

# Grundlagen der Künstlichen Intelligenz

## 11. Klassische Suche: Analyse von Heuristiken

Malte Helmert

Universität Basel

24. März 2014

# Klassische Suche: Überblick

## Kapitelüberblick klassische Suche:

- 3.–5. Einführung
- 6.–9. Basisalgorithmen
- 10.–17. heuristische Algorithmen
  - 10. Heuristiken
  - 11. Analyse von Heuristiken
  - 12. Bestensuche als Graphensuche
  - 13. Gierige Bestensuche,  $A^*$ , Weighted  $A^*$
  - 14. IDA $^*$
  - 15.  $A^*$ : Optimalität, Teil I
  - 16.  $A^*$ : Optimalität, Teil II
  - 17.  $A^*$ : Vollständigkeit und Komplexität

# Eigenschaften von Heuristiken

# Perfekte Heuristik

## Definition (perfekte Heuristik)

Sei  $\mathcal{S}$  ein Zustandsraum mit Zuständen  $S$ .

Die **perfekte Heuristik** für  $\mathcal{S}$ , geschrieben  $h^*$ , bildet jeden Zustand  $s \in S$  auf die Kosten einer **optimalen Lösung** für  $s$  ab.

**Anmerkung:**  $h^*(s) = \infty$ , wenn keine Lösung für  $s$  existiert

# Eigenschaften von Heuristiken

## Definition (sicher, zielerkennend, zulässig, konsistent)

Sei  $\mathcal{S}$  ein Zustandsraum mit Zuständen  $S$ .

Eine Heuristik  $h$  für  $\mathcal{S}$  heisst

- **sicher**, falls  $h^*(s) = \infty$  für alle  $s \in S$  mit  $h(s) = \infty$
- **zielerkennend**, falls  $h(s) = 0$  für alle Zielzustände  $s$
- **zulässig**, falls  $h(s) \leq h^*(s)$  für alle Zustände  $s \in S$
- **konsistent**, falls  $h(s) \leq \text{cost}(a) + h(s')$  für alle Transitionen  $s \xrightarrow{a} s'$

**englisch:** safe, goal-aware, admissible, consistent

# Beispiele

# Eigenschaften von Heuristiken: Beispiele

Welche unserer drei Beispiel-Heuristiken haben welche Eigenschaften?

## Routenplanung in Rumänien

Luftliniendistanz:

- sicher
- zielerkennend
- zulässig
- konsistent

Warum?

# Eigenschaften von Heuristiken: Beispiele

Welche unserer drei Beispiel-Heuristiken haben welche Eigenschaften?

## Blocks world

Falsch liegende Blöcke:

- sicher?
- zielerkennend?
- zulässig?
- konsistent?



# Eigenschaften von Heuristiken: Beispiele

Welche unserer drei Beispiel-Heuristiken haben welche Eigenschaften?

## Missionare und Kannibalen

Personen am falschen Flussufer:

- sicher?
- zielerkennend?
- zulässig?
- konsistent?

# Zusammenhänge

# Eigenschaften von Heuristiken: Zusammenhänge (1)

Satz (zulässig  $\implies$  sicher + zielerkennend)

*Sei  $h$  eine zulässige Heuristik.*

*Dann ist  $h$  sicher und zielerkennend.*

Warum?

## Eigenschaften von Heuristiken: Zusammenhänge (2)

Satz (zielerkennend und konsistent  $\implies$  zulässig)

*Sei  $h$  eine zielerkennende und konsistente Heuristik.*

*Dann ist  $h$  zulässig.*

Warum?

# Nachweis aller vier Eigenschaften

Wie kann man am einfachsten zeigen, dass eine Heuristik alle vier Eigenschaften hat?

# Zusammenfassung

# Zusammenfassung

- **perfekte Heuristik  $h^*$** : wahre Kosten zum Ziel
- wichtige Eigenschaften:  
**sicher, zielerkennend, zulässig, konsistent**
- **Zusammenhänge** zwischen diesen Eigenschaften
  - zulässig  $\implies$  sicher und zielerkennend:
  - zielerkennend und konsistent  $\implies$  zulässig