

# **Adaptive Assistenzsysteme – Konzeptionell und umsetzbar: Eine interdisziplinäre Betrachtung am Beispiel von Agrarsystemen**

Florian U. SIEMS<sup>1</sup>, Jens KRZYWINSKI<sup>2</sup>, Anja KNÖFEL<sup>3</sup>,  
Thomas HERLITZIUS<sup>4</sup>, Rainer GROH<sup>3</sup>, Josephine DÖLZ<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Professur für Betriebswirtschaftslehre, insb. Marketing, TU Dresden*

<sup>2</sup> *Juniorprofessur für Technisches Design, TU Dresden*

<sup>3</sup> *Professur für Mediengestaltung, TU Dresden*

<sup>4</sup> *Professur für Agrarsystemtechnik, TU Dresden*

*D-01069 Dresden*

**Kurzfassung:** Nach heutigen Erkenntnissen ist die Bediensituation moderner Arbeitsmaschinen in der Landtechnik durch eine häufige Überforderung der Bedienenden geprägt. Die existierenden Assistenzsysteme sind noch immer wenig assistiv, kognitiv anspruchsvoll und zumeist mit der technischen Entwicklungen gewachsen, statt am Nutzer orientiert. Im vorliegenden Beitrag wird, basierend auf drei verschiedenen interdisziplinären Perspektiven, ein Konzept für ein adaptives Assistenzsystem für mobile Arbeitsmaschinen im Anwendungsbereich Landtechnik entwickelt. Der vorgestellte Ansatz unterscheidet sich insbesondere durch die Einbindung der Maschinenbediener auf personenspezifischer, demografischer und situationsspezifischer Ebene vom Stand der Technik.

**Schlüsselwörter:** Adaptivität, Agrarsystem, Assistenzsystem, multimodale Interaktion, Mensch-Maschine-Schnittstelle

## **1. Ausgangssituation und Problemstellung**

Im Bereich der Landtechnik ist die Bediensituation mobiler Arbeitsmaschinen durch die Überforderung ihrer Bedienenden gekennzeichnet: Es wird davon ausgegangen, dass nur ca. 60-70% der technisch verfügbaren Leistung aktueller Systeme genutzt werden (Feiffer 2009; Herlitzius 2010). Eine zunehmende Komplexität durch Vernetzung und Verfahrenskombination bisher getrennter Maschinen und Prozesse sowie sich verändernde Randbedingungen von Demografie (z.B. Fachkräftemangel in der Landwirtschaft) bis Klimawandel (z.B. sich verkürzende Vegetations-/Erntezeiten, zunehmende Wetterextreme) und die Forderung nach weiterer Produktivitätssteigerung machen einen Paradigmenwechsel der Mensch-Maschine-Schnittstelle (HMI) erforderlich (Acatech 2011; Geisberger & Broy 2012; Herlitzius 2011). Der bisher fast ausschließlich verfolgte Ansatz funktionaler Technikoptimierung ist für diese Anforderungen unzureichend und sollte durch einen am konkreten Bedienszenario und den individuellen Nutzerbedürfnissen ausgerichteten Ansatz ersetzt werden.

Hier setzt der vorliegende Beitrag an: Er stellt aktuelle Arbeiten eines interdisziplinären Forschungsvorhabens dar, die sich mit der Verbesserung der HMI im Spannungsfeld aus hoher technologischer Innovation und Nutzerakzeptanz im realen Alltag beschäftigen. Die Erweiterung bestehender Systeme um ein adaptives System soll eine stärkere Nutzerorientierung und -integration ermöglichen. Im Beitrag wird hierzu ein Konzept für ein adaptives, multimodales Assistenzsystem für mobile Ar-

beitsmaschinen in der Landtechnik skizziert. Die Besonderheit des vorgetragenen Ansatzes liegt einerseits in der umfassenden Einbindung der Maschinenbediener auf personenspezifischer, demografischer und situationsspezifischer Ebene und andererseits auf der intelligenten Verzahnung bisher getrennter Interaktionselemente.

