

2 Intelligente Agenten - Grundlagen

- 2.1 Agenten und Umgebungen
- 2.2 Gutes Verhalten: das Konzept der Rationalität
 - 2.2.1 Leistungsbewertungen
 - 2.2.2 Rationalität
 - 2.2.3 Allwissenheit und Autonomie
- 2.3 Die Natur der Umgebungen
 - 2.3.1 Spezifizieren der Arbeitsumgebung
 - 2.3.2 Eigenschaften von Arbeitsumgebungen

18.03.2007

Intelligente Agenten

Agenten u. Umgebungen / 1

... Fortsetzung

- 2.4 Die Struktur von Agenten
 - 2.4.1 Agentenprogramme
 - 2.4.2 Einfache Reflex-Agenten
 - 2.4.3 Modell-basierte Reflex-Agenten
 - 2.4.4 Zielbasierte Agenten
 - 2.4.5 Nutzbasierte Agenten
 - 2.4.6 Lernende Agenten

18.03.2007

Intelligente Agenten

Agenten u. Umgebungen / 2

2.1 Agenten und Umgebungen

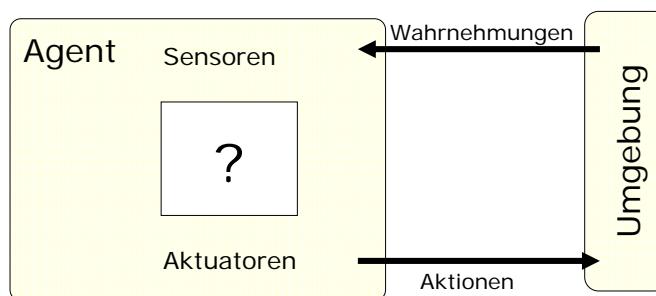
- Konzept der Rationalität in verschiedenen Anwendungen
- Entwurfsgrundlagen
- Warum verhalten sich manche Agenten besser als andere?
- Kategorisierung von Umgebungen
- Einfluss einer Umgebung auf den Agenten-Entwurf
- Gerüste für den Entwurf von Agenten

18.03.2007

Intelligente Agenten

Agenten u. Umgebungen / 3

Intelligente Agenten und ihre Umgebungen



18.03.2007

Intelligente Agenten

Agenten u. Umgebungen / 4

Wahrnehmung eines Agenten

Wahrnehmungsfolge

Verlauf von allem, was ein Agent je wahrgenommen hat

Die Auswahl einer Aktion durch den Agenten zu jedem bestimmten Zeitpunkt kann von der gesamten bisherigen Wahrnehmungsfolge abhängen.

Eine Folge von Wahrnehmungen ist unbegrenzt

Das Verhalten des Agenten wird durch eine **Agentenfunktion** beschrieben, die jede beliebige Wahrnehmungsfolge auf eine Aktion abbildet.

extern → Tabelle
intern → Agentenprogramm

18.03.2007

Intelligente Agenten

Agenten u. Umgebungen / 5

Funktion vs. Programm

Agentenfunktion – abstrakte mathematische Beschreibung

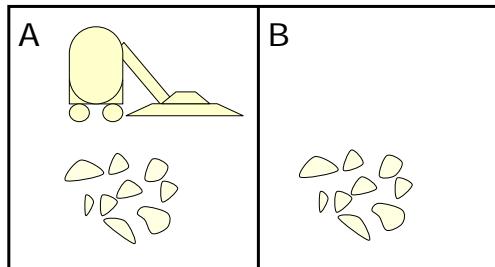
Agentenprogramm – konkrete Implementierung die auf der Agentenarchitektur ausgeführt wird

18.03.2007

Intelligente Agenten

Agenten u. Umgebungen / 6

Beispiel: Staubsaugerwelt



Positionen

Quadrat A

Quadrat B

Wahrnehmung

In welchem Quadrat bin ich?

Liegt Schmutz im Quadrat?

Entscheidungen

Bewegung nach links oder rechts

Schmutz aufsaugen

Nichts tun

Einfache Agentenfunktion

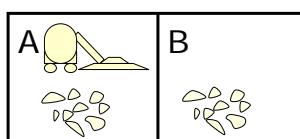
Wenn aktuelles Quadrat schmutzig, dann soll gesaugt werden, andernfalls zum nächsten Quadrat gehen

18.03.2007

Intelligente Agenten

Agenten u. Umgebungen / 7

Tabelle einer Staubsaugerwelt-Agentenfunktion



Wahrnehmungsfolge	Aktion
[A, sauber]	rechts
[A, schmutzig]	saugen
[B, sauber]	links
[B, schmutzig]	saugen
[A, sauber], [A, sauber]	rechts
[A, sauber], [A, schmutzig]	saugen
...	...
[A, sauber], [A, sauber], [A, sauber]	rechts
[A, sauber], [A, sauber], [A, schmutzig]	saugen
...	...

