

Automatisiertes Headhunting im Web 2.0: Zum Einsatz intelligenter Softwareagenten als Headhunting-Robots

Ricardo Buettner*

FOM Hochschule fuer Oekonomie & Management,
Arnulfstraße 30, 80335 Muenchen, Germany,
ricardo.buettner@fom.de

Abstract: Der Beitrag skizziert aus Entwurfsperspektive ein automatisiertes agentenbasiertes Headhunting-System für Online Social Networks (OSN). Dabei werden neben der grundsätzlichen Projektidee makro- und mikroökonomische Modellierungsaspekte des Headhunting-Systems beleuchtet. Im Ergebnis zeigt sich, dass deliberative intelligente Softwareagenten prinzipiell geeignet sind, Headhunting-Aktivitäten im Bereich der Kandidatensuche zu automatisieren. Die Einführung von Entgelten für die jeweilige Nutzung der sozialen (Sub-)Netze der entsprechenden Akteure führt zur Evolution der OSN und zur Verbesserung der Netzqualität (Optimierung der Vernetzungs- und Prestigemaße). Wertschöpfungsbezogen können die Akteure im OSN (potentielle Kandidaten, Vermittler, etc.) und die OSN-Betreiber von den Nutzungsentgelten und die Personalsuchenden von qualitativ hochwertigeren und schnell zur Verfügung stehenden Kandidatenlisten profitieren.

Keywords: Headhunting, Recruiting, Online Social Network, Softwareagenten

1 Problemstellung und Zielsetzung

Auf den ersten Blick ergeben sich für Headhunter und Recruiter [m/w] („Personalsuchende“ (PS_i)) verbesserte Möglichkeiten in Online Social Networks (OSN) geeignete Fach- und Führungskräfte [m/w] („Kandidaten“ (K_j)) zu finden. OSN ermöglichen den Aufbau und/oder die Pflege der eigenen sozialen Kontakte über das Internet (bspw. Facebook, LinkedIn, Xing). Tatsächlich evolvierten in den letzten Jahren dutzende sehr erfolgreiche OSN [Hei10, RRvB11] - insbesondere für den Personalmarkt, die Suchfunktionen für PS_i in den wertvollen persönlichen Profilen und für K_j in Bezug auf offene Jobs und Arbeitgeberinformationen anbieten [SK10]. Diese Suchfunktionen sind in den Praxisanwendungen bisher größtenteils als Matchingalgorithmen implementiert. Die einschlägige Forschung hinsichtlich Data Mining in OSN (stellv. [MXHC10]) und Semantic Web (stellv. [TMH⁺06]) zeigen zudem weitere viel versprechende Implementierungsmöglichkeiten.

*Der vorliegende Beitrag wurde in Teilen durch das BMBF Bundesministerium für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 17103X10 unterstützt.

Allerdings kristallisiert sich bei genauerer Betrachtung ein bedeutendes Problem heraus: Aufgrund ansteigender Sensibilisierung für die Privatsphäre [LKC08, CMD09] schränken OSN-Nutzer zunehmend ihre persönlichen Informationen expliziert durch dedizierte Freigabe auf nur wenige andere Nutzer bzw. Nutzerkreise ein [Tuf08]. Diese Beschränkungen boykottieren selbst ausgefeilten Such- und Mining-Algorithmen den Informationszugriff, weil die Daten nicht mehr direkt öffentlich zugänglich sind.

Das Dilemma zwischen dem Schutz der Privatsphäre der K_j und ihrer Teilhabe an neuen außerbetrieblichen Karrieremöglichkeiten lässt sich jedoch mittels intelligenter Softwareagenten lösen. Intelligente Softwareagenten sind eine sehr aktuelle, innovative und forschungsintensive Technologie (Multi-Agenten-Systeme als Teilgebiet der Künstlichen Intelligenz), die im deutschsprachigen Raum u. a. von der DFG mit dem Schwerpunktprogramm 1083 von 2000-2006 [Kir99, KHLS06] grundlagenorientiert gefördert wurde.

An dieser Stelle setzt das hier vorgestellte Forschungsprojekt als „Research in progress“-Projekt an. Das bisherige zugehörige Praxiskonsortium bestehend aus etablierten Headhuntern / Personalberatern, Personalsoftwareanbietern und Personalleitern namhafter Unternehmen (u. a. Haufe Lexware, Hexal AG, Pape AG, Pentasys AG, Siemens AG) hat ein hohes Interesse an der Initiierung eines Forschungsverbundprojektes zur Entwicklung eines mittels intelligenter Softwareagenten automatisierten Headhunting-Systems für OSN.

Ziel des vorliegenden Beitrages ist die Skizzierung des automatisierten agentenbasierten Headhunting in OSN als Diskussionsbasis für den Workshop „Personaldaten im Web 2.0“ auf der Informatik 2011. Methodisch wird eine Entwurfsperspektive (Design Science) zur Projektinitiierung („Research in progress“) eingenommen. Die abschließende Umsetzung und Evaluation [HMPR04] ist nicht Bestandteil der vorliegenden Arbeit. Der Rest des Beitrags ist wie folgt aufgebaut: Der folgende Abschnitt 2 skizziert projektrelevante Aspekte im Offline- und Online-Headhunting aus anwendungsorientierter Perspektive der Headhunter und Recruiter (Personalsuchende PS_i). Abschnitt 3 zeigt den Stand intelligenter Softwareagenten aus Forschungsperspektive. Im Abschnitt 4 erfolgt die konzeptionelle Darstellung der Projektidee (Abschnitt 4.1) sowie makro- und mikroökonomischer Modellierungsaspekte des Headhunting-Systems (Abschnitte 4.2 und 4.3). Die Ergebnisse der Arbeit werden schließlich im Abschnitt 5 zusammengefasst, kritisch diskutiert (Abschnitt 5.1) und hinsichtlich des weiteren Untersuchungsbedarfs (Abschnitt 5.2) beleuchtet.

2 Aspekte der Headhunting-Praxis

2.1 Offline-Headhunting

Klassisches Headhunting hat sich in den letzten Jahrzehnten von einer Kandidatensuche für TOP-Management-Positionen zu einer umfassenden Dienstleistung für Fach- und Führungskräfte aller Ebenen und Branchen entwickelt. Gleichzeitig verlor die Headhunting-Branche den geheimnisvollen elitären Anspruch und wurde hoffähig. Der Erfolg des Headhunters ist heutzutage maßgeblich von einem guten Verständnis des Dreiecks Kultur-Struktur-Strategie beim Klienten¹, einer hochkarätigen Kandidatenliste sowie einem guten Verständnis der Wünsche und Anforderungen der Kandidaten abhängig [Mil00]. Eine hochkarätige Kandidatenliste hängt maßgeblich von der „Qualität“ der direkten und ferner auch indirekten Kontakte und damit des gesamten (insb. beruflichen) sozialen Netzwerks des Headhunters ab.

2.2 Nutzung von Online Social Networks

Stuart Macdonald [Mac86] beschrieb bereits vor 25 Jahren, dass in Zukunft riesige Potentiale für Headhunter entstehen, wenn diese die sozialen Netzwerke des Silicon Valleys entsprechend nutzen werden. *Macdonalds* Untersuchungen bezogen sich noch lediglich auf die informationsintensive Hightech-Industrie. 25 Jahre später nutzen Personalberater und Arbeitgeber bereits sehr intensiv OSN zur Kandidatensuche. Hier fächerte sich in letzter Zeit ein mannigfaltiges Spektrum an interdisziplinären Forschungs- und Praxisarbeiten auf, welche das hohe Interesse an dieser Recruitingquelle zeigen [ZA05, ZTL07, Hei10, RRvB11]. Der Einsatz ist in der Praxis bereits soweit fortgeschritten und üblich, dass mittlerweile organisationsweiter und -übergreifender Regelungsbedarf besteht: So diskutieren beispielsweise *William P. Smith* und *Deborah L. Kidder* [SK10] die Notwendigkeit, dass Arbeitgeber Richtlinien für den Bewerbungsprozess hinsichtlich der OSN aufstellen sollten. Weiterhin machen Sie darauf aufmerksam, dass von vielen Arbeitgebern mittlerweile erwartet wird, dass die Kandidaten OSN-Einträge (insbesondere Facebook) haben.

