

Institut für Architektur von Anwendungssystemen

Universität Stuttgart
Universitätsstraße 38
D-70569 Stuttgart

Bachelorarbeit Nr. 73

Kontextbezogene Informationsbereitstellung in der Fabrik

Arno Schneider

Studiengang:	Softwaretechnik
Prüfer:	PD Dr. rer. nat. habil. Holger Schwarz
Betreuer:	M. Sc. Christoph Gröger
Begonnen am:	01.05.2013
Beendet am:	07.10.2013
CR-Nummer:	J.1

Kurzfassung

In Zeiten wachsender Konkurrenz und weltweitem Wettbewerb im Bereich der Fertigung spielt die Optimierung von Fertigungsprozessen eine immer wichtigere Rolle. Eine ständige Verbesserung der Prozesse, eine schnelle Anpassungsfähigkeit im Falle neuer Anforderungen und eine schnelle Reaktion auf Fehler sind Schlüsseleigenschaften für eine erfolgreiche Produktion.

Die präzise und dynamische Informationsbereitstellung auf dem Shopfloor, also auf der Fertigungsebene, kann hierbei entscheidend zur schnellen Aufdeckung von Problemen, zur kontinuierlichen Überwachung und zur ständigen Optimierung beitragen. Durch die Berücksichtigung des Kontextes in dem sich die Person befindet kann die Bereitstellung von Informationen entscheidend präzisiert und angepasst werden. Hierdurch können Missstände schneller erkannt und behoben werden, Informationen einfacher an die richtigen Personen adressiert werden und der Austausch von Wissen wird vereinfacht.

Mobile Endgeräte wie Tablets stellen hierbei eine einfache und flexible Möglichkeit dar, den Kontextbezug des Benutzers zu berücksichtigen und zu jeder Zeit und an fast jedem Ort die gewünschten Informationen zu Verfügung zu stellen. Der Formfaktor ermöglicht eine portable Benutzung und vereinfacht die Nutzung und Erstellung von vielfältigen Informationen entscheidend.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	7
1.1	Motivation und Zielsetzung	7
1.2	Anmerkung	8
2	Grundlagen	9
2.1	Informationsbereitstellung und Kontextbezug zur Optimierung von Produktionsprozessen	9
2.2	Die Advanced Manufacturing Analytics Plattform	11
2.3	Apps	13
2.4	Kontextermittlung	15
2.4.1	Bestimmung des Ortes und anderer Sensordaten	15
2.4.2	Bestimmung der Aktivität	18
3	Related Work	19
3.1	Kontextabhängigkeit bei Apps	19
3.2	Mobile Geräte in der Fabrik	21
3.2.1	Apps für die Fabrik	21
3.2.2	Einsatz von mobilen Geräten in der Fabrik	23
4	Kontextbezug in der Fabrik	25
4.1	Prozessbezogenes Kontextmodell für die Fabrik	25
4.2	Use-Cases	31
4.2.1	Akteure	31
4.2.2	Übersicht	32
4.2.3	Beschreibung	34
4.2.4	Anwendungsszenarien	45
5	Realisierung	47
5.1	Anforderungen	47
5.1.1	Allgemeine Use-Cases	49
5.1.2	Use-Cases für die Gruppe <i>Werker</i>	50
5.1.3	Use-Cases für die Gruppe <i>Fertigungsleiter</i>	51
5.2	Übersicht der Architektur	53
5.2.1	Frontend	53
5.2.2	Backend	54
5.3	Implementierung	55
5.3.1	Prozessauswahl	56

5.3.2	Prozesskontext	57
5.3.3	Prozessperformance	59
5.3.4	Prozesswissen	64
5.3.5	Prozessdokumentation	66
5.3.6	Menüs	67
5.4	Herausforderungen während der Implementierung	68
6	Fazit und Ausblick	69
	Literaturverzeichnis	71