Eine weitere Besonderheit ist die interdisziplinären Herangehensweise: Wie erwähnt, liegt eine Schwäche bestehender Systeme in dem bisher eher eindimensionalen, rein technischen Blickwinkel. Der hier vorgestellte Ansatz versucht dieses Problem durch bewusste Integration zusätzlicher Perspektiven zu lösen. Konkret erfolgt eine Betrachtung aus Sicht der Agrarsystemtechnik, des technischen Designs, der Mediengestaltung und des Marketing.

## **2. Entwicklung eines adaptiven Assistenzsystems für Agrarsysteme**

### *2.1 Perspektive 1: Agrarsystemtechnik*

Durch die steigende Energieverwertung von Biomasse und den wachsenden Nahrungsmittelbedarf der Weltbevölkerung wird der Leistungsbedarf in der Agrarsystemtechnik gleichfalls zunehmen. Landmaschinenhersteller erwarten etwa 150% des heutigen Leistungsbedarfs für die kommenden 10 bis 15 Jahre (European Communities 2008). Dieses Leistungsniveau kann nicht nur mit technischen Optimierungen erreicht werden, hier müssen andere Ansatzpunkte, wie die Optimierung der Mensch-Maschine-Schnittstelle, gefunden werden.

Die Gestaltung des HMI stand bisher nicht im unmittelbaren Fokus der Entwicklungen, sondern war oft durch funktionale zum Teil auch durch ergonomische Verbesserungen der Maschinen gekennzeichnet (Knoefel et al. 2014). In den vergangenen Jahrzehnten hat sich im Bereich der Interfacegestaltung zudem eine starke Fokussierung auf displaybasierte Interfaces vollzogen. Die darüber wiedergegebenen Informationen bilden überwiegend Maschinenfunktionen ab (Speckmann 1999). Um eine zusätzliche Produktivitätssteigerung zu erzielen, erscheint es jedoch notwendig, zusätzliche ökonomische Prozessdaten, wie Vorjahresinformationen zu Wasser, Düngemittel und Saatgut für das betreffende Feld sowie aktuelle Marktpreise für Produkte (z.B. Getreide) und Nebenprodukte (z.B. Stroh), darzustellen. Auch Umgebungseinflüsse und Verarbeitungsfortschritte werden nur teilweise durch die Sensoren der Maschine aufgenommen. Aufgrund der zeitkritischen, teilweise schwer planbaren Prozesse (z.B. bei Wetterumschwung) und heterogenen Umweltbedingungen, müssen diese zusätzlichen Parameter noch vom Maschinenbediener gefühlt bzw. gesehen werden, um anschließend Maschineneinstellungen anzupassen. Auch erschweren die bisher komplexen sowie heterogenen Interieurs und Steuerungen die Integration der verschiedenen Teilsysteme.

Selbst ohne die genannten Prozess- und Umweltdaten sind die aktuellen HMI's durch ein „Zuviel“ an Informationen unübersichtlich und kognitiv sehr anspruchsvoll (ein Überblick dazu in Knoefel et al. 2014). Außerdem sind sie aufgrund der langen Entwicklungszeiträume sowie der starken Baureihenabhängigkeit überwiegend mit der technischen Entwicklungen gewachsen, statt am Nutzer orientiert (Böttinger & Stoll 2005; Wacker & Böttinger 2007). Hier kann ein an den Fähigkeiten und Bedürfnissen der Nutzer ausgerichtetes multimodales und damit weniger displayzentriertes, adaptives Assistenzsystem einen entscheidenden Mehrwert zur Steigerung der Produktivität bieten.