Frage

Wie wird die Tabelle richtig ausgefüllt?

Was macht einen Agenten gut oder schlecht, intelligent oder dumm?

18.03.2007

Intelligente Agenten

Agenten u. Umgebungen / 8

2.2 Gutes Verhalten: das Konzept der Rationalität

Rationaler Agent ?

- Ein rationaler Agent tut das richtige.
- Jeder Eintrag in der Agentenfunktions-Tabelle ist korrekt ausgefüllt
- Was bedeutet es, das Richtige zu tun?
 - Eine Aktion ist richtig, wenn sie den Agenten veranlasst, so erfolgreich wie möglich zu sein. → Erfolg messen
- Zusammen mit der Beschreibung der Umgebung, der Sensoren und der Aktuatoren des Agenten erhalten wir eine vollständige Spezifikation der Aufgaben, die der Agent bearbeiten muss.

Mit diesen Informationen können wir Rationalität genauer spezifizieren

18.03.2007

Intelligente Agenten

Agenten u. Umgebungen / 9

Leistungsbewertungen

Was wäre eine geeignete Leistungsbewertung für den Staubsaugerwelt-Agenten?

- Menge des eingesaugten Schmutzes?
- Belohnung für das Hinterlassen eines sauberen Bodens? Zum Beispiel: Ein Punkt für jedes saubere Quadrat pro Zeitschritt, evtl. Strafpunkte für Stromverbrauch und Lärm.

☞ Faustregel

Es ist besser, Leistungsbewertungen nicht danach zu entwickeln, was man in der Umgebung haben will, sondern danach, wie man glaubt, dass sich der Agent verhalten soll.

18.03.2007

Intelligente Agenten

Agenten u. Umgebungen / 10

Ein Ziel – mehrere Wege

Das Konzept des sauberen Bodens basiert auf einer durchschnittlichen Sauberkeit im Laufe der Zeit. Dies kann durch zwei ganz unterschiedliche Agenten erzielt werden

- der eine leistet immer einen mittelmäßigen Job
- der andere saugt hochleistungswillig, macht aber lange Pausen

Diskussion
als Übung!

Philosophische Frage mit weit reichenden Implikationen

- Was ist besser – ein unbekümmertes Leben mit allen Höhen und Tiefen oder eine sichere, aber langweilige Existenz?
- Was ist besser – ein Wirtschaftssystem, wo jeder in mittlerer Armut lebt oder eines, wo einige wenige im Überfluss leben, während andere sehr arm sind?

18.03.2007

Intelligente Agenten

Agenten u. Umgebungen / 11

Definition eines rationalen Agenten

Was zu einem Zeitpunkt rational ist, ist von vier Dingen abhängig:

- der Leistungsbewertung, die das Erfolgskriterium definiert
- dem Vorwissen des Agenten über die Umgebung
- den Aktionen, die der Agent ausführen kann
- der bisherigen Wahrnehmungsfolge des Agenten

Ein **rationaler Agent** soll für jede mögliche Wahrnehmungsfolge eine Aktion auswählen, von der erwartet werden kann, dass sie seine Leistungsbewertung maximiert, wenn man seine Wahrnehmungsfolge sowie vorhandenes Wissen, über das er verfügt, in Betracht zieht.

18.03.2007

Intelligente Agenten

Agenten u. Umgebungen / 12

Beispiel

Handelt der Staubsauger-Agent mit der gegebenen Agentenfunktion rational?

Er säubert ein Quadrat, falls es schmutzig ist, und geht zum nächsten Quadrat weiter, falls nicht.

Die Antwort hängt von mehreren Faktoren ab.

- Wie sieht die Leistungsbewertung aus?
- Was ist über die Umgebung bekannt?
- Über welche Sensoren und Aktuatoren verfügt der Agent?

Welche Voraussetzungen müssen wir festlegen, damit der Agent rational ist?

Wahrnehmungsfolge	Aktion
[A, sauber]	rechts
[A, schmutzig]	saugen
[B, sauber]	links
[B, schmutzig]	saugen
[A, sauber], [A, sauber]	rechts
[A, sauber], [A, schmutzig]	saugen
...	...
[A, sauber], [A, sauber], [A, sauber]	rechts
[A, sauber], [A, sauber], [A, schmutzig]	saugen
...	...

