

Smart Software Engineering

**Gestaltung agiler Methoden und Technologien zur Verbesserung der
Softwareentwicklungsprozesse mittelständischer Systemhäuser**

Inauguraldissertation

zur Erlangung des akademischen Grades eines
Doktors der Wirtschaftswissenschaften
des Fachbereichs Wirtschaftswissenschaften
der Universität Osnabrück

vorgelegt von

Marco Barenkamp
Diplom – Wirtschaftsinformatiker (FH)
Master of Laws

Osnabrück, April 2021

Dekan: Prof. Frank Westermann Ph.D.

Referenten: Prof. Dr. Frank Teuteberg
Prof. Dr. Uwe Hoppe

Tag der Disputation: 13. April 2021

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|------------|
| Abbildungsverzeichnis | II |
| Tabellenverzeichnis..... | II |
| Teil A – Dachbeitrag..... | III |
| 1 Ausgangssituation..... | 1 |
| 2 Motivation und Zielsetzung | 5 |
| 3 Einordnung | 6 |
| 4 Methodik | 9 |
| 4.1 Epistemologische Einordnung..... | 9 |
| 4.2 Forschungsfragen..... | 11 |
| 4.3 Methodenspektrum..... | 12 |
| 4.4 Forschungsplan | 15 |
| 5 Ergebnisse | 16 |
| 5.1 Überblick..... | 16 |
| 5.1 Zentrale Inhalte..... | 17 |
| 5.2 Theoretische Implikationen | 27 |
| 5.3 Praktische Implikationen..... | 29 |
| 5.4 Limitationen | 31 |
| 6 Zusammenfassung | 32 |
| 7 Literatur | 34 |
| Teil B – Einzelbeiträge | III |
| Beitrag: „Agile“ – Nur ein Buzzword? | IV |
| Beitrag: IoT Best Practices..... | V |
| Beitrag: Künstliche Intelligenz in der Softwareentwicklung..... | VI |
| Beitrag: A new IoT gateway for artificial intelligence in agriculture..... | VII |
| Beitrag: UI Generierung aus Handschriften im Design Sprint Prozess..... | VIII |
| Beitrag: Applications of AI in classical Software Engineering | IX |
| Beitrag: IoT Security Best Practices | X |
| Beitrag: ARchitecture – Insights From Theory and Practice | XI |

Abbildungsverzeichnis

| | |
|--|----|
| Abbildung 1: Grundgedanke des wechselseitigen Einflusses | 6 |
| Abbildung 2: Forschungsplan..... | 15 |
| Abbildung 3: Akteure in agilen Projekten..... | 18 |
| Abbildung 4: Bereiche der KI und Softwareentwicklung..... | 20 |
| Abbildung 5: Teilnehmer der Plattform | 21 |
| Abbildung 6: Design-Sprint | 22 |
| Abbildung 7: UI-Generierung durch KI | 23 |
| Abbildung 8: KI Unterstützung im Software Engineering | 25 |
| Abbildung 9: Augmented-Reality-Architektur | 26 |

Tabellenverzeichnis

| | |
|---|------|
| Tabelle 1: Überblick über eingebrachte Forschungsbeiträge | 16 |
| Tabelle 2: Factsheet Beitrag 1 | IV |
| Tabelle 3: Factsheet Beitrag 2 | V |
| Tabelle 4: Factsheet Beitrag 3 | VI |
| Tabelle 5: Factsheet Beitrag 4..... | VII |
| Tabelle 6: Factsheet Beitrag 5..... | VIII |
| Tabelle 7: Factsheet Beitrag 6..... | IX |
| Tabelle 8: Factsheet Beitrag 7..... | X |
| Tabelle 9: Factsheet Beitrag 8..... | XI |

Teil A – Dachbeitrag

1 Ausgangssituation

Informations- und Kommunikationsarchitekturen haben den Alltag von Konsumenten und Unternehmen grundlegend verändert und bestimmen unser Leben heute infrastrukturell ebenso wie Strom- oder Wassernetze (Life, 2014). Die meisten Geschäftsprozesse würden heutzutage ohne Computer, moderne Software, elektronische und mobile Kommunikationsgeräte und nicht zuletzt ohne das Internet als allgegenwärtiges Medium der Informationsgewinnung und des Datenaustausches anders und wesentlich langsamer ablaufen. Vor allem die in 2020 allgegenwärtige Corona-Krise macht die Relevanz von elektronischem Informationsaustausch bei physischer Distanzierung deutlich. Unternehmen sind gefordert, noch stärker auf elektronische Medien zu vertrauen, um Mitarbeiter und externe Partner zu vernetzen. Werden die verfügbaren digitalen Medien nun stärker genutzt, kann dies für die Zukunft neue Impulse für Rationalisierung und Effizienzsteigerung setzen (Beerbaum & Puauschunder, 2019, S. 107).

Informationen gehören zu den wichtigsten unternehmerischen Ressourcen (Leyman & Altenhuber, 1994, S. 1). Die Informationstechnologie ist im Begriff, Unternehmen, Produkte und Prozesse zu verändern und ist damit der wichtigste Wettbewerbsfaktor (Porter & Millar, 1985, S. 14). Empirische Studien in den USA und Europa belegen, dass die Informationstechnologie die Effizienz von Unternehmen steigert, Synergieeffekte ermöglicht, Innovationen hervorbringt und Unternehmen hilft, sich auf globalisierten Märkten zu differenzieren (Amit & Zott, 2001, S. 493). Die Investition in IT-Technologie ist somit entscheidend für unternehmerisches Wachstum und Erfolg (Mata et al., 1995, S. 487).

Der IT-Dienstleistungs- und Entwicklungssektor hat sich zu einem der wichtigsten Wirtschaftsfaktoren Deutschlands entwickelt. Als technologische Schlüsselindustrie Deutschlands ist der IT-Sektor mit Software und Dienstleistungen seit 2011 jährlich um 5 bis 8 % gewachsen (Statista, 2020). Bis 2030 wird mit weiterem Wachstum gerechnet, das ein Beschäftigungsäquivalent von 452.000 neuen Arbeitsplätzen schafft. IT-Innovationen sorgen für ein weiteres fundamentales Wirtschaftswachstum. Sie unterstützen und erleichtern die Entwicklung und Produktion beispielsweise im Maschinenbau oder in der Automobilindustrie und schaffen neue Konsumbedürfnisse. Der IT-Sektor in Deutschland wird zunehmend zum Wirtschaftswachstum beitragen und ist essenziell, um die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Industrie global zu sichern (Fraunhofer ICT, 2010, S. 5–10). Großunternehmen schätzen die Digitalisierung heute als wichtigsten Entwicklungstrend ein und für 68 % der Dienstleister und 58 % der Industrieunternehmen haben digitale Prozesse heute „äußerst hohe“ Bedeutung (BMWi, 2018, S. 21).

IT-Unternehmen sind jedoch hohem internationalen Wettbewerbsdruck ausgesetzt und gefordert, sich kontinuierlich weiterzuentwickeln (Buchwald & Urbach, 2013, S. 6). Vor allem mittelständische IT-Systemhäuser haben sich mit steigender technologischer Komplexität auseinanderzusetzen und Investitionen zu tätigen, die eine Verkürzung von Entwicklungszyklen bei gleichzeitiger Steigerung der Innovationsrate ermöglichen (Kaynak & Hassan, 2014, S. 4–7). Im Zeitalter des Internets besteht globaler Wettbewerb um innovative Produkte unabhängig von örtlichen Bindungen, denn diese lassen sich weltweit und nahezu grenzenlos vermarkten.

Neue technologische Standards revolutionieren die IT-Branche. Gerade für Startups im IT-Sektor ist es entscheidend, in revolutionären Technologien Marktführerschaft zu gewinnen (Buchwald & Urbach, 2013, S. 3). Aktuell zeichnen sich dabei nachfolgende zentrale *Trends* ab: *Agile Development*, *Internet of Things (IoT)* sowie *Künstliche Intelligenz (KI)*:

Agile bezieht sich auf die Neudefinition von Softwareentwicklungsstandards in der IT-Branche hin zu höherer Flexibilität, Entwicklungsgeschwindigkeit sowie Lern- und Kundenorientierung (Bustamente, 2013, S. 14). Agile Entwicklungsprinzipien haben dabei in den vergangenen Jahren klassische hierarchische Konzepte weitgehend abgelöst. Agilität ist darauf ausgerichtet, durch dynamisches, ebenen-übergreifendes Zusammenwirken der Entwickler in IT-Prozessen rasch praktikable Lösungen zu generieren, die Kundenbedürfnisse befriedigen und dabei marktfähig sind (Robleski, 2014, S. 7). Agile Prinzipien finden eine hohe Akzeptanz bei Softwareentwicklern, die interaktiv und funktionsübergreifend kooperieren, wenn sie eine zunehmende Entwicklungskomplexität zu bewältigen haben. Dabei müssen gleichzeitig die Bedürfnisse von Kunden kontinuierlich im Auge behalten werden. Damit transformiert sich *Agilität* von einem *Entwicklungskonzept* zu einer *Organisationskultur* und ermutigt beziehungsweise befähigt zur Reorganisation der gesamten Kommunikations- und Entscheidungsstrategie in Unternehmen. Die Anforderungen und Veränderungen von Software Engineering wirken auf alle unternehmerischen Entscheidungsprozesse und auch auf die Interaktion zwischen Unternehmen und Kunden und damit auf die gesamte Supply-Chain ein (Matthes, 2014, S. 23). Agile Prinzipien haben das Potenzial, Entwicklungsprozesse zu beschleunigen, zu harmonisieren und damit auch kundenorientierter zu gestalten, wenn sie vom gesamten Unternehmen und, in letzter Instanz, von jedem einzelnen Mitarbeiter mitgetragen werden (Leftingwell, 2013, S. 19–20).

Als weiterer Trend stellt sich die zunehmend autonome Gestaltung von Interaktionsprozessen zwischen Maschinen und auch menschlichen Akteuren über das Internet of Things dar (BMW, 2018, S. 50). IoT ist ein Sammelbegriff für automatisierte Kommunikations- und

Kollaborationssysteme im Internet (Weber, 2010, S. 25), die vielfach autonom agieren und somit alltäglichen Gegenständen eigenständige Aktionen und Reaktionen auf Umwelteinflüsse und die Eingaben anderer Akteure ermöglichen (Stočes et al., 2016, S. 83). Die umfassende Anwendung von IoT-Konzepten kann die Automatisierung der meisten Routineprozesse des Alltags ermöglichen und unterstützt Industrieunternehmen bei der automatisierten Herstellung von Produkten sowie Dienstleister bei der Sammlung, Auswertung und Interpretation von Datenströmen (Banerjee & Sheeth, 2017, S. 68), insbesondere unter Hinzunahme der KI, die es ermöglicht, Erkenntnisse aus großen Datenmengen (auch außerhalb von IoT-Anwendungen) zu gewinnen. Damit eröffnet es Potenziale für die Steigerung wirtschaftlicher Effektivität und Effizienz, die weit über klassische IT-Technologien wie Softwareprogramme und Apps, die menschlicher „On-Time-Bedienung“ bedürfen, hinausgehen. Die Anzahl der Geräte, die heute über das IoT kommunizieren, hat sich in den vergangenen fünf Jahren exponentiell erhöht (Reinsel et al., 2018, S. 2).

Die *Künstliche Intelligenz* hat – trotz ihrer bereits seit Jahrzehnten bekannten mathematischen Grundlagen – eine neu erlangte Aktualität erreicht. Jedoch besitzt dieses Fachgebiet aktuell noch keine durchgehende allgemeingültige Definition. Verallgemeinert kann formuliert werden, dass eine Komponente, die als KI klassifiziert werden soll, *Intelligenz* beweisen muss. Intelligenz in diesem Sinne besteht aus zwei Grundkomponenten, nämlich der Fähigkeit, neue Konzepte beziehungsweise Aufgaben zu erlernen und dieses Wissen korrekt anzuwenden, um Schlussfolgerungen über die reale Welt zu ziehen (Shubhendu & Vijay, 2013, S. 28–35). *Künstliche Intelligenz* beseitigt die Notwendigkeit *menschlicher Intelligenz* in Situationen, bei denen aus verschiedenen Gründen die Verwendung menschlicher Intelligenz nicht optimal wäre. Dies sind beispielsweise die Verarbeitung großer Datenmengen, Aufgaben mit der Notwendigkeit quasi *übermenschlicher* Präzision oder auch Tätigkeiten, die einer laufenden Optimierung unterliegen aber dennoch konkreten Regeln folgen. Dabei wird eine Vielzahl von Technologien eingesetzt, um die genannten Anforderungen umzusetzen. Zu den wichtigsten gehören die Big-Data-Analyse, maschinelles Lernen und neuronale Netze (Savchenko et al., 2019). Die Big-Data-Analyse ruft große Datenmengen aus verschiedenen Quellen ab und wertet diese mithilfe spezieller Abfragen und statistischer Auswertungsroutinen aus (Russom, 2011). Maschinelles Lernen ist eine Methode der Datenanalyse, die darauf ausgerichtet ist, Muster in unstrukturierten Datensätzen zu identifizieren, wodurch Maschinen in die Lage versetzt werden, Schlussfolgerungen zu ziehen (Alpaydin, 2020) während neuronale Netze aus mehreren Schichten statistischer Algorithmen bestehen, die Daten sammeln, klassifizieren und zu neuen Sätzen anordnen (Ripley, 2007; Tang et al., 2016). Dabei werden große Datensätze mithilfe statistischer und probabilistischer Routinen ausgewertet und

miteinander verbunden (Niyaz et al., 2016), um umfassende und systematische Informations- und Entscheidungsrahmen zu generieren (Charte et al., 2018).

Hieraus resultieren eine Vielzahl von Entwicklungsmöglichkeiten für zahlreiche Technologie-zweige, wie beispielsweise die IT-gesteuerte Produktion mit Robotertechnik (Dohler et al., 2017, S. 1), die Energieerzeugung mit dezentralen regenerativen Energiequellen (Snegirev et al., 2017, S. 349) sowie die automatische Steuerung von Geräten im Landwirtschaftssektor (Dharmaraj & Vijayanand, 2018, S. 2122).

Die KI und die (agile) Softwareentwicklung haben eine Vielzahl von Funktionen und Themen gemeinsam. Beispielsweise können beide Disziplinen Modelle realer Szenarien erstellen, um Aspekte wie Optimierung, Kosteneffizienz oder die Benutzerfreundlichkeit zu verbessern. Es liegt somit nahe, dass agile Entwicklungsprinzipien die Forschung in KI- und IoT-Themen beschleunigen und die Effizienz und Effektivität verbessern können (Moedt et al., 2019, S. 1).

Agile Prinzipien sind entscheidend, um IoT und KI so zu entwickeln, dass die identifizierten Kundenanforderungen an die Funktionsweise der eingebundenen Geräte erfüllt werden (Bosch et al., 2017, S. 60). IoT ermöglicht es Industrieunternehmen, neben den rein physischen Produkten, Kunden auch weiterführende Dienstleistungen wie den Betrieb und die Wartung dieser Produkte anzubieten. All diese Anwendungen bedingen jedoch Softwarelösungen, die diese Applikationen für Nutzer erschließen – sie müssen anwenderfreundlich und verständlich sein. Agiles Software Engineering ist von entscheidender Bedeutung, wenn es darum geht, den Prozess der Gestaltung von Applikationen voranzutreiben, da Agilität in besonderer Weise eine Ausrichtung der Programmierung auf Kundenbedürfnisse hin ermöglicht (Jacobson et al., 2017, S. 31).

