maschen (*face*)

$e$  Kanten (*edge*)

$v$  Knoten (*vertex*) gilt die Eulerformel:

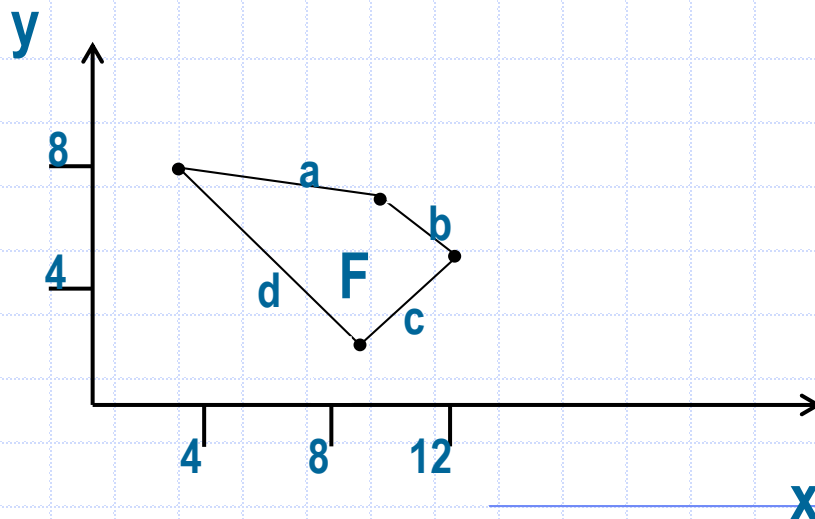
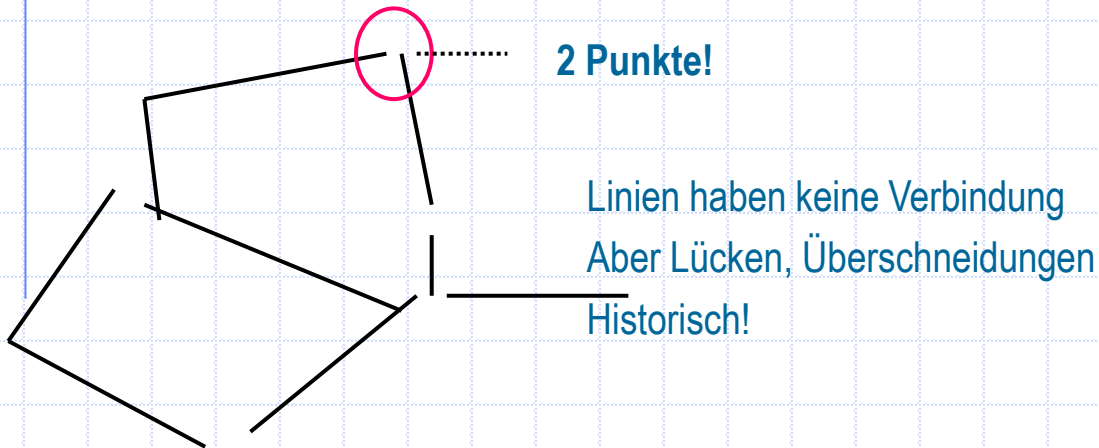
$$f - e + v = 2$$

Graphen als Grundstrukturen für GIS-Daten (Vektor)!

# Topologische Eigenschaften

Einteilung:

Spaghettidaten (nicht topologisch, teilweise bei CAD Systemen zu finden)



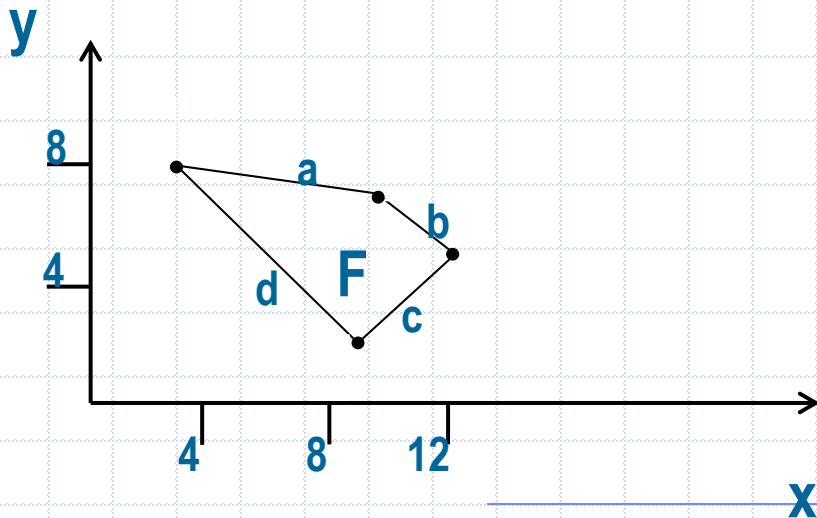
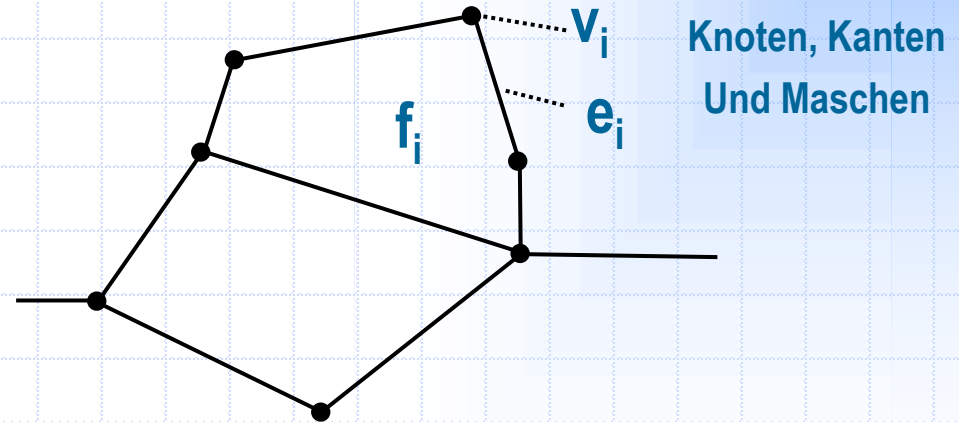
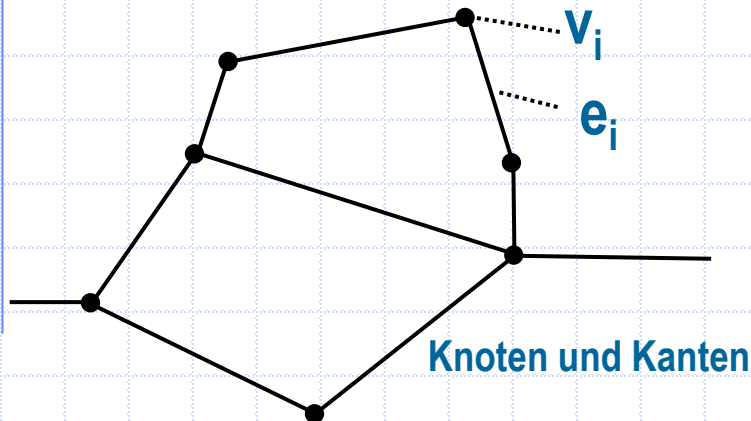
Linien:

Nr.	P1	P2
a	1	2
b	3	4
c	5	6
d	7	8

-> Koordinaten von Pi?

# Topologische Eigenschaften

Topologische Daten: Netzwerk oder Linientopologie (links), vollständige Topologie (rechts)



Linien:

Nr.	P1	P2
a	1	2
b	2	3
c	3	4
d	4	1

-> Koordinaten von Pi?

# Topologische Struktur - Beispiel



Topologie wird auch als Geometrie ohne Koordinaten bez.

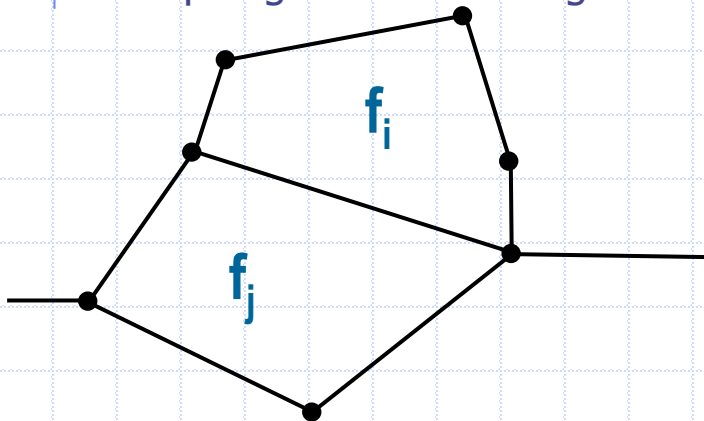
# Wozu das Ganze?

Topologische Analysen spielen eine wichtige Rolle im GIS:

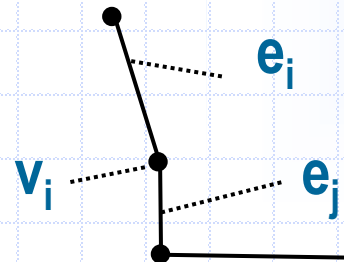
Eine Liniengraph, der z.B. für die Navigation verwendet wird, muss exakte Verbindungen aufweisen, welche die Nachbarschaftsbeziehungen miteinander verknüpfen, damit ein Routing möglich ist

Graphen mit vollständiger Topologie repräsentieren Datensätze, die lückenlos und überlappungsfrei sein müssen, z.B. bei Katasterdaten (Grundstücken)

Für viele Analysen werden Beziehungen zwischen Objekten ausgewertet, z.B. Topologische Beziehungen in Verbindung mit Semantik



Anwendungsbeispiel: belastete Grundstücksfläche ist benachbart mit Grundstück eines Kindergartens

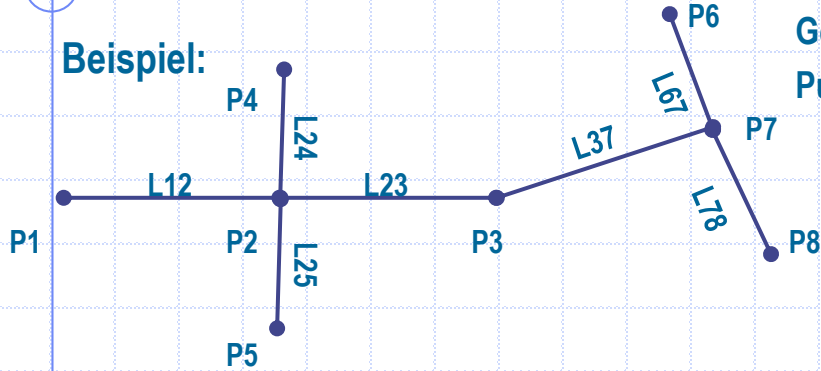


$e_i$  und  $e_j$  sind durch  $v_i$  verbunden  
-> Routing, Leitungen,  
Hausanschluss - Hauptleitung

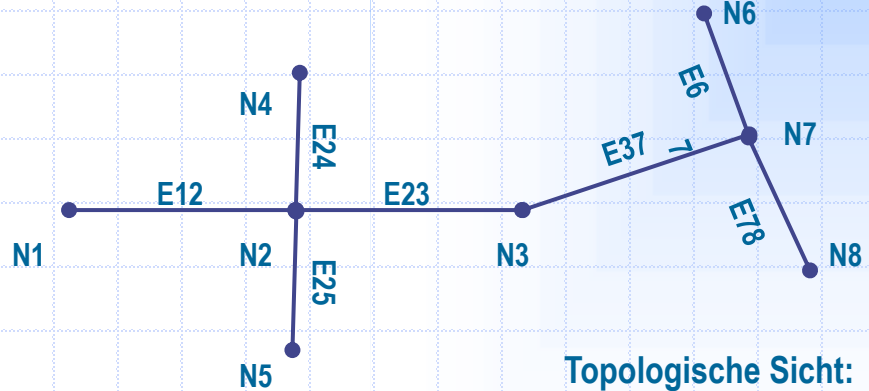
**Wichtig: Prüfung der Richtigkeit von Geometrie/Topologie -> Übungen**

# Geometrie und Topologie

Beispiel:



Geometrische Sicht:  
Punkte, Linien



Topologische Sicht:  
Knoten, (engl. Nodes)  
Kanten, (engl. Edges)