18.03.2007

Intelligente Agenten

Agenten u. Umgebungen / 13

Voraussetzungen in der Staubsauger-Welt

- Die Leistungsbewertung erhält einen Punkt für jedes saubere Quadrat in jedem Zeitabschnitt über eine „Lebensdauer“ von 1000 Zeitschritten.
- Die „Geographie“ der Umgebung ist *a priori* bekannt, aber die Schmutzverteilung und die Ausgangsposition des Agenten nicht. Saubere Quadrate bleiben sauber, und durch das Saugen wird das aktuelle Quadrat gereinigt. Die Aktionen *Links* und *Rechts* bewegen den Agenten nach links und rechts, außer wenn der Agent dadurch aus der Umgebung heraus geraten würde; in diesem Fall bleibt er dort, wo er ist.
- Die einzigen verfügbaren Aktionen sind *Links*, *Rechts*, *Saugen* und *NoOp* (nichts machen)
- Der Agent nimmt seine Position korrekt wahr und erkennt, ob sie schmutzig ist

18.03.2007

Intelligente Agenten

Agenten u. Umgebungen / 14

Intelligentes Verhalten

- Ein rationaler Agent tut das Richtige.
Die Tabelle der Agentenfunktion ist richtig ausgefüllt.
- Eine richtige Handlung = die, die der Agent am erfolgreichsten macht
- Messung des Erfolgs + Beschreibung der Umgebung + Beschreibung der Sensoren + Beschreibung der ausführenden Elemente (Aktoren) = komplette Spezifikation der Aufgabe des Agenten

18.03.2007

Intelligente Agenten

Agenten u. Umgebungen / 15

Leistungsbewertungen

- Eine Leistungsmessung enthält die Erfolgskriterien, des Agentenverhaltens
- Die Messung hängt von der Umgebung ab.
- Leistungsmessung muss objektiv sein.
- Allgemein gilt die Regel: es ist besser eine Leistungsmessung hinsichtlich der Umgebung zu erstellen, anstatt zu definieren wie sich der Agent verhalten soll.

18.03.2007

Intelligente Agenten

Agenten u. Umgebungen / 16

Rationalität

Was in einem Zeitpunkt rational ist, hängt von folgenden Dingen ab:

- Die Leistungsmessung, die die Erfolgskriterien bestimmen
- Die Vorkenntnisse des Agenten von der Umgebung
- Die Handlungen, die der Agent ausführen kann
- Die bisherige Wahrnehmungssequenz des Agenten

18.03.2007

Intelligente Agenten

Agenten u. Umgebungen / 17

Definition eines rationalen Agenten

Für jede mögliche Wahrnehmungssequenz soll ein rationaler Agent eine Handlung auswählen, die vorgesehen ist, um seine Leistungsmessung zu maximieren.

Die Wahl des Agenten basiert auf der Wahrnehmungssequenz und seinem eingebauten Wissen.

18.03.2007

Intelligente Agenten

Agenten u. Umgebungen / 18

Handelt der Staubsauger-Agent rational?

- Die Leistungsmessung erteilt einen Punkt pro sauberem Quadrat für jeden Zeitabschnitt innerhalb einer Lebensdauer von 1000 Zeitabschnitten
- Vorkenntnisse über die Umgebung sind vorhanden aber nicht über die Verteilung des Staubs oder die Ausgangsposition des Agenten. Saubere Quadrate bleiben sauber und saugen macht das aktuelle Quadrat sauber. Die Links und Rechts Bewegungen bewegen den Agenten nach links und rechts, außer wenn diese Bewegung den Agenten außerhalb der Umgebung führt. In diesem Fall bleibt der Agent stehen.

Fragen zum Diskutieren

Wie sollte sich der Agent unter anderen Umständen oder Voraussetzungen verhalten und welche anderen Umstände oder Voraussetzungen sind denkbar?

18.03.2007

Intelligente Agenten

Agenten u. Umgebungen / 19

Ist der Staubsauger-Agent rational?

- Nur die Handlungen Rechts, Links, Saugen und NoOP sind vorhanden.
- Der Agent nimmt seinen Standort und die Sauberkeit des Quadrats richtig wahr.

Unter diesen Rahmenbedingungen ist der Agent rational.

Fragen zum Diskutieren

Wie sollte sich der Agent unter anderen Umständen oder Voraussetzungen verhalten und welche anderen Umstände oder Voraussetzungen sind denkbar?

18.03.2007

Intelligente Agenten

Agenten u. Umgebungen / 20

Allwissenheit, Lernen und Autonomie

Rationalität und Allwissenheit

- Ein allwissender Agent weiß das Ergebnis seiner Handlungen, er kann „in die Zukunft schauen“ und dementsprechend handeln, aber in der Realität ist Allwissenheit unmöglich.
- Rationalität \neq Perfektion
- Perfektion ist aus unserer Definition eines rationalen Agenten ausgeschlossen, da die rationale Wahl nur von der bisherigen Wahrnehmungssequenz abhängt.
- Beispiel

Agent überquert Straße, keine Autos sind zu sehen, er wird von einem herabstürzenden Flugzeugreifen erschlagen. Entscheidung **rational** oder **perfekt**?