Agile Prinzipien unterstützen Softwareunternehmen zudem dabei, Entwicklungskosten für beispielsweise Anwendungen der KI zu kompensieren, da sie ein effektives Entwicklungsmanagement ermöglichen und die Zusammenarbeit von Fachkräften innerhalb der IT-Entwicklungsunternehmen fördern. Schließlich finden durch die Etablierung einer agilen Geschäftskultur Experten verschiedener Fachgebiete, die für die Entwicklung einer umfassenden Anwendungslösung, beispielsweise im IoT-Bereich, kollaborieren müssen, auf gleichberechtigter Ebene zusammen (Akhtar et al., 2018, S. 307–310). Umgekehrt wird durch die IoT-Entwicklung in bestimmten Bereichen ein agiles Software Engineering erst ermöglicht. Dies geschieht dann, wenn verschiedene Disziplinen zusammengeführt werden, die auf Applikationen im IoT-Kontext zugreifen (Bergman et al., 2018, S. 20). Fachliche Domänen- und Technik-Experten kollaborieren

bereichsübergreifend auf Augenhöhe, um diese Aufgaben zu bewältigen. Daraus resultiert notwendigerweise ein interaktiver und dynamischer Entwicklungsprozess, der von früher bekannten hierarchischen Standards abstrahiert werden kann (Gal et al., 2018, S. 277).

2 Motivation und Zielsetzung

Obige Ausführungen zeigen, dass viele theoretische Diskussionen zu den Potenzialen von agilen Prinzipien im Hinblick auf IoT- und KI-Anwendungen in der wissenschaftlichen Diskussion verfügbar sind. Bislang fehlte jedoch eine Forschungsarbeit, die die Verbindungslinien zwischen den Trends auch anhand von empirischen Anwendungen verdeutlicht und deren Umsetzung in realen Szenarien erprobt. Die bestehenden Forschungsarbeiten fokussieren primär die theoretischen Funktionen des Begriffs *Agile* und die Potenziale der IoT- und KI-Entwicklung, sollten jedoch um weitere konkrete – auf die Unternehmenspraxis bezogene – Umsetzungen erweitert werden, wie agile Prinzipien im Software Engineering und vor allem für KI- und IoT-Applikationen konkret Anwendung finden (Fragestellung a). Zudem gilt es herauszuarbeiten, wie die Anforderungen der KI- und IoT-Entwicklung das Software Engineering als solches verändert (Fragestellung b).

Zu Fragestellung a)

Um IoT-Anwendungen zu entwickeln, sind Experten verschiedener Fachbereiche gefordert, zu interagieren. Akteure, die im IoT-Bereich Softwarekomponenten entwickeln, benötigen die Kompetenzen und Einflüsse von Hardwareentwicklern, Anwendern und ggf. weiterer Entscheider und Wissensträger. Somit bieten sich für die erfolgreiche interdisziplinäre Zusammenarbeit die agilen Entwicklungsprinzipien, die Kompetenzen, die Arbeitskultur der agilen Entwicklung und das entsprechende agile „Mindset“ an. Ein agiles Mindset beschreibt eine Denkweise oder auch Mentalität, die die Interpretation und Reaktionsweise in verschiedenen Situationen in agiler Art und Weise bestimmen und den Einsatz agiler Techniken somit erst ermöglicht.

Zu Fragestellung b)

Mechanismen und Implementierungen von KI-Anwendungen interagieren, insbesondere in IoT-Anwendungen, vielfach autonom (Günthner & Dollinger, 2019, S. 15). Die dabei verwendeten Regeln der Kollaboration entwickeln sich selbstständig und autark durch die konkrete Zusammenarbeit. KI kann somit verwendet werden, Softwarekomponenten neu zu gestalten. Der damit verbundene Entwicklungsprozess läuft dabei nach automatischen Routinen ab. Dies bedeutet, dass die Einbeziehung von KI in die Entwicklung von IoT-Anwendungen auch beeinflusst, wie

Entwickler ihrer Arbeit nachgehen können und ihnen neue Werkzeuge an die Hand gibt. Die damit verbundene höhere Komplexität des Entwicklungsprozesses forciert somit den Einsatz agiler Methoden. Darüber hinaus stellt die Arbeit mit KI-Software die intensive Interaktion mit dem Kunden als Anwender der Software in den Vordergrund und bedingt daher ein iteratives Herangehen an den Entwicklungsprozess. Sie fördert und erfordert gleichzeitig die Anwendung von agilen Prinzipien im Software-Engineering-Prozess.

Diesen Grundgedanken einer wechselseitigen Interaktion zwischen dem Einfluss von agilen Entwicklungsprozessen auf die Entwicklung von KI- beziehungsweise IoT-Anwendungen und dem Einfluss dieser Nutzung auf Softwareentwicklungsstandards verdeutlicht die nachfolgende Abbildung 1.

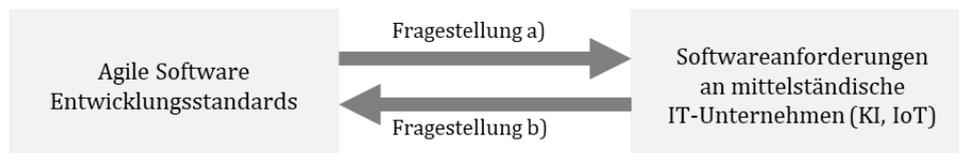


Abbildung 1: Grundgedanke des wechselseitigen Einflusses

Die vorliegende Dissertation bearbeitet beide Themengebiete gleichermaßen und bewegt sich in dem Spannungsfeld, das die Fragestellungen a) und b) aufspannen. Durch eine Synthese beider Ansätze wird deutlich, wie agile Prinzipien dazu beitragen, IoT- und KI-Entwicklung weiterzuentwickeln und umgekehrt die KI das Software Engineering verändern kann.

3 Einordnung

Ein Primärziel dieses Forschungsvorhabens ist die theoretische Herleitung agiler Methoden und Technologien zur Verbesserung der Software-Engineering-Prozesse mittelständischer Systemhäuser sowie die empirische Validierung und kritische Betrachtung dieser Technologien und Methodiken anhand ausgewählter, repräsentativer Fallbeispiele. Damit lokalisiert sich die Arbeit am Schnittpunkt der Erforschung des Beitrags agiler Software-Engineering-Methoden zur Softwareentwicklungspraxis und der Analyse moderner IT-Technologien in offenen Netzwerken, die die Interaktion interdisziplinärer Akteure ermöglichen.

Beide Forschungsfelder sind Kerngebiete der Wirtschaftsinformatik: Die Wirtschaftsinformatik erforscht, wie Wirtschaft und Gesellschaft durch Digitalisierung weiterentwickelt werden können und entwickelt neue IT-Methoden, welche die Effektivität und Effizienz wirtschaftlicher und gesellschaftlicher Abläufe steigern können (Heinrich, et al., 2020, S. 14). Damit steht die

Wirtschaftsinformatik am Schnittpunkt von Wirtschaftswissenschaft und konstruktiven Wissenschaften. Die Wirtschaftsinformatik stellt eine angewandte Informatik im Hinblick auf die Wirtschaftswissenschaften dar (Rautenstrauch & Schultze 2013, S. 4).

Sowohl agiles Software Engineering als auch die KI- und IoT-Forschung stellen typische Fachbereiche der Wirtschaftsinformatik dar.

Agile Software-Engineering-Prinzipien haben ihren Ursprung in der wirtschaftswissenschaftlichen Lean-Management-Forschung (Leftingwell, 2013, S. 2). Lean-Management-Prinzipien sind darauf ausgelegt, Produktionsabläufe so zu rationalisieren, dass Blindleistung vermieden wird und Wertschöpfungsaktivitäten sinnvoll verzahnt werden (Arnheiter & Maleyeff, 2005, S. 5-6).

Dieses Prinzip adaptiert ein agiles Vorgehen für die IT-Entwicklung. Mit zunehmender Komplexität von Softwareprojekten zeigt sich, dass ein linearer und hierarchisch strukturierter Entwicklungsprozess häufig zur Selbsthemmung der beteiligten Instanzen führt, während die eigentliche Zielsetzung aus dem Auge verloren wird. Oftmals tauchen in der Entwicklung neue Fragestellungen und Probleme auf, die anfänglich nicht erkennbar sind. Diese erfordern ein flexibles – an die Situation angepasstes – verantwortliches Handeln aller Akteure (Measey, 2013, S.4). Agile Prinzipien greifen diese Problematik auf und ermöglichen es Entwicklern und Kunden, direkt im Hinblick auf die Fragestellung selbstverantwortlich zu agieren und Lösungen zu erarbeiten (Fogelström et al., 2009, S. 53). Agiles Software Engineering ist somit ein auf den Menschen und die zwischenmenschliche Interaktion ausgerichteter Ansatz und damit typisch für die Sozialwissenschaften.

Andererseits ist agiles Software Engineering gleichermaßen auf Technologie und damit auf die Informationswissenschaften hin orientiert: Es strebt einen kontinuierlichen Verbesserungsprozess technischer Systeme an, sodass technische Aufgabenstellungen immer besser erfüllt werden können (Matthes, 2014, S. 17). Es wird ein kontinuierlicher Verbesserungsprozess implementiert, der eine auf die Aufgabenstellung bezogene Lösung hervorbringt (Swaminathan & Jain, 2012, S. 10). Diese wird unmittelbar in der Praxis erprobt und die Ergebnisse werden kritisch analysiert und reflektiert. Bei Identifizierung eines Defizites des ersten Entwurfs wird in einer Folgeversion das technische System angepasst und weiterentwickelt. Somit setzt ein kontinuierlicher Optimierungsprozess ein, der Entwickler und Kunde in jedem Prozessschritt und von Anfang an einbezieht. Damit entsteht ein im Hinblick auf die Projektanforderungen hin angepasstes IT-Tool schrittweise in einem kooperativen Prozess (Schwaber & Sutherland, 2011, S. 4).

Agiles Software Engineering verzahnt somit ganz im Sinne der Wirtschaftsinformatik technische und wirtschaftliche Problemlösungsprozesse.

Ein *zweites Primärziel* dieser Dissertation ist die Forschungsarbeit an KI-Systemen, insbesondere im Rahmen von IoT-Anwendungen. KI beschreibt computergestützte Routinen, die sich an menschliche rationale Intelligenz annähern, Alternativen abwägen, neue Informationen in Entscheidungs-routinen integrieren und somit schließlich neue Schlussfolgerungen gewinnen (Feldt et al., 2018, S. 35). Dieser Mechanismus ist beispielsweise in den hier dargestellten Anwendungen für Landwirtschaft (Beitrag 4) und Handschrifterkennung (Beitrag 5) kein theoretischer und auf sich selbst-bezogener Prozess, sondern vielmehr zielt die Entwicklung von KI darauf ab, wirtschaftliche Ergebnisse zu erzielen, sodass entweder Kosten der Erstellung von Gütern oder Dienstleistungen reduziert werden oder ein Mehrwert für Kunden erzielt wird, der sich in Ertragssteigerungen am Markt niederschlägt (Bughin et al., 2018, S. 3).

KI-Entwicklung ist notwendigerweise sowohl technisch als auch wirtschaftlich ausgerichtet, da die Entwicklung zumeist den primären Zweck verfolgt, Abläufe des wirtschaftlichen Alltags effektiver und effizienter zu gestalten. Dies geschieht, indem automatisierbare Prozesse an autonom agierende technische Systeme delegiert und menschliche Entscheidungsträger dort eingebunden werden, wo kreative Lösungen verlangt werden, die auf der von IT-Systemen bereitgestellten Datenbasis entworfen werden können (Vogel et al., 2019, S. 1).

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass sowohl das agile Software Engineering als auch KI-Systeme beziehungsweise IoT-Anwendungen in der Wirtschaftsinformatik verwurzelt sind. Daher kann abgeleitet werden, dass eine Arbeit, die alle genannten Aufgabenstellungen zusammenführt, ebenso sowohl einen informationstechnischen als auch einen wirtschaftswissenschaftlichen Bezug aufweist. Dies ist für beide in Abschnitt 2 formulierten Aufgabenstellungen der vorliegenden Arbeit zutreffend.

Aufgabenstellung (a) mit dem Inhalt, den Einfluss von agilen Software-Entwicklungsstandards auf KI-Anwendungen beziehungsweise die IoT-Entwicklung zu untersuchen, verfolgt die technische Zielsetzung, agile Prinzipien zu konzipieren, die die Entwicklung von KI-Systemen unterstützen. Diese Aufgabenstellung ist dabei vor allem wirtschaftlich motiviert. Werden durch agile Prinzipien KI-Systeme im Vergleich zu klassischen Vorgehen in kürzerer Zeit entwickelt, so werden dabei Entwicklungskosten und Entwicklungszeit eingespart (Thomas, Zobel & Berkemeier, 2017, S. 48). Gelingt es, Kunden in hohem Umfang einzubinden, steigt der Marktwert der entworfenen

agilen Systeme, da sie es anwendenden Softwareunternehmen ermöglichen, sich von Wettbewerbern durch eine zielgerichtete Entwicklung der Kundenanforderungen zu differenzieren.

Aufgabenstellung (b), die den Einfluss von KI-Anwendungen auf Softwareentwicklungsprozesse untersucht, ist sowohl technisch als auch wirtschaftlich begründet. Aus technischer Sicht ist es essenziell zu verstehen, wie sich KI-Systeme auf Entwicklungsprozesse auswirken, um den Umgang mit diesen Systemen zu optimieren und Fehler zu vermeiden (Thomas et al., 2017, S. 178). Daraus ergeben sich allerdings wirtschaftliche Konsequenzen. Gelingt es agilen Prinzipien, sich so weiterzuentwickeln, dass optimal kollaboriert werden kann, werden wirtschaftliche Nutzeneffekte erzielt: Entwicklungskosten werden reduziert und technische Lösungen, die optimal an die Systemumgebung angepasst sind, werden realisiert.

Die Thematik der Arbeit ist aufgrund ihrer „binären“ Ausrichtung auf technische IT-Systeme und wirtschaftliche Optimierung somit typisch für die Wirtschaftsinformatik und befördert den Erkenntnisfindungsprozess im Hinblick auf die Anwendung von agilen Prinzipien vor allem in IoT- und KI-Anwendungsbereichen.

4 Methodik

Im Folgenden wird auf die epistemologische Sichtweise der Arbeit eingegangen, welche die Wahl der Forschungsfragen und der verwendeten Methodiken darlegt. Sowohl Forschungsfragen als auch Methodiken werden begründet und kurz skizziert.

Jede wissenschaftliche Arbeitsweise basiert auf einem zuvor festgelegten methodologischen Vorgehensmodell, welches ausgehend von der Definition des Erkenntnisinteresses der Arbeit auf einzelne oder mehrere Methoden zurückgreift, die geeignet sind, die Aufgabenstellungen und Kernfragen der Arbeit im Lichte der Disziplin (Wirtschaftsinformatik) zu beantworten (Mayring, 2002, S. 21).

