

AGRICOLA - Agenten für mobile Planungsdienste in der Landwirtschaft

Andreas Gerber und Matthias Klusch
DFKI GmbH Saarbrücken
Stuhlsatzenhausweg 3, 66123 Saarbrücken

Einleitung

Das Projekt AGRICOLA (2002 - 2003) am Deutschen Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz in Saarbrücken hatte die Entwicklung eines agentenbasierten Netzwerks mobiler, integrierter Dienste für eine dynamische Ressourcenplanung in der Landwirtschaft des Saarlandes zum Ziel¹. Die Schwerpunkte des Projekts waren die

- innovative Forschung, Entwicklung und Evaluierung von generischen, integrierten und mobilen Diensten für eine dynamische, optimale Einsatzplanung von Maschinen, Personal und Material in der landwirtschaftlichen Produktion, sowie die
- prototypische Implementierung eines entsprechenden, regionalen Dienstnetzwerks AGRICOLA.NET im Internet für die an einer Einsatzplanung beteiligten Landwirte, Maschinenbesitzer, Maschinenhersteller und Maschinenring.

Das AGRICOLA.NET Netzwerk bietet Landwirten eine innovative, softwaretechnische Unterstützung für bedarfsgerechte just-in-time Einsatzplanung von Maschinenparks in der landwirtschaftlichen Wertschöpfung. Die lokalen Maschineneinsatzplanungen von Landwirten vor Ort werden mit den partiell globalen Planungen der Maschinenbesitzer unter sich dynamisch verändernden Bedingungen hinsichtlich Witterung, sowie Ausfall von Maschinen, Personal und sonstigem Material bedarfsgerecht und just-in-time aufeinander abgestimmt. Eine Maschineneinsatzplanung durch Maschinenbesitzer umfasst die Faktoren Personal, Wartung und geographische Positionierung von Maschinen; sie ist während der Erntezeit zeitkritisch und kostenaufwendig. Ein für eine bestimmte Region zuständiger Maschinenring vermittelt zwischen Landwirten, die Maschinen für ihre operativen Prozesse benötigen, und einem oder mehreren Maschinenbesitzern mit entsprechend verfügbaren Maschinenparks.

Anwendungsszenario

Im Projekt AGRICOLA wird von einer Aufteilung eines landwirtschaftlichen Betriebs in landwirtschaftliche Planungsprozesse, sowie Verwaltung und Koordination des Maschinenparks und des Personals als Dienstleister ausgegangen. Die Einsatzplanung findet auf drei Ebenen statt:

- Planung auf Aufgabenebene
- Koordination innerhalb eines Prozesses
- Übergreifende Planung (Koordination der Abhängigkeiten zwischen den Prozessen)

Das Anwendungsszenario von AGRICOLA befasst sich mit der Organisation der Arbeitsschritte, die zur Bearbeitung eines Feldes während der Ernte notwendig sind. Dazu sind allen registrierten Teilnehmer im Dienstnetzwerk AGRICOLA.NET spezielle Rollen zugewiesen (siehe Abbildung 1). Um eine konzeptionelle Trennung zwischen Koordination, Ressourcen- und Aufgabenverwaltung zu erreichen, wird eine Aufteilung der Funktionsgruppen in entsprechende Rollen wie folgt vorgenommen:

¹ Das Projekt ist vom Saarländischen Ministerium für Wirtschaft gefördert worden. Die inhaltliche Kooperation mit Anwendern von AGRICOLA.NET erfolgte mit Unterstützung des Saarländischen Ministeriums für Umwelt, Verbraucherschutz und Landwirtschaft.

- *Landwirte* führen die Aufgabenverwaltung ihrer Prozesse durch. Sie besitzen dabei keine eigenen Ressourcen zur Bearbeitung dieser Aufgaben.
- *Maschinenbesitzer* bieten Ressourcen für die Ausführung von Aufgaben den Landwirten an.
- *Koordinatoren* vermitteln Teilnehmern mit Ressourcenbedarf und Ressourcenangebot.