Abbildungsverzeichnis

2.1	Architektur der AdMA Plattform (übernommen aus [GSNM12])	11
2.2	Einordnung dieser Arbeit bezüglich der AdMA	12
2.3	Einordnung dieser Arbeit in die Klassifizierung nach [GSWM13]	14
3.1	Einordnung der Anwendungen im Produktionsumfeld	21
3.2	Einordnung dieser Arbeit bezüglich der unterschiedlichen Einsatzbereiche in Anlehnung an [GHH ⁺ 13]	23
4.1	Fabrikbezogenes Kontextmodell (basierend auf [SBG98], [SAT ⁺ 99], [SHD10], [KMK ⁺ 03], [HT10], [PE11], [Pet03], [TPS12], [TU12], [GNM12])	26
4.2	Fabrikbezogenes Kontextmodell Bereich <i>Benutzer</i>	27
4.3	Fabrikbezogenes Kontextmodell Bereich <i>Zeit</i>	27
4.4	Fabrikbezogenes Kontextmodell Bereich <i>Systemzustand</i>	28
4.5	Fabrikbezogenes Kontextmodell Bereich <i>Umgebungszustand</i>	28
4.6	Fabrikbezogenes Kontextmodell Bereich <i>Tätigkeit</i>	29
4.7	Fabrikbezogenes Kontextmodell Bereich <i>Arbeitsschritt</i>	30
4.8	Übersicht der Use-Cases mit Kontextbezug	33
5.1	Übersicht einiger im Prototyp umgesetzten Use-Cases	48
5.2	Übersicht einiger im Prototyp umgesetzten Use-Cases	53
5.3	Bereich Prozessauswahl	56
5.4	Prototyp: Bereich Prozesskontext aus der Sicht des Werkers	57
5.5	Prototyp: Bereich Prozesskontext aus der Sicht des Fertigungsleiters	58
5.6	Prototyp: Bereich Prozessperformance aus der Sicht des Werkers	59
5.7	Prototyp: Bereich Prozessperformance aus der Sicht des Fertigungsleiters	60
5.8	Prototyp: Bereich Prozessperformance aus der Sicht des Fertigungsleiters mit ausgeführter Ursachenanalyse	61
5.9	Prototyp: Bereich Prozessperformance aus der Sicht des Fertigungsleiters mit mehreren Losen	62
5.10	Prototyp: Bereich Wertebereiche anpassen	63
5.11	Prototyp: Bereich Prozesswissen aus der Sicht des Werkers	64
5.12	Prototyp: Bereich Prozesswissen aus der Sicht des Fertigungsleiters	65
5.13	Prototyp: Bereich Prozessdokumentation	66
5.14	Prototyp: Menüs	67

Tabellenverzeichnis

2.1	Übersicht der Möglichkeiten zur Positionsbestimmung (siehe [LCCS09], [DHo9], [LR10])	16
2.2	Vergleich von QR-Codes und NFC-Tags (siehe [Wölo5], [HZJo8])	17
2.3	Übersicht der wichtigsten Sensordaten von typischen mobilen Endgeräten (siehe [LMH ⁺ 10])	18
4.1	Übersicht der Akteure	32

1 Einleitung

1.1 Motivation und Zielsetzung

Für viele Menschen sind Smartphones und Tablets bereits heute nicht mehr aus dem Alltag wegzudenken (siehe [Rag13]). Die vielfältigen Möglichkeiten und der raffinierte Einsatz des vorhandenen Sensoren macht diese Geräte oftmals zu flexiblen Alleskönnern. Dank zumindest im Vergleich zu einem traditionellen Notebook hohen Akkulaufzeiten, verhältnismäßig kompakten Maßen und flüssiger sowie einfacher Bedienung sind diese mobilen Geräte oftmals ständiger Begleiter, Helfer und Unterhalter ihres Benutzers.

