

# Beanspruchungsadaptive Nutzerschnittstelle für die vernetzte Landwirtschaft

Metzger, Steffen, M.Sc.<sup>1</sup>; Lehr, Patrick, M.Sc.<sup>2</sup> und Geimer, Marcus, Prof. Dr.-Ing.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Institutsteil Mobile Arbeitsmaschinen

Karlsruher Institut für Technologie, Karlsruhe, Deutschland

E-Mail: [steffen.metzger@kit.edu](mailto:steffen.metzger@kit.edu); Tel.: (+49)721 608 48646

<sup>2,3</sup> Institutsteil Mobile Arbeitsmaschinen

Karlsruher Institut für Technologie, Karlsruhe, Deutschland



Der Institutsteil Mobile Arbeitsmaschinen (Mobima) des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) forscht zusammen mit weiteren Partnern aus Forschung und Industrie an innovativen Konzepten und Lösungen für mobile Arbeitsmaschinen. Im Rahmen des Projekts „Fahrerkabine 4.0 | OnField“, das zum Förderprogramm "Agrarsysteme der Zukunft" gehört, wird mit Hilfe eines arbeitspsychologischen Untersuchungsansatzes eine adaptive Mensch-Maschine-Schnittstelle (HMI) entwickelt, welche die Integration des Fahrerarbeitsplatzes einer Landmaschine durch die digitale Vernetzung in andere Prozesse des Hofalltags ermöglicht. Grundlage der Schnittstellenadaption ist dabei das jeweils aktuelle Beanspruchungsniveau des Nutzers.

## Motivation

Ein gut geführter, langfristiger landwirtschaftlicher Betrieb ist im Wesentlichen von qualifizierten und motivierten Landwirten abhängig. Die Statistik der vergangenen Jahre zeigt jedoch einen deutlichen Rückgang an neuen landwirtschaftlichen Auszubildenden. Weiter zeigt sich, dass die Zahl der jüngeren Betriebsinhaber deutlich abgenommen hat und sich

somit ein struktureller Wandel in der Altersstruktur der Erwerbstätigen andeutet. Der Anteil der Betriebsinhaber jünger als 45 Jahre sank zwischen 2010 und 2016 um 32 %. [1]

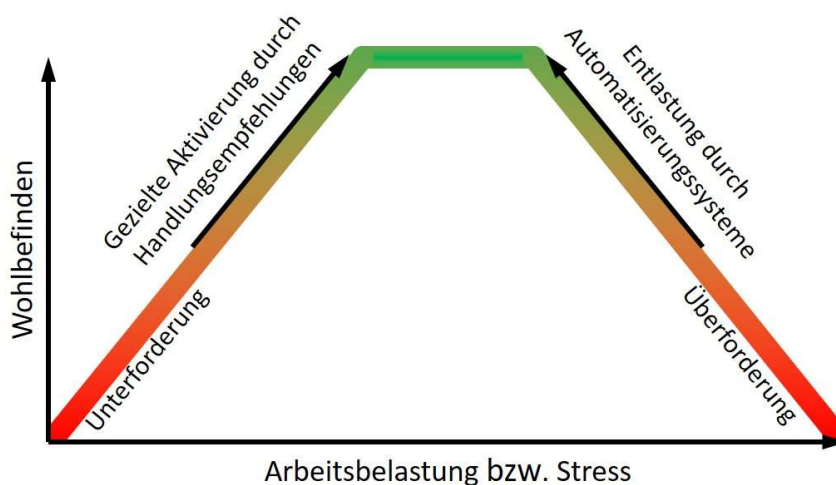
Zusätzlich ist ein Rückgang der Arbeitskräfte in der Landwirtschaft ersichtlich. 2016 waren 10 % weniger Arbeitskräfte in landwirtschaftlichen Betrieben tätig als 2010. Dies zeigt sich ebenfalls im Agrarstrukturwandel, so nahm die Zahl der landwirtschaftlichen Betriebe zwischen 2007 und 2019 um 17,1 % ab. Daraus resultiert eine deutlich höhere Arbeitsbelastung für die verbleibenden Erwerbstätigen in der Landwirtschaft. So stieg die Jahresstundenzahl zwischen 2017 und 2019 um ca. 5 %. Nur der Einsatz von moderner Technik konnte diese Arbeitslasterrhöhung etwas verlangsamen. [1; 2]

Diesem Trend kann nicht allein durch autonome Fahrzeuge entgegengewirkt werden. Um die Sicherung des Nachwuchses zu gewährleisten ist es notwendig, dem Landwirt ein attraktives Arbeitsumfeld bereitzustellen um ihn dabei zu unterstützen, seine Arbeit effektiv und effizient erledigen zu können. Nur so ist eine Vereinbarkeit von Beruf mit Privat- und Familienleben, eine gesunde „Work-Life-Balance“, möglich.