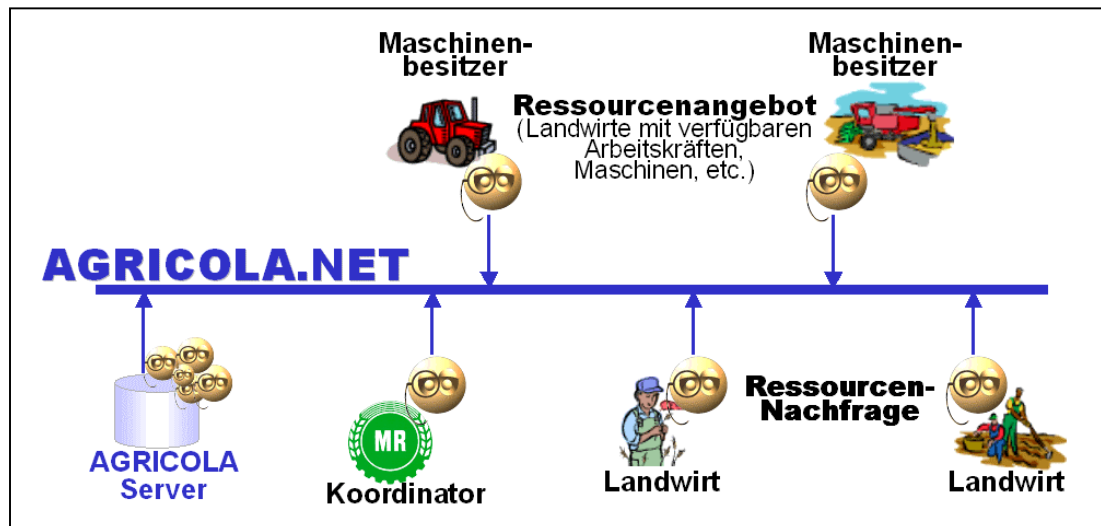


Abbildung 1. Teilnehmer im AGRICOLA.NET

Im Internetbasierten AGRICOLA.NET werden alle Teilnehmer und Ressourcen durch geeignete Agenten repräsentiert. Persönliche *AGRICOLA Agenten* unterstützen die Teilnehmer in ihrer Planung von Ausleihe und Einsatz benötigter Nutzfahrzeuge für die Getreideernte, wie beispielsweise Drillmaschinen zur Aussaat, Mähdrescher, Traktoren zum Schwaden und Wenden, oder Schlepper zum Transport der Ernte oder sonstiger Güter. Alle agentenbasierten Dienste von AGRICOLA sind über mobile Telekommunikationsgeräte jederzeit an jedem Ort verfügbar. Der Landwirt wird unter Einsatz des AGRICOLA Systems in der Lage versetzt, seine individuelle Planung von Ernterelevanten Arbeitsverfahren auf seinen Feldern in sogenannten *Verfahrensketten* (teil-) automatisiert durchzuführen. Die Planung einer solchen Verfahrenskette setzt sich aus der Auswahl einzelner Aufgaben (wie z.B. Drillen, Ernten, Schwaden, usw.) und der Festlegung ihrer chronologischen Reihenfolge zusammen. Steht die Verfahrenskette fest, müssen geeignete Dienste von Ressourcenanbietern zur Bearbeitung der einzelnen Aufgaben gefunden werden. Dabei stehen dem Anwender folgende Möglichkeiten zur Verfügung.

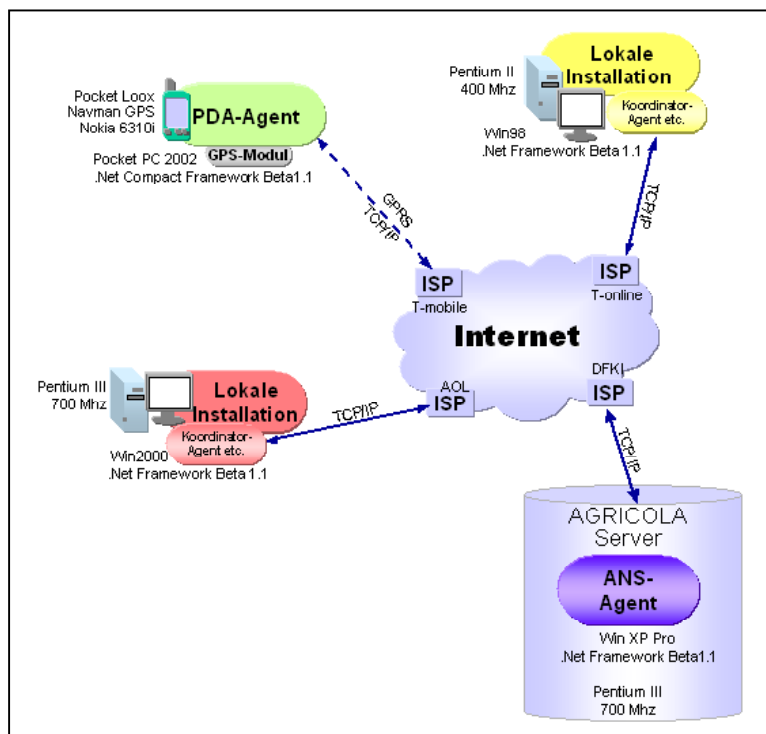
- Eigenhändige Auswahl und Zuweisung von gewünschten Ressourcen zu Aufgaben. Diese Vorgehensweise beschränkt sich auf Ressourcen, auf die dieser Teilnehmer uneingeschränkter Zugriff besitzt. In der Regel sind dies seine eigenen Ressourcen, bzw. Ressourcen von Teilnehmern (im System als „Freunde“ markiert), die ihm die vollständige Kontrolle ihrer Ressourcen überlassen.
- Zuweisung von Aufgaben zu Gruppen von Ressourcen, die für die Bearbeitung dieser Aufgabe relevant sind und auf die zugegriffen werden kann. Das System führt dann automatisch eine Ausschreibung der Aufgaben an diese Gruppen aus und plant sie ein.
- Globale Ausschreibung von Aufgaben an alle im Netz vertretenen Teilnehmer, die Ressourcen besitzen. Je nach dem Grad des Vertrauens der Teilnehmer im AGRICOLA.NET untereinander, können eingehende Anfragen durch das System

