

# 7 Kartenerstellung - Umgebungsmodellierung

# Kartenerstellung

- von zentraler Bedeutung für mobile Roboter
- wichtig für Selbstlokalisierung und Wegplanung
- Henne-oder-Ei-Problem:
  - für Kartenerstellung ist Selbstlokalisierung notwendig
  - für Selbstlokalisierung ist Karte notwendig
- simultane Lokalisierung und Kartenerstellung (SLAM, simultaneous localization and mapping)

# Arten

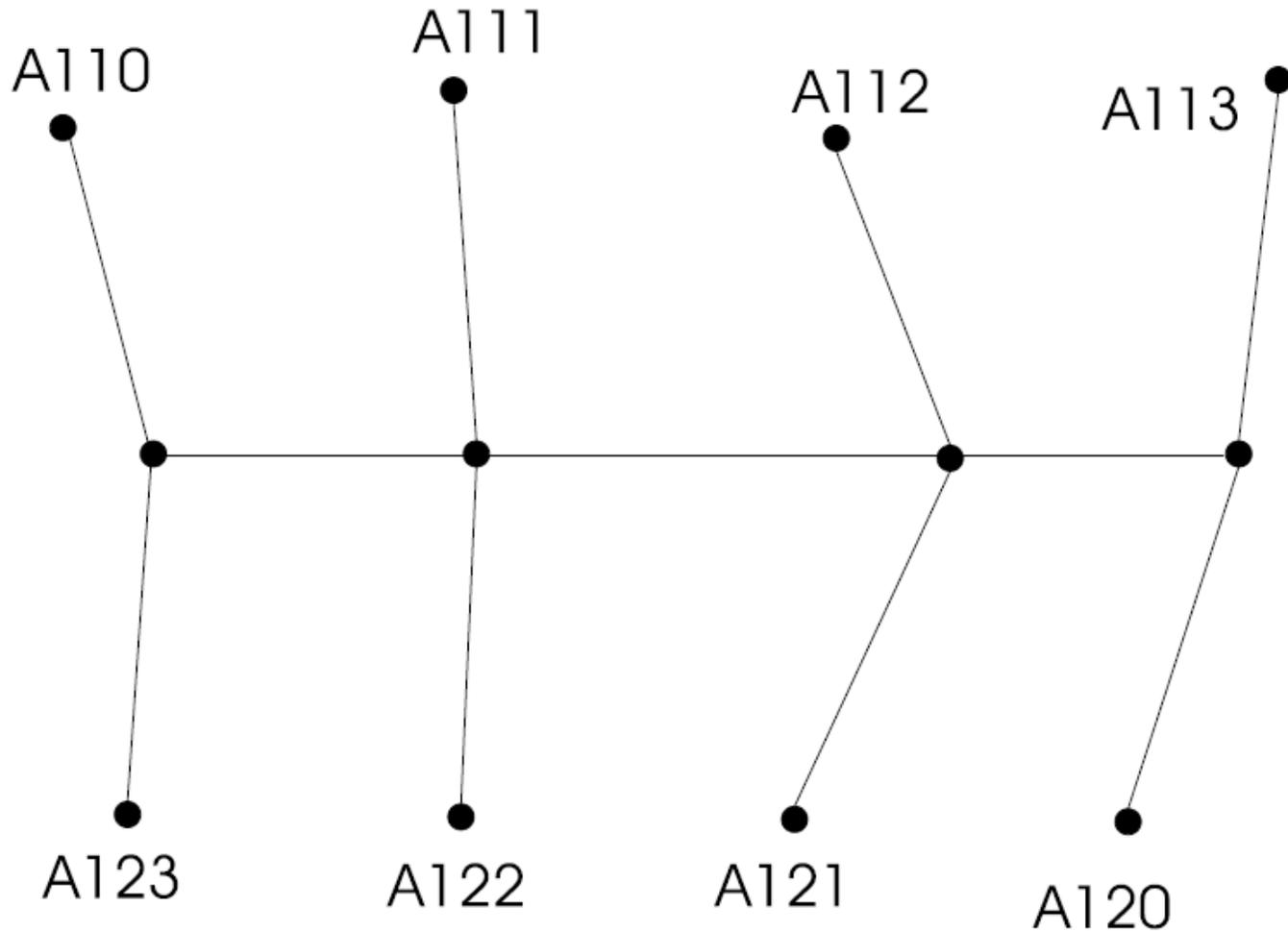
- explizite Karte (nicht unbedingt nötig)
- implizite Repräsentation (rohe Sensordaten)
- topologische Modelle
- geometrische Modelle
- rasterbasierte Modelle
- feature-based
- location-based