Dieses Potential, was in privaten Gebrauch oft und gerne genutzt wird, hat im Bereich der industriellen Fertigung von Gütern in der Fabrik auf dem Shopfloor noch nicht viele Wurzeln geschlagen. Es gibt einige Systeme (siehe beispielsweise [GFO13] oder [mpd13] für Systeme mit Unterstützung von mobilen Endgeräten) welche es ermöglichen, für die Fertigung wichtige Informationen unabhängig vom Ort des Benutzers auf mobilen Endgeräten bereitzustellen, jedoch wird hier nur in seltenen Fällen auf Kontextinformationen zurückgegriffen, in vielen Fällen wurde nur die Darstellung der Informationen für andere Bildschirmgrößen angepasst. In vielen anderen Fällen und Bereichen gibt es jedoch gar keine Möglichkeit von einem Tablet oder einem Smartphone aus auf vorhandene Daten zuzugreifen.

Durch die Benutzung von Kontextinformationen ist es jedoch möglich dem Benutzer schneller und einfacher die gewünschten Daten mobil zur Verfügung zu stellen. Der Benutzer kann so schneller und flexibler auf Veränderungen und Probleme in der Fabrik reagieren und so dem Unternehmen einen entscheidenden Vorteil im harten Konkurrenzkampf bieten (siehe [NR12] als Beispiel zum Informationsbedarf in der Fabrik). Ein transportables mobiles Endgerät ermöglicht es, ständig auf die neusten Daten von beliebigem Ort aus zuzugreifen. Durch den Kontextbezug des Benutzers können diese Informationen präzise und im passenden Umfang zur Verfügung gestellt werden und so einen entscheidenden Beitrag zur Entscheidungsfindung beitragen. Somit kann die kontextbezogene Informationsbereitstellung auf mobilen Endgeräten als Bestandteil der Vision Industrie 4.0 (siehe [aca13]) aufgefasst werden.

Diese Arbeit untersucht mögliche Einsatzszenarien für kontextbezogenen Informationsbereitstellung in der Fabrik auf dem Shopfloor und setzt ausgewählte Szenarien aufbauend auf der Advanced Manufacturing Analytics Plattform prototypisch um. Als Vorarbeit werden hierfür geeignete Methoden zur Kontextidentifikation innerhalb der Fabrik identifiziert, ein prozessbezogenes Kontextmodell für die Fabrik entwickelt und Einsatzszenarien in Form von Anwendungsfällen spezifiziert, die den Einsatz von Kontextinformationen zur präziseren Informationsbereitstellung benutzen. Die prototypische Umsetzung basiert auf einem Android

Tablet. Die implementierte App nutzt unter anderem Sensoren des Tablets zur Ermittlung des Kontexts und ermöglicht so eine kontextbezogene Informationsbereitstellung.

Ziel der Arbeit ist es, Möglichkeiten und Herausforderungen bei der Bereitstellung von Informationen unter Berücksichtigung des Kontextes des Benutzers in Erfahrung zu bringen und anhand einer prototypischen Umsetzung einzelne Anwendungsfälle möglichst praxisnah analysieren zu können. Es soll gezeigt werden, ob, wie und in welcher Art und Weise ein Bezug zum Kontext die Informationsbereitstellung in der Fabrik unter Berücksichtigung des Einsatzes von mobilen Endgeräten verbessert und vereinfacht werden.

Das Dokument gliedert sich in fünf weitere Kapitel. Im folgenden Kapitel *Grundlagen* werden Basisinformationen zusammengefasst. Im Kapitel *Related Work* werden ähnliche Arbeiten und Ansätze vorgestellt. Das Kapitel *Kontextbezug in der Fabrik* stellt das im Rahmen dieser Arbeit entwickelte Kontextmodell samt einiger darauf basierender Use-Cases vor. Im Kapitel *Realisierung* wird die prototypische Umsetzung beschrieben. Im letzten Kapitel *Fazit und Ausblick* wird eine Zusammenfassung und ein Ausblick präsentiert.

