KIT-Fakultät für Informatik
Institut für Anthropomatik und Robotik (IAR)
Hochperformante Humanoide Technologien ($H^2T$)

Robotik I im WS 2016/17

# 4. Übungsblatt

Termin: 15. Dezember 2016

Prof. Dr.-Ing. Tamim Asfour
Prof. Dr.-Ing. Rüdiger Dillmann
Dr.-Ing. Nikolaus Vahrenkamp
Dipl.-Inform. Manfred Kröhnert
Dipl.-Inform. Peter Kaiser
M.Sc. Fabian Paus
M.Sc. Samuel Rader
Adenauerring 2, Geb. 50.20
Web: http://h2t.anthropomatik.kit.edu

## Aufgabe 1

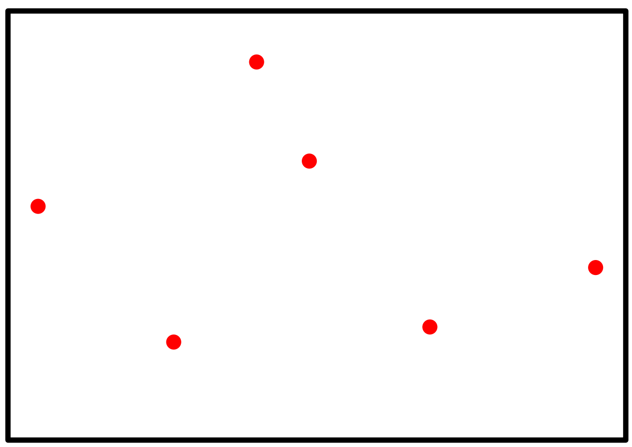


Abbildung 1: Die Punktmenge $P$.

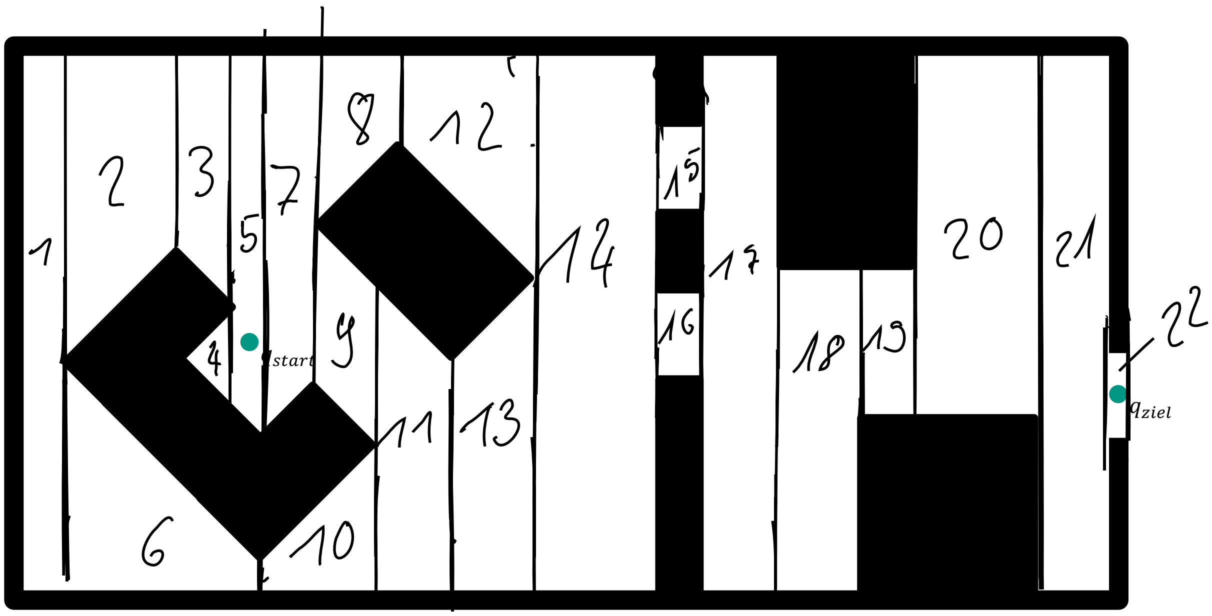
Gegeben ist die in Abbildung 1 dargestellte Punktmenge P.