entweder direkt beantwortet oder lediglich als Anzeige für eine spätere manuelle Bearbeitung durch den Ressourcenanbieter bereitgehalten werden.

Im AGRICOLA.NET können Ressourcen und Aufgaben gezielt an Teilnehmer des Netzwerks ausgeschrieben und ihnen jederzeit die Zugriffsrechte darauf wieder entzogen werden. Darüber hinaus können einzelne Teilnehmer zwischen Angebot und Nachfrage von Ressourcen verschiedener Teilnehmer vermitteln. Ist die Zuweisung abgeschlossen, müssen die Ressourcen real gebucht werden. Das System unterstützt den Anwender hierbei durch automatisierte Verhandlungen nach einem erweiterten Kontraktnetzprotokoll für Multiagenten-Systeme.

Systemarchitektur und Implementierung

Die Anwendung von AGRICOLA.NET wird auf verschiedene über das Internet verbundene Computersysteme (PC, Notebook, und PDA) der Anwender verteilt. Die AGRICOLA Agenten werden auf den lokalen Systemen jeweils als eine Art *fat Clients* von AGRICOLA.NET installiert, die eigenständig umfangreiche Funktionen ausführen können. Jeder Agent kann über einen definierten, pro Agent eindeutigen Port mit anderen Agenten kommunizieren und verfügt über einen Gelbe-Seiten Dienst für die ihm bekannten Agenten. Ein zentraler *Agent-Name-Service* Agent (ANS) auf dem sog. AGRICOLA Server in



AGRICOLA.NET verwaltet zudem alle Adressen der aktiven Agenten des Multiagentensystems und kann von jedem Agenten im Netz erreicht werden. Dies ermöglicht die Einbeziehung von im Einsatz befindlichen Ressourcen in den kooperativen Planungsprozess über eine Satellitengestützte Positionsbestimmung (GPS). So können z.B. die Daten von PDA oder GPS-Agenten zunächst an den zentralen und statischen ANS-Agenten geschickt werden, mit der Zusatzinformation, diese Daten an den jeweiligen Ressourcen-Agenten des GPS-Agenten weiterzuleiten.

Abbildung 2. Technische Infrastruktur von AGRICOLA.NET

Die Topologie von AGRICOLA.NET kann sich ohne Einschränkung der Dienste verändern, beispielsweise bei Ausfall oder Neustart von Systemen registrierter Teilnehmer mit eventuell veränderter Lokation und dynamischer Vergabe von IP Adressen durch den *Internet Service Provider* (ISP).

Zur mobilen Datenerfassung und -übertragung werden speziell ausgestattete PDAs mit integrierten GPS-Empfängern und einer integrierten Mobilfunkeinheit zur Datenübertragung eingesetzt. Für einen Datenabgleich werden die betreffenden Daten per Funk über eine TCP/IP-Verbindung zu den jeweiligen Agenten übertragen. Analog können Agenten auf stationären PCs Daten an die Agenten auf den mobilen Endgeräten senden und so z.B. einen Anwender vor Ort rechtzeitig von einer Planänderung informieren. Der Einsatz von GPRS / GSM-Modems in Kombination mit PDA ermöglicht, dass die Teilnehmer sich jederzeit und von jedem Ort mit dem Internet verbinden können und auf die Dienste des Systems direkt zugreifen können.