4.1 Epistemologische Einordnung

Die reflektierende Sichtweise, auch Erkenntnistheorie genannt, ist Ergebnis einer kritisch realistischen Weltansicht: Anders als der Positivismus, der Beobachtungen unkritisch als Tatsache akzeptiert, und der Konstruktivismus, der die Verfügbarkeit einer objektiven Realität überhaupt verneint, sucht der kritische Realismus nach einer wissenschaftlichen Wahrheit, indem er nach den zugrunde liegenden Faktoren sucht, die Manifestationen eines Objekts hervorbringen (Wynn & Williams, 2012, S. 787). Zu diesem Zweck gilt es, ein breites Spektrum von Quellen zu konsultieren

und zu vergleichen. Während konstruktivistische Forschung Gefahr läuft, den Kontakt zu jeder realen Welt außerhalb der mentalen Sphäre zu verlieren, da jede Aussage als subjektiv infrage gestellt wird, lädt der kritische Realismus zu kausalen Erklärungen ein, die über die eigene Welt-sicht hinausweisen.

Unter der Voraussetzung, dass jedes weltliche Phänomen einen Ursprung hat und aus sichtbaren oder verborgenen Ursachen hervorgeht, wird in akademischen Diskussionen ausdrücklich kausale Sprache verwendet, da sie auf transparenten Erklärungen und überprüfbaren Methoden beruht. Zugleich akzeptiert der kritische Realismus, dass jede menschliche Argumentation fehlbar ist und auf theoretischen Vorurteilen beruht (Sayer, 1992; Sayer, 2009, S. 767). Jede menschliche Theorie geht von Annahmen und früheren Einsichten aus. Es steht dem Forscher jedoch frei, jede dieser festgelegten Vorstellungen infrage zu stellen, sobald neue Beobachtungen gemacht werden, die im Widerspruch zu bestehenden Theorien stehen oder falsch erscheinen (Easton, 2010, S. 118). Der kritische Realismus akzeptiert kontrastive Positionen, fragt aber nach ihren Ursachen und Zusammenhängen. Er bringt eine grundsätzliche Bereitschaft mit sich, jede Beobachtung anzunehmen oder infrage zu stellen, fragt aber nach der Ursache-Wirkungskette. Kritischer Realismus verlangt die explizite Reflexion der zugrunde liegenden Motivationen und Interessen (Sayer, 2009, S. 770).

Forschungsfragen und Forschungsmethodik der vorliegenden Arbeit ergeben sich auf der dargestellten kritisch realistischen Weltsicht:

Die Forschungsfragen (Abschnitt 4.2) sind so angelegt, dass sie jeweils in verschiedenen Beiträgen adressiert und dabei aus verschiedenen Sichtweisen betrachtet werden.

Der Forschungsansatz (Abschnitt 4.3) ist multimethodisch. Einzelne Beiträge greifen auf verschiedene Methodiken zurück und beitragsübergreifend wird ein breites, methodisches Spektrum abgedeckt. Dadurch wird vermieden, dass durch die Einengung der Wahrnehmung auf eine oder wenige Methoden, eine verfrühte Fokussierung der Sichtweise resultiert, die die Ergebnisse manipulieren könnte. Vielmehr wird durch die Betrachtung der Forschungsfragen durch die „Brillen“ verschiedener Methoden Multiperspektivität und damit eine repräsentative Sichtweise gewährleistet.

Die Arbeit ist aus acht wissenschaftlichen Forschungsarbeiten aufgebaut, welche jeweils Beiträge zur Beantwortung der einzelnen Forschungsfragen leisten und dabei mittels verschiedener Methoden Erkenntnisgewinne liefern.

Damit wird ein diskursiver und multimethodischer Prozess verfolgt, um schrittweise zu einer umfassenden Beantwortung der Forschungsfragen zu gelangen.

4.2 Forschungsfragen

Aus den Überlegungen und Beschreibungen der ersten beiden Kapitel lässt sich die folgende übergeordnete Forschungsfrage für das Dissertationsvorhaben ableiten:

FF: *Wie können agile Methoden und Technologien die Konzepte und Umsetzungen des Software-Engineerings in mittelständischen Systemhäusern verbessern?*

Um diese Frage möglichst umfassend und multiperspektivisch im Sinne des kritischen Realismus zu beantworten, wird sie in drei Teilforschungsfragen untergliedert, welche sich jeweils wieder aufspalten lassen.

FF1: *Welche Auswirkungen und Möglichkeiten hat die Nutzung agiler Konzepte auf den Softwareentwicklungsprozess und insbesondere auf die beteiligten Akteure?*

Forschungsfrage 1 wird im Rahmen der Beiträge 1 und 3 bearbeitet und untersucht, was agile Denkweisen und Vorgehensmodelle ausmacht und welche Vorteile ihre Anwendung bietet.

Beitrag 1 grenzt den Begriff des agilen Software-Engineerings ab und zeigt auf, inwiefern agile Entwicklungsprozesse einen Erfolgsfaktor in der IT-Branche darstellen. Es wird analysiert, wie bei Beteiligten eines Softwarevorhabens ein agiles Mindset für konstruktive Mitarbeit entsteht. Beitrag 3 gibt einen Überblick über Anwendungsstrategien für KI in dem agilen Software Engineering und zeigt auf, welche Potenziale und Risiken hieraus resultieren.

FF2: *Wie können die Konzepte der Künstlichen Intelligenz zur Verbesserung der Prozessqualität in das Software Engineering integriert werden?*

Es soll also untersucht werden, wie KI im Softwareentwicklungsprozess selbst eingesetzt werden kann. Hierbei geht es sowohl um grundsätzliche Möglichkeiten auf Makroebene als auch um konkrete Umsetzungsszenarien auf Mikroebene einzelner Projekte.

Forschungsfrage 2 wird vor allem in den Beiträgen 2, 4 und 5 behandelt.

Beitrag 2 gibt aufgrund einer Abgrenzung der Wirkungsbereiche von IoT-Anwendungen einen Einblick, wie durch optionale Integration von KI-Komponenten heute Entwicklungen beeinflussen kann und Beitrag 4 zeigt anhand eines Anwendungsbeispiels aus der Landwirtschaft auf, wie

KI eingesetzt werden kann, um autonome Kommunikation zwischen Edge-Geräten und Cloud zu optimieren. Beitrag 5 belegt anhand eines Anwendungsbeispiels für KI im Design-Sprint-Prozess, wie mittels autonomer digitaler Medien KI den Interaktionsprozess mit Kunden im Software Engineering verbessern und effizienter gestalten kann.

***FF3:** Wie können Umsetzungsanforderungen in heterogenen, verteilten Projekten mithilfe der Adaption bestehender Best-Practice-Ansätze effizient und sicher implementiert werden?*

Forschungsfrage 3 untersucht somit, wie angesichts gestiegener Anforderungen der IoT-Projekte an Erfahrungen des klassischen Software-Engineerings partizipiert werden kann.

Beiträge 2, 6, 7 und 8 haben ihren Betrachtungsschwerpunkt auf Forschungsfrage 3.

Beitrag 6 lokalisiert sich am Schnittpunkt von KI und Software Engineering und stellt dar, in welchen Bereichen Softwareentwickler KI-Instrumente einsetzen können und wie der Entwicklungsprozess von diesen Instrumenten profitiert. Beitrag 2 bzw. 7 gibt einen Überblick, wie Authentifizierungsverfahren in IoT-Projekten ablaufen und präsentiert ein SSL/TLS-Verschlüsselungskonzept, das die autonome Authentifizierung landwirtschaftlicher Maschinen in IoT-Infrastrukturen ermöglicht und zeigt ermittelte Best Practices auf. Beitrag 8 gibt einen Überblick über Augmented-Reality (AR)-Applikationen für das Software Engineering und schlägt eine neuartige Referenzarchitektur vor.

4.3 Methodenspektrum

In Forschungsarbeiten der Wirtschaftsinformatik wird ein vielfältiges Instrumentarium unterschiedlicher Methoden eingesetzt. Im Sinne des kritischen Realismus greifen die Beiträge, die diese Dissertation konstituieren, auf ein breites methodisches Spektrum zurück, um eine multiperspektive Weltsicht zu ermöglichen. Die angewandten Methoden sollen hier im Folgenden kurz vorgestellt und den jeweiligen Arbeiten zugeordnet werden:

Literaturrecherche: Die Literaturrecherche ist ein Kerninstrument wissenschaftlichen Arbeitens und wurde in allen eingebrachten Beiträgen angewandt. Ein systematisches Review fasst unterschiedliche empirische Studien zur gleichen Forschungsfrage zusammen, stellt sie gegenüber und zieht aus den Erkenntnissen neue Schlussfolgerungen (De Irala-Estévez et al., 2000, S. 706f). Durch die Filtration von Erkenntnissen, die in mehreren Studien vorhanden sind, gelangt man zu einer Datensynthese, die die Grundlage für die eigene empirische Auswertung darstellt (Drinkmann, 1990, S. 21). Dieses Vorgehen bietet den entscheidenden Vorteil, dass auch

widersprüchliche

Ergebnisse von Primärstudien berücksichtigt werden können (Petitti, 2000, S. 13). Ausgehend von einem systematischen Review können eigene empirische Forschungsarbeiten geplant und kritisch hinsichtlich ihres Beitrags zum bestehenden wissenschaftlichen Diskurs bewertet werden.

Die empirische Forschungsarbeit in den folgenden Beiträgen ist qualitativ. Dies bedeutet, es werden ausgewählte Zusammenhänge eingehend aufgrund von konkreten Fällen und Analysen untersucht. Davon abzugrenzen ist die statistisch quantitative Forschung, welche in dieser Arbeit nicht angewandt werden konnte, da sämtliche untersuchte Sachverhalte innovativ sind und sich damit für eine explorative Untersuchung anbieten. Zwei empirisch qualitative Methoden werden im Weiteren angewandt:

Fallstudie: Eine Fallstudie untersucht ein aktuelles Phänomen in seinem realen praktischen Kontext (Yin, 1984, S. 23), wobei verschiedene Erkenntnisquellen erschlossen werden. Sie ist aufgrund dieser Einbettung gegenüber der statistischen Untersuchung von höherer praktischer Relevanz im Einzelfall und kann unter Berücksichtigung der Rahmenbedingungen auch Verallgemeinerungen zulassen, wenn repräsentative Fälle ausgewählt wurden. McCarthy (2009, S. 1) unterscheidet die deskriptive von der erklärenden Fallstudie. Während die deskriptive Fallstudie ähnlich einem Roman eine meist auf ein Studienobjekt bezogene Geschichte darstellt und den Leser zu eigenen Schlussfolgerungen ermutigt, ordnet die erklärende Fallstudie ein konkretes Phänomen vor dem Hintergrund einer wissenschaftlichen Theorie ein. Meist werden verschiedene Fälle gegenübergestellt, um Übereinstimmungen mit und mögliche Abweichungen von dem Theorierahmen zu erfassen. Da im Rahmen des Literaturreviews in dieser Arbeit bereits ein Theorierüst erarbeitet wurde, bietet sich die erklärende Fallstudie an. Fallstudien werden vielfach auch als Voruntersuchungen für spätere statistische Analysen verwendet.

Fallstudien aus der eigenen beruflichen Praxis finden in den Beiträgen 2 und 4 (Künstliche Intelligenz in der Anwendung für landwirtschaftliche Maschinen), Beitrag 5 (Künstliche Intelligenz für die Handschriftenerkennung) sowie Beitrag 8 (Augmented-Reality-Applications in Softwaresystemarchitekturen) Anwendung.

Experteninterviews: Die Explikation von in der Praxis vorherrschenden Meinungen und bestehenden Erkenntnissen baut auf dem Wissen von Experten auf. Die vorliegende Arbeit adressiert Expertenwissen durch semi-strukturierte, qualitative Befragungstechniken. Interviewbasierte

Feldforschung ist praktisch, kompakt und leicht durchführbar. Hier fungiert der Forscher als externer Beobachter. Mithilfe der vergleichenden Interviewauswertung können verschiedene vergleichbare Perspektiven in mehreren Entitäten zeiteffizient analysiert werden. Yin sieht die Interview-basierte Forschung als effektiv an, um ein zeitgenössisches Phänomen in seinem realen Lebenskontext zu untersuchen, wenn die Grenze zwischen Phänomen und Kontext nicht klar ist und wenn mehrere Evidenzquellen verwendet werden (Yin, 2017, S. 23).

Experteninterviews werden in Beitrag 6 eingesetzt, um zu analysieren, wie aus der Sicht von IT-Entwicklern KI den Software-Engineering-Prozess unterstützen kann.

Die Arbeit setzt verschiedene analytische Instrumente ein, um aus den theoretischen Resultaten der Reviews und aufgrund der Auswertung der gewonnenen qualitativen, empirischen Daten (Interviews und Fallstudien) zu eigenen Schlussfolgerungen zu gelangen.

Entwicklung von Vorgehens- und Bewertungsmodellen: Sie dienen der abstrakten Abbildung realer oder erwarteter Sachverhalte. Durch den Einsatz von Modellen kann ein theoretischer Analyse-rahmen etabliert werden. Zudem kann von konkreten Ergebnissen, die auf einen Einzelfall bezogen sind, abstrahiert werden, um die Erkenntnisse in allgemein verwertbarer Form darzustellen (Bronfenbrenner & Evans, 2000, S. 115). Ein solches Vorgehen wird in Beitrag 1, 4 und 8 angewandt.

Demonstration: Die Methode und der Begriff der Demonstration wird insbesondere im Kontext des Design Science Research verwendet. Als Demonstration bezeichnet man den Nachweis, im Sinne eines „Proof of Concept“, dass ein erschaffenes Artefakt, beispielsweise in Form eines Prototyps einer neuen Technologie, im Sinne des Erschaffenden funktioniert (Peppers et al., 2007, S. 45). In den eingebrachten Beiträgen 2, 5 und 7 wurde die Funktion von entwickelten und implementierten Standards und Methoden in der praktischen Anwendung demonstriert.

Implementierung: Die Implementierung von IT-Systemen, respektive die Entwicklung von Programmcode zur Einbettung neuer Methoden in IT-Systeme, ist von zentraler Bedeutung bei der Konstruktion von neuen IT-Lösungen, die in der Praxis Verwendung finden können (Rodriguez et al., 2007, S. 582). Belege für die praktische Implementierung von IoT-Plattformen in der Landwirtschaft liefert Beitrag 4. Beitrag 7 zeigt die praktische Anwendung eines Authentifizierungsstandards für diese Systeme. Beitrag 5 präsentiert ein im eigenen Unternehmen eingesetztes Konzept der Handschrifterkennung in Entwicklungssitzungen mit Kunden.

4.4 Forschungsplan

Aus den vorangegangenen Überlegungen ergibt sich der in Abbildung 2 dargestellte Forschungsplan, bestehend aus den aufgestellten Forschungsfragen und den eingesetzten Methoden. Durch die Zusammenführung der Erkenntnisse aus der Bearbeitung dieser Teilprobleme wird die Beantwortung der übergeordneten Forschungsfrage ermöglicht.