### Projektvorstellung

Der Fahrer eines Mähdreschers hat im Wesentlichen drei Aufgaben: Er muss die Maschine lenken, die Geschwindigkeit vorgeben sowie die gesamte Prozesstechnik der Maschine einstellen. Besonders beim Andreschen eines neuen Feldes ergibt sich eine hohe Beanspruchung des Fahrers. Die erste Fahrt um ein neues Feld erfordert die höchste Aufmerksamkeit, Hindernisse müssen erkannt und umfahren werden und auch bei Schneidwerksbreiten von bis zu 14 Metern darf die Maschine nicht festgefahren werden. Parallel müssen die Dreschsysteme eingestellt und überwacht werden. Nach dem Dreschen des Vorgewendes wird es dann deutlich ruhiger für den Fahrer. Beim Einsatz von aktuellen Assistenzsystemen kann die Lenkung über GPS gesteuert und Geschwindigkeit sowie die Prozesstechnik der Maschine über die verbauten Sensoren automatisch angepasst werden. Dabei muss der Fahrer aktuell weiterhin den gesamten Prozess überwachen. Mit steigender Automatisierung, wie sie in den kommenden Jahren zu erwarten ist, wird diese Überwachungstätigkeit weiter abnehmen und die Maschine kann verschiedene Situationen autonom meistern [3].

Zusammengefasst verteilen sich über den Erntetag Zeiten mit hoher Arbeitsbelastung, aber auch viele Zeiten mit geringer Arbeitsbelastung. Und genau hier setzt das Projekt „Fahrerkabine 4.0“ an. Wie in **Bild 1** dargestellt und durch mehrere Studien nachgewiesen, ist es für den Menschen am angenehmsten, sich auf einem mittleren Beanspruchungsniveau zu befinden. Sowohl Über- als auch Unterforderung wirken sich negativ auf das Wohlbefinden und das Situationsbewusstsein aus. [4; 5]



**Bild 1: Auswirkung der Arbeitsbelastung auf das Wohlbefinden**

Überlastung führt dazu, dass sich der Fahrer nicht mehr ausreichend auf das Wesentliche konzentrieren kann, Dinge werden übersehen und es passieren Fehler. Durch das Zuschalten weiterer Assistenzsysteme oder durch das Ausblenden für ihn in dieser Situation unwichtiger Informationen, kann der Fahrer sich auf die wesentlichen Punkte konzentrieren und wird dabei entlastet. Andererseits ist auch die Unterforderung ein Problem. Die dadurch entstehende Langeweile führt zu Ermüdung und das Situationsbewusstsein sinkt [5]. Dadurch reduziert sich zum einen das Wohlbefinden des Fahrers und gleichzeitig ist die Gefahr von Fehlern erhöht, vor allem wenn die Maschine aus dem hochautomatisierten Betrieb übernommen werden muss. Um dieser Unterforderung entgegenzuwirken, werden dem Fahrer über Handlungsempfehlungen Möglichkeiten gegeben, weitere Tätigkeiten auf der Maschine zu erledigen. Handlungsempfehlungen können hierbei aus den verschiedensten Bereichen kommen und wurden in die Kategorien Betriebs- bzw. Farmmanagement, Maschine, Wohlbefinden, Medien und Wiki eingeteilt.

Mit Hilfe der Fokussierung bzw. der Handlungsempfehlungen soll das Beanspruchungsniveau des Fahrers über den gesamten Tag ausnivelliert auf einem mittleren Niveau gehalten werden. Dies verspricht Verbesserungen in ökologischer Hinsicht durch die Integration weiterer Informationen in den Ernteprozess, Verbesserungen in ökonomischer Hinsicht durch das parallele Erledigen von betriebsinternen Aufgaben wie beispielsweise Dokumentationspflichten sowie Verbesserungen in gesellschaftlicher Hinsicht durch die bessere Integration und einen besseren Kontakt mit dem sozialen Umfeld.