3 Zum Stand der Agenten-Forschung

Softwareagenten entstanden im Rahmen der Forschung zur Verteilten Künstlichen Intelligenz (Abb. 1). Den Grundstein der Künstlichen Intelligenz (KI) legten 1943 *Warren S. McCulloch* und *Walter H. Pitts* [MP43]. Sie entwarfen aufbauend auf der Neurophysiologie, der formalen Logik von *Albert N. Whitehead* und *Bertrand A. W. Russell* [WR13] und der Berechenbarkeitstheorie von *Alan M. Turing* [Tur37, Tur38] ein

¹Hier zeigt sich mittlerweile eine systemisch orientierte Betrachtungsweise der Erfolgsfaktoren; allg. [Wie48, Ber51, Ber68, Ulr68, Röp77, Mal92]; spez. [JC97, JCH00, Rob03, Str07, HIR11].

Modell eines Künstlichen Neuronalen Netzes. Den Namen „artificial intelligence“ hat das Forschungsgebiet dem von *John McCarthy* [MMRS55] 1956 zu diesem Themenkomplex initiierten Workshop in Dartmouth, New Hampshire, USA zu verdanken. *McCarthy* [MH69, McC90] selbst definiert Künstliche Intelligenz als Wissenschaft zur Konstruktion intelligenter Maschinen bzw. intelligenter Computerprogramme.

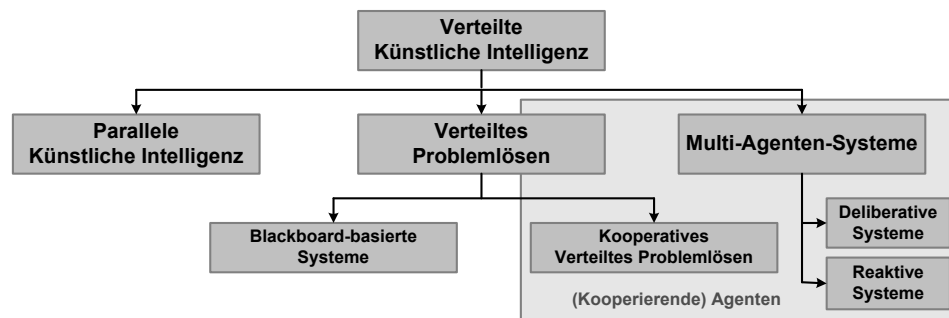


Abbildung 1: Gliederung der VKI; in Anl. an [Kir02, S. 54]

Die Künstliche Intelligenz umfasst Aufgabenstellungen von hoher Berechnungskomplexität insbesondere zum Umgang mit unsicherem, ungenauem, fehlerhaftem und fehlendem Wissen, welches sich zudem dynamisch rasch verändern kann [Kir02, S. 54]. Die Hard- und Softwareanforderungen zur Lösung dieser Aufgabenstellungen wurden zu Beginn der Entwicklung der KI erheblich unterschätzt. So musste beispielsweise der so genannte General Problem Solver (GPS) [NS63], eine von *Herbert A. Simon* und *Allen Newell* ab 1957 entwickelte Software zur Realisierung einer allgemeinen Problemlösungsmethode, nach fast zehnjähriger Entwicklungsdauer eingestellt werden. Das Scheitern führte schließlich zur Entwicklung von Expertensystemen, die auf einem engeren Wissensgebiet zu besseren Ergebnissen gelangen sollten.

Marvin Minsky [Min86] postulierte 1986, dass Intelligenz erst durch das Zusammenwirken vieler kleiner Module entstehen kann und wies damit den Weg in Richtung der Verteilten Künstlichen Intelligenz (VKI). Die Intelligenz eines Individuums wird wesentlich durch die Interaktion mit seiner Umwelt geprägt [Fer01, S. 23 ff.]. Die Verteilte Künstliche Intelligenz beschäftigt sich mit der „Entwicklung und Analyse intelligenter Gemeinschaften von interagierenden und koordinierten wissensbasierten Prozessen“ [KU94, S. 12]. Im Zentrum der VKI steht die Entwicklung und Bewertung verschiedener Varianten zur Verteilung und Zusammenführung von Aufgabenstellungen, Wissensbasen und Problemlösungsverfahren [Kir02, S. 54]. Dabei sind als Ansätze innerhalb der VKI nach *Alan H. Bond* und *Les Gasser* [BG88] die Parallele Künstliche Intelligenz, das Verteilte Problemlösen und Multi-Agenten-Systeme zu unterscheiden (Abb. 1).

Die Parallele Künstliche Intelligenz untersucht Möglichkeiten zur Parallelisierung zum Zweck der Performance-Steigerung von VKI-Systemen. Unter dem Verteilten Pro-

blemlösen (DPS: Distributed Problem Solving) wird der hierarchische Ansatz der VKI einer Top-down-Zerlegung und Koordination von Aufgabenstellungen verstanden [LE80]. Dabei sind grundsätzlich Blackboard-Systeme von Kooperativen verteilten Problemlösern (CDPS: Cooperative DPS) zu unterscheiden [Huh91]: Bei Blackboard-Systemen erfolgt die Koordination der verschiedenen Wissensquellen durch einen Scheduler innerhalb einer zentralisierten Agenda (Domänen-Blackboard). Damit können Blackboard-Systeme als Erweiterung regelbasierter Systeme verstanden werden: statt einer lokalen Wissensbasis wird das Wissen auf mehrere Wissensquellen verteilt [Kir02, S. 54]. Kooperative Verteilte Problemlöser funktionieren ohne solch einen Scheduler. Hier können sich zur Laufzeit das Verhalten einzelner Knoten (Agenten) und die Zusammensetzung des Agentenverbundes ändern.

Bei dem Verteilten Problemlösen bildet der lokale Knoten eine unselbständige Komponente [BG88]. Demgegenüber wird innerhalb des Multi-Agenten-Ansatzes angenommen, dass „das Einzelsystem unabhängig vom Verbund existiert und 'bei Bedarf' bottom-up mit anderen Softwaresystemen eine Zusammenarbeit eingeht“ [Kir02, S. 54]. Es wird damit ein partizipativer Ansatz verfolgt: Die Entscheidung über Form und Umfang einer Beteiligung an globalen Problemlösungsprozessen liegt nicht mehr beim Gesamtsystem, sondern beim einzelnen Softwareagenten selbst; so *Jeffrey S. Rosenschein* [Ros85]. Er führte in [Ros85] erstmalig den Begriff eines „Agenten“ statt dem Begriff des „Knotens“ in einem Verteilten Problemlöser ein.