## 2.2 *Perspektive 2: Technisches Design und Mediengestaltung*

Aus Sicht des technischen Designs und der Mediengestaltung konzentriert sich die bisherige Forschung zu adaptiven Assistenzsystemen auf die Interfacegestaltung (Krzywinski et al. 2015a; Knoefel et al. 2015), die Erhebung nutzerspezifischer Charakteristika und Faktoren des kontextspezifischen Nutzererlebens (Olbrich et al. 2013) sowie auf die Informationsverarbeitung von Mensch und System (Müller et al. 2014). Die Forschungsergebnisse sind in der Regel nur für spezifische Interaktionsszenarien repräsentativ und werden in Folge dessen nur langsam in alltagsrelevante Systeme integriert (u.a. Chi et al. 2011; Goodman et al. 2011; Forlizzi et al. 2008).

Das vorherrschende Interaktionsparadigma basiert in vielen Bereichen auf Grafischen User Interfaces (GUI). Neben klassischen Terminals mit Softkeys oder separaten Bedienelementen wird die Interaktion zunehmend über Touch-Interaktion mit Head-Up-Displays und mobilen Endgeräten realisiert. (Krzywinski et al. 2015a; Krzywinski et al. 2015b). Bei der Gestaltung displaybasierter Interaktionsschnittstellen gilt es zumeist, einen Kompromiss zwischen den prinzipiell darzustellenden und den, in Abhängigkeit von der Displaygröße, tatsächlich darstellbaren Informationen auszuloten (Shneiderman et al. 2010). Mit dem Ziel der Informationsreduktion haben sich im visuellen Bereich verschiedene Interaktionskonzepte für den Umgang mit mehrstufigen Informationsebenen etabliert. Adaptive Interfaces stellen einen neueren Ansatz dar, den Nutzer auf perzeptiver Ebene durch die automatisierte Reduktion auf wesentliche Informationen sowie auf kognitiver Ebene durch die automatisierte Navigation zwischen verschiedenen Strukturebenen oder die Anpassung skalierbarer Benutzeroberflächen zu unterstützen (Lavie 2010). Eine multimodale Gestaltung der Interaktionsschnittstellen bietet außerdem die Möglichkeit, haptische, auditive und visuelle Wahrnehmung gleichzeitig anzusprechen und somit die Informationen situationsadäquat und nutzergerecht aufzubereiten. Um das Potential multimodaler Interaktion für die Steuerung mobiler Arbeitsmaschinen zu nutzen, müssen übergreifende Konzepte erarbeitet werden. Demgegenüber stehen aktuell zumeist geringe Serienstückzahlen und eine Vielzahl an Zulieferfirmen.

Die Entwicklung eines adaptiven, multimodalen Assistenzsystems stellt eine Alternative zu vollautomatisierten Systemen dar. Vor allem technologische Komplexität, hohe Kosten, unzureichende Sensorik für die schnelle und robuste Datenerfassung, fehlende theoretische Modelle sowie Algorithmen zur sicheren Beschreibung und Verarbeitung sprechen gegen eine Automatisierung. Weitere ethische, moralische und juristische Aspekte im Kontext der Automatisierung wie z.B. Sicherheitsaspekte beim Einsatz autonom arbeitender Maschinen und Prozesse repräsentieren weitere Gegenargumente (grundlegend dazu Geisberger & Boy 2012).

## 2.3 *Perspektive 3: Nutzersicht und Marketing*

Durch die zunehmende technische Komplexität steigen die Anforderungen an die Abstraktions- und Problemlösefähigkeit sowie die vernetzte und flexible Denk- und Arbeitsweise auf Seiten der Bediener. Die Aufgabenfelder der Nutzer entsprechen weniger denen des „einfachen“ Maschinenbedieners, sondern erfordern einen selbstgesteuerten, eigenverantwortlich arbeitenden „Prozessmanager“, der für mehrere Maschinen- und Arbeitsprozesse zuständig ist (Wetzel 2015; Pöllath 2014; Haunberger 2013). Durch vernetzte und unmittelbar miteinander kommunizierende Maschinen und Anbaugeräte sind zukünftig eine weiter steigende Komplexität und noch stärkere Beanspruchung der Bediener zu erwarten. Ein adaptives, multimoda-