# 7.1 Topologische Modelle

# Topologische Kartenmodelle

- annotierter Graph
- Knoten – markante Orte (Bereiche) der Umgebung
- zwei Knoten sind genau dann durch eine Kante miteinander verbunden, wenn sie unmittelbar voneinander erreichbar sind
- Kanten können Informationen enthalten (Länge, Durchgangsbreite)

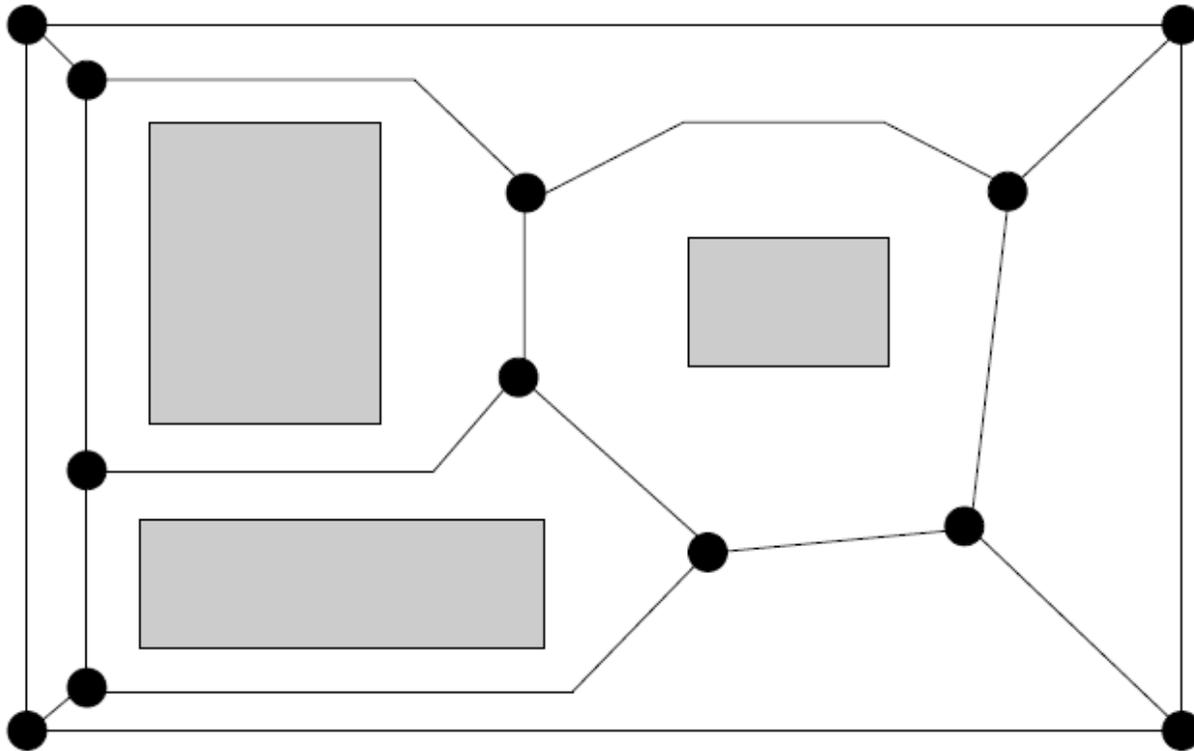
# topologisches Modell einer Büroumgebung