Abbildung 2: Forschungsplan

5 Ergebnisse

5.1 Überblick

In dieses Dissertationsvorhaben werden insgesamt acht Beiträge eingebracht. Eine Übersicht über die einzelnen Beiträge ist in der nachfolgenden Tabelle dargestellt. Die wesentlichen Ergebnisse werden in den nachfolgenden Unterkapiteln beschrieben.

| # | Publikationsorgan | Medium | WK WI | VHB JQ3 | Bibliographische Informationen | Status |
|----|---|-----------|----------|------------|--|----------------|
| B1 | Wirtschaftsinformatik und Management | Journal | - | - | Barenkamp, M. ; Thomas, O.; Zarvic, N. (2019): Agile – Nur ein Buzzword? In: Wirtschaftsinformatik und Management, Vol. 11, No. 4, 2019, S. 224 – 237 | veröffentlicht |
| B2 | HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik | Journal | B | D | Barenkamp, M. ; Schoenke, J.; Zarvic, N. Thomas, O. (2019): IoT best practices. In: HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik, Nr. 56, S. 1157 – 1177 | veröffentlicht |
| B3 | Wirtschaftsinformatik und Management | Journal | - | - | Barenkamp, M. (2020): Künstliche Intelligenz in der Softwareentwicklung. In: Wirtschaftsinformatik und Management, Vol. 12, No. 2, 2020, S. 120 – 129 | veröffentlicht |
| B4 | ICECCE 2020 (IEEE genehmigte Konferenz) | Konferenz | - | - | M. Barenkamp , "A New IoT Gateway for Artificial Intelligence in Agriculture," 2020 International Conference on Electrical, Communication, and Computer Engineering (ICECCE), Istanbul, Turkey, 2020, pp. 1-5 | veröffentlicht |
| B5 | Informatik Spektrum | Journal | B | D | Barenkamp, M. (2020): UI Generierung aus Handschriften im Design Sprint Prozess. In: Informatik Spektrum, Vol. 43, No. 3, S. 211–219 | veröffentlicht |
| B6 | AI Perspectives | Journal | - | - | Barenkamp, M. , Rebstadt, J. & Thomas, O. Applications of AI in classical software engineering. AI Perspect 2, 1 (2020). | veröffentlicht |
| B7 | HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik | Journal | B | D | Barenkamp, M. (2020): IoT Security Best Practices. In: HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik | veröffentlicht |
| B8 | ICECCE 2020 (IEEE genehmigte Konferenz) | Konferenz | - | - | Barenkamp, M. , Niemöller, D., "ARchitecture — Insights From Theory and Practice," 2020 International Conference on Electrical, Communication, and Computer Engineering (ICECCE), Istanbul, Turkey, 2020, pp. 1-6 | veröffentlicht |

Tabelle 1: Überblick über eingebrachte Forschungsbeiträge

5.1 Zentrale Inhalte

Die zentralen Inhalte, das methodische Vorgehen und die wesentlichen auf die Forschungsfragen bezogenen Ergebnisse der in Abschnitt B beigefügten Einzelbeiträge werden im Folgenden im Kontext dargestellt.

5.1.1 Bedeutung des Begriffs „Agile“ in der Softwarebranche

Beitrag 1 setzt sich mit der Bedeutung des englischen Begriffs „Agile“ in der Softwarebranche auseinander, indem zunächst infrage gestellt wird, ob „Agile“ lediglich als Floskel für Innovativität im Software Engineering in der Praxis gebraucht wird. Der Beitrag gründet sich auf einer systematischen Literaturanalyse zu den Schlagwörtern „Agile“ und „Agilität“ im Software Engineering und beobachtet die Haltung der Akteure des Softwareentwicklungsprozesses gegenüber agilen Prinzipien.

Beitrag 1 zeigt, dass es sich bei Agilität nicht um ein Buzzword handelt. Vielmehr beschreibt der Begriff „Agile“ eine definierte Menge von Techniken und Praktiken, die alle Unternehmensprozesse und im Besonderen die IT-Entwicklung erfolgreich leiten können. Diese umfassen (Agile Manifesto, 2001):

1. Die Orientierung auf Menschen und ihre Beziehung anstatt auf Techniken und Prozesse.
2. Die Entwicklung von funktionsfähiger Software und ihre benutzerfreundliche Dokumentation stehen im Vordergrund des Entwicklungsprozesses.
3. Die Zusammenarbeit mit dem Kunden ist wesentlich und wichtiger als die wortwörtliche Abarbeitung des Entwicklungsvertrags.
4. Auf Veränderungen der Anforderungen gilt es, flexibel zu reagieren. Pläne sind dafür da, angepasst zu werden.

Aus der empirischen Fallstudie geht hervor, dass sich Teilnehmer im Softwareentwicklungsprozess, wie in Abbildung 3 zu sehen, in „Potentials“, „Multipliers“, „Simpletons“ und „Doubters“ einteilen lassen, je nachdem wie ihre Einstellung zu Agilität ausgeprägt ist und in welchem Umfang sie Projekterfahrung besitzen.

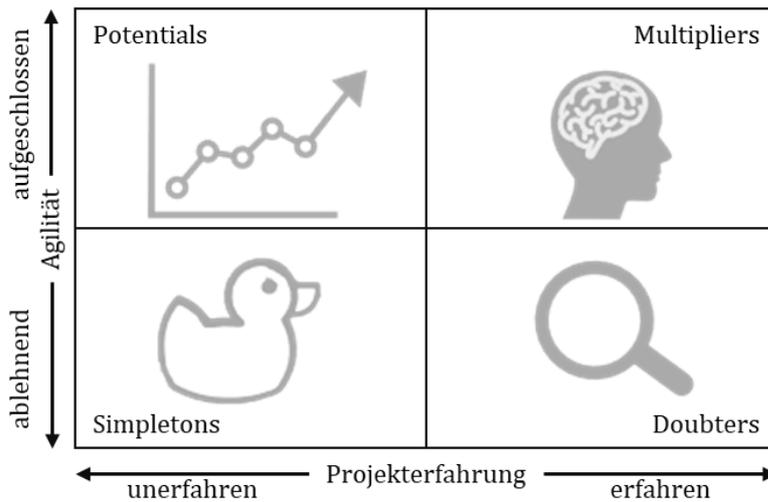


Abbildung 3: Akteure in agilen Projekten

Softwareentwicklungsprozesse können agil gestaltet werden, wenn auf die positive Energie und Erfahrungswerte von Multipliern vertraut und die offene Haltung von Neueinsteigern (Potentials) genutzt wird, um Personen mit ablehnender Haltung für das Konzept zu gewinnen. Ein agiles Mindset aller Akteure – sowohl auf interner als auch auf externe Ebene – wird als kritisch für die Umsetzung von agilen Entwicklungsprinzipien erkannt.

5.1.2 Anwendungsstandards in IoT-Projekten

Beitrag 2 gibt einen Überblick über Anwendungsstandards im IoT-Umfeld und zeigt anhand eines Anwendungsbeispiels aus der Landwirtschaft auf, wie Interaktionen zwischen digital gesteuerten Edge-Geräten in IoT-Projekten gestaltet werden können und welche Fallstricke beim Design eines solchen Gesamtsystems zu beachten sind.

IoT-Projekte beruhen in der Regel auf einer weitgehend automatisierten Interaktion von Sensoren, die als Hardwarekomponenten implementiert sind. Diese erfassen Umweltfaktoren sowie Umgebungsdaten und reichen diese an ein in der Cloud lokalisiertes Softwaresystem weiter, das die Daten sammelt und verarbeitet. An (virtuellen) Endpunkten werden dann die gewonnenen Informationen abgerufen und ausgewertet.

Aufgrund einer konkreten Anwendung in der Landwirtschaft werden folgende Voraussetzungen für die erfolgreiche Implementierung von IoT-Plattformen erkannt:

- Sicherheit des Systems gegen unautorisierten Zugriff ist entscheidend, um Nutzer für die Anwendung der IoT-Plattform zu gewinnen, da vielfach sensible Daten verarbeitet werden, deren Zugriff geschützt werden muss.

- Für die wirtschaftliche Anwendung der IoT-Plattform gilt es, ein Zugangssystem zu schaffen, das für den Plattformbetreiber eine verlässliche Abrechnungsgrundlage darstellt.
- Die wirtschaftliche Nutzbarkeit der Plattform hängt entscheidend von der Möglichkeit ab, das Datenaufkommen auf der Plattform messbar zu machen und den Nutzern zuzuordnen.
- IoT-Anbieter sind darauf angewiesen, eine geeignete Updatestrategie zu entwickeln, die Aktualisierungen bereitstellt, die mit den Endgeräten kompatibel und für diese abrufbar sind.
- Die Daten, die in der Cloud gesammelt werden können, werden definiert und sind begrenzt von den Möglichkeiten der Edge-Geräte, die in der Peripherie lokalisiert sind. Das Datenangebot des IoT-Providers ist somit limitiert durch die technischen Möglichkeiten der Datenerhebung.
- Die Make-or-Buy Entscheidung für die IoT-Plattform ist unter Kalkulation der Gesamtkosten der jeweiligen Lösung zu treffen und dabei sind vor allem auch die Betriebskosten einer eigenen Plattform zu berücksichtigen.
- Es gilt Maßnahmen zu entwickeln, um den von den Edge-Geräten übermittelten Datenstrom zu kontrollieren und eine Überfrachtung der Cloud aufgrund hoher Datenmengen zu vermeiden.
- Der systematische Test der IoT-Plattform mittels eines separaten Test-Teams gewährleistet hohe Nutzungssicherheit und Nutzerfreundlichkeit.
- Datenschutz vor allem im Hinblick auf DSGVO ist essenziell, um die IoT-Plattform rechtsicher zu gestalten.

5.1.3 Analyse der Bedeutung Künstlicher Intelligenz in der Softwareentwicklung

Beitrag 3 zeigt in ausgewählten Teilbereichen (Abbildung 4) auf, wie die KI in zunehmendem Umfang klassische Softwareentwicklungsprozesse unterstützen kann.

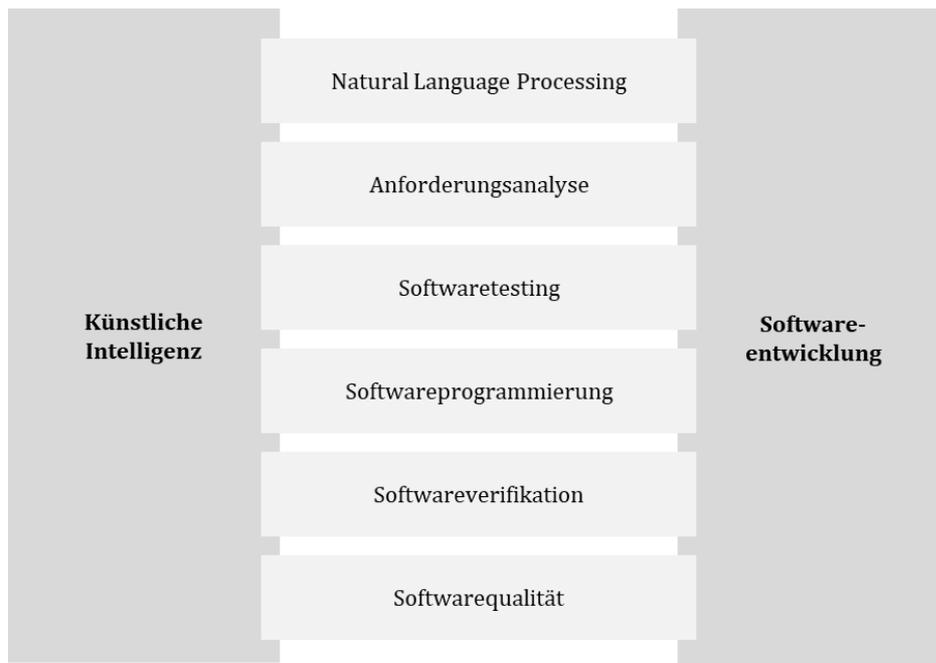


Abbildung 4: Bereiche der KI und Softwareentwicklung

Dies wird neben der Nutzung im Natural Language Processing vor allem in den einzelnen Phasen des Software-Engineerings deutlich:

- In der Phase der Anforderungsanalyse sind weitgehend menschliche Entwickler gefragt, um Routinen zu definieren, die dann automatisiert von KI abgearbeitet werden können.
- In der Programmierungsphase können Quellcodeabschnitte – teilweise in bestehende Programme – automatisch eingebunden werden. Dies erfordert jedoch eine stringente Definition des Quellcodes durch menschliche Entwickler und Klarheit, wo diese Abschnitte, sogenannte „Hooks“, eingebaut werden können.
- In der Softwaretestphase wird KI bereits in Softwareprojekten eingesetzt, um Testroutinen automatisch ablaufen zu lassen, was die Zuverlässigkeit von Testprozessen deutlich steigert.
- KI kann dazu beitragen, die Softwareentwicklungsqualität und Sicherheit zu verbessern, indem Fehler im Betrieb identifiziert und systematisch erfasst werden.

Der Review-basierte Beitrag macht deutlich, dass die Entwicklung von KI für das „klassische“ Software Engineering noch in den Anfängen steht und insbesondere im Hinblick auf die Erstellung und Prüfung von Quellcode noch weitreichendere Routinen entwickelt werden müssen, um eine Automatisierung des Entwicklungsprozesses voranzutreiben. Hieraus lässt sich für IT-Systemhäuser die Empfehlung ableiten, auf einheitliche Methoden bei der Anwendung von KI in der Softwareentwicklung abzielen, sodass eine Kooperation mittels modularer Lösungen zwischen

verschiedenen Entwicklungspartnern möglich wird. Diese so geschaffenen Synergieeffekte können zu einer zusätzlichen Innovationsgeschwindigkeit bei gleichzeitig reduzierter Kostenintensität führen.

5.1.4 Implementierung einer IoT-Plattform für die Landwirtschaft

Auf der Basis der theoretischen Ergebnisse von Beitrag 2 entwickelt Beitrag 4 eine IoT-Plattform, die sowohl die Sammlung von landwirtschaftlichen Daten durch eine Cloud-Plattform als auch ihre Auswertung und Vermarktung durch verschiedene angebundene und involvierte Teilnehmer ermöglicht (Abbildung 5).

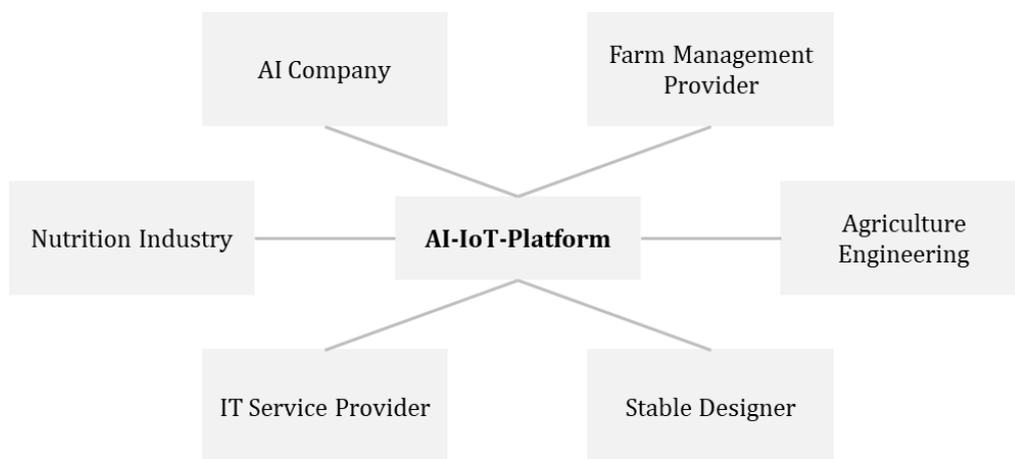


Abbildung 5: Teilnehmer der Plattform

Die Plattform löst dabei die Herausforderung, große Datenmengen, die durch (landwirtschaftliche) Edge-Geräte gesammelt werden, systematisch zu analysieren und als vortrainierte KI-Modelle in der Cloud bereitzustellen. Geeignete Sicherheitsstandards, die sensible Daten schützen und zugleich Zugriffsrechte effektiv verwalten, werden implementiert. Durch Hinzunahme der Cloud werden die Supply-Chain-Partner der gesamten Nahrungsmittelerzeugerkette virtuell verbunden und eine hohe Nutzerfreundlichkeit gewährleistet die Akzeptanz durch die Anwender.

