# Agenten

Die Agentenmetapher basiert auf Entwicklungen in verschiedenen Bereichen der Informatik wie verteilte Systeme, Softwaretechnik und künstliche Intelligenz. Sie wurde auch stark von den Forschungsergebnissen anderer Disziplinen beeinflusst, insbesondere der Soziologie, der Biologie, der System- und Entscheidungswissenschaften und vieler anderer. Diese verschiedenen Forschungsbereiche spiegeln sich in den zahlreichen Facetten wider, die Agenten charakterisieren.

Die Frage "Is it an agent, or just a program?" wurde von Franklin und Graesser (Franklin und Graesser, 1996) gestellt und zeigt bereits einige der Probleme bei der Definition eines Agenten auf. Das Papier gehört zu einer Reihe von Bemühungen, die in den 1990er Jahren auf die Definition von Agenten abzielten. Damals gab es ein großes Interesse an solchen Definitionen, da Agenten gerade als neues Paradigma eingeführt worden waren. Im Laufe der Jahre nahm dieses Interesse an einem formalen Konsens ab und der Schwerpunkt wurde auf die Anwendungsbereiche des Agentenparadigmas gelegt. Glücklicherweise ist, wie auch andere wissenschaftliche Bereiche zeigen, eine gemeinsam vereinbarte Definition keine Voraussetzung für den Erfolg eines Konzepts in der Praxis.

Um die obige Frage zu beantworten, diskutieren Franklin und Graesser mehrere Definitionen prominenter Agentenforscher.

Der von Russell und Norvig (Russell und Norvig, 1995) vorgeschlagene Agentenbegriff, wonach "ein Agent alles ist, was als seine Umgebung durch Sensoren wahrnehmend und durch Effektoren auf diese Umgebung einwirkend betrachtet werden kann", gilt für alle Programme, deren Ausgaben auf Eingaben beruhen.

Andere Definitionen berücksichtigen die Art der Umgebung, d.h. ob sie dynamisch und komplex ist, und gehen auch von einer gewissen Autonomie und Zielgerichtetheit des Agenten aus, z.B.: "Autonome Agenten sind Computersysteme, die eine komplexe dynamische Umgebung bewohnen, diese wahrnehmen und in ihr autonom handeln und dabei eine Reihe von Zielen oder Aufgaben verwirklichen, für die sie entworfen wurden." (Maes, 1995). Es wird nichts darüber gesagt, wie diese Autonomie oder Zielgerichtetheit von einem konkreten Agenten erreicht werden soll. Im Gegensatz dazu unterstreicht (Hayes-Roth, 1995) die traditionelle Sichtweise der künstlichen Intelligenz auf Agenten, indem er davon ausgeht, dass alle Agenten explizit schlussfolgernde Mechanismen verwenden: "Intelligente Agenten führen kontinuierlich drei Funktionen aus: Wahrnehmung dynamischer Bedingungen in der Umwelt; Handeln, um die Bedingungen in der Umwelt zu beeinflussen; und schlussfolgerndes Denken, um Wahrnehmungen zu interpretieren, Probleme zu lösen, Schlüsse zu ziehen und Handlungen zu bestimmen.".

Andere Forscher folgen der Argumentationslinie von Brooks, der provokativ die Frage aufgeworfen hat, ob der Entwurf intelligent handelnder Systeme Repräsentation oder Denken erfordert (Brooks, 1991a,b). Brooks hebt die Reaktionsfähigkeit von Agenten als eine der intrinsischen Eigenschaften von Agenten hervor, die mit Mitteln zur Deliberation kombiniert werden müssen (Stone und Veloso, 2000).

Wooldridge und Jennings (Wooldridge und Jennings, 1995) definieren einen Agenten grundsätzlich als ein hardware- oder softwarebasiertes Computersystem, das die folgenden Eigenschaften aufweist:

- Autonomie: Agenten operieren ohne direkten Eingriff von Menschen oder anderen und haben eine gewisse Kontrolle über ihre Handlungen und ihren internen Zustand;

- Soziale Fähigkeit: Agenten interagieren mit anderen Agenten (und möglicherweise Menschen) über eine Art von Agenten-Kommunikationssprache;

- Reaktivität: Agenten nehmen ihre Umgebung wahr (das kann die physische Welt, ein Benutzer über eine grafische Benutzeroberfläche, eine Ansammlung anderer Agenten, das Internet oder vielleicht alles zusammen sein) und reagieren rechtzeitig auf Veränderungen, die in dieser Umgebung auftreten;

- Proaktivität: Agenten agieren nicht einfach als Reaktion auf ihre Umgebung; sie sind in der Lage, ein zielgerichtetes Verhalten an den Tag zu legen, indem sie die Initiative ergreifen.