18.03.2007

Intelligente Agenten

Agenten u. Umgebungen / 21

Rationalität \rightarrow Informationen sammeln

Rationalität maximiert die erwartete Leistung

Perfektion maximiert die tatsächliche Leistung

Ein Entwickler muss sicherstellen, dass der Agent keine unintelligenten Handlungen ausführt. Dazu muss der Agent, der die Straße überquert, in bestimmte Richtungen sehen können. Seine Entscheidung beruht auf seiner Wahrnehmung.

Was erwartet man von einem intelligenten Agenten noch?

Der Agent muss **Informationen sammeln**, d.h. Handlungen vollziehen, um künftige Wahrnehmungen zu modifizieren.

18.03.2007

Intelligente Agenten

Agenten u. Umgebungen / 22

Lernen - Erkunden - Anpassen

Ein Agent muss **lernen**

Ein Agent muss von dem was er wahrnimmt lernen und sein Vorwissen modifizieren und verbessern.

Ein Agent muss **erkunden**

Informationen können auch durch **Erkundung** (Exploration) gewonnen werden, insbesondere bei einer unbekannten Umgebung.

Ein Agent muss sich **anpassen**

Agenten, die alles über ihre Umgebung im Voraus wissen, sind nicht anpassungsfähig.

18.03.2007

Intelligente Agenten

Agenten u. Umgebungen / 23

Allwissenheit → Labilität

Ein Agent, der alles über seine Umgebung im Voraus weiß ist sehr labil.

Warum?

18.03.2007

Intelligente Agenten

Agenten u. Umgebungen / 24

Allwissenheit, Lernen und Autonomie

Erfolgreiche Agenten teilen die Berechnung ihrer Agentenfunktion in drei unterschiedlichen Phasen:

1. Ein Teil der Berechnung ist von den Designern durchgeführt.
2. während sich der Agent überlegt, was seine nächste Handlung sein soll, rechnet der Agent weiter
3. während der Agent von seinen Erfahrungen lernt, rechnet er weiter um zu entscheiden, wie er sein Verhalten modifizieren soll.

18.03.2007

Intelligente Agenten

Agenten u. Umgebungen / 25

Allwissenheit, Lernen und Autonomie

- Einem Agenten, der sich nur auf Phase 1 stützt, mangelt es an Autonomie
- Ein Staubsaugeragent, der voraussehen lernt, wo und wann Staub hinzukommen wird, ist „besser“ als einer, der das nicht kann
- Am Anfang muss sich der Agent nur auf sein Vorwissen stützen, aber mit der Zeit, lernt er unabhängiger von seinem Vorwissen zu agieren.

Das Maß, zu dem sich ein Agent auf das Vorwissen seines Entwicklers verlässt, statt auf seine eigenen Wahrnehmungen wird als fehlende **Autonomie** bezeichnet.

Ein rationaler Agent sollt autonom sein.

18.03.2007

Intelligente Agenten

Agenten u. Umgebungen / 26

Die Natur von Umgebungen

- Aufgabenumgebungen (task environments) sind die Probleme, zu denen die Agenten Lösungen finden sollen.
- Die Beschreibung von Aufgabenumgebungen umfasst
 - Leistungsmessung (Performance)
 - Umgebung (Environment)
 - ausführende Elemente des Agenten (Actuators)
 - Sensoren

18.03.2007

Intelligente Agenten

Agenten u. Umgebungen / 27

Beispiel - automatisiertes Taxi

Agententyp	Leistungs-bewertung	Umgebung	Aktuatoren	Sensoren
Taxifahrer	Sicher, schnell, der Straßenverkehrs-ordnung gehorchend, angenehme Fahrweise, maximale Gewinne	Straßen, anderer Verkehr, Fußgänger, Fahrgäste	Lenkrad, Gas, Bremse, Hupe, Blinker, Anzeige (frei/besetzt)	Kameras, Sonar, Tachometer, GPS, Kilometerzähler, Motorsensoren, Tastatur

18.03.2007

Intelligente Agenten

Agenten u. Umgebungen / 28

Eigenschaften 1 und 2

Die Klassifikation der möglichen Aufgabenumgebungen nach verschiedenen Eigenschaften bestimmt weitgehend das passende Agenten-Design.