Abbildung 3: Funktionen eines AGRICOLA Agenten auf einem PDA

In dem Anwendungsszenario wird eine lokale Bedarfs- und Maschineneinsatzplanung von Landwirten vor Ort mit aktuell verfügbaren, partiell globalen Planungen von geeigneten Anbietern bedarfsgerecht und *Just-in-Time* aufeinander abgestimmt. Die Maschineneinsatzplanung wird von den Anbietern durchgeführt und die Ergebnisse den Teilnehmern zugänglich gemacht. Die Planung einer Ressourcenverteilung kann durch eine Menge von sich dynamisch verändernden Bedingungen stark beeinflusst werden. Betrachtete Störfaktoren für die Planung in AGRICOLA sind

- Witterung
- Ausfall von Personal
- Ausfall von Maschinen
- Ausfall sonstiger notwendiger Materialien
- Biologische Störungen der Pflanzenproduktion

Auf Anfrage kann ein für eine Region zuständiger Koordinatoragent als eine globale Koordinationsstelle vermittelnd zwischen Landwirten und Maschinenbesitzern eingreifen. Eine derartige Vermittlung reicht von einer Auswahl von geeigneten Anbietern landwirtschaftlicher Nutzmachines bis hin zu Vorschlägen für die Maschineneinsatzplanung. Als Ergebnis von Bedarfs- und Einsatzplanungen der Teilnehmer werden entsprechende aufgabenorientierte Kooperationen gebildet. Eine orts- und zeitgenaue GPS-basierte Datenerfassung ermöglicht zudem eine präzise Abrechnung zwischen den Kooperationspartnern nach Abschluss eines Wertschöpfungsprozesses.

Das AGRICOLA.NET ist in der Forschungsgruppe Multiagentensysteme am Deutschen Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz (DFKI) in Saarbrücken entwickelt und vollständig implementiert worden. Es basiert auf dem agentenbasierten Informations- und Handelsnetzwerk für die Forstwirtschaft CASA [2] und ist von Anwendern in der Region

erfolgreich getestet worden. Das Multiagentensystem und die Dienste des AGRICOLA.NET sind in der Programmiersprache C# unter .NET für die Betriebssystemplattformen Windows 98/2000/XP entwickelt worden. Alle Dienste des AGRICOLA.NET sind nach Installation der AGRICOLA Software auf dem jeweiligen Client über das Internet verfügbar. Die mobilen Dienste sind exemplarisch für den PDA "Pocket Loox" der Firma Fujitsu-Siemens AG entwickelt worden. Die mobile Datenübertragung vom PDA zum Netzwerk erfolgt mit Hilfe eines per Bluetooth mit dem PDA verbundenen GPRS-fähigen Mobiltelefons Nokia 6310i. Für die Ortsabhängigen, mobilen Dienste von AGRICOLA.NET ist der PDA mit einem zusätzlichen GPS-Empfänger ausgerüstet worden.

Ressourcenplanung in dynamischen Koalitionen von Agenten

Um das Problem einer möglichst flexiblen Koordination von komplexen Abläufen und ihrer Planung in sich stetig ändernden Umgebungen zu lösen, wurden im Rahmen des Projekts effiziente Verfahren zur dynamischen Koalitionsbildung entwickelt und getestet. Ziel dieser Verfahren ist es, den einzelnen Agenten zu erlauben, rational kooperative Verbände (Koalitionen) zu bilden, mit deren Hilfe sie komplexe Aufgabenstellungen gemeinsam bearbeiten, die sie allein nicht oder nur partiell lösen können. In offenen Umgebungen können jedoch (a) die Agenten jederzeit einer Koalition beitreten bzw. sie verlassen, (b) die Aufgabenbeschreibung, wie auch die Ressourcen der Agenten sich fortwährend ändern und (c) die kommunizierten Informationen zum Teil unsicher bzw. vage sein. Es besteht daher das Problem, stabile Koalitionen zwischen Agenten zu bilden, ohne im Fall von Störungen des Systems ständig alle Koalitionen wieder neu verhandeln zu müssen.

Zur Lösung dieses Problems wurde ein Schema für eine *simulationsbasierte, dynamische Koalitionsformierung* (DCF-S) entwickelt, das als Grundlage für verschiedene DCF-S Koalitionsalgorithmen dient [1]. Die Kernidee des Schemas ist, dass jeder Koalitionsführer neue Koalitionen mit potentiellen Partnern erst simuliert und anschließend (falls eine ‚bessere‘ Koalitionsstruktur gefunden wurde) verhandelt. Dabei entsprechen Koalitionen sog. Holonen, d.h., hierarchisch strukturierten Agentenverbänden, die aufgabenorientiert miteinander in geeigneten Unterverbänden kooperieren.