Nr.	x	y
P1	12,06	14,32
P2	16,73	14,32
P3	19,87	14,32
P4	16,73	16,87
P5	16,73	11,95
P6	20,61	17,18
P7	21,53	15,73
P8	23,09	14,01

Explizite Topologie: Explizite Modellierung z.B. durch Knoten-Kantentabellen (-> Implizite Topologie -> Geometrie)

Explizite Topologie:

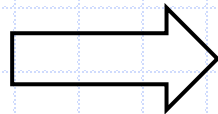
Kanten-Knotentabelle

E12	N1 N2
E23	N2 N3
E24	N2 N4
E25	N2 N5
E37	N3 N7
E67	N6 N7
E78	N7 N8

Knoten-Kantentabelle

N1	E12
N2	E12 E24 E23 E25
N3	E23 E37
N4	E24
N5	E25
N6	E67
N7	E67 E78
N8	E78

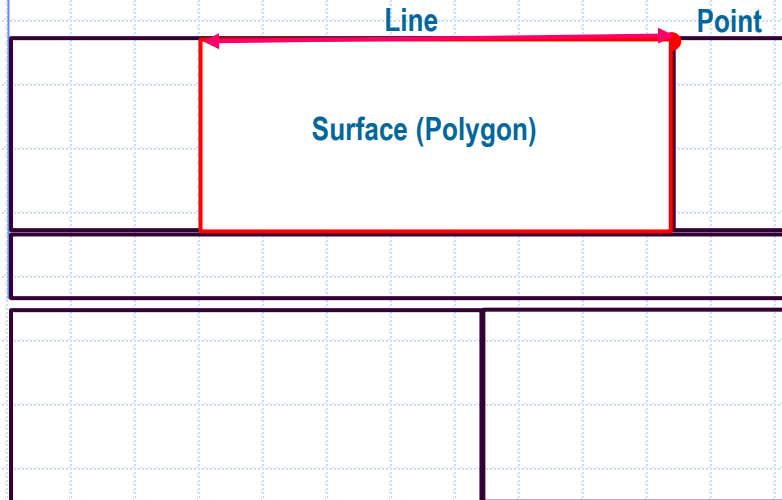
Nr.	P1	P2
L12	1	2
L23	2	3
L24	2	4
L25	2	5
L37	3	7
L67	6	7
L78	7	8



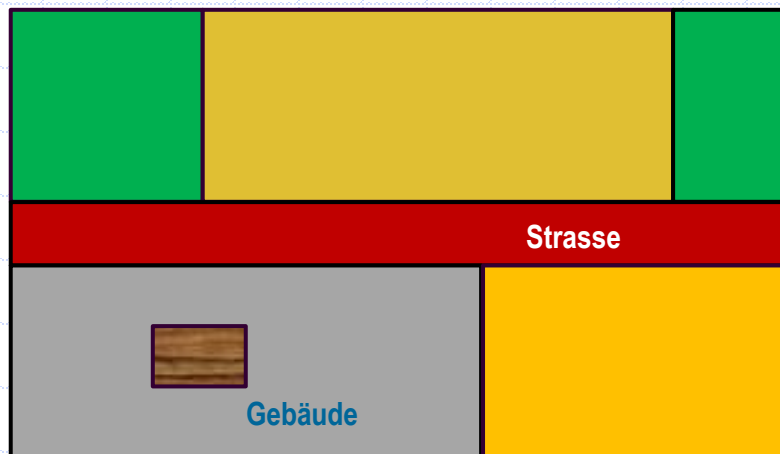
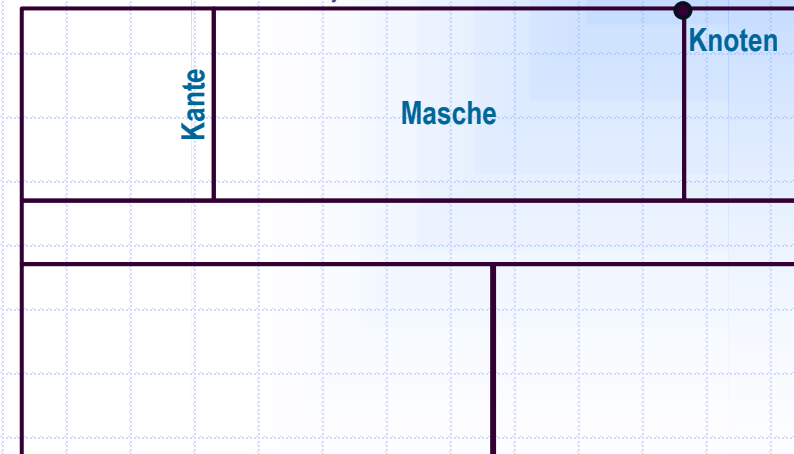
Anwendungsbeispiel: Routing!

# Verschiedene Sichten

Geometrische Sicht, Punkte, Linien, Flächen, Abstände, Größen ...



Topologische Sicht, Knoten, Kanten, Maschen, Verbundensein, Nachbarschaften ...



Objektsicht, Semantik, Attribute (Nutzung, Eigentümer ...)



# Rasterdaten

Beschreibung auf der Basis des Grundelementes,  
dem Pixel (Bildelement)  $P(i,j)$

Pixelauflösung:

- + Flächenhaftes Element
- + Größe des Pixels definiert geometrische Genauigkeit

Pixeltiefe:

- 2 Bit (2 Stufen, binär)
- 8 Bit (256 Stufen)
- 24 Bit (16 777 216 Stufen)



Grauwerte, beliebige Themen (Höhen, Emissionswerte)

# Beispiele für Rasterdaten

- + Satellitendaten
- + Luftbilder
- + gescannte Karten
- + Photos



Luftbild

## Raumbezug der einzelnen Pixel

- + Pixel ist (eigentlich) Träger der Koordinate
- + indirekte Orientierung, in der Regel über Eckpunkt(e)

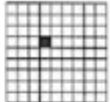
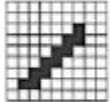
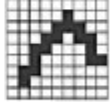
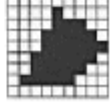