- **Vollständig beobachtbar vs. teilweise beobachtbar**
 - Die Aufgabenumgebung ist total beobachtbar, wenn die Sensoren alles wahrnehmen, was relevant für die Handlungsentscheidung ist. Relevanz wird durch die Leistungsmessung bestimmt.
- **Deterministisch vs. Stochastisch**
 - Wenn der nächste Zustand komplett durch den jetzigen Zustand und die Handlung des Agenten bestimmt wird, ist die Umgebung deterministisch, z.B. die Staubsaugerwelt. Sonst ist sie stochastisch, z.B. Taxifahren.

18.03.2007

Intelligente Agenten

Agenten u. Umgebungen / 29

Eigenschaften 3 und 4

- **Episodisch vs. sequentiell**
 - In einer episodischen Aufgabenumgebung sind die Erfahrungen des Agenten in atomare Episoden unterteilt. In jeder E. nimmt der A. etwas wahr und tut etwas. Die folgende E. hängt nicht von Handlungen der vorherigen En ab. Episodische Umgebungen sind viel einfacher als „sequentielle“, weil der Agent nicht voraus denken muss.
- **Statisch vs. dynamisch**
 - Wenn sich die Umgebung verändern kann, während sich der Agent überlegt, wie er handeln soll, so ist die Umgebung dynamisch.
 - Wenn sich die Umgebung nicht verändert, wohl aber der Leistungserfolg des A., dann nennt man diese Umgebung semi-dynamisch.

18.03.2007

Intelligente Agenten

Agenten u. Umgebungen / 30

Eigenschaft 5

- **Diskret vs. kontinuierlich**

- Die Unterscheidung diskret/kontinuierlich kann verwendet werden, um den Zustand der Umgebung, den Umgang mit der Zeit und Wahrnehmungen und Handlungen des Agenten zu beschreiben. Eine diskrete Umgebung hat eine endliche Anzahl verschiedener Zustände.
- Beispiele
 - Taxifahren, diskret/kontinuierlich?
 - Schach, diskret/kontinuierlich?

18.03.2007

Intelligente Agenten

Agenten u. Umgebungen / 31

Eigenschaft 6

- **Einzelagent vs. Multiagent**

- Wie sehen die Agenten einander?
- Subtile Unterschiede. Wann muss ein Agent A eine andere Einheit B als Agent betrachten? Beispiele:
 - Muss ein Taxiagent ein anderes Fahrzeug als Agent betrachten oder kann er es einfach als ein sich stochastisch verhaltendes Objekt betrachten?
 - Wellen am Strand oder Blätter im Wind
- Schlüsselunterscheidung: Kann das Verhalten von B damit beschrieben werden, dass es eine Leistungsbewertung von A maximiert?
- A und B können kooperieren oder konkurrieren.
- Kommunikation zwischen Agenten ist rationales Verhalten

18.03.2007

Intelligente Agenten

Agenten u. Umgebungen / 32

Kombination aller Eigenschaften

- **Schwierige Fälle**

- teilweise beobachtbar, sequentiell, dynamisch, stetig und Multiagent
- reale Situationen stochastisch behandeln, z.B. Taxifahren

18.03.2007

Intelligente Agenten

Agenten u. Umgebungen / 33

Beispiele für Arbeitsumgebungen

Arbeits-umgebung	beobacht-bar	determi-nistisch	episodisch	statisch	diskret	Agenten
Kreuzworträtsel	vollständig	deterministisch	sequenziell	statisch	diskret	Einzel
Schach mit Uhr	vollständig	strategisch	sequenziell	semi	diskret	Multi
Poker	teilweise	strategisch	sequenziell	statisch	diskret	Multi
Backgammon	vollständig	stochastisch	sequenziell	statisch	diskret	Multi
Taxifahren	teilweise	stochastisch	sequenziell	dynamisch	stetig	Multi
Medizinische Diagnose	teilweise	stochastisch	sequenziell	dynamisch	stetig	Einzel
Bildanalyse	vollständig	deterministisch	episodisch	semi	stetig	Einzel
Teile packende Roboter	teilweise	stochastisch	episodisch	dynamisch	stetig	Einzel
Interaktiver Englischlehrer	teilweise	stochastisch	sequenziell	dynamisch	diskret	Multi

18.03.2007

Intelligente Agenten

Agenten u. Umgebungen / 34

Die Struktur von Agenten

- bisher
 - Verhalten
 - → Aktion nach einer bestimmten Wahrnehmungsfolge
- jetzt
 - Wie arbeitet ein Agent intern?
- Programm
 - implementiert die Agentenfunktion und verknüpft Wahrnehmungen mit Sensoren und Handlungen mit Aktuatoren
- Architektur
 - macht die Wahrnehmungen der Sensoren dem Programm verfügbar, führt das Programm aus und leitet die Handlungsauswahl an die ausführenden Elemente.