Die Simulation derart bestimmter hypothetischer Koalitionsstrukturen erfolgt anhand der erlernten (unsicheren) Wissensbasis des Koalitionsführers einer jeden Koalition. Bevor eine solch hypothetische Koalition durch Verhandlungen realisiert wird, wird zwischen dem Risiko des Fehlschlags bei der Umsetzung der simulierten Struktur und dem Nutzen für die zu erweiternde Koalition abgewogen. Scheitert eine Verhandlung, treten Störungen auf, oder wurde keine Verbesserung durch die Simulation gefunden, werden solange neue Simulationen und Verhandlungen ausgeführt, bis eine Verbesserung hinsichtlich der Kosten-/Nutzenfunktion erreicht wird. Im Anschluss an die Koalitionsverhandlungen werden diese evaluiert und das erworbene Wissen der Agenten über ihre jeweilige Umwelt entsprechend aktualisiert.

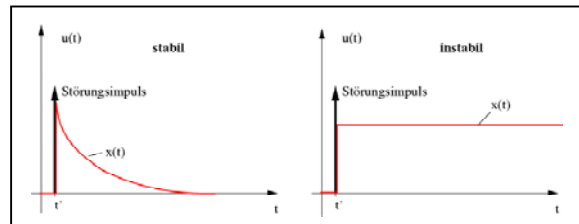
Das DCF-S Schema wurde in vier verschiedenen DCF-S Algorithmen realisiert, die sich im Wesentlichen in der Art und Weise unterscheiden, wie individuelles Wissen über die Verhandlung von den Agenten erworben und effektiv eingesetzt wird. Beispielsweise setzt der Algorithmus SVM-DHF-S ein um eine Support-Vector-Machine (SVM) erweitertes Reinforcement-basiertes Lernverfahren ein, um die für die jeweiligen Aufgaben geeignetsten Agenten gezielt statt nur rein zufällig nach „trial-and-error“ auszuwählen.

Stabilität von dynamischen Kooperationen zwischen Agenten

Was bedeutet „Stabilität“ von Multiagentensystemen? Welche Maße für Stabilität sind auf die sich im AGRICOLA System dynamisch bildenden Agentenverbände sinnvoll anzuwenden?

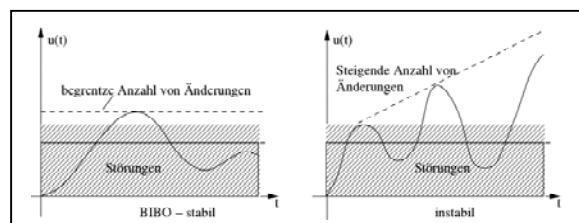
In Anlehnung an klassische Definitionen von Stabilität, wie beispielsweise die eines gedämpft schwingenden Systems in der Elektrotechnik, kann die Stabilität von Multiagentensystemen anhand von unterschiedlichen Störfällen in ihren Aktionen beschrieben werden. Generell besitzt ein stabiles System die Fähigkeit sich selbst zu regulieren und dem äußeren Einfluss von Störungen zu widerstehen bzw. nach einmaligen oder kontinuierlichen Störung in angemessener Zeit wieder zu einem wohldefinierten originären Zustand zurückzukehren. So verharrt beispielsweise ein stabiles Multiagentensystem solange in seinem Ruhezustand, bis es durch Störungen (Ausscheiden oder Neueintritt von Agenten, Modifikation von bereits eingeplanten Aufgaben) „angeregt“ wird. In Abhängigkeit zu der jeweils betrachteten Störungsart werden im Folgenden verschiedene Arten von Stabilität für Kooperationen zwischen Agenten des Multiagentensystems von AGRCIOLA.NET verwendet.

Asymptotische Stabilität. Ein Multiagentensystem ist asymptotisch stabil, wenn es nach *einer* Störung mit fortschreitender Zeit wieder in eine „Ruhelage“ kommt, in der keinerlei Änderungen der Strukturen (Agentenverbände) mehr erforderlich sind.