Das Projekt integriert eingebettete Geräte und Systeme verschiedener Hersteller zum Daten- und Modellaustausch. Die Plattform unterstützt sowohl öffentliche Softwarestandards als auch private Service-Infrastrukturen. Auf der Ebene der Anwender und Entwickler zeigt die KI-IoT-Plattform ein webbasiertes Oberflächendesign, das jedoch mit einer umfassenden zugrunde liegenden Datenarchitektur verknüpft ist. Sie umfasst vier Hauptfunktionen:

- kundenbezogene Funktionen wie ein Marktplatz und eine Suchmaschine,
- allgemeine Dienste zur Verwaltung von Wissen und Dienstleistungsaufträgen,

- Entwicklerfunktionen, wie die Programmierumgebung und das Onboarding,
- KI-Grundfunktionen, wie das Abrechnungssystem, das juristische Rahmenwerk, die Verwaltung der IT-Ressourcen, den Zentralrechner und die Speichersysteme.

Für die Plattform sind bereits prototypische Anwendungsfälle ermittelt worden. Dabei wurden unter anderem von verschiedenen landwirtschaftlichen Edge-Geräten Wetter- und Wachstumsdaten gesammelt und in einem Cloud-System einheitlich abgelegt. Diese werden verwendet, um eine Künstliche Intelligenz auf die Auswertung der Daten zu trainieren. Auch in der Viehzucht werden bereits Datensammlungssysteme mit Analysefunktion erprobt.

Die Plattform hat das Potenzial, eine der ersten realen Umsetzungen zu sein, die verschiedene Problemstellungen in der landwirtschaftlichen Produktion systematisch, umfassend und vor allem kontextübergreifend verwaltet. Die breite zugrundeliegende Ressourcen- und Informationsbasis ist das Hauptkapital des Systems und unterscheidet es von früheren IoT-Lösungen, die nur ausgewählte landwirtschaftliche Geschäftsfelder adressieren.

5.1.5 KI-Anwendung für die Prototypenentwicklung in Zusammenarbeit mit dem Nutzer

Beitrag 5 stellt eine KI-Anwendung dar, die es ermöglicht, in enger Zusammenarbeit mit Softwarekunden nach agilen Prinzipien einen Software-Prototyp innerhalb weniger Tage lauffähig zu entwickeln. Durch die KI wird das ideale Zielbild des Design-Sprint-Prozesses (Abbildung 6) in der Praxis implementierbar. Entwickler sollen in Zusammenarbeit mit den Kunden in nur wenigen Tagen ein gemeinsames Programmverständnis erarbeiten und dieses zu einem ersten lauffähigen Software-Programm-Entwurf überführen. Der vorgestellte KI-basierte Ansatz ermöglicht überdies, die Anzahl der Entwickler zu reduzieren, da die KI in der Phase der Prototypenentwicklung deren Aufgaben übernimmt.

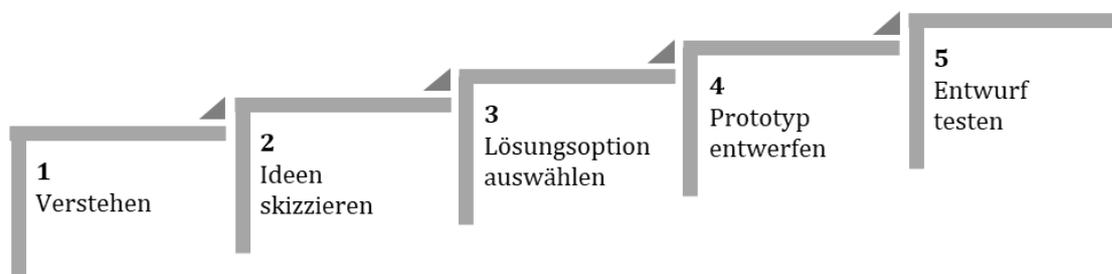


Abbildung 6: Design-Sprint

Basis der neuen KI ist ein Prozess, der handschriftliche Kundenzeichnungen, die aufgrund bestimmter Standards erstellt sind, einliest und in einer Applikation umsetzt. Der Quellcode, der dem designierten optischen und funktionalen Ergebnis entspricht, wird durch die KI ausgegeben und kann dann im Weiteren durch Entwickler angepasst werden (Abbildung 7).

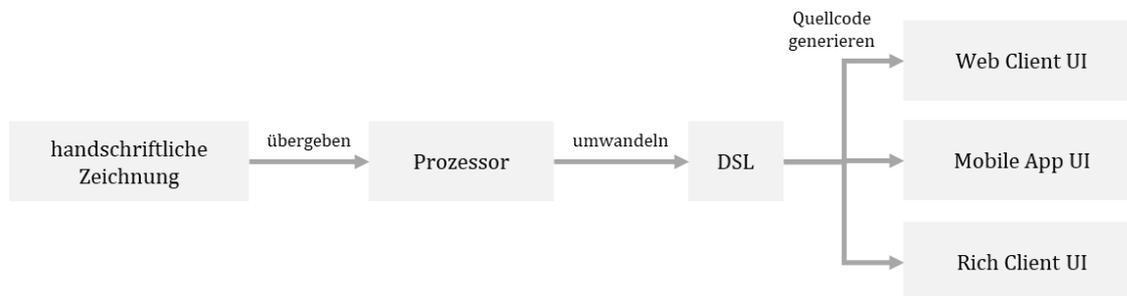


Abbildung 7: UI-Generierung durch KI

Vorteil dieser Anwendung ist, dass der Kunde von Beginn an in den Entwicklungsprozess aktiv eingebunden wird und diese Rolle ohne dedizierte technische Kompetenzen auch tatsächlich wahrnehmen kann. Auf Ebene des Systemhauses werden Entwicklungsressourcen eingespart, da die Anzahl der Entwickler in den Entwicklungssessions mit den Kunden reduziert werden kann und der Ausarbeitungsprozess basierend auf dem Prototyp, den Softwaredesigner und Kunden erarbeitet haben, nun rascher abläuft. Manuelle Iterationsschleifen, die erforderlich werden, wenn Kunden im Nachhinein Sichtweisen und Wünsche ändern, werden eingespart.

Beitrag 5 stellt damit eine KI vor, die dazu beiträgt, agile Entwicklungsprinzipien im Software-Design-Prozess praktisch zu realisieren und ermutigt Systemhäuser, diesen Schritt der Integration von KI und Agilität umzusetzen, um kundennah und zugleich effizient Software zu entwickeln.

5.1.6 Praktische Anwendbarkeit von KI im Software Engineering

Beitrag 6 knüpft an Beitrag 3 an, welcher aufgrund eines systematischen Reviews erarbeitet hat, wie künstliche Intelligenz das Software Engineering aus der Sicht „klassischer Softwareentwickler“ unterstützen kann, um die Zielgruppe zu analysieren, die *aktuell* in der kommerziellen Softwareentwicklung tätig ist. Beitrag 6 analysiert die praktische Relevanz der gewonnenen Erkenntnisse durch Interviews mit ausgewählten Softwareentwicklern zu ihrer Erfahrung mit KI-Tools.

Der Softwareentwicklungsprozess wird für die systematische Analyse der Ergebnisse in die Phasen Projektplanungen, Programmanalyse, Softwaredesign, Softwareumsetzung, Softwareerprobung und Unterhalt beziehungsweise Wartung untergliedert. Die befragten Entwickler stellen Chancen und Risiken des KI-Einsatzes in diesen Entwicklungsabschnitten aus ihrer Sicht dar.

Die Ergebnisse der Interviews zeigen, dass KI-Werkzeuge menschliche Entwickler unterstützen, indem sie Routineaufgaben in jeder Phase des Softwareentwicklungslebenszyklus übernehmen:

- In der Planungsphase unterstützt die KI die Datenbanksuche, um die für Planungsprozesse benötigten Informationen abzurufen und zu strukturieren.
- In der Phase der Problemanalyse ist die KI nützlich, um die Risikofaktoren des Softwareentwicklungsprozesses zu bewerten.
- In der Phase des Softwaredesigns sucht und strukturiert die KI zuvor entwickelte ähnliche Quellcodes und Quellcodefragmente.
- Auf der Stufe der Softwareimplementierung wandeln KI-Werkzeuge automatisch menschliche Sprache in Quellcode und diesen wiederum in Maschinensprache um.
- In der Test- und Implementierungsphase bietet die KI automatische Debugging- und Fehlerverfolgungsroutinen und unterstützt die Integration von individuellen Softwareroutinen in Softwarearchitekturen.
- In der Phase der Softwarewartung ist die KI nützlich, bestehenden und gegebenenfalls veralteten Quellcode zu bereinigen und an neue Anforderungen anzupassen.

Das Hauptpotenzial der KI in der gegenwärtigen Phase, wie in Abbildung 8 visualisiert, liegt daher in der Unterstützung des Software-Engineerings durch die Übernahme automatisierter Routinen, während die Entwickler freie Zeitressourcen gewinnen, die sie nutzen können, um sich auf den kreativen Aspekt des Software-Engineerings zu konzentrieren, also auf die Planung und den Entwurf neuer Softwarekonzepte. Diese Arbeitsteilung zwischen künstlicher und menschlicher Intelligenz trägt dazu bei, die Entwicklungszeit zu verkürzen, die Softwarequalität zu verbessern und damit die Effizienz und den Markterfolg von Softwareentwicklungsunternehmen zu steigern.

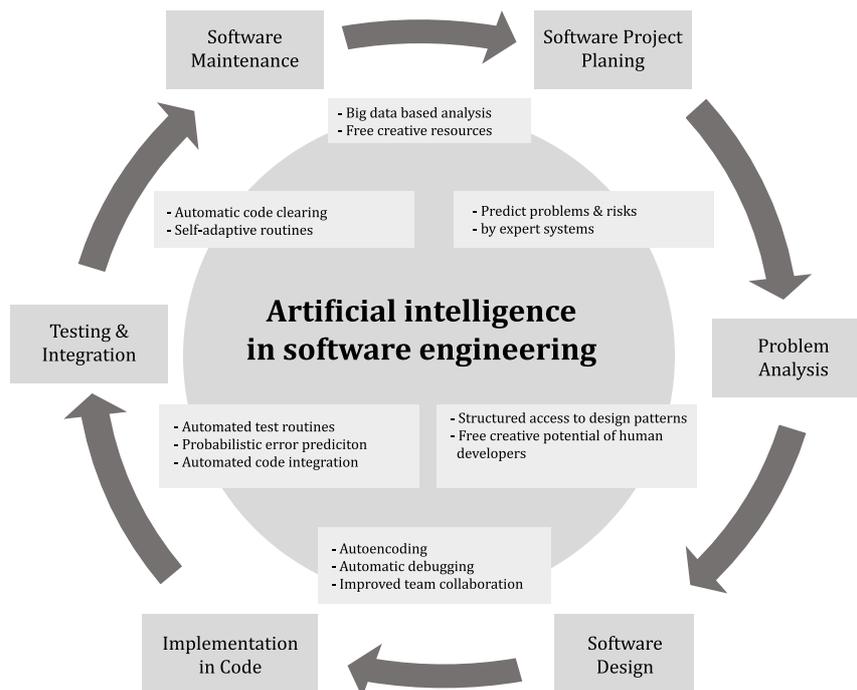


Abbildung 8: KI Unterstützung im Software Engineering

Die Ergebnisse der Interviews vervollständigen somit das theoretische Verständnis des Beitrags von KI zum Softwareentwicklungslebenszyklus. Die Anwendung von KI-Instrumenten in jeder Phase des Entwicklungsprozesses führt zu einer Effizienzsteigerung des gesamten Prozessablaufs.

5.1.7 Innovativer Authentifizierungsstandard für IoT-Plattformen

Beitrag 7 knüpft an Beitrag 2 und 4 an und entwickelt im Kontext eines konkreten Fallbeispiels einen Authentifizierungsstandard für eine IoT-Plattform für (landwirtschaftliche) Edge-Geräte. Basierend auf einem Literaturüberblick zu bestehenden ähnlichen Authentifizierungsstandards werden drei grundlegende Authentifizierungstechnologien identifiziert: der Guardian-Ansatz, die Blockchain-Technologie und die clientseitige Authentifizierung.

Die Authentifizierung im Guardian-Modell ist derzeit Stand der Technik, bedarf jedoch in der Regel eines menschlichen Akteurs, der eine Netzwerkverbindung zwischen Edge-Gerät und einem auf der IoT-Plattform bekannten Intermediator (z. B. Mobile-App) herstellt. Hierüber erfolgt die Anmeldung des Endgeräts auf der Plattform. Dieser Vorgang bedarf eines funktionierenden lokalen Netzwerks und ist daher störungsanfällig.

Die Blockchain-Technologie ermöglicht die Registrierung von Edge-Geräten auf der IoT-Plattform, wobei das Blockchain-Protokoll als Authentifizierungs- und Garantiestanz dient und über dieses Protokoll Missbrauch nachvollziehbar wird. Gemäß heutigem Entwicklungsstand benötigt auch die Blockchain-Registrierung noch einen menschlichen Akteur.

Die clientseitige Authentifizierung mittels SSL/TLS-Verschlüsselung ermöglicht die selbständige Anmeldung des Edge-Geräts im Netzwerk, wobei zwischen entsprechender IoT-Komponente und Endgerät ein Protokoll durchgeführt wird, das den SSL/TLS-Handshake verschlüsselt und absichert. Aufgrund der hohen Autonomie und Sicherheit sowie Einfachheit der SSL/TLS-Zertifizierung ist diese Methode für eine Vielzahl von Edge-Geräten zu bevorzugen.

Der empirische Teil der Arbeit entwickelt eine SSL/TLS-Authentifizierungsapplikation für eine IoT-Plattform, welche automatisch eine Abrechnungsdomain, ein Schlüsselpaar, einen zeitlich beschränkten Registrierungscode und ein Client-Zertifikat zur weiteren Verwendung als Login für das Endgerät erstellt.

Die Anwendung ist für verschiedene Endgeräte bereits lauffähig und erprobt, ist jedoch im Hinblick auf die Vergabe von Verfügungsrechten und den Prozess der Schlüsselgenerierung noch weiterzuentwickeln, sodass diese Vorgänge von einer dritten vertrauenswürdigen Stelle übernommen werden können.

5.1.8 Augmented-Reality-Systemarchitektur

Beitrag 8 knüpft an die Diskussion zu Potenzialen und Limitationen von KI-Anwendungen in Beitrag 3 an und gibt einen Literaturüberblick über Augmented-Reality-Applikationen, mit dem Ergebnis, dass bislang ein einheitlicher Anwendungsstandard fehlt. Der empirische Teil des Beitrags stellt eine neuartige Augmented-Reality-Systemarchitektur (Abbildung 9) vor, die einen gemeinsamen Standard für zukünftige Anwendungen bieten kann.