## Ergebnisse aus Umfragen und Datenanalysen

Da das Projekt und damit die entstehende Kabine nah am Landwirt bzw. dem Fahrer entwickelt werden soll, wurden zu Beginn verschiedene Interviews und Befragungen durchgeführt. Dies ist ein wichtiger Schritt um möglichst von Beginn an alle Anmerkungen und Ideen potenziell zukünftiger Nutzer im weiteren Projektverlauf aufnehmen zu können.

Inhalt der Interviews war unter anderem die Beschreibung eines typischen Arbeitstages, Tätigkeiten oder das Stresslevel während der Fahrt auf dem Mähdrescher. Weiter konnten die Befragten angeben, welche Tätigkeiten Sie gerne auf dem Mähdrescher erledigen würden, wenn der automatisierte Betrieb nicht ihre Aufmerksamkeit erfordert. Aus den ersten Ergebnissen dieser Interviews wurde eine Online-Studie für weitere Erfahrungen und Einblicke gestartet. Insgesamt haben an den Interviews und der Umfrage 26 Personen teilgenommen. Alle Teilnehmer deckten sowohl im Alter als auch im Beschäftigungsverhältnis eine große Spannweite ab. Die Interviews zeigen, dass die Befragten sich zusätzliche Aufgaben während der Fahrt vorstellen können, wobei die Fehlerfreiheit bzw. die Unversehrtheit der Maschine höchste Priorität hat. Die durchgeführte Online-Umfrage verdeutlicht dies noch einmal. So wurde die Möglichkeit zur Bearbeitung von zusätzlichen Aufgaben mit durchschnittlich 4,31 (SD = 1,98; auf einer Skala von 1 = „kann ich mir überhaupt nicht vorstellen“ bis 7 = „kann ich mir sehr gut vorstellen“) bewertet. Die Befragten waren sich unsicher, ob die Konzentration und Aufmerksamkeit darunter leiden könnte. Als mögliche Tätigkeiten wurden insbesondere „Wettervorhersagen überprüfen“ (M = 6,08; SD = 1,43) und „Maschineninformationen abrufen“ (M = 5,54; SD = 1,60) gut bewertet. Zusätzlich wurden Tätigkeiten im Bereich Kommunikation, Management und Büro genannt.

Eine weitaus größer gestreute Umfrage über die Zeitschrift „profi“ bekräftigt die Ergebnisse aus den Interviews und der Online-Studie. Von den 312 Teilnehmern gaben 95 % an, Assistenzsysteme im Mähdrescher nutzen zu wollen. 84 % der Teilnehmer beschäftigen sich darüber hinaus mit den Systemen und den technischen Hintergründen [6]. Dies zeigt auch der Situationsbericht 2021 vom Deutschen Bauernverband e.V.. So ergab sich 2020 in einer Umfrage, dass 65 % der deutschen Landwirte eine Chance in der fortschreitenden Digitalisierung sehen [1]. Die Hälfte der Fahrer aus der „profi“-Umfrage geben an, zu verschiedenen Zeiten beim Mähdrescher Fahren unterfordert zu sein, gleichzeitig fühlen sich über die Hälfte der Befragten überfordert, wenn mehrere Tätigkeiten zeitgleich zu erledigen wären. Trotzdem bewerteten zwei Drittel aller Teilnehmer die Möglichkeit, Nebentätigkeiten erledigen zu können, als positiv oder sehr positiv. Als vorteilhaft genannt werden "den Betrieb organisieren" sowie "Logistik und Verkauf regeln". Skeptisch sieht man die Gefahren durch eine eventuelle Dauerbelastung die die Fehleranfälligkeit erhöhen könnte. [6]