Satellitenbild

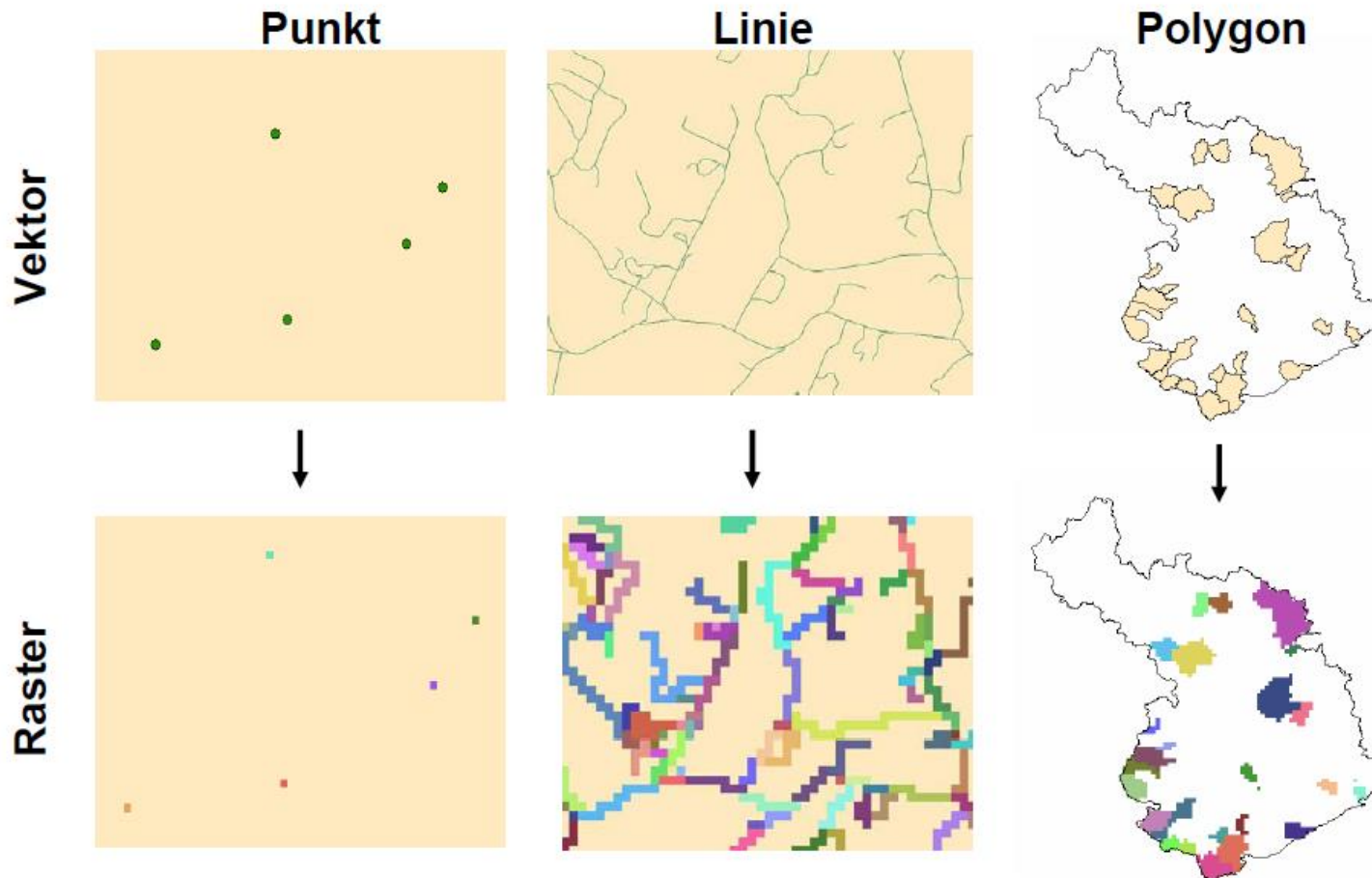
spezielle Metrik zur Berechnung  
von Distanzen etc. notwendig

# Vergleich Vektordaten - Rasterdaten

Vektor	Raster
geringere Datenmenge	
„einfachere“ Berechnungen	
	geringerer Erfassungsaufwand
Vielfältigere Analysemöglichkeiten	
bessere Möglichkeiten zur Daten-/ Objektstrukturierung	

Element	Vektor	Raster
Punkt	$x,y$	
Linie	$x_1,y_1; x_2,y_2$	
Polygon	$x_i, y_i$	
Fläche	$x_i, y_i$	

# Vektordaten - Rasterdaten - Konvertierung



Konvertierungen prinzipiell möglich

Probleme?

Zweck?

# Thematische Eigenschaften (Sachdaten)

Sachdaten sind thematische Informationen über ein raumbezogenes Objekt

Typen von Sachdaten:

- + Namen
- + Allgemeine Texte
- + Zahlenwerte
- + Messwerte
- + Eigenschaften
- + Dimensionen

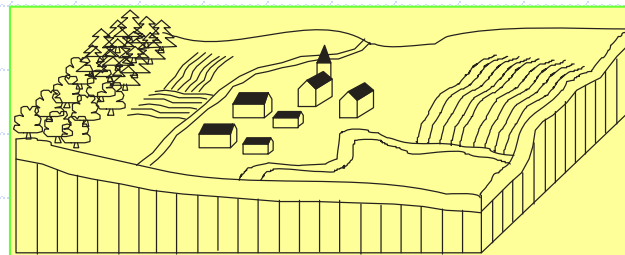
Zwei Beispiele:

Objekte	Haus	Flurstück
Sachdaten	Hausnummer	Flurstücksnummer
	Straßenname	Fläche
	Besitzer	Eigentümer

# Modellierung



Reale Welt



Modell



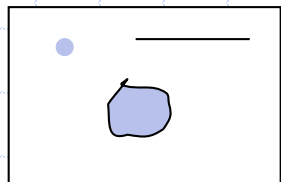
Implementierung



Geometrie



Raster



Vektor/Objekte

Heute: Kombination  
Vektor und Raster/Bilddaten

- Auswahl **Objekte**
- Definition (Geometrie, Attribute)
- Beschreibung
- ...