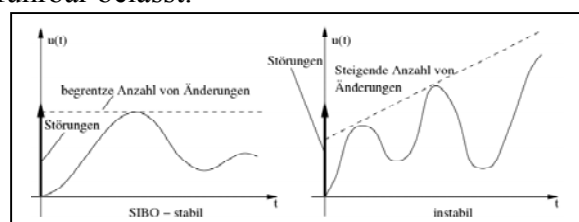
Alternativ kann man die asymptotische Stabilität eines Systems an der Systemreaktion auf eine begrenzte Menge von Störungen innerhalb eines Zeitintervalls untersuchen. Für die Anwendung im Projekt bedeutet dies, dass mit einem asymptotisch stabilem Agentensystem mit begrenztem Zeitaufwand eine neue Verteilung der Aufgaben auf die aktuell verfügbaren Maschinen der Fuhrparks der Landwirte bestimmt werden kann. Je schneller die AGRICOLA Agenten sich in Reaktion auf eine Störung in Koalitionen für geeignet modifizierte Maschineneinsatzpläne umorganisieren können und je geringer dabei die Anzahl noch offener Aufgaben wird, desto stabiler wird das System. Damit steigt auch der Mehrwert des Systems für die betreffenden Landwirte hinsichtlich Planungsflexibilität, Auslastung, Zeit- und Kosteneffizienz des Maschineneinsatzes bei Störungen des Betriebes.

Bounded Input Bounded Output (BIBO) - Stabilität. Ein System ist BIBO-stabil, wenn *jede begrenzte* Störung mit fortschreitender Zeit nur zu einer *begrenzten Änderung* der Agentenverbände im System führt. Eine Änderung ist begrenzt, wenn lediglich eine beschränkte Anzahl der Agenten in



andauernden Verhandlungen involviert ist, so dass eine obere Schranke ε für die Anzahl der sich restrukturierenden Agenten angegeben werden kann. In der Anwendung bedeutet dies, dass im Falle von gehäuften Störungen des Maschineneinsatzes aufgrund von Witterung, Personal- oder Maschinenausfall, ein BIBO-stabiles Agentensystem zumindest einen Teil der Einsatzpläne für die Landwirte unverändert ausführbar belässt.

Single Input Bounded Output (SIBO)-Stabilität. Ein System ist SIBO-stabil, wenn es nach *einer* beliebigen Störung mit fortschreitender Zeit zu einer begrenzten Änderung der Agentenverbände im System führt, so dass eine obere Schranke ε für die



Anzahl der sich restrukturierenden Agenten angegeben werden kann. Analog der BIBO-Stabilität kann mit Hilfe eines SIBO-stabilen Systems gewährleistet werden, dass zumindest ein Teil der Maschineneinsatzpläne von einer Störung unbeeinflusst bleibt und weiterhin ausgeführt werden kann. Z.B. führt der Ausfall eines Mähdreschers unter Umständen dazu, dass es in einer Region nicht mehr möglich ist, alle Felder termingerecht zu bearbeiten. Es

wird dann solange keine Ersatzressource der betreffenden Region zugewiesen, solange es keine vollständige Lösung des Problems gibt. SIBO-Stabilität des AGRICOLA Systems bedeutet, dass die Zahl der entsprechend unbearbeiteten Felder hinsichtlich der den Agenten vorgegebenen Kosten und persönlich Präferenzen minimal ist.

Wie schnell ein Multiagentensystem auf eine Störung reagiert und neue, holonische Koalitionsstrukturen bildet, hängt im Wesentlichen davon ab, wie gut das Wissen jedes Agenten über die Umwelt ist. Je genauer die Prognosen/Abschätzungen der Eigenschaften der Agenten sind, desto präziser können potentielle Agenten für die Bearbeitung einer Aufgabe ausgewählt werden und somit unnötige Verhandlungen vermieden werden. Insbesondere werden so weniger destabilisierende Umstrukturierungsversuche vorgenommen, die aufgrund falscher Einschätzungen durchgeführt, jedoch mit realistischen Annahmen nie begonnen würden.

Evaluation von dynamischen Koalitionsbildungen

Erste umfangreiche Testläufe der im Projekt entwickelten DCF-S Koalitionsalgorithmen haben ihren Nutzen in Theorie und Anwendung bereits gezeigt. Es wurde vor allem untersucht, inwieweit sich die Umstrukturierungen der Koalitionen auf die Stabilität des gesamten Systems auswirken, ob bereits einzelne Störungen zu einer totalen Destabilisierung der Holonen führen und welche Effizienz hinsichtlich der notwendigen Anzahl von Verhandlungen, sowie Kosten/Nutzen der Koalition erreicht werden kann. Die Evaluierung der Koalitionsalgorithmen wurde mit verschiedenen Mengen von bis zu 40 Agenten durchgeführt, die jeder für sich unterschiedliche Fähigkeiten zur Bearbeitung gegebener Aufgaben besitzen. Pro Agentenmenge wurden fünf Testreihen mit einer unterschiedlichen Anzahl (10, 25, 50, 75 und 100) von Aufgaben ausgewertet.