18.03.2007

Intelligente Agenten

Agenten u. Umgebungen / 35

Agentenprogramme

Agentenprogramme

- erhalten die Wahrnehmungen von den Sensoren als Input und
- geben eine Handlung zu den ausführenden Elementen weiter

Welcher Unterschied besteht zwischen dem Agentenprogramm und der Agentenfunktion?

- Das Agentenprogramm nimmt die **aktuelle Wahrnehmung** als Eingabe entgegen
- die Agentenfunktion kennt den **ganzen Wahrnehmungsverlauf**

18.03.2007

Intelligente Agenten

Agenten u. Umgebungen / 36

Beispiel - Agentenprogramm

```
function Table-Driven-Agent (percept) returns eine Handlung
  static: Wahrnehmungen, eine Sequenz, am Anfang leer
          Tabelle, eine Tabelle von Handlungen indexiert
          nach Wahrnehmungsfolgen, am Anfang
          vollständig spezifiziert
  Append Wahrnehmung ans Ende der Wahrnehmungen
  Handlung ← Nachschlagen (Wahrnehmungen, Tabelle)
  return Handlung
```

18.03.2007

Intelligente Agenten

Agenten u. Umgebungen / 37

Tabellen-gesteuerter Agent

- Die Tabelle stellt die Agentenfunktion, die das Agentenprogramm implementiert, explizit dar.
Um auf diese Weise einen rationalen Agenten zu erstellen, müsste eine Tabelle konstruiert werden, die für jede Wahrnehmungsfolge die passende Handlung enthält.
- Vorteil - der Tabellen-gesteuerte Agent implementiert die gewünschte Agentenfunktion
- Nachteil - die Größe der Tabelle wächst exponentiell, denn: sei P die Menge der möglichen Wahrnehmungen und T die Lebensdauer des Agenten. Dann enthält die Nachschlagetabelle sehr viele Einträge:

$$\sum_{t=1}^T |P|^t$$

18.03.2007

Intelligente Agenten

Agenten u. Umgebungen / 38

Herausforderung der KI

Wie schreibt man Programme, die rationales Verhalten so weit wie möglich aus einer kleinen Menge von Code erzeugen, statt aus einer großen Zahl von Tabelleneinträgen?

Man muss genau daran glauben, sonst macht es keinen Sinn, sich mit künstlicher Intelligenz zu beschäftigen.

18.03.2007

Intelligente Agenten

Agenten u. Umgebungen / 39

Vier Grundtypen des Agentenprogramms

- einfache Reflex-Agenten
- modellbasierte Reflex-Agenten
- zielbasierte Reflex-Agenten
- nutzenbasierte Agenten

18.03.2007

Intelligente Agenten

Agenten u. Umgebungen / 40

Einfache Reflex-Agenten

- Sie wählen Handlungen auf Basis der aktuellen Wahrnehmung aus und ignorieren die Wahrnehmungssequenz
- Beispiel Taxi-Fahrer:
 - Bedingung/Handlung-Regel

if Auto vorne bremst then mit Bremsen anfangen

18.03.2007

Intelligente Agenten

Agenten u. Umgebungen / 41

Reflex-Staubsauger-Agent

```
function REFLEX-STAUBSAUGER-AGENT (Standort,  
Zustand) returns eine Handlung  
  if Zustand = schmutzig then return saugen  
  else if Standort = A then return Rechts  
  else if Standort = B then return Links
```

18.03.2007

Intelligente Agenten

Agenten u. Umgebungen / 42

Einfacher Reflexagent

```
function EINFACHER-REFLEX-AGENT (Wahrnehmung)
  returns eine Handlung
  static: Regeln, eine Gruppe von Bedingung/Handlung-Regeln
```

Zustand \leftarrow Input-Interpretieren (*Wahrnehmung*)

Regel \leftarrow Regel-Match-Prüfen (*Zustand, Regeln*)

Handlung \leftarrow Regel-Handlung (*Regel*)

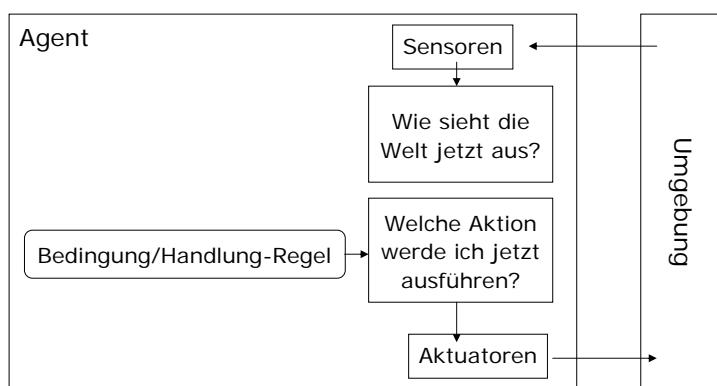
return *Handlung*

18.03.2007

Intelligente Agenten

Agenten u. Umgebungen / 43

Einfacher Reflexagent - Skizze



Ein einfacher Reflexagent funktioniert nur dann, wenn die korrekte Entscheidung auf der Grundlage nur der aktuellen Wahrnehmung getroffen werden kann - das bedeutet, nur wenn die Umgebung vollständig beobachtbar ist.