les Assistenzsystem kann den Bediener unterstützen, wobei durch die komplexe technische Innovation (Mohr et al. 2010; Siems 2012) eine erfolgreiche Nutzerintegration und entsprechende Maßnahmen insbesondere im Bereich der Nutzungsgestaltung und Kommunikation notwendig werden. Als besonders erfolgversprechend erwies sich dafür, bestehende Kenntnisse aus der Produktionstheorie und den Arbeitswissenschaften zu adaptieren, insbesondere in Form von Poka-Yoke Ansätzen und einem gezielten Nutzer-Coaching/-Mentoring (Brust et al. 2015; Shingo 1986, 1992). Im Bereich der Interaktionsgestaltung sind Ansätze zur Gestaltung des Nutzererlebens etabliert worden, die die klassischen arbeitswissenschaftlichen Kriterien physiologischer und kognitiver Ergonomie um nicht-instrumentelle Aspekte erweitern (Thüring & Mahlke 2007). Deren Berücksichtigung macht u.a. ästhetische, emotionale und symbolische Einflüsse auf das Nutzerverhalten für die Gestaltung und Evaluierung von Arbeitsmaschinen zugänglich (Olbrich et al. 2013; Wölfel et al. 2015).

Bei einer Nutzerintegration sind mögliche Reaktanzen nicht nur hinsichtlich der Bedienung der neuen Technologie, sondern auch bezüglich der Anschaffung derselben zu beachten. Hier sind neben wirtschaftlichen Gründen auch psychologische Barrieren wie das NIH-Syndrom – insbesondere durch die Einführung der neuen Technologie begleitende kommunikative Maßnahmen – zu berücksichtigen (Papen et al. 2013). Im Gesamtentwicklungsprozess gilt es außerdem, einer gelungenen Perspektivenintegration der beteiligten interdisziplinären Partner Rechnung zu tragen und insbesondere die technischen Perspektiven mit denen der Nutzer zu verknüpfen (Siems et al. 2014; vgl. für die Notwendigkeit einer Perspektivenintegration bei Innovationen z.B. Hacklin & Wallin 2013).

### **3. Integrierter Ansatz: Eine kritische Diskussion**

Basierend auf den drei Perspektiven sollte ein tatsächlich multimodales adaptives Assistenzsystem sowohl kognitive als auch emotionale Daten in ein ganzheitliches, multimodales System aus Prozess-, Maschinen-, Umwelt- und Anwenderinformationen integrieren. Der adaptive Begleiter könnte somit kooperativ mit dem Nutzer das Arbeitsgerät aus einem Führungsfahrzeug heraus überwachen und steuern. Dabei wären sowohl die bedienende Person als auch das technische System mit der Beobachtung der Umgebung sowie mit der Überwachung und Steuerung der einzelnen Maschinen und Interfaces beschäftigt. Das technische System wäre außerdem in der Lage das Nutzerverhalten zu antizipieren, indem es kognitive und emotionale Daten, wie der aktuelle mentale Belastungszustand und der Aufmerksamkeitsfokus der Nutzer, über Sensoren erfasst und verdichtet. Anhand der in Echtzeit erhobenen Daten könnte das Assistenzsystem die Modalität und Gestaltung bestimmter Informationen anpassen, um den Bedienenden gezielt zu unterstützen.

Auf Basis von konkreten Bedienszenarien und individuellen Bedienenden entsteht mit dem beschriebenen Ansatz eine personen-, situations- und erregungsabhängige, tatsächlich multimodale (visuelle, akustische und taktile) adaptive Assistenz als empathisches Assistenzsystem für die menschliche Interaktion mit Agrarsystemen. Ziel eines solchen Systems ist es, durch eine stärkere kognitive Entlastung und Integration des Bedieners die Nutzung der in der Maschine integrierten Systeme deutlich zu optimieren. Durch die Vermittlung eines tiefergehenden Verständnisses für die Prozesskomplexität können überforderungsbedingte Nutzerfehler reduziert und bessere Optimierungsentscheidungen vom Bedienenden getroffen werden. Insgesamt soll, wenn möglich, eine messbare Produktivitätssteigerung erreicht werden, wobei zu er-

warten ist, dass diese bei ungeübten Bedienern höher ausfällt als bei geübten. Tabelle 1 gibt einen detaillierten Überblick über die denkbaren Potenziale.