Das Konzept des Softwareagenten lässt sich im weitesten Sinne auf das 1977 von *Carl Hewitt* [Hew77] vorgestellte Actor-Model zurückführen, nach dem der Akteur eigenständig, unabhängig und interaktiv handelt. Für den Begriff des Softwareagenten existiert jedoch aufgrund des weiten Einsatzspektrums keine allgemein anerkannte Definition [Kir02, S. 57]. Darstellungen der teilweise sehr unterschiedlichen Diskussionen finden sich u. a. in [RN95, WJ95b, FG96, Nwa96, MJ00]. *Stuart J. Russell* und *Peter Norvig* [RN95] subsumieren beispielsweise alles unter den Agenten-Begriff, was seine Umwelt via Sensoren wahrnimmt und darauf mit Hilfe von Effektoren reagiert. *Michael Wooldridge* und *Nicholas R. Jennings* [WJ95b] notieren Autonomie, Soziale Fähigkeiten, Reaktivität und Proaktivität als die zentralen Mindesteigenschaften („A Weak Notion of Agency“), die einen Softwareagenten kennzeichnen:

- Obwohl der Begriff der Autonomie in der Multi-Agenten-Literatur weit verbreitet ist, existiert keine operationalisierte Definition [Ld00, LdM03]. Unter Autonomie ist grundsätzlich eine gewisse Selbständigkeit im Handeln zu verstehen: Ein Softwareagent soll ohne direkte Intervention des Menschen Entscheidungen treffen können [WJ95b]. Autonome Agenten haben ihre eigenen Ziele [Cas95]. Diese können in einigen Fällen sogar in Konflikt mit den Zielen des Agenten-Entwicklers oder Anwenders stehen [Kir02, S. 57].
- Sozialverhalten äußert sich in der Interaktion zwischen einzelnen Agenten untereinander bzw. zwischen den Agenten und den Anwendern [GK94]. Diese Interaktion erfolgt mit Hilfe von Agentenkommunikationssprachen auf einer semantischen statt

auf einer syntaktischen Ebene, d. h. nicht über Befehle, sondern über Aufforderungen, Angebote, Anfragen, Erklärungen etc.

- Unter Reaktivität sind Stimulus-Response Muster zu verstehen, wodurch die Agenten in einer angebrachten Art und Weise auf Veränderungen in ihrer wahrgenommenen Umwelt reagieren.
- Die Eigenschaft der Proaktivität beschreibt schließlich, dass Agenten nicht nur in Reaktion auf ihre Umwelt handeln, sondern durch zielgerichtetes Verhalten Eigeninitiative übernehmen.

Wooldridge und Jennings [WJ95b] wiesen gleichzeitig darauf hin, dass einige Forscher strengere Anforderungen an den Agenten-Begriff stellen: Hier sollen Agenten anthropomorphe Eigenschaften, also menschenähnliche (Intelligenz-)Merkmale, abbilden. So werden beispielsweise von Yoav Shoham [Sho93] mentalistische Eigenschaften wie Überzeugungen (beliefs), Fähigkeiten, Absichten und Verpflichtungen (commitments) von Agenten gefordert. In Anlehnung an den Mindesteigenschaften („A Weak Notion of Agency“) von Wooldridge und Jennings [WJ95b] wird im Folgenden ein Softwareagent wie folgt charakterisiert: Ein Softwareagent ist demnach ein Software-System, das autonom handelt, zur sozialen Interaktion fähig ist, auf Umwelteinflüsse reagieren kann sowie vorausschauend und zielgerichtet arbeitet.

4 Softwareagenten als Information-Hunting-Robots in OSN

4.1 Konzept

Ein OSN lässt sich als Graph mit einer bestimmten Menge von Knoten (Akteure, hier: Personalsuchende (PS_i) und Kandidaten (K_j)) und einer bestimmten Menge von Kanten (Beziehungen) zwischen diesen Knoten charakterisieren (Abb. 2). PS_i und K_j werden als reale Akteure im Folgenden durch künstliche Softwareagenten vertreten. Der Agent von PS_i erhält von PS_i selbst ein entsprechendes Suchprofil (Stellenausschreibung), um damit das soziale Netz zu durchsuchen und im Erfolgsfall die geeigneten Kandidaten zurück zu melden. Ebenso stellen die realen K_j ihren jeweiligen Agenten die eigenen individuellen Profile (Erfahrungen, Kompetenzen, Ziele, etc.) zur Verfügung.

Beim Headhunting stellt der Softwareagent des Personalsuchenden PS zunächst beim direkt mit ihm in Verbindung stehenden Kontakt (Kandidat K_A im Beispielfall der Abbildung 2) eine sogenannte „Netznutzungsanfrage“. Wird diese Anfrage - wie im Beispielfall in Abbildung 2 - bestätigt, darf PS bei K_B und K_C nach geeigneten Kandidaten für die Stellenausschreibung (weiter-)suchen. Hierbei erfolgt ein Matching zwischen den jeweiligen Kandidatenprofilen und der Stellenausschreibung (bspw. semantisches Matching [PP06, TMH⁺06]). Die jeweilige Netznutzung wird im Micro- bis Picopayment-Bereich (stellv. [RS96]) vergütet.² Über das zu zahlende Netznutzungsentgelt wird zwischen beiden Softwareagenten (PS und K_i) jeweils verhandelt. Eine Netznutzungsanfrage kann vom

²Vergleiche [Alc69] zur prinzipiellen Notwendigkeit der Vergütung von Information; sowie zur differenzierten Preisgestaltung und individualisierten Nutzung digitaler Güter stellvertretend [WW07].

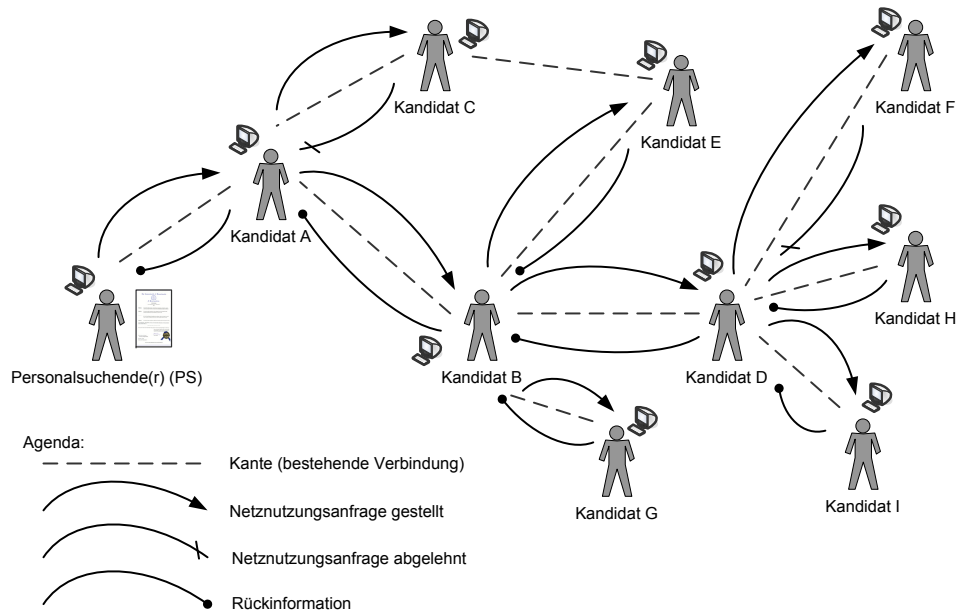


Abbildung 2: Headhunting mit Softwareagenten im Online Social Network

Kandidaten K_i grundsätzlich oder mangels Einigung über das Netznutzungsentgelt beiderseitig (PS oder K_i) abgelehnt werden (in Abbildung 2 lehnen beispielsweise K_C und K_F die Anfrage ab). Die realen K_j übermitteln ihren jeweiligen Agenten ihre Präferenzen bzw. Anforderungen zur Nutzung des eigenen sozialen (Sub-)Netzes (prinzipielle Erlaubnis, zu zahlendes Netznutzungsentgelt, etc.).

