

Steuerung von Agrarprozessen durch dezentrale Koordination?

Literaturrecherche zur dezentralen Koordination

Hönig, Martin¹

Abstract: Zunehmend werden in der Landwirtschaft nicht nur Arbeitsschritte automatisiert, sondern auch Koordinationsentscheidungen automatisiert. Dies kann zentral, oder dezentral durch Emergenz vieler autonomer Einheiten geschehen. Die dezentrale Koordination verspricht skalierbarer und robuster als die zentrale Koordination zu sein und stellt somit eine potentielle Effizienzsteigerung dar. Auch für Koordinationsentscheidungen in Agrarprozessen könnte dies gelten. Daher soll in diesem Beitrag die Literaturrecherche zu dezentralen Koordinationsmechanismen dargestellt werden, in welchem Anwendungskontext diese untersucht werden und welche Koordinationsprobleme damit verbunden sind.

Keywords: Literaturrecherche, Dezentrale Koordination, Multi-Agenten Systeme, Mechanismen

1 Einleitung

Bei der Koordination von Entscheidungen können grundsätzlich zwei Möglichkeiten unterschieden werden: Sie können zentral durch eine Instanz getroffen werden oder dezentral durch Abstimmung dezentraler Einheiten [LL97]. Ein wesentlicher Vorteil der zentralen Koordination ist die Möglichkeit, bei gegebener Information zur optimalen Lösung zu kommen. Im Gegensatz dazu haben autonomen Einheiten in der dezentralen Koordination lediglich lokale Informationen, die eine optimale Lösung nur schwer ermöglichen. Der Vorteil der dezentralen Koordination ist der Ausschluss des Single point of failure (zentrale Einheit), der bei Ausfall die Funktion des Systems unterbricht. Dadurch sind dezentrale Koordinationsformen weniger fehleranfällig, da das Gesamtsystem nicht durch Ausfälle unterbrochen wird. Die Entscheidungen werden dabei durch Koordination der dezentralen Einheiten getroffen, wodurch ein solches System höher skalierbar und belastbar ist, als ein Zentralistisches [FGD16].

Da auch in der Landwirtschaft die Automatisierung und somit der Bedarf an Koordination von Einheiten zunimmt, ist es sinnvoll, zu untersuchen, wie in anderen Bereichen Einheiten koordiniert werden. Ein kritisches Kriterium, gerade vor dem

¹ Hochschule Hannover, Fakultät IV, Bismarckstr. 2, 30173 Hannover, martin.hoenig@stud.hs-hannover.de

Hintergrund der eher steigenden Anzahl an Einheiten, kann die Skalierbarkeit des Systems sein.

Die dezentrale Koordination verspricht diesbezüglich vorteilhaft zu sein. Aus diesem Grund wird im Folgenden die Literatur mit Mechanismen der dezentralen Koordination dargestellt.

2 Methodik

Die Vorgehensweise der Literaturanalyse orientiert sich an Webster und Watson (2002). Sie beschreiben ein Vorgehen bei dem zunächst nach den wichtigsten Beiträgen in Bezug auf das formulierte Thema gesucht wird und aufbauend darauf, unter anderem, eine Rückwärtssuche anhand der dort zitierten Literatur durchgeführt wird [WW02]. Zur Umsetzung wird die unter anderem von Brocke et al. (2015) vorgeschlagene Technik der Stichwortsuche genutzt [Br15]. Als Stichwort wird der Term „decentralized coordination“ verwendet. Im Gegensatz zu dem angewendeten Suchbegriff ergaben Begriffe wie „self-organizing mechanisms“, „self-organizing MAS“ oder „decentralized information system“ weniger qualitativ hochwertige Ergebnisse [Br15].

Die folgenden Datenbanken werden anhand des Terms „decentralized coordination“ in den Metadaten durchsucht (Anzahl der gefundenen Dokumente in Klammern): ACM (46)², AISeL (26)³, EconBiz (50)⁴, EconPapers (9)⁵, Emerald Insight (3)⁶, IEEEExplore (143)⁷, SAGE Journals (2)⁸, ScienceDirect (550)⁹, Wiley (4)¹⁰ und Wiso (81)¹¹. Da Wiso auch Dokumente auf Deutsch beinhalten kann, wurde hier als weiteres Stichwort „dezentrale Koordination“ verwendet.

Die gefundenen Artikel werden hinsichtlich Mechanismen der dezentralen Koordination untersucht. Die Literatur die als „foundation literature to the proposed study“ [LJ06] angesehen werden kann, wird anschließend hinsichtlich des Anwendungskontextes und des zugrundeliegenden Koordinationsproblems ausgewertet. Die als relevant eingestufte Literatur umfasst nach der Bewertung noch 82 Artikel, die im Folgenden kategorisiert dargestellt wird. Die genauen Literaturangaben können beim Autor angefragt werden.