# Generalisierter Voronoi-Graph (GVG)

- Kanten
  - Menge von Punkten, die von genau den zwei Objekten, die den Weg an dieser Stelle am meisten einengen, gleich weit entfernt sind
- Knoten
  - Ein Punkt, der von 3 oder mehr Objekten gleich weit entfernt ist.
  - Konkave Ecken in der Umgebung werden ebenfalls als Knoten des Graphen repräsentiert.

# Generalisierter Voronoi-Graph



# Vorteile

- Kompaktheit
- sehr gut für die Wegplanung geeignet

# Nachteile

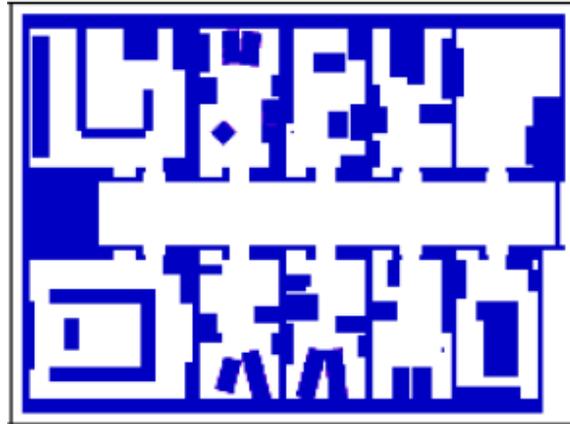
- große Abstraktion von den Sensorinformationen
- automatische Erkennung markanter Bereiche (Identifikation von Knoten)

## 7.2 Geometrische Modelle

# Geometrische Modelle

- 2D oder 3D
- Beschreibung mit graphischen Primitiven (z.B. Linien)
- detaillierteste Modellierungsform
- Nachteile liegen in der schwierigen Lern- und Aktualisierbarkeit
- Es sind geeignete Verfahren zur Detektion und Lokalisation der einzelnen Objekte erforderlich
- Realität weicht oft von der Karte ab (Einrichtungen sind nicht erfasst)

# CAD – Karte



## 7.3 Formale Beschreibung einer Karte

# Karte

$$m = \{m_1, \dots, m_N\}$$

$$1 \leq j \leq N$$

Menge von Objekten (Landmarken) in der Umwelt  
zusammen mit ihren Eigenschaften

feature-based

$j$  - Index eines Merkmals

$m_j$

Eigenschaften und Ortskoordinate des Merkmals

location-based

$j$  – korrespondiert mit Ortkoordinaten  $x,y$

$m_j \rightarrow m_{x,y}$

Eigenschaft des Punktes  $(x,y)$

günstig für die Wegplanung

# Landmarken

feature-based:

$$m_j = (m_{j,x}, m_{j,y}, s_j)^T$$

Ort

Signature

Torpfosten

Fensterbrett

Baumstamm

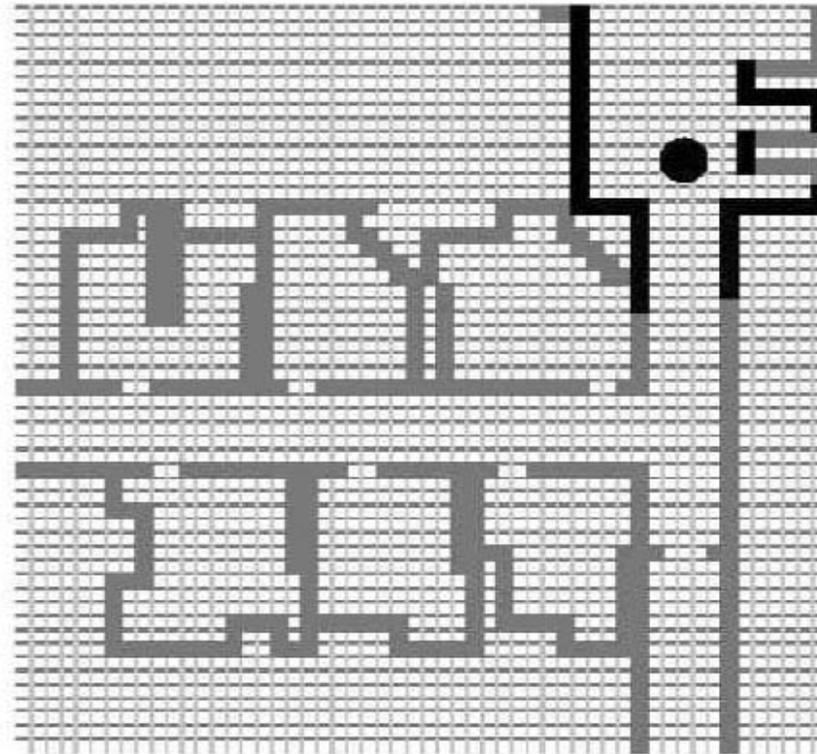
Gebäudeecken

Vektor von numerischen Werten (Höhe, Farbe)



## 7.4 Occupancy Grid Mapping

# Belegtheitsgitter (Occupancy Grid)



# Occupancy grid map

location-based

$$m = \{m_1, \dots, m_N\} \quad m_j \rightarrow m_{x,y}$$

$(x, y)$   $\rightarrow$  belegt mit Objekt oder nicht

0 oder 1

$$p(m_i) = p(m_i = 1)$$

Wahrscheinlichkeit für die Belegtheit der Zelle  $i$

Gesucht:

$$p(m \mid z_{1:t}, x_{1:t}) = \prod_i p(m_i \mid z_{1:t}, x_{1:t})$$

Binary – Bayes – Filter anwendbar

# Binary – Bayes - Filter

Zustand  $X$  (statisch) hat 2 Werte  $x, \neg x$

$$\text{bel}_t(x) = p(x | z_{1:t}, u_{1:t}) = p(x | z_{1:t})$$

$$\text{bel}_t(\neg x) = 1 - \text{bel}_t(x)$$

$$l_t(x) = \log \frac{\text{bel}_t(x)}{1 - \text{bel}_t(x)}$$

$$\text{bel}_t(x) = 1 - \frac{1}{1 + e^{l_t(x)}}$$

$$l(x) = l_0(x) = \log \frac{p(x)}{1 - p(x)}$$

$p(x | z_t)$  - inverses Sensormodell

# Algorithmus – Binary Bayes

Eingabe:  $l_{t-1}, z_t$

$$l_t = l_{t-1} + \log \frac{p(x | z_t)}{1 - p(x | z_t)} - \log \frac{p(x)}{1 - p(x)}$$

Ausgabe:  $l_t$

# Bezeichnungen

$$l_{t,i} = \log \frac{p(m_i | z_{1:t}, x_{1:t})}{1 - p(m_i | z_{1:t}, x_{1:t})}$$

$$p(m_i | z_{1:t}, x_{1:t}) = 1 - \frac{1}{1 + e^{l_{t,i}}}$$

$$l_0 = \log \frac{p(m_i)}{1 - p(m_i)}$$

$$\text{inverse\_sensor\_model}(m_i, x_t, z_t) = \log \frac{p(m_i | z_t, x_t)}{1 - p(m_i | z_t, x_t)}$$

# Algorithmus

Eingabe:  $\{l_{t-1,i}\}, z_t, x_t$

for all  $m_i$  (die Sensor sieht)

$$l_{t,i} = l_{t-1,i} + \text{inverse\_sensor\_model}(m_i, x_t, z_t) - l_0$$

sonst  $l_{t,i} = l_{t-1,i}$

Ausgabe:  $\{l_{t,i}\}$