4.2 Makroökonomisches Sozialverhalten

Um OSN als Recruitingquelle vollständig ausschöpfen zu können, ist ein Grundlagenverständnis der Funktionsweise sozialer Netzwerke erforderlich: Obwohl OSN erst in den letzten Jahren evolvierten, liegen die Grundlagen nicht-elektronischer sozialer Netzwerke bedeutend weiter zurück. Einen dieser Grundsteine legte beispielsweise *Stanley Milgram* [Mil67], in dem er zeigte, dass annähernd alle Akteure über ca. sechs Knoten miteinander verbunden sind. Diese Größenordnung konnte in neueren Arbeiten [DMW03, LH08] ebenfalls experimentell für OSN bestätigt werden. In Bezug auf die Nutzung von OSN als Headhuntingquelle bedeutet dies, dass alle potentielle Kandidaten K_j über wenige Knoten auffindbar sind. Das Problem besteht in der Auswahl des „richtigen Pfades“. Hier kann auf dem mannigfaltigen Forschungsstand zu Vernetzungs- und Prestigemaßen aufgebaut werden (Überblicksarbeiten wie [Fre79, LFH10]): Ein zugehöriges, jedoch sehr triviales, Konzept geht auf *Marvin E. Shaw* [Sha54] zurück, wonach die Anzahl der direkten

Kontakte (DC - degree centrality) ein geeignetes Zentralitätsmaß zur Ermittlung der Bedeutung eines Knotens (Akteurs) ist. Ein weiteres Konzept bezieht sich auf Distanzen zwischen den Knoten (CC - closeness centrality). Knoten, die beispielsweise Kontakt zu anderen Knoten mit nur wenigen Intermediären herstellen können und damit eine kurze Distanz zu anderen Knoten aufweisen, können effektiver Informationen im Netzwerk verbreiten [Bea65, Sab66]. *Granovetters* [Gra73] Theorie der „Strength of Weak Ties“ zeigt in diesem Zusammenhang beispielsweise, dass gerade flüchtige Beziehungen sehr wertvoll sein können, weil sie gegebenenfalls Verbindungen zu anderen Clustern ermöglichen. Ein anderes klassisches Zentralitätskonzept umfasst die Überlegung, dass der Einfluss eines Akteurs abhängig von dessen Kontrollmöglichkeit über den Informationsaustausch im Netzwerk ist. Beispielhaft dafür ist das Maß „betweenness centrality“ (BC) [Bav48, Sha54, Fre79], bei dessen Berechnung die Anzahl der kürzesten Wege zwischen allen Knoten im Netz - auf denen der betrachtete Akteur liegt - ins Verhältnis zur Anzahl aller kürzesten Wege im Netz gesetzt wird [LFH10, S. 369].

Insgesamt sei jedoch darauf hingewiesen, dass trotz jahrzehntelanger intensiver Sozialforschung die bisherigen Vernetzungs- und Prestigemaße Schwachstellen bzw. Anomalien aufweisen. Hierzu existieren einige Überblicksarbeiten, so stellt *Peter Mutschke* [Mut10] beispielsweise ein Metamodell von Zentralität vor, das solche Zentralitätsanomalien erfassen und vermeiden soll. Aufgrund dieser Anomalien dürfen Vernetzungs- und Prestigemaße nicht einzeln und unmittelbar zur Bewertung der Wertigkeit eines Knotens herangezogen werden. Intelligente Softwareagenten sollten mittels Lernalgorithmen die Gewichtung dieser Maße im Spektrum adaptiv gestalten. Zudem ist eine intensive Evaluation mittels Agenten-Simulation notwendig.

Die Vernetzungs- und Prestigemaße sind bei der Entscheidung, bei welchem nächsten Knoten K_i eine entsprechende Netznutzungsanfrage gestellt wird, unter Beachtung des Netznutzungsentgeltes ausschlaggebend. Demnach ist bei der Modellierung des mikroökonomischen Agentenverhalten die Agentenumwelt abzubilden.

4.3 Mikroökonomisches Agentenverhalten

Modellierungsperspektivisch ist die Architekturfrage eines intelligenten Softwareagenten abhängig von der notwendigen Verhaltenskomplexität, insbesondere der daraus resultierenden Repräsentanz der Agentenumwelt. Die Architektur eines Agenten definiert insgesamt die Daten- und Kontrollstrukturen der Agentenkomponenten, die Art und Weise der Zustandsaktualisierung sowie die Mechanismen der Entscheidungsfindung und Handlungskontrolle [WJ95b, Wei99]. Sie repräsentiert damit die strukturelle Perspektive des Entwicklers. In der Literatur existiert eine Reihe von Modellen, um Architekturen für Softwareagenten nach verschiedenen Kriterien zu klassifizieren [Nwa96, Mü196, Klü00, Pet01, Lan02]. Grob lassen sich diese in reaktive, deliberative und hybride Architekturkonzepte einteilen [Mül96].

Reaktive Agenten besitzen kein internes, symbolisches Modell ihrer Umwelt und agieren nach einem Reiz-Antwort-Muster (*Stimulus-Response-Systems*) [Fer94]. Das Verhalten entsteht durch die Interaktion des Agenten mit der Umgebung und wird ohne explizite symbolische Repräsentation eigener Zustände und ohne einen abstrakten Reasoning-Prozess ermöglicht. Die Auswahl von Aktionen erfolgt durch eine direkte und reflexartige Kopplung von Verhaltensweisen an die sensorische Wahrnehmung. Komplexe Verhaltensweisen entstehen dabei durch Emergenz. Die primären Arbeiten zu reaktiven Agenten stammen von *Rodney A. Brooks* [Bro86, Bro91a, Bro91b] im Zusammenhang zur Vorstellung der Subsumptions-Architektur und sind im Wesentlichen aus der Kritik der Ansätze der logischen, symbolischen KI entstanden. Reaktive Architekturen umfassen subsymbolische und subkognitive Architekturmodelle. Subsymbologische Architekturen sind Stimulus-Response-Systeme, bei denen die Auswahl von Aktionen durch Verfahren erfolgt, die keine Symbole manipulieren, die die Umwelt oder den Agenten repräsentieren (beispielsweise *Braitenberg-Vehikel* [Bra86]). Subkognitive Architekturen sind Stimulus-Response-Systeme, die ebenfalls ohne ein explizites internes Weltmodell funktionieren. Allerdings werden im Gegensatz zu den subsymbologischen Architekturen zumindest im Laufe der Implementierung symbolische Repräsentationen der Umwelt verwendet. Das Verhalten wird vom Entwickler vorgegeben und nicht erlernt. Reaktive Agenten sind durch hohe zeitliche Effizienz und Robustheit geprägt [Mül96, S. 25]. Sie können allerdings nur auf solche Probleme effizient reagieren, die bereits beim Agentenentwurf berücksichtigt wurden. Weiterhin sind ihre Einsatzmöglichkeiten begrenzt, weil sie lediglich auf Basis lokaler Informationen ihr Verhalten ableiten. In unzugänglichen Umgebungen sind relevante Informationen jedoch in der Regel nicht zeitgerecht verfügbar, somit kann der Agent keine global optimalen Entscheidungen treffen. Aufgrund der fehlenden expliziten Kodierung des Agentenverhaltens ist es zudem sehr schwierig, das emergente Verhalten zu prognostizieren. Diese Vorhersagbarkeit und Reproduzierbarkeit von Verhalten ist jedoch in vielen realen, mitunter kritischen und sicherheitsrelevanten, Anwendungsbereichen notwendig.