² <https://dl.acm.org/>

³ <https://aisel.aisnet.org/>

⁴ <https://www.econbiz.de/>

⁵ <https://econpapers.repec.org/>

⁶ <https://www.emeraldinsight.com/>

⁷ <https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp>

⁸ <http://journals.sagepub.com/>

⁹ <https://www.sciencedirect.com/>

¹⁰ <https://onlinelibrary.wiley.com/>

¹¹ <https://www.wiso-net.de/dosearch>

3 Ergebnisse

Die meisten (80%) der 82 Artikel können als ein Beitrag im Sinne des Design Science Research Paradigma (DSR), wie bspw. von Hevner et al. (2004) beschrieben, angesehen werden. Im DSR sollen zwei komplementäre Ansätze berücksichtigt werden: Der eher empirisch ausgerichtete Behaviorismus als auch die Designwissenschaften. Kern des DSR ist die Entwicklung eines zielgerichteten Artefakts das ein Problem lösen soll. Dabei handelt es sich nicht um vollständig entwickelte Informationssysteme, sondern um einen innovativen Beitrag in Form von Methoden, Modellen, Konstrukten und Instanzierungen [He04].

Der Anwendungsbezug der meisten Forschungsartikel ist unspezifisch. Grund dafür ist, dass nicht ein bestimmter Anwendungsbezug untersucht wird, sondern das ein zugrundeliegendes Phänomen erforscht werden soll, deren Erkenntnisse interdisziplinär angewendet werden können. Häufig auftretende Anwendungsumgebungen sind Logistik, Supply Chain Management (SCM) oder Netzwerk Services/Entwicklung. Zu der Gruppe „Andere“ zählen Anwendungsbezüge, die lediglich in einem Artikel untersucht werden wie bspw. „Smart Grid“, „Pick up and delivery“, Kommunikation oder Internationale Hilfsunterstützung. Die Aufteilung der untersuchten Literatur ist in Abb. 1 dargestellt.

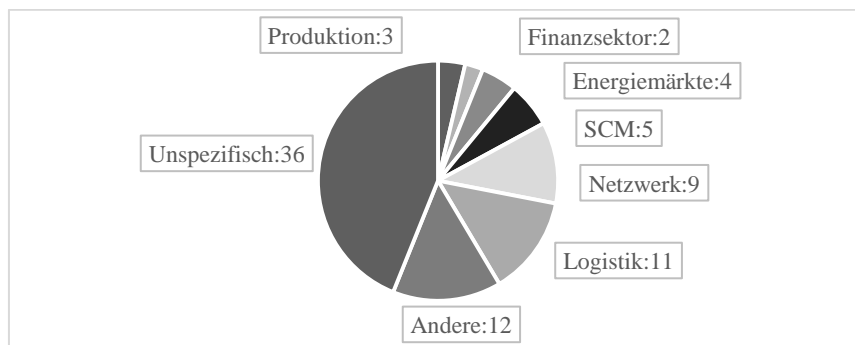


Abb. 1: Anwendungsbezug der 82 Artikel

Um darzustellen, in welchem Anwendungsbezug Mechanismen der dezentralen Koordination eingesetzt werden um Koordinationsprobleme zu lösen, sind in Tabelle 1 auf der horizontalen Achse die möglichen Koordinationsprobleme dargestellt und auf der vertikalen Achse die Anwendungsbezüge. Da eine Klassifizierung oder Unterscheidung von dezentralen Koordinationsproblemen momentan nicht bekannt ist, sind die in Tabelle 1 benannten Koordinationsprobleme aus der Untersuchung von de Wolf et al. (2006) abgeleitet. In ihrem Forschungsbeitrag unterscheiden sie 5 mögliche Lösungsmechanismen im Zusammenhang mit der Entwicklung von Anwendungen, die auf dezentraler Koordination basieren.

Die möglichen Lösungsmechanismen werden dabei genau benannt, wobei eine Abgrenzung der zu lösenden Koordinationsprobleme nicht vorgenommen wird. Anhand

der Beschreibungen werden jedoch die folgenden 3 Koordinationsprobleme, die auch in Tabelle 1 dargestellt sind, unterschieden: Zielführung, Ressourcenallokation und Teamzugehörigkeit.