**Unterschiedlicher  
Abstraktionsgrad!**

# Ziel und Zweck der Modellierung

## Ziel:

Systemunabhängige Beschreibung des Datensatzes, wie er erfasst und (in der DB) abgelegt werden soll um den Anforderungen der Anwendung zu entsprechen

Abbildung von ausgewählten Objekten der realen Welt in einem bestimmten Abstraktionsgrad

## Zweck:

- + Dokumentation des Bestandes
- + Grundlage für Datenanalyse, Präsentation und Planungen

## Folgerung:

Modellierung hat entscheidenden Einfluss auf die Auswertemöglichkeiten

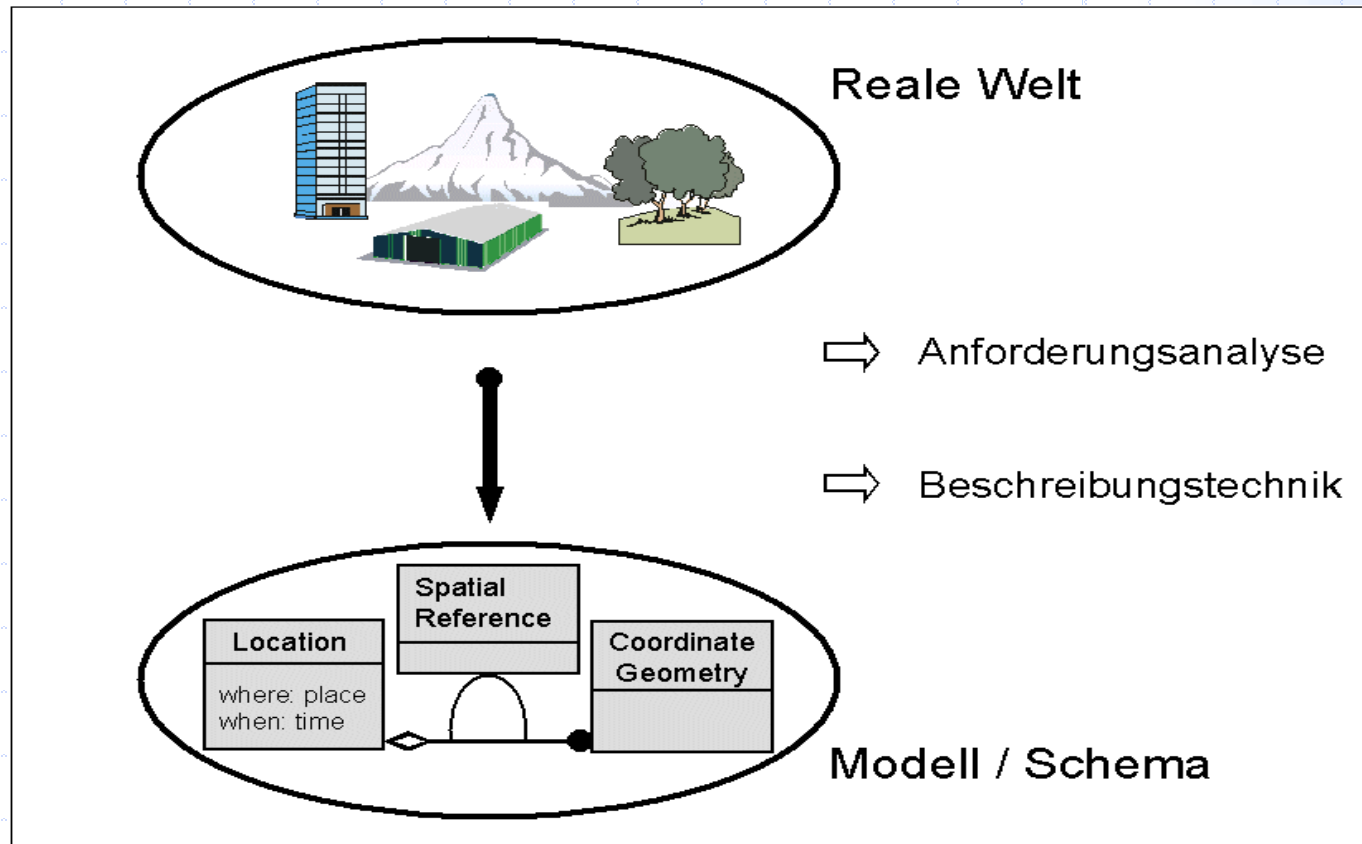


# Aspekte der Modellierung

Folgende Aspekte spielen bei der Modellierung eine Rolle:

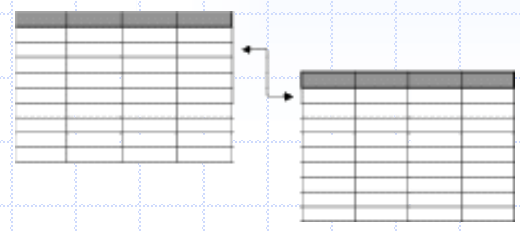
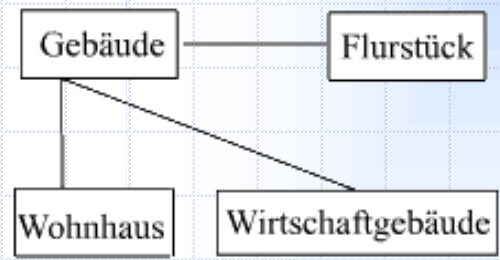
- Die Semantik (Bedeutung)
- Geometrische Eigenschaften
  - ⇒ Räumliche Lage und Ausdehnung (Lage, Form, Topologie)
- Thematische Eigenschaften
  - ⇒ Sachdaten (Attribute)
- Weiteres
  - ⇒ Zeitliche Aspekte (ggfs.)
  - ⇒ Das Erscheinungsbild bei der Visualisierung (ggfs.)
  - ⇒ **Metadaten** (Qualität, Herkunft, Mögliche Verwendung ..)