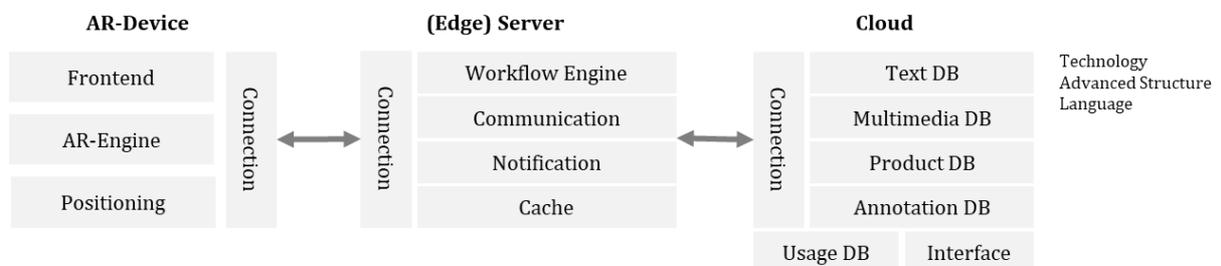


Abbildung 9: Augmented-Reality-Architektur

Die Arbeit wertet 16 Beiträge aus, die verschiedene Aspekte einer kombinierten Augmented-Reality- respektive KI-Architektur beschreiben. Die Ergebnisse zeigen die vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten von Augmented-Reality-Architekturen beispielsweise für Mobilgeräte, Lehrprogramme an Schulen, Texterkennung und Robotertechnik auf. Die Arbeiten bestätigen jedoch, dass bislang ein einheitlicher AR-Anwendungsstandard fehlt, der den einheitlichen Zugang des AR-Geräts zum lokalen Server und schließlich den Zugriff des Servers auf die IoT-Cloud regelt.

Ausgehend von Kundenanforderungen entwickelt die Arbeit eine integrierte Softwarearchitektur, die modular so strukturiert ist, dass sie als übergreifender Zugangsstandard für viele Anwendungen dienen könnte.

Dieser Prozess umfasst drei Ebenen, die durch Softwarearchitekturen modular verbunden sind:

- Zunächst erkennt das Augmented-Reality-Gerät die Schnittstelle zum Benutzer und Funktionalität, die sich auf die Position des Benutzers bezieht.
- Der Edge-Server führt dann die zentralen Berechnungen durch und synchronisiert die verschiedenen Augmented-Reality-Geräte.
- Schließlich werden die Daten, die der Edge-Server bezieht, von dem Cloud-Dienst gehostet. Die Cloud stellt die zentrale Datenbank für Text und Multimediadaten dar. Dort werden auch verschiedene Anwendungsdaten und Softwaresprachen integriert.

Die innovative Architektur könnte sich in Zukunft als Standard für Augmented-Reality-Anwendungen etablieren, was den Vorteil umfassender Kompatibilität für alle Edge-Geräte böte.

5.2 Theoretische Implikationen

Aus einer Synthese der Arbeiten lassen sich für die theoretische Forschungsarbeit relevante Inhalte ableiten, indem die Ergebnisse im Hinblick auf die in Abschnitt 2 gewonnenen theoretischen Fragestellungen zusammengefasst werden:

- 1. Wie finden agile Prinzipien in der Softwareentwicklung und vor allem in KI- und IoT-Applikationen konkret Anwendung?*

Agile Prinzipien haben das Software Engineering verändert. Beitrag 1 zeigt auf, dass Agilität mehr als nur eine Floskel darstellt. Vielmehr bedeutet Agilität Kundenorientierung und Flexibilität in der Zusammenarbeit, welche auf eine konkrete gemeinsame Zielsetzung hin ausgerichtet wird.

Damit erleichtert agiles Software Engineering Innovativität und ermutigt die Entwicklung von Applikationen, die Kundenbedürfnisse in der Praxis erfüllen.

Aufgrund der Entfrachtung der Systementwicklung von Hierarchien und bürokratischen Routinen, bereitet eine agile Entwicklung den Weg für die Auseinandersetzung mit den Potenzialen und breiten Anwendungsmöglichkeiten Künstlicher Intelligenz. Die Beiträge 4, 6 und 8 haben verdeutlicht, dass die Entwicklung von KI-Architekturen die Zusammenarbeit von spezialisierten Experten über die Grenzen von Fachgebieten und Unternehmen hinaus erfordert. Durch agile Entwicklungsprinzipien werden mentale Barrieren, die diese Kooperation bislang beeinträchtigten, abgebaut und es wird möglich, interdisziplinäre Lösungen zu entwickeln. Dieser Prozess ermöglicht die Integration diverser Softwarearchitekturen im IoT-Kontext und einer umfassenden Daten-Cloud, die Auswertungen im Hinblick auf die Bedarfe der verschiedenen Nutzer erstellt und somit alltägliche und wissenschaftliche Problemlösungen bietet, die weit über klassische Softwareanwendungen hinausgehen. Um ein solch visionäres *AIoT (Artificial Intelligence + Internet of Things)* zu etablieren, sind Programmstrukturen verallgemeinert so zu entwickeln, dass diverse Edge-Geräte Daten hochladen und abrufen können und Kompatibilität mit üblichen mobilen und Desktop-Applikationen besteht. Die Schaffung eines solchen Netzwerkverbundes setzt die Abstimmung von Schnittstellen zwischen den Modulen voraus, was wiederum eine Zusammenarbeit an diesen Schnittstellen bedingt. Agilität ermöglicht es, diesen Prozess zu vereinfachen und harmonisch zu gestalten.

2. Wie verändern die Anforderungen der IoT-Projekte die Softwareentwicklung hin zu agilen Entwicklungsparadigmen?

Reziprok beeinflusst jedoch auch das IoT-Konzept die Praxis der Softwareentwicklung und fordert und fördert eine Kollaboration nach agilen Prinzipien. Die Beiträge 2, 7 und 8 haben gezeigt, dass eine IoT-Daten-Cloud als zentrale Basis erst dadurch nutzbar wird und effektiv befüllt werden kann, dass die Schnittstellen zu den Edge-Datenbanken und Edge-Geräten sicher und transparent definiert sind, da über diese Schnittstellen Daten eingepflegt und abgerufen werden. Sie stellen zugleich die Basis für eine Erhebung und damit Bepreisung der Nutzungsvolumina dar. Die flexible und modulare Schnittstellenkomposition ist somit sowohl im Interesse der Nutzer des Systems als auch Kernanliegen seiner Betreiber.

Um Schnittstellen kompatibel zu diversen Anwendungen zu gestalten, ist die systematische und kontinuierliche Interaktion von Edge-Geräte-Anbietern, Edge-Cloud-Betreibern und IoT-Cloud-

Anbietern essenziell. Diese Zusammenarbeit gelingt, wenn seitens des Cloud-Anbieters eine hohe Kundenorientierung und seitens der Edge-Hosts eine modulare Schnittstellengestaltung gewährleistet wird. Agile Kooperationsprinzipien bieten sich somit für beide Seiten an, um maximalen Nutzen aus dem System zu ziehen. Agilität fördert damit wiederum die technologische Weiterentwicklung des IoT-Umfelds.

Auf theoretischer Ebene macht die Arbeit insgesamt somit deutlich, dass Agilität in der Softwareentwicklung und die technische Weiterentwicklung von KI und IoT interdependente Zielsetzungen und Aufgabenstellungen sind, die sich gegenseitig befruchten.

5.3 Praktische Implikationen

Agile Methoden und KI können somit gemeinsam implementiert werden und – wie die Dissertation aufgrund der praktischen Ergebnisse und Erfahrungen zeigt – die tägliche Arbeit von mittelständischen Systemhäusern verbessern. Dies wird deutlich, indem die in Abschnitt 4.2 formulierten praktischen Fragestellungen zusammenfassend beantwortet werden:

FF1: *Welche Auswirkungen und Möglichkeiten hat die Nutzung agiler Konzepte auf den Softwareentwicklungsprozess und insbesondere auf die beteiligten Akteure?*

Systemhäuser können, wie zunächst Artikel 1 gezeigt hat, agile Entwicklungskonzepte effektiv nutzen, um die Kollaboration aller Akteure im Unternehmen zu optimieren und IT-Projekte damit effizienter und kundengerechter durchzuführen. Agilität betrifft in besonderer Weise die Zusammenarbeit mit den Kunden, die Zusammenarbeit zwischen den Mitarbeitern des Systemhauses und die Zusammenarbeit mit Supply-Chain-Partnern:

Beitrag 5 hat am Beispiel der UI-Generierung aus Handschriften mittels eines entwickelten KI-Systems gezeigt, dass die Einbindung von Kunden bereits ab der (sehr frühen) Entwicklungsphase Abstimmungsprobleme minimiert und die Kundenzufriedenheit erhöht. Dem Kunden wird hierdurch die Möglichkeit gegeben, direkt am Designprozess aktiv teilnehmen zu können. Durch diese enge Interaktion wird die Essenz agiler Softwareentwicklung gelebt.

Agilität vereinfacht und glättet die Kooperation zwischen den Mitarbeitern des Systemhauses, da hierarchisches Denken auf Sachebene vermieden wird und für Design und Entwicklung alle Projektteilnehmer ihre Ideen gleichberechtigt und selbstverantwortlich einbringen können.

Beitrag 3 hat gezeigt, dass dieses Denken auch den Einsatz von KI in dem Software Engineering voranbringt und zugleich KI-Routinen, die bislang vor allem für Standardprogramme, Test und Überprüfung von Software eingesetzt werden, agiles Denken fordern und in den Mitarbeitern fördern.

Schließlich gelingt es durch agile Prozesse, die gesamte Supply-Chain in der Softwareentwicklung zu integrieren und zu modularisieren. Systemhäuser können sich Wettbewerbsvorteile verschaffen, indem sie frühzeitig an interdisziplinären Projekten partizipieren. Die Beiträge 4 und 7 haben für das Teilgebiet landwirtschaftlicher Anwendungen in der Praxis aufgezeigt, wie KI-Technologie durch die Modularisierung von Schnittstellen und die interdisziplinäre Kooperation über Unternehmensgrenzen hinweg eine weltweite IoT-Plattform aufbauen kann.

***FF2:** Wie können die Konzepte der Künstliche Intelligenz zur Verbesserung der Prozessqualität in das Software Engineering integriert werden?*

Künstliche Intelligenz leistet, wie Beitrag 3 gezeigt hat, bereits heute wichtige Arbeitsbeiträge bei der Entwicklung anwenderfreundlicher Software und hat den Softwareentwicklungsprozess stark beschleunigt. Systemhäuser bleiben wettbewerbsfähig, wenn sie den Übergang von klassischen Softwarearchitekturen zu KI-Anwendungen rasch und effektiv vollziehen.

In der Phase des Softwaredesigns können KI-Anwendungen, wie in Beitrag 5 anhand eines Arbeitsprogramms für die Handschriftengenerierung beispielhaft erklärt wurde, dazu beitragen, Kunden stärker in den Softwareentwicklungsprozess zu integrieren. Systemhäuser, die solche Programme anwenden, fördern Kundenzufriedenheit und Loyalität und vermeiden Schnittstellen- und Kommunikationsprobleme. Sie steigern dadurch die Effizienz der Produktentwicklung in der Designphase.

In der Implementierungsphase können KI-Programme Quellcodefragmente, die häufig eingesetzt werden, auf den individuellen Programmcode abstimmen und fehlerfrei einbinden. Dies spart Systemhäusern Entwicklungszeit, menschliche Ressourcen und damit Kosten ein. Somit trägt KI in der Softwareimplementierungsphase zur Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit und der Wirtschaftlichkeit bei.

In der Phase des Programmtests und der Funktionsüberprüfung profitieren Systementwickler bereits heute intensiv von KI-Routinen, welche in vielfältigen Iterationen und Varianten die Funktionsfähigkeit von neuen und die Kompatibilität von bestehenden Anwendungen in kurzer Zeit

fehlerarm beziehungsweise fehlerfrei überprüfen. Produkte werden so nutzerfreundlicher und betriebssicher, was die Kundenzufriedenheit erhöht und die Systemstabilität insgesamt verbessert.

Durch die Anwendung von KI in allen Phasen des Software-Engineerings gewinnen Systemhäuser Kundenvertrauen und Flexibilität und sparen als Folge dessen Entwicklungskosten ein, was die Profitabilität signifikant erhöhen kann.

FF3: *Wie können Umsetzungsanforderungen in heterogenen, verteilten Projekten mithilfe der Adaption bestehender Best-Practice-Ansätze effizient und sicher implementiert werden?*

Systemhäuser, die frühzeitig in den Aufbau von Fachwissen für IoT-Plattformen investieren, erlangen Marktführerschaft im Hinblick auf die Bewältigung der Schnittstellenproblematik zwischen Edge-Geräten, Edge-Servern und der IoT-Cloud.

Im Rahmen der Beiträge 2, 4 und 7 wurden am Beispiel landwirtschaftlicher Anwendungen die Potenziale einer modularen Schnittstellengestaltung für die Integration von Edge- und Cloud-Ebene aufgezeigt. So kann durch eine SSL/TLS-verschlüsselte Authentifizierungssoftware die Anmeldung von Edge-Geräten auf der IoT-Plattform automatisiert und sicher gestaltet werden.

Systemhäuser, die solche Schnittstellen entwickeln, bringen sich selbst in die Situation eines Gatekeepers für IoT-Anwendungen. Sie können ihr Fachwissen multiplizieren, indem sie entwickelte Zugangsstandards für neue Geräte replizieren und somit zum allgemeinen Authentifizierungs- und Interaktionsstandard weiterentwickeln. Damit gelingt die Etablierung einer monopolistischen Marktführerposition, die auf fachlicher Expertise beruht.

Gleichzeitig schaffen Systemhäuser, die Best-Practice-Standards im IoT-Kontext entwickeln und vermarkten, eine komfortable Situation für ihre Kunden, welche so in die Lage versetzt werden, frühzeitig die umfangreichen informationellen Potenziale der IoT-Entwicklung zu nutzen. Aufgrund einer vertrauensvollen Zusammenarbeit mit diesen Lead-Kunden resultiert ein nachhaltiger Wettbewerbsvorteil für innovative Systemhäuser und deren Klientel.

5.4 Limitationen

Die Arbeit hat somit einen weitreichenden Überblick über Entwicklungskompetenzen und Möglichkeiten von KI- und IoT-Anwendungen gegeben. Im Zuge der Dissertation wurden wichtige Schnittstellen entwickelt: ein innovativer Authentifizierungsstandard für landwirtschaftliche

Edge-Geräte (Beitrag 4), ein UI-Kreationskonzept zur automatisierten Handschrifterkennung (Beitrag 5) und eine AR-Architektur als Zugangsstandard für vielfältige Edge-Geräte zu IoT-Plattformen (Beitrag 8). Das Design all dieser Werkzeuge ist vor allem kundenfreundlich, da von Anfang an und auf allen Ebenen nach agilen Prinzipien entwickelt wurde.

Systemhäuser können aus diesen Best-Practice-Erfahrungen lernen und grundsätzlich ähnlich gelagerte Projekte planen und durchführen. Zwar können die dargestellten Systeme nicht unmittelbar von konkurrierenden Anbietern genutzt werden, da diese zum Teil geschützt sind und aus diesem Grund hier auch nicht im Detail dargestellt werden konnten, aber die gesammelten Erfahrungen und Ergebnisse können die Grundlage für innovatives Software Engineering bilden. Systemhäuser bleiben somit auf eigene Ideen angewiesen, die auf ähnliche Prinzipien zurückgreifen könnten.