Auch hier werden keine Annahmen darüber gemacht, wie bestimmte Eigenschaften erreicht werden können. Allerdings werden zentrale Probleme von Agenten berücksichtigt, nämlich wie zwischen Reaktivität und Proaktivität vermittelt werden kann und wie die Interaktion mit anderen Agenten und möglicherweise Menschen erfolgen kann. Die Umwelt wird nur implizit berücksichtigt: Um auf etwas reagieren zu können, muss der Agent es wahrnehmen. Dieses Manko wurde in späteren Veröffentlichungen behoben: "Ein Agent ist ein Computersystem, das sich in einer bestimmten Umgebung befindet und zu flexiblen, autonomen Handlungen fähig ist, um seine Entwurfsziele zu erreichen... Es gibt also drei Schlüsselkonzepte in unserer Definition: Situiertheit, Autonomie und Flexibilität" (Jennings et al., 1998).

Um die Aspekte hervorzuheben, die für die Systemtechnik von besonderem Interesse sind, schlagen wir im Rahmen dieser Arbeit die folgende Arbeitsdefinition vor:

- Der Agent ist situiert, er nimmt seine Umgebung wahr und er handelt in seiner Umgebung. Die Umwelt umfasst typischerweise andere Agenten, andere teilweise dynamische Objekte und passive Objekte, die z.B. durch den Agenten manipuliert werden können. Die Kommunikation mit anderen Agenten ist in Systemen mit mehreren Agenten von besonderem Interesse, da die Agenten zusammenarbeiten und um Aufgaben konkurrieren können. Diese letztere Eigenschaft wird auch als soziale Fähigkeit bezeichnet.

- Der Agent sollte in dem Sinne autonom sein, dass er ohne direktes Eingreifen von Menschen oder anderen agieren kann, und Autonomie erfordert die Kontrolle über seinen eigenen Zustand und sein Verhalten.

- Flexibel zu sein bedeutet für einen Agenten, dass er zwischen reaktivem Verhalten, d. h. der Fähigkeit, auf Veränderungen in seiner Umgebung zu reagieren, und der Absicht, seine Ziele zu verfolgen, vermitteln muss. Eine geeignete Vermittlung ist einer der entscheidenden Aspekte für einen Agenten, um seine Aufgaben in einer dynamischen Umgebung zu erfüllen. Ein Agent kann auf der Grundlage seines Wissens, seiner Regeln, Überzeugungen, Operatoren, Ziele und Erfahrungen handeln und sich bei Bedarf schnell an neue Einschränkungen und Anforderungen - oder sogar neue Umgebungen - anpassen. So können beispielsweise neue Situationen neue Ziele erfordern, und neue Erfahrungen können zu neuen Verhaltensregeln führen. Außerdem erhöht die Mobilität die Flexibilität eines Agenten.

## Situated Environment and Agent Society

In der Regel haben wir es nicht nur mit einem Agenten zu tun, sondern mit mehreren Agenten in ihrer Umgebung. Im Folgenden werden wir Agentensysteme als Systeme verstehen, die aus einer Reihe von Objekten bestehen. Es wird zwischen aktiven und passiven Objekten unterschieden. Passive Objekte ändern ihre Eigenschaften im Allgemeinen nicht durch ein eigenes Verhalten; sie sind oft ausschließlich der Manipulation unterworfen. Im Gegensatz dazu haben aktive Objekte ein eigenes Verhalten; Agenten sind eine Teilmenge dieser aktiven Objekte. In Multi-Agenten-Systemen verfügt jeder Agent in der Regel nur über unvollständige Informationen oder Fähigkeiten zur Lösung des jeweiligen Problems, Daten und Steuerung sind dezentralisiert, und die Berechnungen erfolgen asynchron.

In Abbildung 3.1 befindet sich ein Agent in seiner Umgebung, er nimmt seine Umgebung (einschließlich anderer Agenten) wahr, bildet die Wahrnehmung auf der Grundlage seines Wissens und seiner Ziele auf eine interne Repräsentation ab, und er kommuniziert und handelt mit anderen Agenten. Seine Umwelt enthält andere Objekte, passive wie Hindernisse, aber auch aktive wie den Ball, der (sobald er geschossen wurde) eine Eigendynamik hat, die berücksichtigt werden muss. Die Wahrnehmung der Umwelt durch einen Agenten kann unvollständig (er weiß nicht alles, was wahr ist, z. B. nimmt der Agent das Dreieck und den zweiten Block nicht wahr) und unsicher sein (es ist auch nicht alles wahr, was er glaubt, dass es wahr ist). Agenten sind in Bezug auf ihr Wissen und, aufgrund der dynamischen Umgebung, auf die Zeit, die sie für eine Entscheidung und zum Handeln benötigen, begrenzt.