18.03.2007

Intelligente Agenten

Agenten u. Umgebungen / 44

Modellbasierte Reflexagenten

- Um in teilweise beobachtbaren Umgebungen klar zu kommen, hilft es wenn der Agent einen Überblick über die momentan unsichtbaren Teile der Welt hat.
- Dazu verwaltet er einen inneren Zustand, der von seiner Wahrnehmungsgeschichte abhängt; dieser i.Z. reflektiert den momentan unbeobachtbaren Teil d. W.
- Interner Zustand muss aktualisiert werden, dazu braucht er 2 Arten von Wissen:
 - Infos darüber wie sich die Welt unabhängig vom Agenten entwickelt
 - Infos darüber was die Handlungen des Agenten in der Welt bewirken (z.B. Steuerrad im Uz. bewegen)

Weltmodell in
sich tragen

18.03.2007

Intelligente Agenten

Agenten u. Umgebungen / 45

Modell der Welt in sich tragen

Das Wissen darüber, „wie die Welt funktioniert“ - egal ob in einfachen Booleschen Schaltungen oder in vollständigen wissenschaftlichen Theorien implementiert -, wird als **Modell der Welt** bezeichnet.

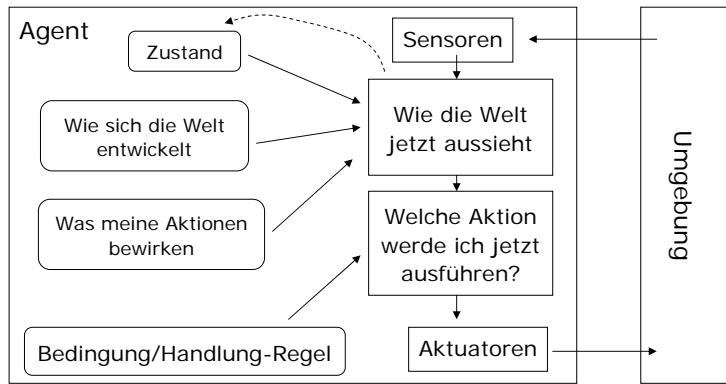
Ein Agent, der ein solches Modell verwendet, heißt **modellbasierter Agent**.

18.03.2007

Intelligente Agenten

Agenten u. Umgebungen / 46

Modellbasierter Reflexagent - Skizze



18.03.2007

Intelligente Agenten

Agenten u. Umgebungen / 47

Ein modellbasierter Reflexagent

```
function REFLEX-AGENT-MIT-ZUSTAND (Wahrnehmung)
  returns eine Handlung
  static: Zustand, eine Beschreibung des aktuellen Weltzustands
          Regeln, eine Gruppe von Bedingung/Handlung-Regeln
          Handlung, die neueste Handlung, am Anfang keine

  Zustand ← ZUSTAND-AKTUALISIEREN (Zustand, Handlung,
                                      Wahrnehmung)
  Regel ← Regel-Match-Prüfen (Zustand, Regeln)
  Handlung ← Regel-Handlung (Regel)
  return Handlung
```

18.03.2007

Intelligente Agenten

Agenten u. Umgebungen / 48

Zielbasierte Agenten

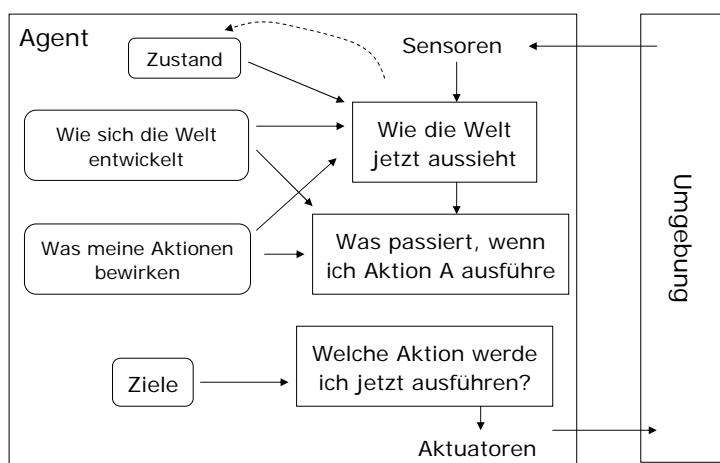
- Das Wissen über den inneren Zustand reicht nicht immer aus, um etwas zu entscheiden. Richtige Entscheidung hängt vom Ziel ab. Ziel beschreibt die erwünschte Situation
 - Einfacher Fall: Ziel wird direkt nach einer Handlung erreicht
 - komplizierter Fall: einen Weg zum beabsichtigten Ziel finden (Suchen und Planen)