# Prinzip der Modellierung (1)



# Prinzip der Modellierung (2)

Modellierung	Sicht der Realen Welt	Definiert durch Anwendung
	Konzeptionelles Schema	Strukturierung Objektauswahl Objektmerkmale Objektbeziehungen Objektgruppierungen Funktionenmodelle
Implementierung	Logisches Schema	Abbildung in Daten- bzw. Datenbanken-strukturen (Geometrie, Topologie)
	Physikalisches Schema	Datenspeicherung (physikalisch) Datenzugriffsmechanismen
Systementwicklung		



```

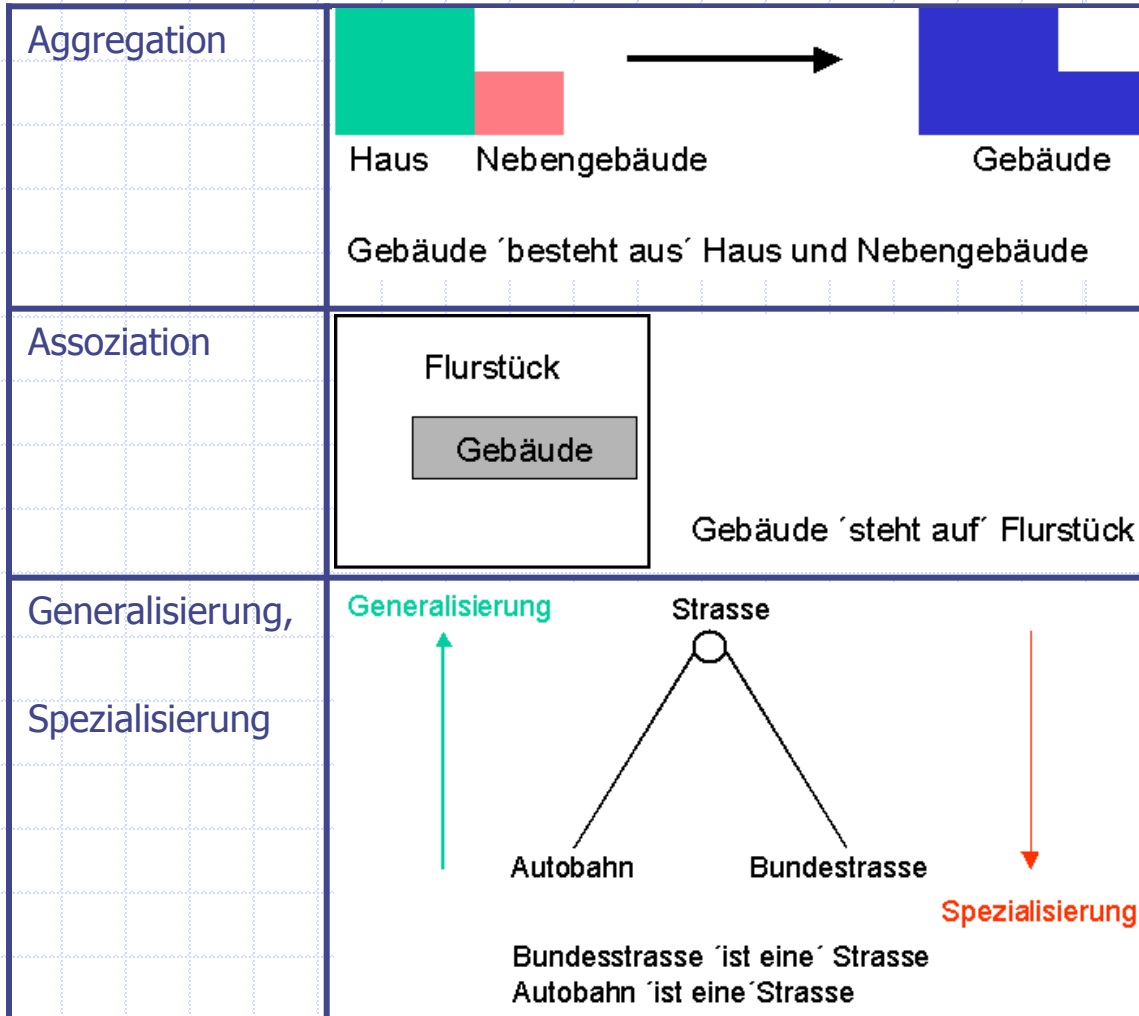
1111000000000000001111111110000000000101010111111100
0111111111111100000000000101010101111111110000110
101010101011111111111111111000000000001010101010
10100101010111111111111111111100000000000000111
111111010101010101111111111111101010101110000110
1010101010101010111111101010111010001001000010111100
  
```

# Festlegungen

Im wesentlichen sind durch die Modellierung folgende Festlegungen zu treffen:

- + Welche Objekte der realen Welt sind in das Modell zu übernehmen ?
- + Wie sind die Objekte einer bestimmten Objektklasse aufzubauen ?  
Dabei: Die geometrische bzw. die geometrisch / topologische Struktur des Objektes berücksichtigen
- + Wie ist der Raumbezug einzelner Objektklassen zu realisieren ?
- + Die attributive Struktur des Objektes, d.h. die thematischen Eigenschaften sind festzulegen
- + I.d.R. eine oder mehrere graphische Präsentationen (Darstellungen) festlegen, auch „später“ möglich
- + Welche Beziehungen sind zwischen verschiedenen Objektklassen aufzubauen?
- + Wie sollen Objektklassen thematisch gegliedert werden ?
- + Es ist festzulegen, z.B. welche beschreibenden Daten (Metadaten) bereitzustellen sind, damit die Daten besser genutzt werden können
- + Regeln für die Durchführung der Datenerfassung sind festzulegen, z.B. welche Größe eine Fläche mindestens haben muss, damit sie zu erfassen ist (im Anschluss an die Modellierung)

# Modellierungsansätze – objektorientierte Ansätze



Ziel:

- Umfassende Modellierung aller Aspekte
- Standardisiert
- Maschienenlesbar
- heute gebräuchliche Technik

# Beispiel für eine objektorientierte Modellierungssprache

UML – Unified Modelling Language


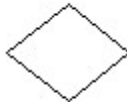
Herkunft: Objektorientierte Modellierung

- + Objektorientierte Softwareentwicklung
- + Beschreibung von Prozessen (Modelle von Anwendungsbereichen für die Software erstellt werden soll).