Deliberative Agenten verfügen hingegen über explizite Ziele und Pläne. Solche Agenten basieren auf der symbolischen KI und besitzen eine Wissensbasis zur Abbildung der Umwelt und eigener Informationen sowie eine Inferenzmaschine, die Aktionen für ein zielgerichtetes Handeln ableitet. Sie implementieren damit die so genannte „*physical symbol system hypothesis*“ von *Allen Newell* und *Herbert A. Simon* [NS76]. Der Entscheidungsprozess gliedert sich in der Regel in zwei Phasen: Zunächst erfolgt die Auswahl eines geeigneten Ziels zur Ausführung aus einer Menge von Möglichkeiten. Dieser Auswahlprozess (*deliberation*) berücksichtigt die Designziele des Agenten, Nutzenabschätzungen sowie die aktuellen Gegebenheiten und Ressourcen. Auf dieser Basis wird in einem Planungsprozess ermittelt, wie die ausgewählten Ziele durch die Fähigkeiten und Aktionen des Agenten realisiert werden. Da die kognitiven Ansätze regelmäßig ebenfalls die beschriebenen Eigenschaften besitzen, zählt man sie mehrheitlich zu den deliberativen Architekturen. Die Entscheidungsprozesse beruhen allerdings auf kognitionswissenschaftlichen bzw. psychologischen Aktionsmodellen. Ein sehr bekannter Ansatz aus dem Bereich deliberativer Agenten ist die BDI-Architektur (*Belief, Desires, Intentions*) von *Michael E. Bratman* [Bra87, BIP88], die im Rahmen des *Rational Agency*

Project am *Stanford Research Institute* entwickelt wurde. Darin werden Überzeugungen (*beliefs*), Ziele (*desires*) und Absichten (*intentions*) als mentale Kategorien modelliert. Überzeugungen entsprechen den Informationen, die der Agent über die Welt besitzt. Ziele sind grundsätzlich angestrebte Zustände. Absichten stellen schließlich Ziele dar, die der Agent aktuell erreichen möchte. Die Unterscheidung zwischen Zielen und Absichten erfolgt vor dem Hintergrund des Ziels der Komplexitätsreduktion und weil in der Regel nicht alle Ziele gleichzeitig erreicht werden können. Weil die Ziele des Agenten explizit und persistent verwaltet werden, ist es deliberativen Architekturen möglich, komplexes langfristiges Verhalten gezielt zu generieren. Gegenüber reaktiven Architekturen können deliberative Agenten rationale Entscheidungen treffen und dabei zusätzlich Wissen über nicht beobachtete Teile der Umwelt einbeziehen. Die Vorhersagbarkeit des Agentenverhaltens ist im Vergleich zu reaktiven Agenten höher. Der deliberative Ansatz weist jedoch einige Nachteile auf: Bei komplexeren Auswahl- bzw. Planungsprozessen können die Agenten unter Umständen nicht hinreichend schnell auf plötzliche Veränderungen der Umwelt reagieren und sind damit für dynamische Umgebungen insbesondere bei Echtzeitanforderungen nur eingeschränkt geeignet.

Hybride Agenten versuchen die Vorteile der deliberativen und reaktiven Architekturen zu kombinieren, indem eine Mehrschichten-Architektur verwendet wird [MPT95, Mül96]. Die horizontalen und vertikalen Schichten (*layers*) selbst werden als Agenten modelliert (geschichtete Subsysteme), die durch gegenseitige Aktivierung, Hemmung, Nutzung oder Information miteinander interagieren. Im Gegensatz zu den Schichten behavioristischer Ansätze (z.B. Subsumptionsarchitektur [Bro86, Bro91a, Bro91b]) ist diese Schichtung aber meist funktional orientiert und nicht verhaltensbasiert. Die komplexe Arbeitsweise verlangt in der Regel nach einem zentralen Steuerungssystem, das als Mediator fungiert und eine Aktionsauswahl aus den Vorschlägen der einzelnen Schichten trifft oder situationsbedingt die Aktivierung der Schichten regelt. Zu den Vertretern hybrider Architekturen zählen beispielsweise das System *Touring Machines* [Fer92] (horizontal geschichtete Architektur) oder die *InteRRaP*-Architektur [MP93].

Im vorliegenden Beitrag zur Konzeption eines automatisierten agentenbasierten Headhuntingssystems für OSN sind Aspekte der Agentenumwelt (das soziale Netz außerhalb des Akteurs) im Agenten selbst abzubilden. Weiterhin entsteht in einem solchen System eine hohe Verhaltenskomplexität. Das Handeln des Headhuntingagenten (*PS*) selbst ist in der nahen Zukunft nicht zeitkritisch. Nach Evolution konkurrierender Huntingssysteme spielt die Reaktionsgeschwindigkeit jedoch eine größere Rolle. Deshalb wird die Modellierung des Headhuntingssystems zweistufig vorgeschlagen. Zunächst wird mittels BDI-Architektur [Bra87, BIP88] ein deliberatives Konzept genutzt, welches im Anschluss mittels eines hybriden Konzeptes erweitert wird.

5 Diskussion

Im vorliegenden Beitrag wurde aus Entwurfsperspektive ein automatisiertes agentenbasiertes Headhunting-System für OSN als Diskussionsbasis für den Workshop „Personal-

daten im Web 2.0“ der Informatik 2011 skizziert. Die Skizzierung erfolgte in Form der Projektidee (Abschnitt 4.1) sowie makro- und mikroökonomischer Modellierungsaspekte des Headhunting-Systems (Abschnitte 4.2 und 4.3). Dabei hat sich gezeigt, dass deliberative intelligente Softwareagenten prinzipiell geeignet sind, Headhunting-Aktivitäten im Bereich der Kandidatensuche zu automatisieren. Da die sozialen (Sub-)Netze der jeweiligen Akteure über die Zahlung von Netznutzungsentgelten marktfähig gemacht werden, ist eine qualitätsfördernde Evolution der OSN zu erwarten. Das heißt, dass die Akteure ihre jeweiligen Sub-Netze nach den Vernetzungs- und Prestigemaßen optimieren, auf deren Basis die Ermittlung der Netznutzungsentgelte erfolgt. Wertschöpfungsbezogen können die Akteure im OSN (potentielle Kandidaten, Vermittler, etc.) und die OSN-Betreiber von den Nutzungsentgelten und die Personalsuchenden von qualitativ hochwertigeren und schnell zur Verfügung stehenden Kandidatenlisten profitieren.

5.1 Kritik

Die hauptsächliche Kritik dieser Arbeit bezieht sich aufgrund des frühen Berichtszeitpunkts auf den Reifegrad des angestrebten funktionsfähigen Headhunting-Systems. Da das Projekt erst initiiert werden soll, können Umsetzung und Evaluation erst zu einem späteren Zeitpunkt erfolgen. Erst dann zeigt sich die Funktionsweise eines solchen Systems. Der Beitrag argumentierte im Wesentlichen aus Anwendersicht der Personalsuchenden und aus einer IT-Entwurfsperspektive. Die juristische Perspektive (Arbeitsrecht, Datenschutz, IT-Recht) und die (sozial-)psychologische Perspektive (Anwenderakzeptanz) sind für das Projekt wichtig, waren jedoch nicht im Fokus des vorliegenden Beitrags.