**Tabelle 1:** Potenziale zur Steigerung der Gesamtproduktivität

<b>Produktqualität und -quantität</b>	<b>Prozessoptimierung</b>	<b>Bedienerfreundlichkeit</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reduktion der Fehlerrate</li> <li>• Steigerung der Produktionskapazität</li> <li>• Reduktion von Schäden (Bodenverdichtung, Pflanzenbeschädigung)</li> <li>• Steigerung des Ertrags</li> <li>• Steuerung von mehreren oder größeren Maschinen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Steigerung der Maschinenproduktivität</li> <li>• Einsparung von Betriebsmitteln</li> <li>• Verringerung von Maschinenverschleiß und -schaden</li> <li>• Zeitlich verkürzte Arbeitsprozesse</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Höhere Entscheidungssicherheit</li> <li>• Reduktion der Fehlbedienung</li> <li>• flexiblere und systemischere Entscheidungen</li> <li>• Verringerung der Ermüdung/Stressreduktion des Nutzers</li> </ul>

Den hier präsentierten Potenzialen zur Steigerung der Gesamtproduktivität stehen auch Risiken gegenüber. So betreffen technische Risiken die geplante Anwendung des Systems in einer Landmaschine, die zum Teil unter widrigen Bedingungen eingesetzt wird. Durch Lärm, Hitze, Vibration und wechselnde Beleuchtungssituationen entstehen extrem hohe Anforderungen an die Messsysteme und die Stabilität der Ergebnisse. Hinzu kommt die extrem lange Nutzungsdauer mobiler Arbeitsmaschinen (KTBL 2015). Die zweite technische Herausforderung besteht in dem Anspruch, das Nutzerverhalten nahezu in Echtzeit zu antizipieren. Hier bietet die zusätzliche Auswertung situativer Parameter zumindest eine Möglichkeit, dem Nutzer die relevanten Informationen bedürfnisorientiert aufgearbeitet zur Verfügung zu stellen.

Das wirtschaftliche Risiko ergibt sich aus den voraussichtlich höheren Investitionskosten beim Kauf des innovativen Assistenzsystems. Diese höhere Investition muss durch die steigende Produktivität des Gesamtsystems in Folge der intuitiven und besseren Bedienmöglichkeit der Maschine gerechtfertigt werden. Sofern dies von dem neuen System nicht geleistet wird, ist die Einführung eines modular aufgebauten Assistenzsystems, welches gestuft erweitert werden kann, eine mögliche Lösung. Zudem ist mit subjektiven Reaktanzen möglicher (eher konservativer) Käufer und Nutzer zu rechnen, dem ein passendes Marketing Rechnung tragen muss.

Kritische ethische und soziale Aspekte des Assistenzsystems resultieren maßgeblich aus der Beobachtung der Bedienpersonen. Neben der Einengung der persönlichen Handlungsfreiheit kann auch Angst und Reaktanz vor mehr Automatisierung und Arbeitsplatzverlust in Folge cyberphysikalischer Systeme eine Rolle spielen.

Juristische Fragestellungen ergeben sich im Hinblick auf die Speicherung und den Umgang mit personenbezogenen Daten. Außerdem liegen mögliche Probleme im Bereich von Arbeitsrecht und Sicherheit, da über die assistenzrelevanten Daten hinaus ebenso Arbeits- und Pausenzeiten sowie Fehlverhalten dokumentiert werden können. Diesen Gefahren gilt es offensiv zu begegnen.