Methodologisch stützt sich die vorliegende Dissertation auf umfangreiche Literaturanalysen, Interviews und empirische Anwendungen, jedoch nicht auf quantitative Erhebungen. Dies ist dem Fachgebiet respektive den dediziert untersuchten Technologien geschuldet, da zumindest zum gegenwärtigen Zeitpunkt noch vergleichsweise wenige Experten verfügbar sind. Weitere akademische Forschungsarbeiten könnten auf der Basis von Umfragen unter Systemhäusern breiter angelegte Untersuchungen anstreben und auswerten.

Auch die interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen Systemhäusern verspricht weiteres Entwicklungspotenzial für KI- beziehungsweise IoT-Anwendungen. Sie könnte in Zukunft vielfältige Möglichkeiten für Unternehmen und Universitäten schaffen, deren Ergebnis schließlich auch Unternehmen und Privatanwendern von IoT-Lösungen zugutekommen werden. Die agile Entwicklung im Kontext von KI und IoT hat das Potenzial, ein Zeitalter neuer Offenheit und interdisziplinärer Kollaboration im Software Engineering einzuläuten.

6 Zusammenfassung

Zusammenfassend hat die Arbeit gezeigt, dass Agilität im Software Engineering und eine Orientierung beziehungsweise die Nutzung neuer Technologien wie IoT und KI komplementäre Trends sind und wechselseitige Entwicklungsanforderungen an die Softwarebranche darstellen. Systemhäuser werden, sofern sie sich als Innovationspioniere darstellen, durch neue und agile Entwicklungsmethoden neben KI-basierter Software nachhaltig zukunftsfähig sein.

Anhand verschiedener Best-Practice-Erfahrungen und Beispiele von Programmentwicklungen möchte diese Arbeit ein Beispiel geben, wie Systemhäuser diesen Weg proaktiv gestalten können. Zudem soll ermutigt werden, Vorurteile gegen die neuen und teilweise auch diffus wahrgenommenen Technologiekomplexe IoT und KI abzubauen. Durch die interdisziplinäre Zusammenarbeit von Softwareexperten neben der intensiven Kooperation mit Kunden können Innovationen wie neue einheitliche Authentifizierungsstandards für das IoT, KI unterstütztes Software-Prototyp-Design und eine einheitliche Plattform für AR-Applikationen schon bald marktfähig sein.

Abschließend kann daher zusammenfassend dargelegt werden, dass sich Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft komplementär ergänzen und dadurch Konzepte der *heutigen* Grundlagenforschung *morgen* praxisrelevante, reale Szenarien lösen können.

7 Literatur

- agilemanifesto (2001): Manifesto for Agile Software Development, verfügbar unter: <https://agilemanifesto.org/>, Abruf am: 22.06.2020.
- Akhtar, P., Khan, Z., Tarba, S., & Jayawickrama, U. (2018). The Internet of Things, dynamic data and information processing capabilities, and operational agility. *Technological Forecasting and Social Change*, 136, 307-316.
- Alpaydin, E. (2020). *Introduction to machine learning*. MIT press.
- Amit, R., & Zott, C. (2001). Value creation in e-business. *Strategic management journal*, 22(6-7), 493-520.
- Arnheiter, Edward & Maleyeff, John. (2005). The integration of lean management and Six Sigma. *The TQM Magazine*. 17. 5-18. 10.1108/09544780510573020.
- Banerjee, T., & Sheth, A. (2017). Iot quality control for data and application needs. *IEEE Intelligent Systems*, 32(2), 68-73.
- Beerbaum, D., & Puschunder, J. M. (2019). A behavioral economics approach to digitalization: The case of a principles-based taxonomy. In *Intergenerational Governance and Leadership in the Corporate World: Emerging Research and Opportunities* (pp. 107-122). IGI Global.
- Bergman, J., Olsson, T., Johansson, I., & Rasmus-Gröhn, K. (2018). An exploratory study on how Internet of Things developing companies handle User Experience Requirements. In *Requirements Engineering: Foundation for Software Quality - 24th International Working Conference, REFSQ 2018, Proceedings* (Vol. 10753 LNCS, pp. 20-36). (Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics); Vol. 10753 LNCS). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-77243-1_2.
- BMWi (2018). Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. *Monitoring-Report digitale wirtschaft 2018*, verfügbar unter: <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/182035/1/1029662312.pdf>, Abruf am 14.06.2020.
- Bosch, J., & Olsson, H. H. (2017). Toward evidence-based organizations: lessons from embedded systems, online games, and the Internet of Things. *IEEE software*, 34(5), 60-66.
- Bronfenbrenner, U., & Evans, G. W. (2000). Developmental science in the 21st century: Emerging questions, theoretical models, research designs and empirical findings. *Social development*, 9(1), 115-125.
- Buchwald, A. Urbach, N. & Ahlemann, F. (2013). Understanding IT governance success and its impact: results from an interview study. Horvath & Partners: Proceedings of the 21st European Conference on Information Systems (ECIS 2013) Utrecht, Niederlande, Juni 5-8, 2013
- Bughin, J., Seong, J., Manyika, J., Chui, M., & Joshi, R. (2018). Notes from the AI frontier: Modeling the impact of AI on the world economy. McKinsey Global Institute.
- Bustamente, A. (2013). *Foundations of the Caled Agile Framework. A Leadership Guide to Building the Lean/Agile Enterprise*, Scaled Agile Framework Leffingwell LLC.

- Charte, D., Charte, F., García, S., del Jesus, M. J., & Herrera, F. (2018). A practical tutorial on autoencoders for nonlinear feature fusion: Taxonomy, models, software and guidelines. *Information Fusion*, 44, 78-96.
- De Irala-Estevez, J., Groth, M., Johansson, L., Oltersdorf, U., Prättälä, R., & Martínez-González, M. A. (2000). A systematic review of socio-economic differences in food habits in Europe: consumption of fruit and vegetables. *European journal of clinical nutrition*, 54(9), 706-714.
- Dharmaraj, V., & Vijayanand, C. (2018). Artificial Intelligence (AI) in Agriculture. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci*, 7(12), 2122-2128.
- Dohler, M., Mahmoodi, T., Lema, M. A., Condoluci, M., Sardis, F., Antonakoglou, K., & Aghvami, H. (2017). Internet of skills, where robotics meets AI, 5G and the Tactile Internet. *European Conference on Networks and Communications (EuCNC)* (pp. 1-5). IEEE.
- Drinkmann, A. (1990): *Methodenkritische Untersuchungen zur Metaanalyse*, Weinheim.
- Easton, G. (2010). Critical realism in case study research. *Industrial marketing management*, 39(1), 118-128.
- Estévez, J./ Groth, M/, Johansson, L./ Oltersdorf, U./ Prättälä, R./ Martinez-Gonzalez, M.A. (2000): A systematic review of socio-economic differences in food habits in Europe: consumption of fruit and vegetables. *Eur J Clin Nutr*. 2000;54(9):706-714. doi:10.1038/sj.ejcn.1601080
- Feldt, R., de Oliveira Neto, F. G., & Torkar, R. (2018). Ways of applying artificial intelligence in software engineering. *IEEE/ACM 6th International Workshop on Realizing Artificial Intelligence Synergies in Software Engineering (RAISE)* (pp. 35-41). IEEE.
- Fischbach, M., Wiebusch, D., & Latoschik, M. E. (2017). Semantic entity-component state management techniques to enhance software quality for multimodal VR-systems. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 23(4), 1342-1351.
- Fogelström, D. N., Gorschek, T., Svahnberg, M., & Olsson, P. (2010). The impact of agile principles on market-driven software product development. *Journal of Software Maintenance and Evolution: Research and Practice*, 22(1), 53-80.
- Fraunhofer ICT (2010). *ICT Trends in European Policing*, Composite Draft of Deliverable D4.1, verfügbar unter: http://www.fit.fraunhofer.de/content/dam/fit/de/documents/composite_d41.pdf, Abruf am 14.06.2020.
- Gal, A., Filip, I., & Dragan, F. (2018). A new vision over Agile Project Management in the Internet of Things era. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 238, 277-285.
- Günthner, R., & Dollinger, D. (2019). *Techno-Organisatorische Transformation*. In *Hirn 1.0 trifft Technologie 4.0* (pp. 15-85). Springer, Wiesbaden. , S. 15
- Heinrich, L. J., Heinzl, A., & Roithmayr, F. (2020). *Wirtschaftsinformatik: Einführung und Grundle-gung*. De Gruyter.
- Jacobson, I., Spence, I., & Ng, P. W. (2017). Is there a single method for the internet of things?. *Queue*, 15(3), 25-51.
- Kaynak, E., & Hassan, S. (2014). *Globalization of consumer markets: structures and strategies*. Routledge.

- Laine, T. H., Nygren, E., Dirin, A., & Suk, H. J. (2016). Science Spots AR: a platform for science learning games with augmented reality. *Educational Technology Research and Development*, 64(3), 507-531.
- Leftingwell, B. (2013) building the Lean/Agile enterprise with the Scaled Agile Framework, A Leadership guide, Scaled Agile Academy
- Leymann, F., & Altenhuber, W. (1994). Managing business processes as an information resource. *IBM SYSTEMS JOURNAL*, 33(2)
- Life (2014). Life 2- The significance of ICT in enterprises, verfügbar unter: <https://www.telekom.com/en/media/media-information/archive/-life-2-working-connected-in-business-and-society-study-published--354768>, Abruf am 14.06.2020.
- Liu, H., & Wang, L. (2017). An AR-based worker support system for human-robot collaboration. *Procedia Manufacturing*, 11, 22-30.
- Mata, F. J., Fuerst, W. L., & Barney, J. B. (1995). Information technology and sustained competitive advantage: a resource-based analysis. *MIS quarterly*, 487-505.
- Matthes, F. (2014). Agile Enterprise Architecture management, *Software Engineering for Business Information Systems (SEBIS)*.
- Mayring, P. (2002). Einführung in die qualitative Sozialforschung. Beltz Verlag.
- McCarthy, G. (2009): Knowledge management within a multinational Knowledge led company. A thesis submitted in partial fulfillment of the requirement of the University of Glasgow for the degree of Doctor of Business Administration February 2009.
- Measey, P. (2013). Agile and the Best management Practice framework within the public sector, The Stationery Office 2013
- Moedt, W., Hall, M., Pawaskar, S., Bernsteiner, R., & Fruhling, A. (2019). The Suitability of Agile Principles in IoT Development.
- Niyaz, Q., Sun, W., & Javaid, A. Y. (2016). A deep learning based DDoS detection system in software-defined networking (SDN). arXiv preprint arXiv:1611.07400.
- Niemöller, C., Metzger, D., Berkemeier, L., Zobel, B., & Thomas, O. (2019). Mobile Service Support based on Smart Glasses. *J. Inf. Technol. Theory Appl. (JITTA)*, 20(1), 4.
- Pace, P., Aloï, G., & Palmacci, A. (2009). A multi-technology location-aware wireless system for interactive fruition of multimedia contents. *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, 55(2), 342-350.
- Peffer, K., Tuunanen, T., Rothenberger, M. A., & Chatterjee, S. (2007). A design science research methodology for information systems research. *Journal of management information systems*, 24(3), 45-77.
- Petitti, D.B. (2000). *Meta-Analysis, Decision Analysis, and Cost-Effectiveness Analysis: Methods for Quantitative Synthesis in Medicine*, (2), New York.
- Porter, M.E. & Millar, V.E. (1985). How information gives you competitive advantage, *Harvard Business Review* 63, 4, pp 149-160.

- Rautenstrauch, C., & Schulze, T. (2013). *Informatik für Wirtschaftswissenschaftler und Wirtschaftsinformatiker*. Springer-Verlag.
- Reinsel, D., Gantz, J., & Rydning, J. (2018). The Digitization of the World From Edge to Core: Mankind is on a quest to digitize the world.
- Ripley, B. D. (2007). *Pattern recognition and neural networks*. Cambridge university press.
- Robleski, G. (2014). *Migrating from Waterfall to Agile/Scrum*, MsTeri Communications, Presentation, 2014.
- Rodriguez-Repiso, L., Setchi, R., & Salmeron, J. L. (2007). Modelling IT projects success: Emerging methodologies reviewed. *Technovation*, 27(10), 582-594.
- Russom, P. (2011). Big data analytics. *TDWI best practices report, fourth quarter*, 19(4), 1-34.
- Savchenko, D., Kasurinen, J., & Taipale, O. (2019, May). Smart Tools in Software Engineering: A Systematic Mapping Study. 42nd International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO) (pp. 1509-1513). IEEE.
- Sayer, A. (2009): Who's Afraid of Critical Social Science? In *Current Sociology*, 57(6), pp. 767–786.
- Sayer, R.A. (1992): *Method in Social Science: A Realist Approach*. London: Routledge.
- Schwaber, K., & Sutherland, J. (2011). *The scrum guide*, Scrum.org.
- Shubhendu, S., & Vijay, J. F. (2013). Applicability of Artificial Intelligence in Different Fields of Life. *International Journal of Scientific Engineering and Research*, 1(1), 28-35.
- Snegirev, D. A., Valiev, R. T., Eroshenko, S. A., & Khalyasmaa, A. I. (2017, October). Functional assessment system of solar power plant energy production. In 2017 International Conference on ENERGY and ENVIRONMENT (CIEM) (pp. 349-353). IEEE.
- Statista (2020). Umsatzwachstumsraten im IT-Markt in Deutschland bis 2020, Verfügbar unter: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/3017/umfrage/wachstumsraten-in-der-it-branche---zeitreihe/>, Abruf am 14.06.2020.
- Stočes, M., Vaněk, J., Masner, J., & Pavlík, J. (2016). Internet of things (iot) in agriculture-selected aspects. *Agris on-line Papers in Economics and Informatics*, 8(665-2016-45107), 83-88.
- Swaminathan, B., & Jain, K. (2012, February). Implementing the lean concepts of continuous improvement and flow on an agile software development project: An industrial case study. In 2012 Agile India (pp. 10-19). IEEE.
- Tang, T. A., Mhamdi, L., McLernon, D., Zaidi, S. A. R., & Ghogho, M. (2016, October). Deep learning approach for network intrusion detection in software defined networking. In 2016 International Conference on Wireless Networks and Mobile Communications (WINCOM) (pp. 258-263). IEEE.
- Thomas, O.; Zobel, B.; Berkemeier, L. (2017). Vom Gadget zum Business Device: Smart Glasses als Enabler digitaler Wissensarbeit, in *IM+io Fachzeitschrift für Innovation, Organisation und Management*, imc information multimedia communication AG, Nr. 1, 2017, S. 48-53

- Thomas, O., Varwig, A., Kammler, F., Zobel, B., & Fuchs, A. (2017). DevOps: IT-Entwicklung im Industrie 4.0-Zeitalter. *HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik*, 54(2), 178-188.
- Vogel, J., Schuir, J., Thomas, O., & Teuteberg, F. (2020). Gestaltung und Erprobung einer Virtual-Reality-Anwendung zur Unterstützung des Prototypings in Design-Thinking-Prozessen. *HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik*, 1-19.
- Weber, R. H. (2010). Internet of Things–New security and privacy challenges. *Computer law & security review*, 26(1), 23-30.
- Wynn Jr, D., & Williams, C.K. (2012): Principles for Conducting Critical Realist Case Study Research in Information Systems. In *MIS Quarterly*, pp. 787–810.
- Yin, R. K. (2017): *Case Study Research: Design and Methods*. Newbury Park, CA: Sage.