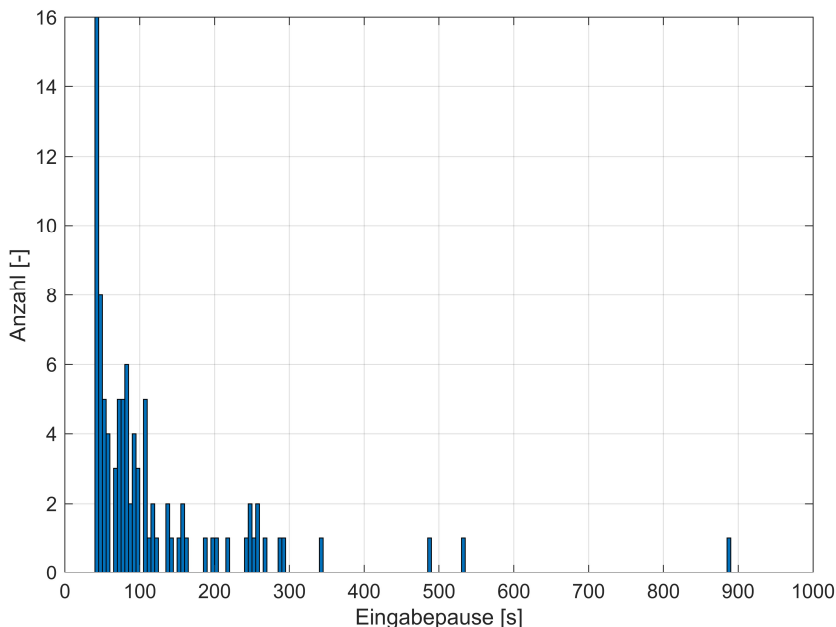


Bild 2: Zeiten ohne Eingabe des Fahrers

Die Ergebnisse der Umfragen zeigen, dass, insbesondere während der hoch automatisierten Fahrt, der Wunsch nach weiterer Beschäftigung vorhanden ist. Um zu überprüfen, ob und wie oft diese Situationen eintreten, wurden mehrere Maschinendaten-Analysen durchgeführt. Dazu wurde während eines gewöhnlichen Arbeitstages für 5 Stunden der CAN-Bus ausgelesen und ausgewertet. Die bearbeiteten Felder befinden sich im Nordosten von Deutschland und hatten eine durchschnittliche Fläche von ca. 105 ha. In **Bild 2** wird sichtbar, dass es viele Situationen gibt, in denen für bis zu 2 Minuten keine Eingabe getätigt wurde. Jedoch treten vereinzelt auch Zeitdauern zwischen 4 und 15 Minuten auf, in denen keine Eingabe getätigt wurden. Zeiträume ohne Bedieneingabe kleiner als 40 Sekunden werden hierbei nicht betrachtet. Wie in **Bild 3** ersichtlich, machen Bedienungen des Vorsatzgeräts 80 % aller aufgenommenen Eingaben aus und haben so einen großen Einfluss auf die Bedienungshäufigkeit. In Zukunft ist zu erwarten, dass durch die fortschreitende Automatisierung des Mähdeschers und des Vorsatzgeräts die notwendigen Benutzereingaben deutlich reduziert werden.