# Betrachtung eines statistischen Modells (in UML)

Elemente / unterstützte Konzepte

- Klasse
- Attribute
- Methoden

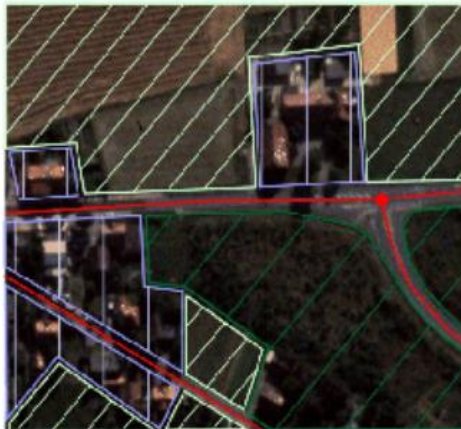
Generalisierung/ Spezialisierung	
Aggregation mit Aggregationsname und Kardinalität (hier: 1)	 <b>name</b> 1 .. 1
Assoziation mit Aggregationsname und Kardinalität (hier: 1)	<b>name</b> 1 .. 1

<b>Kardinalität</b> , Beispiele:	
0 ..	keine oder beliebig viele
1 .. 1	genau eine
0 .. 1	keine oder eine
1 .. 5	mind. eine, höchstens 5

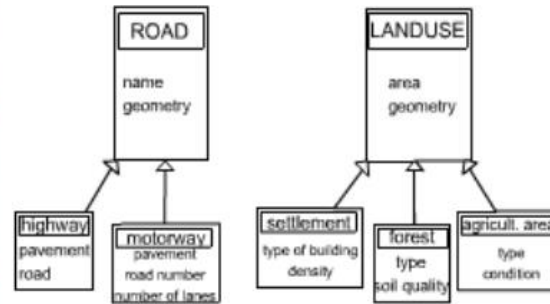


# Beispiel für unterschiedliche Modellierungen

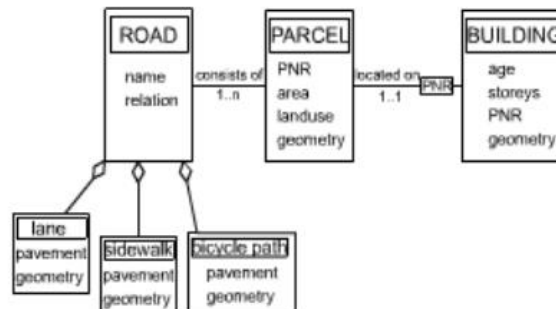
Unterschiedliche Sichten auf die Wirklichkeit