Teil B – Einzelbeiträge

Beitrag: „Agile“ – Nur ein Buzzword?

| | |
|------------------------------|---|
| Titel | „Agile“ – Nur ein Buzzword? |
| Autoren | Marco Barenkamp , Oliver Thomas, Novica Zarvic |
| Publikationsorgan | Wirtschaftsinformatik und Management |
| Ranking | WKWI: - / VHB JQ3: - |
| Status | veröffentlicht |
| Bibliographische Information | Barenkamp, M. , Thomas, O., & Zarvic, N. (2019). „Agile“ – Nur ein Buzzword? <i>Wirtschaftsinformatik & Management</i> , 11(4), 224–237. |
| Zusammenfassung | <p>Agile Prinzipien haben in den vergangenen zwei Jahrzehnten zunehmend Einzug in alle Unternehmensbranchen erhalten. Der damit einhergehende Paradigmenwechsel in der Softwareentwicklung hat bereits strukturell konventionell angelegte Branchen, wie den Bankensektor, erreicht. Sowohl in der Literatur als auch in den Medien wird immer häufiger darauf hingewiesen, dass der Begriff „agil“ zu einem Modewort degradiert wird und so die substanziellen Chancen und Vorteile der agilen Softwareentwicklung verwässert und untergraben werden. Ziel dieses Papers ist es, auf Basis der jahrzehntelangen unternehmerischen Erfahrung des Autors und einer breit angelegten Literaturrecherche, kurz und scharf zu umreißen, was die speziellen Besonderheiten, Markenzeichen und wesentlichen</p> <p>Merkmale der agilen Softwareentwicklung sind und so zu demonstrieren, warum „agil“ im Kontext der Softwareentwicklung durchaus ein Erfolgsfaktor sein kann. Dieses Ziel wird durch die methodische und systematische Erarbeitung von Maßnahmen zur projektweiten Etablierung und Kommunikation des agilen Mindsets umgesetzt, im Speziellen durch den Aufbau eines agilen Verständnisses und die Erhöhung des Engagements der Auftraggeber beziehungsweise Stakeholder sowie deren Mitbeteiligung im agilen Entwicklungsprozess.</p> |
| Identifikation | DOI 10.1365/s35764-019-00196-4 |
| Link | https://link.springer.com/article/10.1365/s35764-019-00196-4 |
| Copyright | Copyright © 2019, Springer Nature |

Tabelle 2: Factsheet Beitrag 1

Beitrag: IoT Best Practices

| | |
|------------------------------|---|
| Titel | IoT Best Practices |
| Autoren | Marco Barenkamp , Jan Hendrik Schoenke, Novica Zarvic, Oliver Thomas |
| Publikationsorgan | HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik |
| Ranking | WKWI: B / VHB JQ3: D |
| Status | veröffentlicht |
| Bibliographische Information | Barenkamp, M. , Schoenke, J., Zarvic, N. et al. IoT Best Practices. HMD 56, 1157–1177 (2019). |
| Zusammenfassung | Das Internet der Dinge treibt die Digitalisierung in vielen Lebensbereichen und vor allem in der Industrie stark voran. Dabei ergeben sich eine Vielzahl von neuen und verbesserten Anwendungsszenarien und Geschäftsmodellen. Getrieben durch die (theoretisch) unbegrenzten Möglichkeiten der Umsetzung, müssen besonders in der Planung zentrale Sachverhalte vorab evaluiert und bewertet werden, um in Bereichen wie Sicherheit, Betriebsfähigkeit, Skalierung, Wirtschaftlichkeit sowie Geschäftsmodell eine bestmögliche Qualität zu erreichen. Wir geben einen Überblick über die Bedeutung und Zusammenhänge dieser verschiedenen Aspekte und zeigen an einem internationalen IIoT-Projekt konkrete Fallstricke und die getroffenen Gegenmaßnahmen auf. Auf Basis dieser Erkenntnisse geben wir Empfehlungen an Best Practices ab, um neu zu beginnende IoT Projekte zukünftig zielgerichtet planen zu können. |
| Identifikation | DOI 10.1365/s40702-019-00559-w |
| Link | https://link.springer.com/article/10.1365%2Fs40702-019-00559-w |
| Copyright | Copyright © 2019, Springer Nature |

Tabelle 3: Factsheet Beitrag 2

Beitrag: Künstliche Intelligenz in der Softwareentwicklung

| | |
|------------------------------|---|
| Titel | Künstliche Intelligenz in der Softwareentwicklung |
| Autoren | Marco Barenkamp |
| Publikationsorgan | Wirtschaftsinformatik und Management |
| Ranking | WKWI: - / VHB JQ3: - |
| Status | veröffentlicht |
| Bibliographische Information | Barenkamp, M. (2020). Künstliche Intelligenz in der Softwareentwicklung Wirtschaftsinformatik & Management, 12(2), 120–129. |
| Zusammenfassung | Künstliche Intelligenz wird zunehmend in die Konzepte der klassischen Softwareentwicklung integriert. Ihre Methoden und Techniken werden meist synonym benannt, obwohl sie nicht vollständig kompatibel sind. Dieser Artikel analysiert und vergleicht die aktuelle Literatur zur KI und Softwareentwicklung, um die Herausforderungen zu identifizieren, die sich aus der Überschneidung dieser beiden Bereiche ergeben oder in Zukunft ergeben können. Es ist zu erwarten, dass die Integration dieser Technologien in Softwareentwicklungsprozesse beide Bereiche weiter vorantreiben wird. Daher ist es wichtig, sich den Herausforderungen zu stellen, die für eine erfolgreiche Integration entstehen können. So werden grundlegende Entscheidungen im Bereich der Softwarearchitektur und der zugrundeliegenden Geschäftsmodelle auf Basis des Einsatzes von KI geprägt. Es werden die Möglichkeiten und Herausforderungen beim Einsatz der KI in der Softwareentwicklung in den Bereichen Natural Language Processing, Anforderungsanalyse, Testen, Quellcodeerstellung, Verifikation und Softwarequalität vorgestellt. |
| Identifikation | DOI 10.1365/s35764-020-00235-5 |
| Link | https://www.springerprofessional.de/kuenstliche-intelligenz-in-der-softwareentwicklung/17665834 |
| Copyright | Copyright © 2020, Springer Nature |

Tabelle 4: Factsheet Beitrag 3

Beitrag: A new IoT gateway for artificial intelligence in agriculture

| | |
|------------------------------|---|
| Titel | A new IoT gateway for artificial intelligence in agriculture |
| Autoren | Marco Barenkamp |
| Publikationsorgan | Proc. of the 2nd International Conference on Electrical, Communication and Computer Engineering (ICECCE), 12-13 June 2020, Istanbul, Turkey |
| Ranking | WKWI: - / VHB JQ3: - |
| Status | veröffentlicht |
| Bibliographische Information | M. Barenkamp , "A New IoT Gateway for Artificial Intelligence in Agriculture," 2020 International Conference on Electrical, Communication, and Computer Engineering (ICECCE), Istanbul, Turkey, 2020, pp. 1-5, doi: 10.1109/ICECCE49384.2020.9179418. |
| Zusammenfassung | The Internet of things (IoT) integrates technological systems using virtual network communication and cloud data bases. IoT applications are about to revolutionize the agricultural industry by new technologies of monitoring, operating and organizing the value cycles of crop and life-cattle production. Although a broad variety of individual IoT system for agriculture is available, so far, no industry-wide standard integrating several applications has established. This contribution presents a concept for a comprehensive artificial intelligence (AI) system which spans the whole farming value chain and operates on independent AI modules that are interconnected by a comprehensive cloud network. The approach builds a network of commercial system users, agricultural technology providers and IT experts and promises efficiency and sustainability improvements in agriculture. |
| Identifikation | doi: 10.1109/ICECCE49384.2020.9179418 |
| Link | https://ieeexplore.ieee.org/document/9179418 |
| Copyright | ©2020 IEEE |

Tabelle 5: Factsheet Beitrag 4

Beitrag: UI Generierung aus Handschriften im Design Sprint Prozess

| | |
|------------------------------|--|
| Titel | UI Generierung aus Handschriften im Design Sprint Prozess |
| Autoren | Marco Barenkamp |
| Publikationsorgan | Informatik Spektrum |
| Ranking | WKWI: B / VHB JQ3: D |
| Status | veröffentlicht |
| Bibliographische Information | Barenkamp, M. (2020): UI Generierung aus Handschriften im Design Sprint Prozess. In: Informatik Spektrum, Vol. 43, No. 3, S. 211–219 |
| Zusammenfassung | User Interface Prototyping (UIP) stellt eine Methode dar, bei der in unmittelbarer Kooperation mit dem späteren Anwender eine neue Softwarelösung entwickelt und implementiert wird. Die hohen Potenziale der Steigerung der Anwenderakzeptanz und Nutzerfreundlichkeit dieser Strategie werden vielfach durch die hohen Kosten im Entwicklungsprozess und durch die Schwierigkeit, eine gemeinsame Sprache mit dem Kunden zu finden infrage gestellt. Anhand einer vergleichenden Fallstudie wird hier ein neuartiges auf künstlicher Intelligenz basierendes Entwicklungsprogramm vorgestellt und untersucht, wie es im Rahmen eines Design Sprint Prozesses eingesetzt werden kann, um Kosten der UIP Erstellung zu senken und dabei die Kooperation mit dem Kunden zu intensivieren. Die dazu eingesetzte KI-basierte Software generiert aus handschriftlichen Skizzen einen DSL-Code, mit dem daraufhin Kundenanforderungen unmittelbar in eine Softwarelösung überführt werden kann. Der Einsatz des Programms unterstützt alle Phasen des Design Sprint Prozesses, indem bei Kunden und Entwicklern ein gemeinsames Problemverständnis geschaffen wird und verschiedene Lösungen kosteneffizient skizziert werden. Somit kann rasch die Lösung ausgewählt, umgesetzt und erprobt werden, die den Kundenanforderungen am meisten entspricht. |
| Identifikation | DOI 10.1007/s00287-020-01265-4 |
| Link | https://link.springer.com/article/10.1007/s00287-020-01265-4 |
| Copyright | Copyright © 2020, Springer-Verlag GmbH Deutschland |

Tabelle 6: Factsheet Beitrag 5

Beitrag: Applications of AI in classical Software Engineering

| | |
|------------------------------|--|
| Titel | Applications of AI in classical Software Engineering |
| Autoren | Marco Barenkamp , Jonas Rebstadt, Oliver Thomas |
| Publikationsorgan | AI Perspectives |
| Ranking | WKWI: - / VHB JQ3: - |
| Status | veröffentlicht |
| Bibliographische Information | Barenkamp, M. , Rebstadt, J. & Thomas, O. Applications of AI in classical software engineering. AI Perspect 2, 1 (2020). |
| Zusammenfassung | Interest in the application of Artificial Intelligence in Software Engineering is apparent in existing literature. But even though there are many publications tackling the intersection between Artificial Intelligence and Software Engineering, it is lacking a more founded overview of existing and potential entry points and use-cases of Artificial Intelligence in classical Software Engineering. This paper joins the results of a systematic literature review and expert interviews investigating potential applications of Artificial Intelligence towards the improvement of software development processes. The results indicate potential applications of Artificial Intelligence to improve software development efficiency through four primary themes. The themes of the interviews included (a) evolving roles and capabilities of software developers, (b) enhancing processes and procedures in the software development life cycle, (c) improving the software delivery process, and (d) benefits of data management. Using these results an overview of already tackled as well as potential points of Artificial Intelligence application in a common software development process is presented. |
| Identifikation | DOI: 10.1186/s42467-020-00005-4 |
| Link | https://link.springer.com/article/10.1186/s42467-020-00005-4?wt_mc=Internal.Event.1.SEM.ArticleAuthorIncrementalIssue |
| Copyright | Copyright © 2020, Springer Nature |

Tabelle 7: Factsheet Beitrag 6

Beitrag: IoT Security Best Practices

| | |
|------------------------------|--|
| Titel | IoT Security Best Practices |
| Autoren | Marco Barenkamp |
| Publikationsorgan | HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik |
| Ranking | WKWI: B / VHB JQ3: D |
| Status | veröffentlicht |
| Bibliographische Information | Barenkamp, M. IoT Security Best Practices. HMD |
| Zusammenfassung | <p>Der Artikel gibt einen Überblick über Best-Practice-Standards zur Authentifizierung von IoT (Internet of Things) Zugängen. Es wird aufgezeigt, dass clientseitige Authentifizierung gegenüber einer herkömmlichen Authentifizierung und Blockchain-basierten Ansätzen das höchste Potenzial für sichere Prozessautomatisierung bei hoher Interaktionsfrequenz bietet.</p> <p>Ein neuartiges Konzept des clientseitigen automatisierten Zugangsmanagements auf Basis von TLS (transport layer security), welches sich im Agriculture Segment seit über einem Jahr bewährt hat, wird vorgestellt. Gegenüber derzeitig eingesetzten Authentifizierungsverfahren bietet es den Vorteil höherer Sicherheit bei gleichzeitig automatisierter Anmeldung jeglicher Endgeräte auf dem IoT Server. Aufgrund dieser Potenziale eignet sich der dargestellte Authentifizierungsstandard zukünftig als allgemeines branchenübergreifendes Zugangssystem für IoT Anwendungen.</p> |
| Identifikation | DOI 10.1365/s40702-020-00637-4 |
| Link | |
| Copyright | Copyright © 2020, Springer Nature |

Tabelle 8: Factsheet Beitrag 7

Beitrag: ARchitecture – Insights From Theory and Practice

| | |
|------------------------------|--|
| Titel | ARchitecture – Insights From Theory and Practice |
| Autoren | Marco Barenkamp , Dirk Niemöller |
| Publikationsorgan | Proc. of the 2nd International Conference on Electrical, Communication and Computer Engineering (ICECCE), 12-13 June 2020, Istanbul, Turkey |
| Ranking | WKWI: - / VHB JQ3: - |
| Status | veröffentlicht |
| Bibliographische Information | M. Barenkamp , D. Niemöller, "ARchitecture — Insights From Theory and Practice," 2020 International Conference on Electrical, Communication, and Computer Engineering (ICECCE), Istanbul, Turkey, 2020, pp. 1-6, doi: 10.1109/ICECCE49384.2020.9179394. |
| Zusammenfassung | Augmented Reality (AR) applications are part of scientific and industrial discussion for several years. However, only partial architectures tailored for specific use cases exist. Thus, the practical implementation of an AR system as well as the theoretical discussion lacks a common ground with consolidated recent aspects and requirements. To fill the gap, we conducted a structure literature review, combined the findings with aspects from our professional context (being a software company) and constructed a consolidated AR system architecture. So, our contribution is a reference architecture for future implementations and theoretical developments. |
| Identifikation | doi: 10.1109/ICECCE49384.2020.9179394 |
| Link | https://ieeexplore.ieee.org/document/9179394 |
| Copyright | ©2020 IEEE |

Tabelle 9: Factsheet Beitrag 8