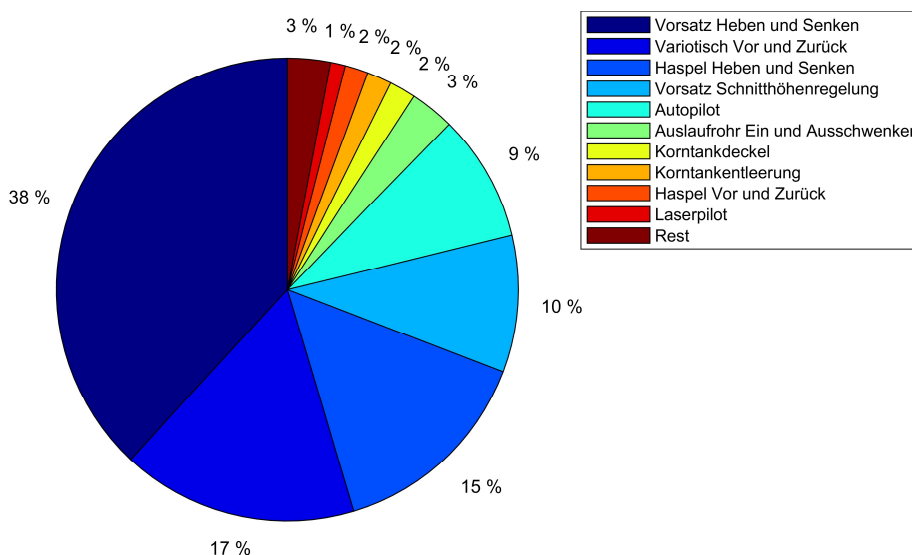


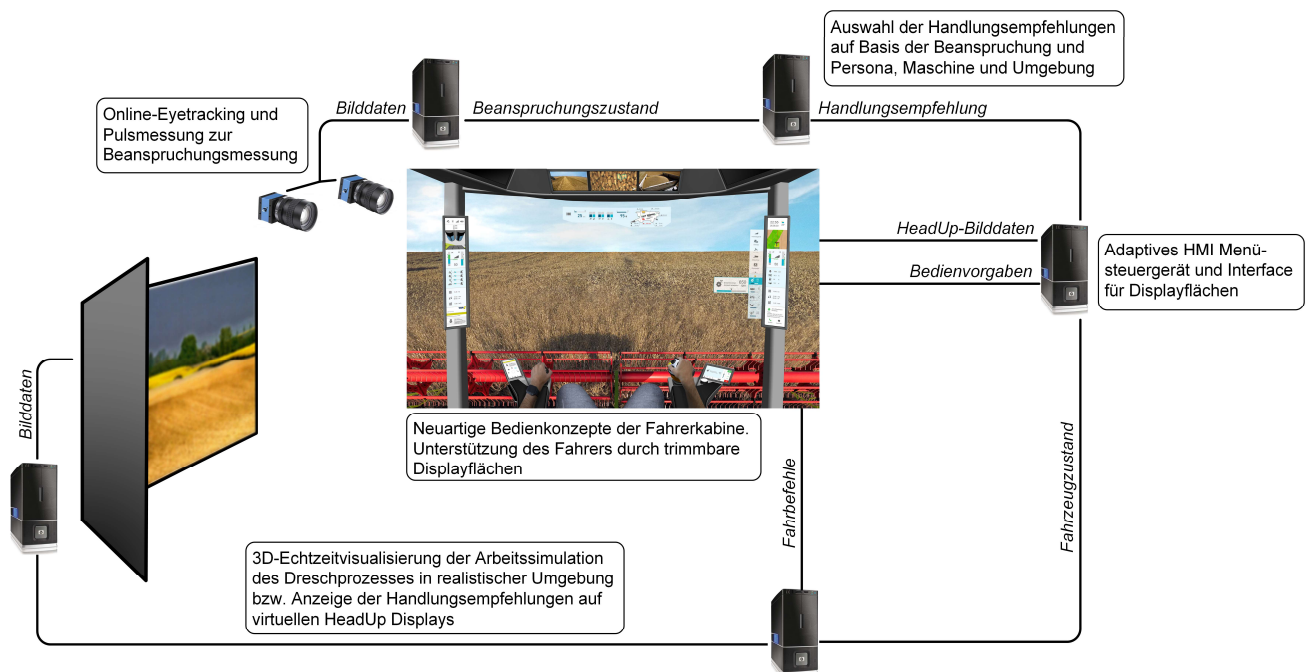
Bild 3: Meistverwendete Funktionen des Fahrers

Aus den Ergebnissen der Umfragen und Interviews ist herauszulesen, dass die Maschinenunversehrtheit insbesondere bei den Betriebsleitern die höchste Priorität hat. Eine Ablenkung des Fahrers ist damit nicht gewünscht, da diese die

Aufmerksamkeit beeinträchtigen könnte. Nach aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnissen ist diese Furcht jedoch unbegründet. Das Situationsbewusstsein bzw. die Bereitschaft in kritischen Situationen schnell und sicher reagieren zu können sinkt durch monotone, kognitiv anspruchslose Arbeiten sehr stark [5; 7]. Durch gezielte, nicht zu anspruchsvolle Aufgaben, welche zusätzlich dem Fahrer zugespielt werden, lässt sich die Leistungsfähigkeit deutlich steigern [5]. Hier setzt das Konzept der „Fahrerkabine 4.0“ an und ermöglicht durch gezielte, aktivierende Handlungsempfehlungen eine Leistungssteigerung und Stressreduktion. Konzepte, die ein rechtzeitiges Erfassen von kritischen Situationen ermöglichen sind dafür notwendig. Des Weiteren gibt es Untersuchungen, die zeigen, dass eine häufige Smartphone-Nutzung während der Arbeit das Situationsbewusstsein reduziert [8]. Diese Reduktion ist jedoch auf eine unkontrollierte Nutzung und damit auf eine zu starke Ablenkung zurückzuführen. Dieses Problem lässt sich durch einen Algorithmus, welcher die maximale kognitive Beanspruchung der Zusatzaufgabe beschränkt, verhindern. Da der Zustand der dauerhaften Beobachtung, welche für die Adaptivität der geplanten neuen Nutzerschnittstelle notwendig ist, auch einen Einfluss auf den Nutzerzustand hat, gilt es diesen ebenfalls zu untersuchen. Backhaus kommt 2019 zu dem Schluss, dass die Leistung, alleine durch die Wahrnehmung einer Überwachung, um bis zu 14 % gesteigert wird, das Vertrauen und die Moral jedoch stark darunter leiden können. Hier ist besonders wichtig, den Grund der Überwachung gut zu erklären, offen zu legen und die Nutzung der Daten transparent aufzuzeigen. [9]