Knapp 50% der 82 relevanten Artikel entwickeln Lösungen um Einheiten einem Ziel zuzuordnen oder den Weg zu einem Ziel zu ermöglichen (Zielführung). Dabei ist der Anwendungskontext im Logistiksektor oder meistens unspezifisch. In anderen Anwendungsumgebungen wird das Koordinationsproblem der Zielführung nur sehr selten untersucht. Ein ebenfalls häufig untersuchtes Problem (ca. 40% der Artikel) ist die Verteilung von Ressourcen, wie bspw. Netzwerkkapazitäten, Energien oder Aufträge. Die Anwendungsbezüge sind dabei etwas breiter gestreut: Auch hier ist der Anwendungskontext häufig unspezifisch, jedoch wird das Problem auch im Kontext von Netzwerkumgebungen, Energieverteilungen oder im Finanzsektor untersucht. Ein wenig untersuchtes Koordinationsproblem ist die Teamzugehörigkeit/-bildung (ca. 4 % der Artikel). Dabei geht es um das Zusammenführen autonomer Einheiten zu Netzwerken oder Gruppen, die gemeinsame Kriterien aufweisen. Dieses Problem wird vereinzelt im Rahmen von Netzwerkstrukturen, SCM oder unspezifischen Anwendungsbezügen untersucht. Mehr als nur eines der drei möglichen Koordinationsprobleme wird in 6 Artikeln berücksichtigt, wobei die Anwendungsumgebungen unspezifisch, SCM, Logistik oder Produktion sind.

	Zielführung	Ressource nallokation	Teamzuge hörigkeit	Mehrere	Summe
Unspezifisch	23	10	1	2	36
Logistik	8	2	0	1	11
Netzwerke	1	7	1	0	9
SCM	1	1	1	2	5
Energieverteilung	0	4	0	0	4
Produktion	2	0	0	1	3
Finanzsektor	0	2	0	0	2
Andere	5	7	0	0	12
Summe	40	33	3	6	82

Tabelle 1: Koordinationsprobleme und Anwendungsbezug der 82 Artikel

4 Schlussfolgerung

Da keine Literatur mit Agrarbezug gefunden wurde, ist zu vermuten, dass die dezentrale Koordination bislang nicht im Rahmen von Koordinationsentscheidungen in Agrarprozessen berücksichtigt wurde, bzw. nicht durch das beschriebene Vorgehen

identifiziert wird. Demzufolge müsste zumindest die Methodik verändert werden, um potentiell relevante Literatur zu identifizieren. Hingegen zeigt die hier beschriebene Vorgehensweise, dass dezentrale Koordinationsmechanismen zumeist im Zusammenhang mit Zielführungsproblemen oder Ressourcenallokationsproblemen in unspezifischen Anwendungsfällen oder in der Logistik untersucht werden.

Die Erkenntnisse und Mechanismen, die im Rahmen dieser Literaturanalyse identifiziert werden, können als Grundlage dienen, um Lösungen für Koordinationsprobleme in Agrarprozessen zu gestalten. Demzufolge wird in den ausstehenden Untersuchungen zu überprüfen sein, welche Koordinationsformen in Agrarprozessen auftreten und welche Vor-/Nachteile damit verbunden sind. Anhand von Zuordnungen von Koordinationsproblem und -lösung, wie sie bspw. bei [WH06] vorgeschlagen sind, können anschließend dezentrale Koordinationsformen an gegebener Stelle implementiert und in Simulationen mögliche Auswirkungen aufgezeigt werden.

Literaturverzeichnis

- [Br15] Brocke, J. vom et al.: Standing on the Shoulders of Giants: Challenges and Recommendations of Literature Search in Information Systems Research. In Communications of the Association for Information Systems. 37; S. 205–224, 2015
- [FGD16] Flushing, E. F.; Gambardella, L. M.; Di Caro, G. A.: On decentralized coordination for spatial task allocation and scheduling in heterogeneous teams. In Proceedings of the 2016 International Conference on Autonomous Agents & Multiagent Systems; S. 988–996, 2016
- [He04] Hevner, A. R. et al.: Design Science in Information Systems Research. In MIS Quarterly. 1, 2004
- [LJ06] Levy, Y.; J. Ellis, T.: A Systems Approach to Conduct an Effective Literature Review in Support of Information Systems Research. In Informing Science: The International Journal of an Emerging Transdiscipline; S. 181–212, 2006
- [LL97] Laux, H.; Liermann, F.: Grundlagen der Organisation. Die Steuerung von Entscheidungen als Grundproblem der Betriebswirtschaftslehre. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, s.l., 1997
- [WH06] Wolf, T. De; Holvoet, T.: A Catalogue of Decentralised Coordination Mechanisms for Designing Self-Organising Emergent Applications, 2006
- [WW02] Webster, J.; Watson, R. T.: Analyzing the Past to Prepare for the Future: Writing a Literature Review. In MIS Quarterly. 2; S. xiii–xxiii, 2002