5.2 Weitere Vorgehensweise und Untersuchungsbedarf

Nach Ergänzung des zugehörigen Praxis- und Forschungskonsortiums wird ein Verbundprojekt zur Umsetzung der Projektidee gestartet. Für den Projekterfolg ist eine multidisziplinäre Entwurfsperspektive erforderlich. Informationstechnisch schließt sich Untersuchungsbedarf in Form der zweistufigen Modellierung der Agentenarchitektur (1. deliberativ, 2. hybrid), der Implementierung eines automatisierten Modells zu Verhandlung der Netznutzungsentgelte (auf Basis eigener Vorarbeiten [Bue06, Bue07a, Bue07b, Bue10]), sowie der Umsetzung einer automatisierten Priorisierung der Kandidatenliste an. Juristisch muss die Machbarkeit des Projektes hinsichtlich arbeits-, datenschutz- und IT-rechtlicher Aspekte erfolgen. Zudem muss die Machbarkeit hinsichtlich der Anwenderakzeptanz aus (sozial-)psychologischer Perspektive untersucht werden. Abschließend ist das Headhunting-System intensiv zu evaluieren. Das sollte im Entwurfsprozess mikroperspektivisch soweit möglich mittels mathematischer Beweise und makroperspektivisch mittels künstlicher Simulation geschehen. Zudem sollte ein Prototyp realisiert werden, bevor dieses System professionell durch einen oder mehrere OSN-Betreiber genutzt wird. Betriebswirtschaftlich ist die Ausarbeitung von Geschäftsmodellen für die OSN-Betreiber erforderlich.

Literatur

- [AAA91] *AAAI '91: Proceedings of the Ninth National Conference on Artificial Intelligence, Anaheim, CA, USA, July 14-19, 1991*, Jgg. 2. AAAI Press / MIT Press, 1991.
- [Alc69] Armen Albert Alchian. Information Costs, Pricing and Resource Unemployment. *Western Economic Journal*, 7(2):109–128, June 1969.
- [ATA97] *ATAL' 96: Proceedings of the Third International Workshop on Agent Theories, Architectures, and Languages, Budapest, Hungary, August 12-13, 1996*, Jgg. 1193 of *Lecture Notes in Computer Science (LNCS)*. Springer-Verlag, 1997.
- [ATA01] *ATAL '00: Proceedings of the Seventh International Workshop on Agent Theories, Architectures and Languages, Boston, MA, USA, July 7-9, 2000*, Jgg. 1986 of *Lecture Notes in Computer Science (LNCS)*. Springer-Verlag, 2001.
- [Bav48] Alex Bavelas. A Mathematical Model for Group Structures. *Human Organization*, 7(3):16–30, Summer 1948.
- [Bea65] Murray A. Beauchamp. An Improved Index of [Centrality. *Behavioral Science*, 10(2):161–163, April 1965.
- [Ber51] Ludwig von Bertalanffy. Problems of General System Theory. *Human Biology*, 23(4):302–312, December 1951.
- [Ber68] Ludwig von Bertalanffy. *General System Theory: Foundations, Development, Applications*. George Braziller, New York, NY, USA, 1. Auflage, 1968.
- [BG88] Alan H. Bond und Les Gasser. An Analysis of Problems and Research in DAI. In Alan H. Bond und Les Gasser, Hrsg., *Readings in Distributed Artificial Intelligence*, Seiten 3–35. Morgan Kaufmann Publishers, San Mateo, CA, 1988.
- [BIP88] Michael E. Bratman, David J. Israel und Martha E. Pollack. Plans and Resource-Bounded Practical Reasoning. *Computational Intelligence*, 4(4):349–355, 1988.
- [Bra86] Valentino Braitenberg. *Vehicles: Experiments in Synthetic Psychology*. MIT Press, February 1986.
- [Bra87] Michael E. Bratman. *Intentions, Plan and Practical Reason*. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, 1987.
- [Bro86] Rodney A. Brooks. A Robust Layered Control System for a Mobile Robot. *IEEE Journal of Robotics and Automation*, 2(1):14–23, 1986.
- [Bro91a] Rodney A. Brooks. Intelligence Without Reason. In *IJCAI '91: Proceedings of the 12th International Joint Conference on Artificial Intelligence, Sydney, Australia, August 24-30*, Jgg. 1, Seiten 569–595. Morgan Kaufmann, 1991.
- [Bro91b] Rodney A. Brooks. Intelligence without representation. *Artificial Intelligence*, 47(1-3):139–159, January 1991.
- [Bue06] Ricardo Buettner. The State of the Art in Automated Negotiation Models of the Behavior and Information Perspective. *International Transactions on Systems Science and Applications (ITSSA)*, 1(4):351–356, September 2006. Special Issue Section of the Fourth German Conference on Multi-Agent System Technologies (MATES06), Selected Papers, 19.-20. September 2006, Erfurt, Germany.

- [Bue07a] Ricardo Buettner. Electronic Negotiations of the Transactional Costs Perspective. In *Proceedings of IADIS International Conference WWW/Internet, Vol. 2, Vila Real, Portugal, October 5-8, 2007*, Seiten 99–105. International Association for Development of the Information Society (IADIS) Press, 2007.
- [Bue07b] Ricardo Buettner. Imperfect Information in Electronic Negotiations: An Empirical Study. In *Proceedings of IADIS International Conference WWW/Internet, Vol. 2, Vila Real, Portugal, October 5-8, 2007*, Seiten 116–121. International Association for Development of the Information Society (IADIS) Press, 2007.
- [Bue10] Ricardo Buettner. *Automatisierte Verhandlungen in Multi-Agenten-Systemen: Entwurf eines argumentationsbasierten Mechanismus für nur imperfekt beschreibbare Verhandlungsgegenstände*. Gabler, Wiesbaden, 2010.
- [Cas95] Cristiano Castelfranchi. Guarantees for Autonomy in Cognitive Agent Architecture. In Wooldridge und Jennings [WJ95a], Seiten 56–70.
- [CMD09] Emily Christofides, Amy Muise und Serge Desmarais. Information Disclosure and Control on Facebook: Are They Two Sides of the Same Coin or Two Different Processes? *CyberPsychology & Behavior*, 12(3):341–345, June 2009.
- [DMW03] P. S. Dodds, R. Muhamad und D. J. Watts. An Experimental Study of Search in Global Social Networks. *Science*, 301(5634):827–829, 2003.
- [Fer92] Innes A. Ferguson. Touring Machines: Autonomous Agents with Attitudes. *Computer*, 25(5):51–55, May 1992.
- [Fer94] Jacques Ferber. *Simulating with Reactive Agents*, Seiten 8–28. Jgg. 25 of Hillebrand und Stender [HS94], 1994.
- [Fer01] Jacques Ferber. *Multiagentensysteme: Eine Einführung in die Verteilte Künstliche Intelligenz*. Agententechnologie. Addison-Wesley, München, 2001. Deutsche Übersetzung von Stefan Kirn.
- [FG96] Stan Franklin und Art Graesser. Is it an Agent, or just a Program?: A Taxonomy for Autonomous Agents. In *ATAL' 96: Proceedings of the 3rd International Workshop on Agent Theories, Architectures, and Languages* [ATA97].
- [Fre79] Linton C. Freeman. Centrality in Social Networks: Conceptual Clarification. *Social Networks*, 1(3):215–239, 1978-1979.
- [GK94] Michael R. Genesereth und Steven P. Ketchpel. Software agents. *Communications of the Association for Computing Machinery*, 37(7):48–53, July 1994.
- [Gra73] Marc S. Granovetter. The Strength of Weak Ties. *Am J Sociol*, 78(6):1360–1380, 1973.
- [HCF03] Henry Hexmoor, Cristiano Castelfranchi und Rino Falcone, Hrsg. *Agent Autonomy, Jgg. 7 of Multiagent Systems, Artificial Societies, and Simulated Organizations*. Kluwer Academic Publishers, Boston, MA, USA, 2003.
- [Hei10] Julia Heidemann. Online Social Networks: Ein sozialer und technischer Überblick. *Informatik-Spektrum*, 33(3):262–271, June 2010.
- [Hew77] Carl Hewitt. Viewing Control Structures as Patterns of Passing Messages. *Artificial Intelligence*, 8(3):323–364, 1977.
- [HIR11] Allen I. Huffcutt, Chad H. Van Iddekinge und Philip L. Roth. Understanding applicant behavior in employment interviews: A theoretical model of interviewee performance. *Human Resource Management Review*, 2011. In Press, Corrected Proof.