Sicht Topographie

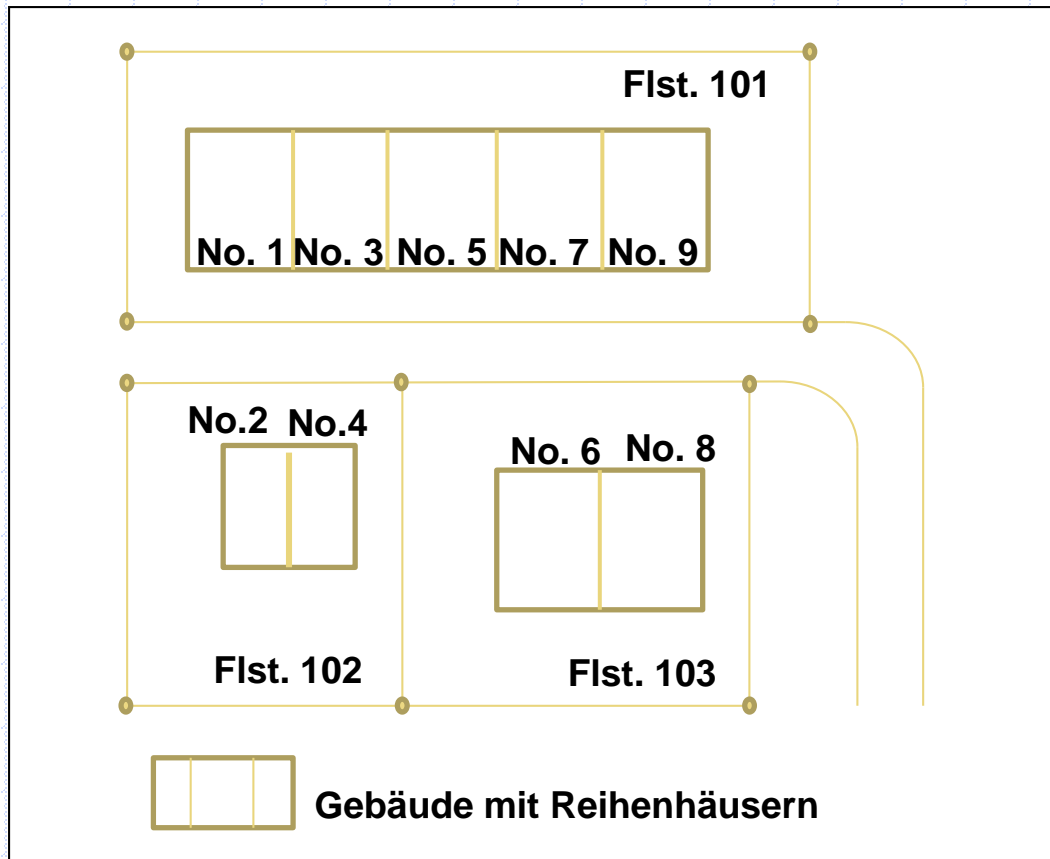


Sicht Kataster



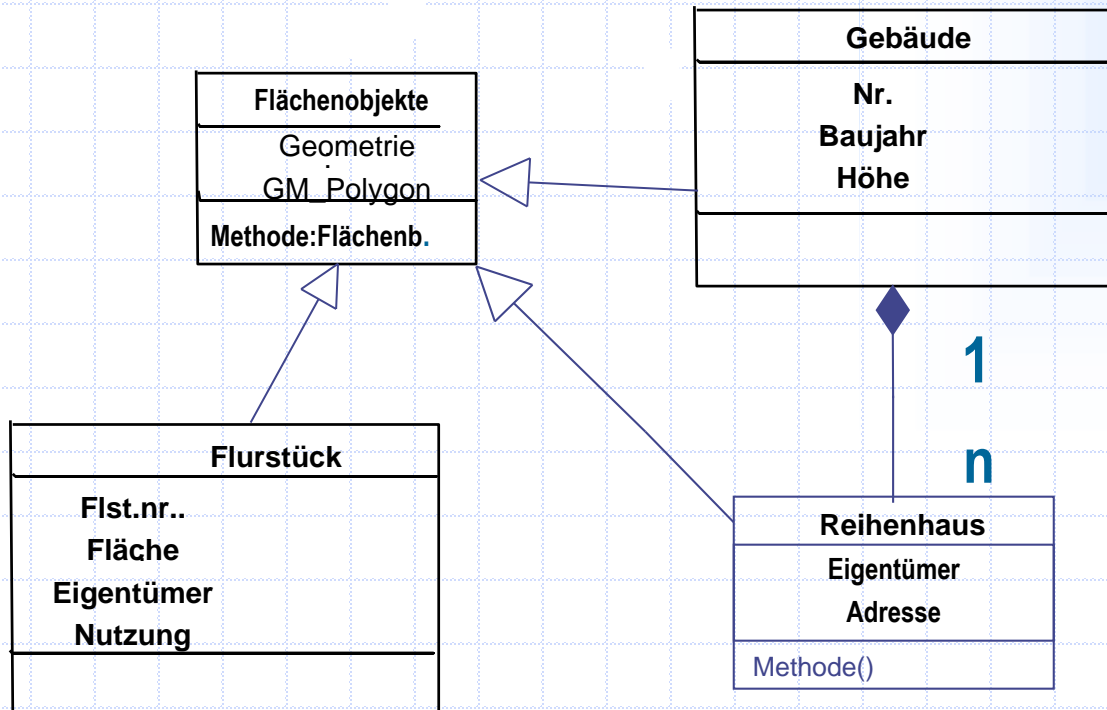
# Weiteres kleines Beispiel

Wir betrachten nur die flächenhaften Objekte



# Weiteres kleines Beispiel

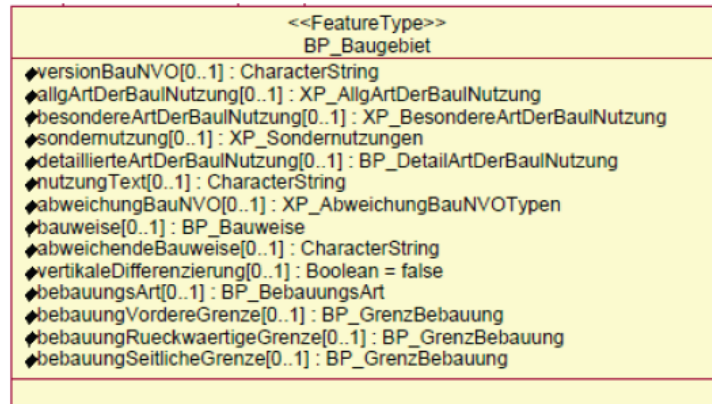
Lösung:



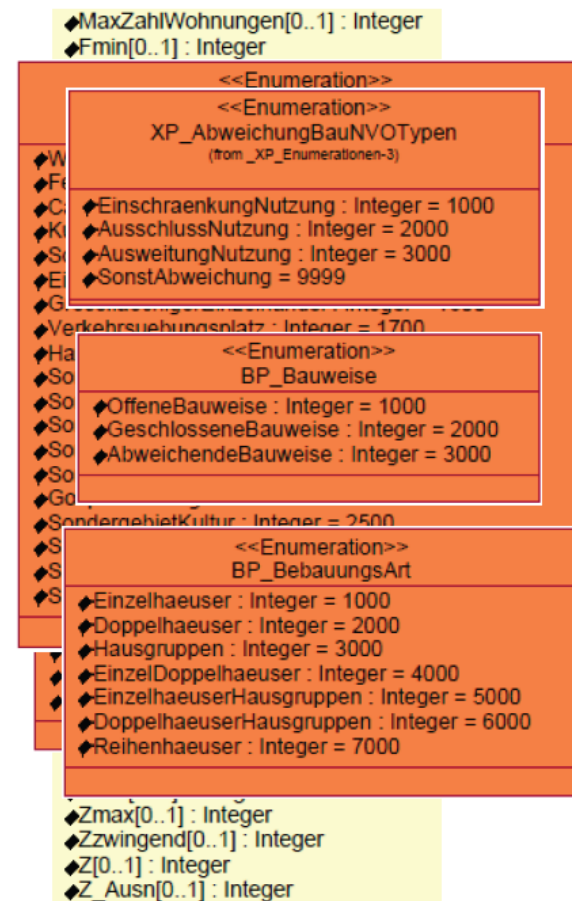
# Beispiel xPlanung

## Datenmodelle für B-Planung und weitere Planarten

### Beispiele daraus:



- ◆UNmin[0..1] : Decimal
- ◆DNmax[0..1] : Decimal
- ◆DN[0..1] : Decimal
- ◆DNZwingend[0..1] : Decimal
- ◆FR[0..1] : Decimal
- ◆dachform[0..\*] : BP\_Dachform
- ◆detaillierteDachform[0..1] : BP\_DetailDachform



Insgesamt 72 optionale Attribute

xPlanung

# Beispiel xPlanung

Datenmodelle für B-Planung und weitere Planarten, Beispiel eines GIS-Herstellers:

XPlanung - Flächennutzungsplan - Erfassung von Sachdaten

The screenshot displays a GIS application window titled 'Ansicht 1' showing a map of land use planning areas. A 'Data Editor - "FP\_BebauungsFlaeche"' window is open, allowing for the entry of attributes for a specific planning area. The map shows various colored zones, with one area highlighted in orange. The data editor window contains the following fields:

- Art der baulichen Nutzung\*: SonderBauflaeche
- Maß der baulichen Nutzung: GFZ (0)
- besondere Art der baulichen Nutzung: SondergebietSonst
- GFZ min: 0
- Sondernutzung: SondergebietErneuerbareEnergie
- detaillierte Art der baulichen Nutzung: (empty)
- Kurzform der Art der baulichen Nutzung: Photovoltaik
- Version der BauVVO: (empty)

Informationen: MSLink: 2540 Feature: FP-Bebauungsfläche Fläche: 213450 m² Umfang: (empty)

Buttons: Fertig, Zertieren, Dokumente

A separate window titled 'Gesamtgeltungsbereich Flächennutzungsplan' shows a zoomed-in view of the map with a scale bar (100%) and a north arrow. Below it, an 'Objekt Attribute - WebseitenDialog' window displays the following table:

Attribut-Name	Attribut-Wert
flaechenschluss	ja
allgArtDerBauNutzung	SonderBauflaeche
besondereArtDerBauNutzung	SondergebietSonst
sonderNutzung	SondergebietErneuerbareEnergie
nutzungText	Photovoltaik

file:///D:/011\_xPlanung\_User/Plan20k-Toolbox\_5\_0\_Freeware/\_ObjectData/24\_2540.htm





**Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!**  
**Weitere Fragen?**