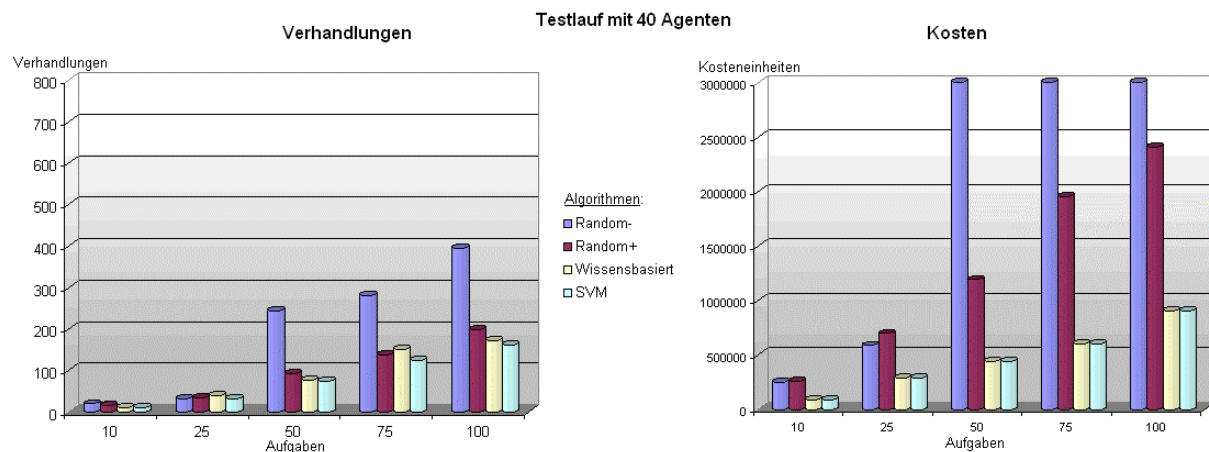


Abbildung 4. Aufwand und Kosten von dynamischen Koalitionsverhandlungen

Abbildung 4 zeigt die Anzahl der Verhandlungen in Relation zu den vier Koalitionsalgorithmen als Instanzen des DCF-S Schemas sowie das entsprechende Verhältnis der Kosten, die einer Koalition durch die resultierende Aufgabenverteilung entsteht. Die Analyse der Ergebnisse von insgesamt mehreren hundert Testläufen ergab, dass durch den Einsatz des SVM-DHF-S Algorithmus im Mittel zwischen 1.56 und 2.48 Verhandlungen pro Aufgabe ausgeführt werden mussten (je nach dem Verhältnis der unterschiedlichen Operationen zur Bildung von hypothetischen „simulierten“ Koalitionen), um den kostenoptimalen Agenten zu finden, der diese Aufgabe ausführen kann. Für das AGRICOLA-System bedeutet dies, dass die Agenten in ihren Koalitionen bei Auftreten von Störungen die geplante Bearbeitungsreihenfolge schnell und derart modifizieren, dass nur benachbarte

Äcker bearbeitet werden. Damit können beispielsweise kosten- und zeitaufwändige Transporte eines Mähdreschers zwischen den betreffenden Feldern entfallen.