- [HMPR04] Alan R. Hevner, Salvatore T. March, Jinsoo Park und Sudha Ram. Design Science in Information Systems Research. *MIS Quarterly*, 28(1):75–105, March 2004.
- [HS94] Eva Hillebrand und Joachim Stender, Hrsg. *Many Agent Simulation and Artificial Life*, Jgg. 25 of *Frontiers in Artificial Intelligence and Applications*. IOS Press, Amsterdam, The Netherlands, 1994.
- [Huh91] Michael N. Huhns. DAI-List Digest Friday, 2 August 1991, Issue Number 45. Informeller Beitrag vom 02.08.1991. Dem Internet unter <http://www-2.cs.cmu.edu/afs/cs.cmu.edu/project/ai-repository/ai/pubs/lists/dai-list/dailist/045.02aug91> am 28.12.2004 entnommen, 1991.
- [JC97] Timothy A. Judge und Daniel M. Cable. Applicant Personality, Organizational Culture, and Organization Attraction. *Personnel Psychology*, 50(2):359–394, June 1997.
- [JCH00] Timothy A. Judge, Daniel M. Cable und Chad A. Higgins. The Employment Interview: A Review of Recent Research and Recommendations for Future Research. *Human Resource Management Review*, 10(4):383–406, Winter 2000.
- [KHLS06] Stefan Kirn, Otthein Herzog, Peter C. Lockemann und Otto Spaniol, Hrsg. *Multiagent Engineering: Theory and Applications in Enterprises*. International Handbooks on Information Systems. Springer-Verlag, Heidelberg, April 2006.
- [Kir99] Stefan Kirn. New German Priority Research Program on „Intelligent Agents and Realistic Commercial Application Scenarios“ [2000 - 2006]. In *Workshop Notes of the United Kingdom Workshop on Multiagent Systems, Bristol, UK, December 6-7, 1999*. TU Ilmenau, Faculty of Economics and Management Science, Institute of Information Systems, 98684 Ilmenau, Germany, 1999.
- [Kir02] Stefan Kirn. Kooperierende intelligente Softwareagenten. *Wirtschaftsinformatik*, 44(1):53–63, February 2002. WI - State of the Art.
- [Klü00] Franziska Klügl. *Aktivitätsbasierte Verhaltensmodellierung und ihre Unterstützung bei Multiagentensimulationen*. Dissertation, Universität Würzburg, 2000.
- [KU94] Stefan Kirn und Rainer Unland. Zur Verbundintelligenz integrierter Mensch-Computer-Teams: Ein organisationstheoretischer Ansatz. Arbeitsbericht 28, Institut für Wirtschaftsinformatik der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster, Greverer Str. 91, 48159 Münster, März 1994.
- [Lan02] Danny B. Lange. Introduction to Special Issue on Mobile Agents. *Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*, 5(1):5–6, 2002.
- [Ld00] Michael Luck und Mark d’Inverno. Autonomy: A Nice Idea in Theory. In *ATAL ’00: Proceedings of the Seventh International Workshop on Agent Theories, Architectures and Languages, Boston, MA, USA, July 7-9, 2000* [ATA01], Seiten 351–353.
- [LdM03] Michael Luck, Mark d’Inverno und Steve Munroe. *Autonomy: Variable and Generative*, Kapitel 2, Seiten 9–22. Jgg. 7 of Hexmoor et al. [HCF03], 2003.
- [LE80] Victor R. Lesser und Lee D. Erman. Distributed Interpretation: A Model and Experiment. *IEEE Transactions on Computers*, 29(12):1144–1163, December 1980.
- [LFH10] Andrea Landherr, Bettina Friedl und Julia Heidemann. Eine kritische Analyse von Vernetzungsmaßen in sozialen Netzwerken. *WIRTSCHAFTSINFORMATIK*, 52(6):367–382, December 2010. 10.1007/s11576-010-0244-0.

- [LH08] J. Leskovec und E. Horvitz. Worldwide buzz: Planetary-scale views on a large instant-messaging network. In *Proceedings of the 17th international conference on World Wide Web, Beijing, China, 21.-25. April 2008*, Seiten 915–924, 2008.
- [LKC08] Kevin Lewis, Jason Kaufman und Nicholas Christakis. The Taste for Privacy: An Analysis of College Student Privacy Settings in an Online Social Network. *Journal of Computer-Mediated Communication*, 14(1):79–100, October 2008.
- [Mac86] Stuart Macdonald. Headhunting in high technology. *Technovation*, 4(3):233–245, June 1986.
- [Mal92] Fredmund Malik. *Strategie des Managements komplexer Systeme: Ein Beitrag zur Management-Kybernetik evolutionärer Systeme*, Jgg. 12 of *Schriftenreihe Unternehmung und Unternehmensführung*. Verlag Paul Haupt, Bern / Stuttgart / Wien, 4. Auflage, 1992. Zugl.: St. Gallen, Hochsch., Habil.-Schr., 1977.
- [McC90] John McCarthy. *Formalization of Common Sense, Papers by John McCarthy*. Ablex, Norwood, NJ, USA, 1990.
- [MH69] John McCarthy und Patrick J. Hayes. Some Philosophical Problems from the Standpoint of Artificial Intelligence. In B. Meltzer und D. Michie, Hrsg., *Machine Intelligence 4*, Seiten 463–502. Edinburgh University Press, 1969.
- [Mil67] Stanley Milgram. The small world problem. *Psychology Today*, 2(1):60–67, 1967.
- [Mil00] Patrick Mileham. The 'science' of headhunting. *Drug Discovery Today*, 5(4):161–163, April 2000.
- [Min86] Marvin Minsky. *The Society of Mind*. Simon and Schuster, New York, 1986.
- [MJ00] Richard Murch und Tony Johnson. *Agententechnologie: Die Einführung. Intelligente Software-Agenten auf Informationssuche im Internet*. Agententechnologie. Addison-Wesley, München, 2000.
- [MMRS55] John McCarthy, Marvin Minsky, Nathaniel Rochester und Claude Elwood Shannon. A Proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence. Projektantrag, <http://www-formal.stanford.edu/jmc/history/dartmouth/dartmouth.html> (08.09.2007), August 1955.
- [MP43] Warren Sturgis McCulloch und Walter H. Pitts. A Logical Calculus of the Ideas Immanent in Nervous Activity. *Bulletin of Mathematical Biophysics*, 5(4):115–133, December 1943.
- [MP93] Jörg P. Müller und Markus Pischel. The Agent Architecture InteRRaP: Concept and Application. Research Report, German Research Center for Artificial Intelligence, 1993. No. RR 93-26.
- [MPT95] Jörg P. Müller, Markus Pischel und Michael Thiel. Modeling Reactive Behaviour in Vertically Layered Agent Architectures. In Michael J. Wooldridge und Nicholas R. Jennings, Hrsg., *Proceedings of the ECAI-94 Workshop on Agent Theories, Architectures, and Languages, Amsterdam, The Netherlands, August 8-9, 1994*, Jgg. 890 of *Lecture Notes in Artificial Intelligence*, Seiten 261–276, New York, NY, USA, 1995. Springer-Verlag.
- [Mül96] Jörg P. Müller. *The Design of Intelligent Agents: A Layered Approach*, Jgg. 1177 of *Lecture Notes in Artificial Intelligence (LNAI)*. Springer-Verlag, Heidelberg, Germany, 1996.