## Ausblick und Zusammenfassung

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass das Konzept der Handlungsempfehlungen inklusive der Nutzerzustandserfassung dem Ziel der Fahrerunterstützung und der Verbesserung des Situationsbewusstseins dient. Teilnehmer der Interviews und Umfragen haben das Potenzial von kontrollierten Handlungsempfehlungen in Zeiten der kognitiven Unterforderung gesehen. Die Analysen der Bedieneingaben aktueller Mähdreschermodelle zeigen, dass Zeiten dieser Unterforderung aktuell vorhanden sind. Durch die fortschreitende Automatisierung werden diese Zeiten in Zukunft voraussichtlich deutlich steigen. Die Zweifel der Teilnehmer bezüglich einer erhöhten Fehleranfälligkeit durch eine verringerte Aufmerksamkeit lassen sich wissenschaftlich entkräften.



**Bild 4: Übersicht über das Gesamtsystem**

Der nächste Schritt im Projekt „Fahrerkabine 4.0“ beinhaltet den in **Bild 4** gezeigten, systematischen Aufbau eines Kabinendemonstrators inklusive einer Umgebungssimulation. Dieser Demonstrator ermöglicht zukünftig umfassende Tests des Gesamtsystems.

## Literaturhinweise

- [1] Pascher, P.; Hemmerling, U.; Naß, S.; Stork, S.: Situationsbericht 2020/21 – Trends und Fakten zur Landwirtschaft. Berlin: Deutscher Bauernverband e.V 2020, ISBN: 9783982016627.
- [2] Hemmerling, U.; Pascher, P.: Situationsbericht 2017/18 – Trends und Fakten zur Landwirtschaft. 1. Auflage, Berlin: Deutscher Bauernverband e.V 2017, ISBN: 3981277090.
- [3] Hartl, U.: Branchenanalyse Landtechnik – Entwicklungstrends und Herausforderungen. Bd. 052, Düsseldorf: Hans-Böckler-Stiftung 2017.
- [4] Waard, D. de: The measurement of drivers' mental workload. Zugl.: Groningen, Univ., Diss., 1996, Groningen: Traffic Research Centre Univ. of Groningen 1996, ISBN: 90-6807-308-7.
- [5] Jeschke, P.: Entwicklung eines analytischen Modells zur Prognose der mentalen Beanspruchung in der Prozessführung. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin 2017, DOI: 10.21934/baua:bericht20171011.
- [6] Wilmer, H.: Kabine 4.0: Umfrage der Uni Hohenheim: Arbeitsplatz Mähdrescherkabine. Profi 4 (2021), S. 100-103.
- [7] Neerinx, M. A.: Cognitive task load analysis: allocating tasks and designing support. In: Hollnagel, E. (Hrsg.): Handbook of Cognitive Task Design, Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates 2003, S. 283-305.
- [8] Irwin, A.; Caruso, L.; Tone, I.: Thinking Ahead of the Tractor: Driver Safety and Situation Awareness. Journal of agromedicine 24 (2019) H. 3, S. 288-297.
- [9] Backhaus, N.: Context Sensitive Technologies and Electronic Employee Monitoring: a Meta-Analytic Review. DOI: 10.1109/SII.2019.8700354. In: IEEE (Hrsg.): 2019 IEEE/SICE International Symposium on System, S. 548-553.

## Danke

Dieses Vorhaben wurde aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmen des Strategieprozesses „Agrarsysteme der Zukunft“ unter dem Förderkennzeichen 031B0735A gefördert.