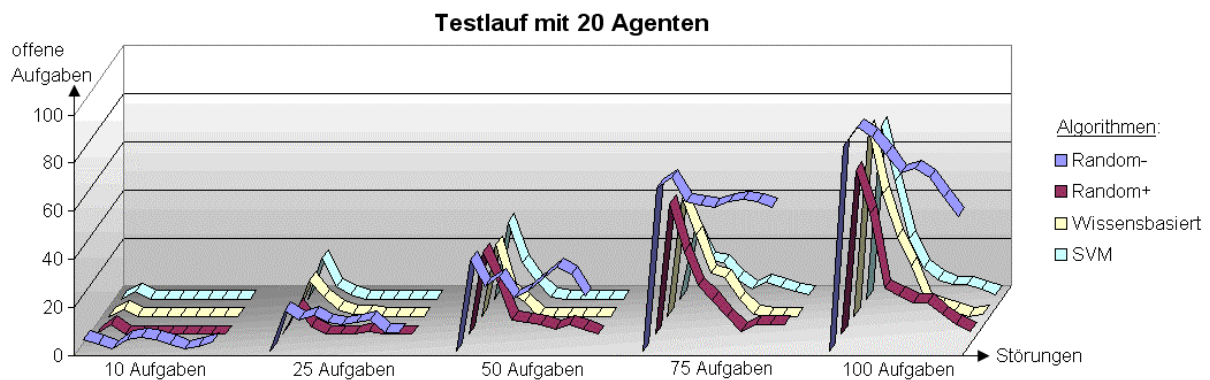


Abbildung 5. Stabilität von dynamisch gebildeten Koalitionen bei Störungen

Abbildung 5 zeigt die Ergebnisse eines Testszenarios, in dem 20 AGRICOLA Agenten für die Bearbeitung einer verschiedenen Anzahl von Aufgaben in Zeitintervallen von 10 Sekunden auftretenden und zufälligen Arten von Störungen unterworfen waren. Arten von Störungen sind die Eingabe neuer Aufgaben, das Löschen bereits eingeplanter Aufgaben, Hinzufügen von neuen Agenten in die Agentengesellschaft und der Ausfall von Agenten, denen bereits Aufgaben zugewiesen wurden. Diese Störungen können Umstrukturierungen von Koalitionen (Personen- und Maschinenagenten) verursachen, falls Aufgaben nicht mehr vollständig bearbeitet werden können oder kosteneffizientere Koalitionen möglich sind. Hinsichtlich der Stabilität des System ist von Interesse, wie viele der gegebenen Aufgaben nach dem Auftritt einer Störung wie lange offen bleiben, d.h. nicht in Bearbeitung sind. Die Testergebnisse zeigen nicht überraschend, dass sich mit zunehmendem Wissen und Lernfähigkeit das Gesamtsystem asymptotisch stabil mit Bezug auf die Anzahl offener Aufgaben verhält. Dies unterstreicht die Einsatztauglichkeit des Systems im betrachteten landwirtschaftlichen Anwendungsszenario, in der bereits mittelfristige Maschineneinsatzplanungen als nicht möglich erachtet werden. Die asymptotisch stabile Umorganisation der AGRICOLA Agenten mit entsprechender Umplanung der durch sie vertretenden Ressourcen (Maschinen und Personal) garantiert, dass sogar bei mehreren Störungen innerhalb kürzester Zeit noch Just-In-Time ausführbare Einsatzpläne für die Maschinen der Landwirte erzeugt werden. Dabei bleibt ein Maximum an Kontinuität bezüglich der Planausführung gewahrt, d.h. die Umstellung der Maschineneinsatzpläne wird so gering wie möglich gehalten.

Fazit

Das AGRICOLA.NET ermöglicht eine kosteneffiziente Auslastung von landwirtschaftlichen Maschinenfuhrparks bei kurzfristigen Änderungen in der Planungsumgebung, wie beispielsweise Witterungsumschwung, sowie Ausfall von Maschinen und Personal. Insbesondere wird die Satellitengestützte Positionsbestimmung (GPS) von im Einsatz befindlichen Ressourcen in den von AGRICOLA Agenten für die einzelnen Landwirte koordinierten Planungsprozess einbezogen. Die im Projekt entwickelten Verfahren eignen sich insbesondere für große Agentengesellschaften. Das AGRICOLA Agentensystem hat sich in der Regel als asymptotisch, sowie SIBO- und BIBO-stabil erwiesen: Es findet nach jeder anwendungsbezogenen Störung in der kooperativen Planung eine optimale Lösung hinsichtlich gegebener Kosten-/Nutzenkriterien in angemessener Zeit. Insgesamt bietet das AGRICOLA.NET mit seinen mobilen Planungsdiensten eine hoch innovative,

softwaretechnische Unterstützung für eine bedarfsgerechte und flexible Einsatzplanung von Ressourcen in der landwirtschaftlichen Wertschöpfung.

Literatur

Klusch, M., Gerber, A. (2002): Dynamic Coalition Formation among Rational Agents. IEEE Intelligent Systems, 17(3), May/June 2002

Klusch, M., Gerber, A. (2002): CASA: Agent-based Integrated Services Network for Timber Production and Sales. IEEE Intelligent Systems, 17(2), January/February 2002.



Andreas Gerber ist Wissenschaftler in der Forschungsgruppe Multiagentensysteme am Deutschen Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz in Saarbrücken. Aktuelle Forschungsschwerpunkte liegen in den Gebieten Verteilte KI, Agentenbasierte Koordinationsmechanismen und integrierte Dienste für elektronische Märkte. www.dfki.de/~agerber/; agerber@dfki.de



Matthias Klusch ist leitender Wissenschaftler in der Forschungsgruppe Multiagentensysteme am Deutschen Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz in Saarbrücken. Aktuelle Forschungsschwerpunkte liegen in den Gebieten Semantisches Web und Dienste, Intelligente Agenten und Informationssysteme im Internet, sowie verteilte Wissensentdeckung und Anwendungen von Quantum Information Processing. www.dfki.de/~klusch/; klusch@dfki.de