#### 4. Fazit und Ausblick

Der vorliegende Beitrag beschreibt die Idee eines adaptiven, multimodalen Assistenzsystems für mobile Arbeitsmaschinen im Anwendungsbereich Landtechnik, das sich am konkreten Bedienszenario und individuellen Nutzerbedürfnis ebenso orien-

tiert wie an der technischen Umsetzbarkeit. Ein solches Assistenzsystem besitzt das Potenzial zur signifikanten Verbesserung der HMI mobiler Arbeitsmaschinen. Um den aufgezeigten Ansatz umzusetzen und die genannten Risiken zu minimieren, ist ein interdisziplinäres Projekt geplant, wobei die genannten Potentiale zur Produktivitätssteigerung anhand eines Demonstrators nachgewiesen und Ansätze zur Reduktion der genannten Risiken entwickelt werden sollen. Erste Schritte zu einer (kritischen) Diskussion des Gesamtvorhabens sind der vorliegende Beitrag und seine Diskussion auf dem Kongress.

## 5. Literatur

- Acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften (2011) Cyber-Physical Systems: Innovationsmotor für Mobilität, Gesundheit, Energie und Produktion. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Böttlinger S, Stoll A (2005) Informations- und Regelsysteme an Mähreschern und Feldhäckslern. LANDTECHNIK – Agricultural Engineering 60: 86-87.
- Brust L, Papen MC, Schumacher MB, Siems FU (2015) Poka Yoke für Dienstleistungen – Ein Ansatz zur Vermeidung von Kundenfehlern. In: Bruhn M, Hadwich K (Hrsg) Interaktive Wertschöpfung durch Dienstleistungen – Strategische Ausrichtung von Kundeninteraktionen, Geschäftsmodellen und sozialen Netzwerken. Forum Dienstleistungsmanagement. Wiesbaden: Gabler, 169-189.
- Chi EH, Czerwinski M, Millen D, Randall D, Stevens G, Wulf V, Zimmermann J (2011) Transferability of research findings: Context-dependent or model-driven. In: Proceeding CHI'11 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems. New York, USA, 651-654.
- European Communities (2008) The economics of ecosystems & biodiversity. An interim report. Wesseling: Welzel+Hardt.
- Feiffer A (2009) Druscheignung als zentrale Führungsgröße im Erntemanagement, Dissertation. Berlin: Humboldt Universität.
- Forlizzi J, Zimmerman J, Evenson S (2008) Crafting a place for interaction design research in HCI. Design Issues 24: 19-29.
- Geisberger E, Broy M (2012) Politische und Gesellschaftliche Herausforderungen. In: Geisberger E, Broy M (Hrsg) Agenda CPS. Berlin, Heidelberg: Springer, 105-125.
- Goodman E, Stolterman E, Wakkary R (2011) Understanding interaction design practices. In: Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems. Berkeley, USA, 1061-1070.
- Hacklin F, Wallin MW (2013) Convergence and interdisciplinarity in innovation management. A review, critique, and future directions. Service Industries Journal 33: 774-788.
- Haunberger S (2013) Agrartechnik zwischen Autonomiegewinn und Anpassungszwang. Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis 2: 63-66.
- Herlitzius T (2010) Der Produktentwicklungsprozess unter dem Einfluss globaler Märkte und die daraus resultierenden Schlussfolgerungen für die Ingenieurausbildung. Saarbrücken: VDM Verlag.
- Herlitzius T (2011) Concept study of a self propelled harvester versus a modular system. In: 69. Internationale Tagung Landtechnik 2011 (VDI-Berichte 2124). Düsseldorf: VDI Verlag, 69-75.
- Knoefel A, Stelzer R, Groh R (2015) Kontextbasierte und nutzergerechte Maschinenbedienung. In: Proceedings 35. GIL-Jahrestagung. Geisenheim, Deutschland, 81-84.
- Knoefel A, Stelzer R, Groh R, Krzywinski J, Herlitzius T (2014) Nutzerzentrierte Interfaces für Landmaschinen – Vergleich aktueller Nutzerschnittstellen mit Entwicklungen im Bereich der Mensch-Computer-Interaktion. In: 72. International Conference Agricultural Engineering (VDI-Berichte 2226). Berlin: VDI-Verlag, 237-247.
- Krzywinski J, Lorenz S, Apitz F (2015a) Agricultural HMI-Visions 2020-30. Different concepts for new harvesting systems and user-oriented operating solutions. In: 73rd International Conference on Agricultural Engineering Landtechnik AgEng – Innovations in Agricultural Engineering for Efficient Farming.
- Krzywinski J, Lorenz S, Knöfel A (2015b) Neue Konzepte multimodaler Bedienung mobiler und stationärer Maschinen und Anlagen. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg) Arbeitswissenschaft mit Interdisziplinarität und Methodenvielfalt. Dortmund: GfA-Press, Beitrag Nr. 23.
- Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL) (2015) Taschenbuch Landwirtschaft, 22. Auflage. Darmstadt: KTBL Verlag.