- [Mut10] Peter Mutschke. Zentralitätsanomalien und Netzwerkstruktur: Ein Plädoyer für einen 'engeren' Netzwerkbegriff und ein community-orientiertes Zentralitätsmodell. In Christian Stegbauer, Hrsg., *Netzwerkanalyse und Netzwerktheorie*, Seiten 261–272. VS Verlag für Sozialwissenschaften, 2. Auflage, 2010.
- [MXHC10] Nasrullah Memon, Jennifer Jie Xu, David L. Hicks und Hsinchun Chen, Hrsg. *Data Mining for Social Network Data*, Jgg. 12 of *Annals of Information Systems*, New York, NY, USA, 2010. Springer.
- [NS63] Allen Newell und Herbert A. Simon. GPS, A Program that Simulates Human Thought. In *Computers and Thought*, Seiten 279–293. McGraw-Hill, New York, 1963.
- [NS76] Allen Newell und Herbert A. Simon. Computer Science as Empirical Enquiry: Symbols and Search. *Communications of the ACM*, 19(3):113–126, 1976.
- [Nwa96] Hyacinth S. Nwana. Software Agents: An Overview. *Knowledge Engineering Review (KER)*, 11(3):1–40, September 1996.
- [Pet01] Mathias Petsch. Aktuelle Entwicklungsumgebungen für mobile Agenten und Multi-agentensysteme. *Wirtschaftsinformatik*, 43(2):175–182, April 2001. WI - State of the Art.
- [PP06] Theodore Patkos und Dimitris Plexousakis. A Semantic Marketplace of Negotiating Agents. In *Proc. of the AP2PC 2005*, Jgg. 4118 of *LNAI*, Seiten 94–105. Springer-Verlag, 2006.
- [RN95] Stuart J. Russell und Peter Norvig. *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. Prentice-Hall, 1995.
- [Rob03] Patricia A. Robinson. The embeddedness of Japanese HRM practices: The case of recruiting. *Human Resource Management Review*, 13(3):439–465, Autumn 2003.
- [Röp77] Jochen Röpke. *Die Strategie der Innovation: Eine systemtheoretische Untersuchung der Interaktion von Individuum, Organisation und Markt im Neuerungsprozeß*, Jgg. 19 of *Die Einheit der Gesellschaftswissenschaften*. J. C. B. Mohr (Paul Siebeck), Tübingen, 1. Auflage, 1977.
- [Ros85] Jeffrey S. Rosenschein. *Rational Interaction: Cooperation Among Intelligent Agents*. PhD thesis, Computer Science Department, Stanford University, Stanford, California, USA, March 1985.
- [RRvB11] Daniel Richter, Kai Riemer und Jan vom Brocke. Internet Social Networking: Stand der Forschung und Konsequenzen für Enterprise 2.0. *Wirtschaftsinformatik*, 53(2):89–103, April 2011.
- [RS96] Ronald L. Rivest und Adi Shamir. PayWord and MicroMint: Two Simple Micropayment Schemes. In *Security Protocols Workshop*, Seiten 69–87, 1996.
- [Sab66] Gert Sabidussi. The centrality index of a graph. *Psychometrika*, 31(4):581–603, December 1966. 10.1007/BF02289527.
- [Sha54] Marvin E. Shaw. Group Structure and the Behavior of Individuals in Small Groups. *The Journal of Psychology: Interdisciplinary and Applied*, 38(1):139–149, 1954.
- [Sho93] Yoav Shoham. Agent-Oriented Programming. *Artificial Intelligence*, 60(1):51–92, March 1993.

- [SK10] William P. Smith und Deborah L. Kidder. Youve been tagged! (Then again, maybe not): Employers and Facebook. *Business Horizons*, 53(5):491–499, September-October 2010.
- [Str07] Stefan Strohmeier. Research in e-HRM: Review and implications. *Human Resource Management Review*, 17(1):19–37, March 2007.
- [TMH⁺06] Robert Tolksdorf, Malgorzata Mochol, Ralf Heese, Rainer Eckstein, Radoslaw Oldakowski und Christian Bizer. Semantic-Web-Technologien im Arbeitsvermittlungsprozess. *Wirtschaftsinformatik*, 48(1):17–26, January 2006.
- [Tuf08] Zeynep Tufekci. Can You See Me Now?: Audience and Disclosure Regulation in Online Social Network Sites. *Bulletin of Science, Technology & Society*, 28(1):20–36, February 2008.
- [Tur37] Alan Mathison Turing. On Computable Numbers, with an Application to the Entscheidungsproblem. *Proceedings of the London Mathematical Society*, s2-42(1):230–265, 1937.
- [Tur38] Alan Mathison Turing. On Computable Numbers, with an Application to the Entscheidungsproblem. A Correction. *Proceedings of the London Mathematical Society*, s2-43(6):544–546, 1938.
- [Ulr68] Hans Ulrich. *Die Unternehmung als produktives soziales System: Grundlagen der allgemeinen Unternehmungslehre*, Jgg. 1 of *Schriftenreihe Unternehmung und Unternehmensführung*. Haupt Verlag, Bern, 1. Auflage, 1968. 2nd ed. 1970.
- [Wei99] Gerhard Weiss, Hrsg. *Multiagent Systems: A Modern Approach to Distributed Artificial Intelligence*. MIT Press, Cambridge, MA, USA, 1999.
- [Wie48] Norbert Wiener. *Cybernetics or Control and Communication in the Animal and the Machine*. John Wiley & Sons, New York, NY, USA, 1. Auflage, 1948.
- [WJ95a] Michael Wooldridge und Nicholas R. Jennings, Hrsg. *Intelligent Agents, ECAI-94 Workshop on Agent Theories, Architectures, and Languages, Amsterdam, The Netherlands, August 8-9, 1994, Proceedings*, Jgg. 890 of *Lecture Notes in Computer Science*, Heidelberg, Germany, 1995. Springer-Verlag.
- [WJ95b] Michael Wooldridge und Nicholas R. Jennings. Intelligent Agents: Theory and Practice. *Knowledge Engineering Review (KER)*, 10(2):115–152, 1995.
- [WR13] Alfred North Whitehead und Bertrand A. W. Russell. *Principia Mathematica*, Jgg. 1-3. Cambridge University Press, Cambridge, England, UK, 1. Auflage, 1910, 1912, 1913.
- [WW07] Heike Walterscheid und Lothar Wegehenkel. Produktion von Mediengütern, individuelle Zahlungsbereitschaften und Preisdifferenzierung. In Hans-Peter Schade, Eckhardt Schön, Heike Walterscheid und Jens Wolling, Hrsg., *Individualisierte Nutzung der Medien: Tagungsband Medienforum Ilmenau 2008*, Seiten 136–156. Universitätsverlag Ilmenau, 2007.
- [ZA05] Jun Zhang und Mark S. Ackerman. Searching for Expertise in Social Networks: A Simulation of Potential Strategies. In *Proceedings of the 2005 international ACM SIGGROUP conference on Supporting group work*, GROUP '05, Seiten 71–80, New York, NY, USA, 2005. ACM.
- [ZTL07] Jing Zhang, Jie Tang und Juanzi Li. Expert Finding in a Social Network. In Ramamohanarao Kotagiri, P. Krishna, Mukesh Mohania und Ekawit Nantajeewarawat, Hrsg., *Advances in Databases: Concepts, Systems and Applications*, Jgg. 4443 of *Lecture Notes in Computer Science*, Seiten 1066–1069. Springer Berlin / Heidelberg, 2007.