Folgende Teilaufgaben sind zu bearbeiten:

1. Erklären Sie die Begriffe Voronoi-Region, Voronoi-Kante und Voronoi-Knoten.
2. Bestimmen Sie das Voronoi-Diagramm für P.

Aufgabe 2

Gegeben sei folgender Grundriss einer Wohnung




1. Bestimen Sie die Zellzerlegung des gegebenen Grundrisses mittels des Linesweep-Verfahrens und nummerieren Sie die Zellen.
2. Erstellen Sie den Adjazenzgraphen der ermittelten Zellen.
3. Bestimmen Sie einen Pfad von $q_{start}$ zu $q_{ziel}$ und ermitteln Sie die Folge der durchquerten Zellen.

Aufgabe 3

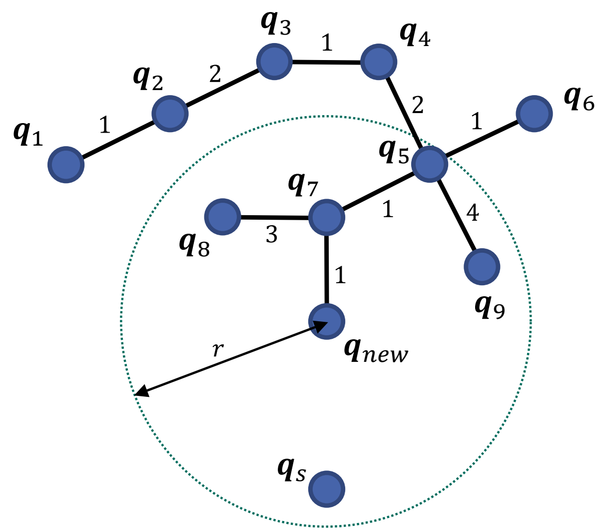



Abbildung 2: Ein RRT* Baum.

Der in Abbildung 2 dargestellte Baum $T$ zeigt einen Zwischenschritt des RRT* Algorithmus. Die Knoten sind mit $q_1$ bis $q_9$ bezeichnet und die Wegkosten sind an den Kanten angegeben. Im aktuellen Iterationsschritt wurde der Knoten $q_{new}$ zum Baum hinzugefügt.

1. Beschreiben Sie, wie der Knoten $q_{new}$ ermittelt wurde.
2. Bestimmen Sie die Pfadkosten für die Knoten $q_1, \ldots, q_9, q_{new}$.
3. Beschreiben Sie die RRT* Funktion $Near(T{,}q_{new}{,}r)$.
4. Welche Knoten werden für den *Rewire* Schritt des RRT* Algorithmus in Betracht gezogen. Begründen Sie die Antwort.
5. Zeichnen Sie die Kanten nach dem *Rewire*-Schritt in Abbildung 3 ein. Berücksichtigen Sie folgende Wegkosten: $Cost(q_{new}{,}q_5){=}5$, $Cost(q_{new}{,}q_8){=}1$, $Cost(q_{new}{,}q_9){=}1$. Begründen Sie das Ergebnis.

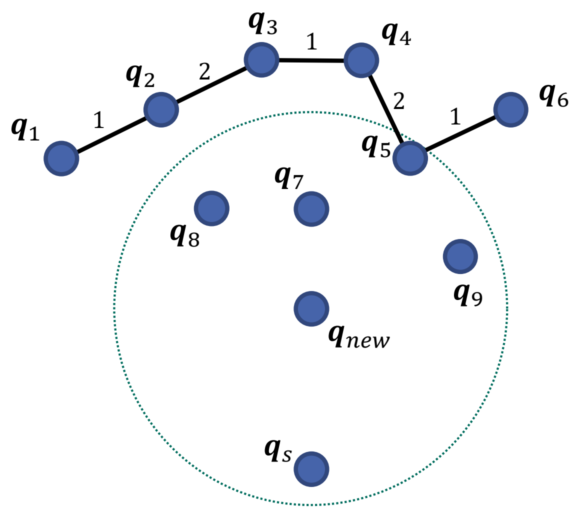
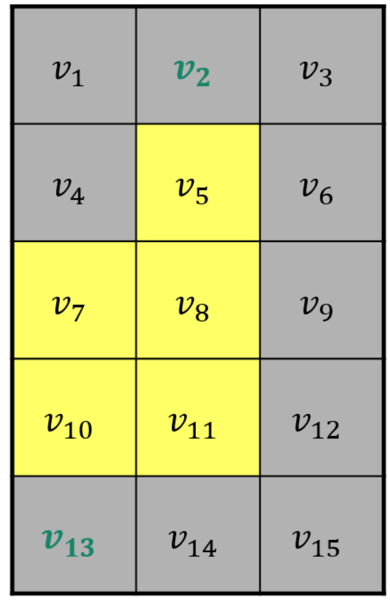