18.03.2007

Intelligente Agenten

Agenten u. Umgebungen / 49

Modellbasierter, zielbasierter Agent - Skizze



18.03.2007

Intelligente Agenten

Agenten u. Umgebungen / 50

Nutzenbasierte Agenten

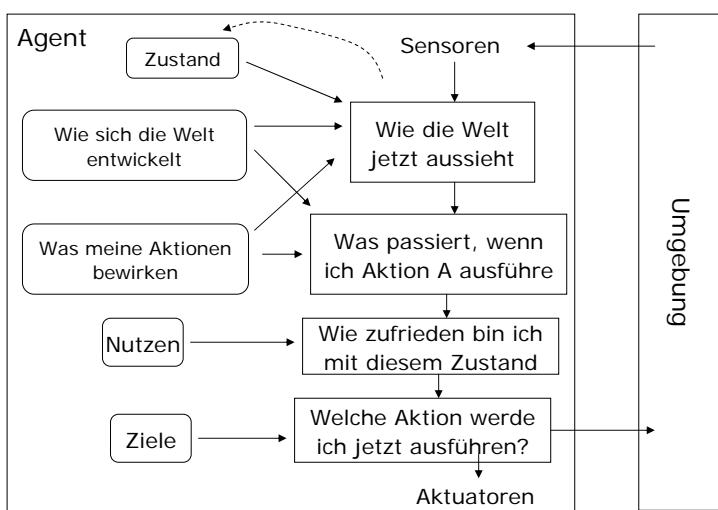
- Ziele allein reichen nicht aus
- Wenn ein Zustand bevorzugt wird, besitzt er eine höhere **Nützlichkeit**
- Eine Nützlichkeit verknüpft einen Zustand oder eine Zustandsfolge mit einer reellen Zahl, die den entsprechenden Zufriedenheitsgrad beschreibt. Die Funktion erlaubt rationale Entscheidungen:
 - wenn es widersprüchliche Ziele gibt - Abwägungen
 - wenn es mehrere Ziele gibt, von denen keines mit Sicherheit erreicht werden kann. Die **Wahrscheinlichkeit** des Erfolgs wird gegen die Bedeutung und **Wichtigkeit der Ziele** abgewogen

18.03.2007

Intelligente Agenten

Agenten u. Umgebungen / 51

Modellbasierter, zielbasierter Agent - Skizze



18.03.2007

Intelligente Agenten

Agenten u. Umgebungen / 52

Lernende Agenten

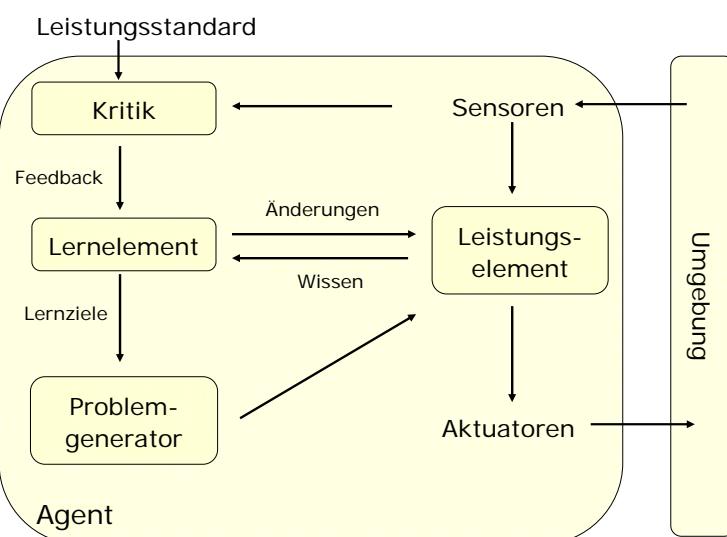
- Wie werden Agentenprogramme erstellt?
Turing (1950): Intelligente Maschinen selbst von Hand zu programmieren, dauert zu lange
- Eine mögliche Lösung wäre, lernende Maschinen zu bauen und ihnen das Programmieren beizubringen
- Vorteil des Lernens: Agenten können in Umgebungen arbeiten, von denen sie kein Vorwissen haben. Das führt zur Kompetenzsteigerung.

18.03.2007

Intelligente Agenten

Agenten u. Umgebungen / 53

Modell eines lernenden Agenten



18.03.2007

Intelligente Agenten

Agenten u. Umgebungen / 54