In dieser Hinsicht sind sie dem Menschen nicht unähnlich: Menschen agieren beim Treffen von Entscheidungen in einer komplexen und sich häufig verändernden Umgebung mit begrenzten kognitiven Fähigkeiten, Zeit und anderen Ressourcen. Daher ist die Entscheidungsfindung nur innerhalb der den Entscheidungsträgern auferlegten Grenzen rational. Tversky und Kahneman (Tversky und Kahneman, 1974) haben eine Reihe von Heuristiken und Voreingenommenheiten identifiziert, die der Mensch bei der Entscheidungsfindung nutzt. Diese Studien zielen darauf ab, klassische und analytische Entscheidungstheoretiker mit den Erkenntnissen der kognitiven Psychologie in Einklang zu bringen. So führen Heuristiken im Vergleich zu klassischen Methoden häufig zu kostengünstigeren Lösungen in Bezug auf Zeit und geistigen Aufwand, eine Tatsache, die auch von traditionellen Methoden der künstlichen Intelligenz ausgenutzt wird.

## Architecture and characteristics

Der in Abbildung [] gezeigte architektonische Rahmen wurde in (Moya und Tolk, 2007) vorgeschlagen, um zu erörtern, wie die in unserer Sitzung zur Agentenschaft diskutierten Agentenmerkmale realisiert werden können. Er ist absichtlich einfach gehalten, da wir keine Lösung vorschreiben wollen, sondern die Entwickler lediglich auf die Bereiche aufmerksam machen wollen, die berücksichtigt werden müssen. Wenn ein Bereich in einer Lösung nicht abgedeckt ist, sollte er auch nicht durch gezieltes Design abgedeckt werden. Abbildung [] ist somit ein Leitfaden für Systemingenieure, Simulations- und Agentenentwickler. Sie ist weder vollständig noch ausschließlich.

In (Moya und Tolk, 2007) werden drei externe und vier interne Architekturdomänen unterschieden. Die externen Domänen umfassen die Funktionen, die ein Agent benötigt, um mit seiner Umgebung zu interagieren:

- Die Wahrnehmungsdomäne beobachtet die Umwelt. Mit Hilfe seiner Sensoren empfängt der Agent Signale aus seiner Umgebung und sendet diese Informationen an die interne Wahrnehmungsdomäne.

- Die Aktionsdomäne umfasst die Effektoren. Wenn der Agent in seiner Umwelt agiert, sind hier die notwendigen Funktionen angesiedelt. Seine Aufgabe ist es, Aufgaben aus der internen Entscheidungsdomäne auszuführen.

- Die Kommunikationsdomäne tauscht Informationen mit anderen Agenten oder Menschen aus. Wenn sie Informationen erhält, werden diese an die interne Sensemaking-Domäne gesendet. Ihre Aufgabe ist es, Informationen aus dem internen Entscheidungsfindungsbereich zu senden.

Die internen Domänen kategorisieren die Funktionen, die der Agent benötigt, um als autonomes Objekt zu handeln und sich anzupassen. Die vier hier identifizierten Bereiche sind wie folgt:

- Der Bereich "Sensemaking" empfängt Eingaben (Sensoren und Kommunikation) und überträgt diese Informationen auf die interne Repräsentation, d. h. auf einen Teil des Bereichs "Gedächtnis". Dieser Bereich umfasst potenziell Datenkorrelations- und Datenfusionsverfahren, Datenvermittlungsfähigkeiten, Verfahren zum Umgang mit unsicheren, unvollständigen und widersprüchlichen Daten usw.

- Der Bereich der Entscheidungsfindung unterstützt sowohl reaktive als auch deliberative Methoden, wie in diesem Kapitel beschrieben. Sie nutzt die im Speicherbereich gespeicherten Informationen und stößt Kommunikationen und Aktionen an.

- Die Anpassungsdomäne kann auch mit der Wahrnehmung und dem Handeln verbunden sein, aber das ist keine notwendige Voraussetzung. Die Funktionsgruppe aktualisiert die Informationen in der Gedächtnisdomäne, um aktuelle Ziele, Aufgaben und Wünsche zu berücksichtigen.

- Die Gedächtnisdomäne speichert alle Informationen, die der Agent für die Ausführung seiner Aufgaben benötigt. Es ist möglich, zwischen Langzeit- und Kurzzeitgedächtnis zu unterscheiden, verschiedene Methoden zur Wissensdarstellung können alternativ oder in Mischformen verwendet werden usw.

Dieser architektonische Rahmen ist nicht dazu gedacht, konkretere Architekturen zu ersetzen, die in diesem Kapitel als Beispiele verwendet werden. Es handelt sich um einen Entwurf, der für Anwendungen angepasst und konkretisiert werden muss, indem dieser Knotenpunkt je nach den Anforderungen des Projekts erweitert und verbessert wird. So müssen zum Beispiel die kritischen Komponenten Planung, Verständnis und Antizipation, die den Agenten zur Entscheidungsfindung befähigen, in der Entscheidungskomponente detailliert beschrieben werden. In ähnlicher Weise muss bei der Implementierung einer Lösung auf der Grundlage dieses Konzepts erfasst werden, wie die Lernfunktion realisiert wird.