Abbildung 3: Zeichnen Sie die Verbindungen nach dem RRT*-*Rewire* Schritt ein.

## Aufgabe 4

In dem abgebildeten Gitter soll der kürzeste Pfad zwischen $v_2$ und $v_{13}$ mit dem A*-Algorithmus ermittelt werden. Dazu gelten folgende Rahmenbedingungen:

1. Es sind nur horizontale und vertikale Bewegungen zu benachbarten Knoten erlaubt.
2. Die Bewegungskosten sind abhängig von der Farbe der Zellen (graue Zellen: 1, gelbe Zelle: 4)
3. Als Heuristik $h$ wird die euklidische Distanz zum Zielknoten verwendet (hier $v_{13}$, z. B. $h(v_{11}) = \sqrt{2}$).




Folgende Teilaufgaben sind zu bearbeiten:

1. Stellen Sie die ersten drei Schritte des A*-Algorithmus nachvollziehbar dar. Dabei soll die Auswahl des zu expandierenden Knoten und die Veränderungen der Knotenmengen (Open Set, Closed Set) aufgelistet werden.
2. Warum ist die euklidische Distanz eine geeignete Heuristik in dieser Aufgabenstellung?
3. Wann findet der A*-Algorithmus eine Lösung? Möglichkeiten: (a) Wenn der Zielknoten expandiert wird, (b) Wenn der Zielknoten zum Open Set hinzugefügt wird. Begründen Sie ihre Antwort.

Aufgabe 5

Gegeben seien ein punktförmiger mobiler Roboter $R$ an der Position $\boldsymbol{q}_R \in \mathbb{R}^2$, sowie drei abstoßende Potentiale $U_{\text{ab},1}$, $U_{\text{ab},2}$ und $U_{\text{ab},3}$ an den Positionen $\boldsymbol{q}_{\text{ab},1}$, $\boldsymbol{q}_{\text{ab},2}$ bzw. $\boldsymbol{q}_{\text{ab},3}$. Die Potentiale repräsentieren jeweils ein punktförmiges Hindernis. Zusätzlich existiere ein anziehendes Zielpotential $U_{\text{an}}$ an der Position $\boldsymbol{q}_{\text{ziel}}$. Die Positionen der Potentiale seien

$$\boldsymbol{q}_R = \begin{pmatrix} 5 \\ 5 \end{pmatrix}, \quad \boldsymbol{q}_{\text{ab},1} = \begin{pmatrix} 4 \\ 3 \end{pmatrix}, \quad \boldsymbol{q}_{\text{ab},2} = \begin{pmatrix} 6 \\ 4 \end{pmatrix}, \quad \boldsymbol{q}_{\text{ab},3} = \begin{pmatrix} 4 \\ 5 \end{pmatrix}, \quad \boldsymbol{q}_{\text{ziel}} = \begin{pmatrix} 12 \\ 5 \end{pmatrix}.$$

1. Welche der abstoßenden Potentiale $U_{\text{ab},1}$, $U_{\text{ab},2}$ und $U_{\text{ab},3}$ wirken auf den Roboter, wenn man einen Wirkungsradius von $\rho_0 = 5$ zugrunde legt?

2. Bestimmen Sie $U(\boldsymbol{q}_R)$ als die Summe der wirkenden Potentialfelder, zunächst unabhängig vom konkreten Wert von $\boldsymbol{q}_R$. Nehmen Sie für das Zielpotential einen linearen Verlauf an. Nehmen Sie weiterhin für die Skalierungen der Potentiale Faktoren von $\xi = 1$ und $\nu = 1$ an.

3. Bestimmen Sie die Richtung, in die sich der Roboter durch die wirkenden Potentiale bewegen würde.