- Lavie T, Meyer J (2010) Benefits and costs of adaptive user interfaces. *International Journal of Human-Computer Studies* 68: 508-524.
- Mohr JJ, Sengupta S, Slater SF (2010) *Marketing of high-technology products and innovations*, 3rd ed.. Upper Saddle River/New Jersey: Pearson.
- Müller M, Gründer T, Franke I, Groh R (2014) Visualization of spatial relations in virtual environments with artificial depth cues. In: *Proceedings xCoAx 2014*. Porto, Portugal.
- Olbrich S, Wölfel C, Krzywinski J (2013) Experience design in the field of capital goods. In: *IASDR*. Tokyo, Japan.
- Papen MC, Antons D, Moosmayer DC, Siems F, Piller FT (2013) Avoiding the NIH-syndrome in research and development: A cognitive dissonance perspective. *Journal of Academy of Business and Economics* 13: 159-170.
- Pöllath K (2014) Bauwirtschaft: Forschung und Industrie – zusammen Zukunft gestalten. In: *Zukunft Bau Kongress 2014*. Bonn, Deutschland.
- Shingo S (1986) *Zero quality control: Source inspection and the poka-yoke system*. Portland: Productivity Press.
- Shingo S (1992) *Das Erfolgsgeheimnis der Toyota-Produktion. Eine Studie über das Toyota-Produktionssystem genannt die "Schlanke Produktion*. Landsberg/Lech: Verlag Moderne Industrie AG.
- Shneiderman B, Plaisant C, Cohen M, Jacobs S (2010) *Designing the user interface: Strategies for effective human-computer interaction*. MA, USA: Addison-Wesley Publ. Co. Reading.
- Siems F (2012) High Tech Marketing and its characteristics in the Marketing Mix – a synopsis and critical discussion of existing approaches and their significance for research and teaching. *International Journal of Business Research* 12: 9-22.
- Siems FU, Papen MC, Hütten ASJ, Niemand T, Walcher D, Antons D, Bürgermeister L, Feher K, Pich A, Vogt F (2014) Managing relationships in interdisciplinary research projects – The HoQ Experience. In: *Conference Proceedings of the 13th International Science-to-Business Marketing Conference on Cross Organizational Value Creation*. Winterthur, Zürich, 202-211.
- Speckmann H (1999) Schnittstelle Mensch-Maschine. *LANDTECHNIK – Agricultural Engineering* 54: 24-25.
- Wacker P, Böttinger S (2007) Mähdrescher – Stand der Technik. *LANDTECHNIK – Agricultural Engineering* 62: 216-217.
- Wetzel D (2015) *Arbeit 4.0. Was Beschäftigte und Unternehmen verändern müssen*. Freiburg: Verlag Herder.
- Wölfel C, Siwek S, Krzywinski J (2015) The concept of product experience in industrial goods development. In: *Blessing L, Qureshi AJ, Gericke K (Eds.) The Future of Transdisciplinary Design*. London: Springer.