1.2 Anmerkung

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird in diesem Dokument auf eine geschlechterneutrale Formulierung verzichtet. Sämtliche personenbezogenen Bezeichnungen sind geschlechterneutral zu verstehen.

2 Grundlagen

Im folgenden Kapitel werden die Grundlagen dieser Arbeit beschrieben. Hierbei wird zum einen allgemein die Optimierung von Produktionsprozessen sowie die Informationsbereitstellung in der Fabrik zum heutigen Zeitpunkt beschrieben, zum anderen wird die Advanced Manufacturing Analytics Plattform als Grundlage dieser Arbeit vorgestellt. Zusätzlich wird der Begriff "App" eingeordnet und Möglichkeiten zur Kontextermittlung vorgestellt.

2.1 Informationsbereitstellung und Kontextbezug zur Optimierung von Produktionsprozessen

Produktionsprozesse für die physische Produktherstellung, die wertschöpfenden Bearbeitung von Rohstoffen zur Herstellung von Gütern (siehe [Erl10]), bieten eine Möglichkeit, die Produktion umfassend zu beschreiben sowie zu planen und hierbei zusätzlich zur eigentlichen Produktion weitere Eigenschaften wie hohe Termintreue oder hohe Flexibilität als zentrale Elemente im Fertigungsprozess zu berücksichtigen (vgl. [Kle07]).

Unvorhersehbare Veränderungen und neue Herangehensweisen in der Fabrik sorgen dafür, dass Eigenschaften wie Agilität und Anpassungsfähigkeit elementar wichtig für die heutige Fertigung sind. Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, stellen Techniken wie das Warehouse (siehe [MPo8]) und Data Mining Möglichkeiten (siehe [ZMS09]) dar, die an vielen Stellen erfassten Daten auszuwerten und zu analysieren und dadurch Optimierungsmöglichkeiten für viele Bereiche zu erschaffen. Im harten internationalen Konkurrenzkampf können diese Optimierungen einen entscheidenden Vorteil gegenüber der Konkurrenz ermöglichen und einen maßgeblichen Erfolgsfaktor darstellen.

Grundsätzlich kann man die Verbesserungsmöglichkeiten der Produktionsprozesse in zwei Kategorien einteilen, die evolutionären und die revolutionären Optimierungen (vgl. [SS10]). Während evolutionäre Optimierungen auf der vorhandenen Struktur und Funktionsweise aufbauen, diese optimierend anpassen und verändern, gehen revolutionäre Vorgehensweisen oftmals einen grundsätzlich anderen Weg und versuchen durch neue Herangehensweise Probleme und Aufgaben besser lösen zu können. Üblicherweise zielen revolutionäre Methoden darauf ab beträchtliche Verbesserungen zu erzielen, sind daher aber zumeist auch deutlich risikoreicher falls sie nicht wie geplant fruchten. Evolutionäre Verbesserungen sind vorwiegend kontinuierlich und weisen daher auch kein solch großes Risiko auf. Diese Arbeit ist hierbei den evolutionären Optimierungsmöglichkeiten zuzuordnen.

Als zentraler Punkt für diese evolutionären Optimierungen bildet die Informationsbereitstellung die Schnittstelle zwischen den im System gespeicherten und verarbeiteten Daten und dem Benutzer, der diese Daten dann weiter auswertet.

Informationen sind auf dem Shopfloor in der Fabrik oft nur unzureichend oder schwer in Erfahrung zu bringen (siehe [BHB11]). Teilweise haben die normalen Arbeiter gar keine Einsicht in die aktuellen Kennzahlen. Lediglich die Fertigungsleiter haben oftmals einen Überblick über wichtige Kennzahlen wie die aktuelle Durchlaufzeit. Um verschiedene Kennzahlen abzufragen sind hierbei oftmals verschiedene Programme nötig, um Daten aus verschiedenen Systemen abzufragen. Des Weiteren können diese Daten oftmals nur von einem Arbeitsplatzrechner eingesehen werden und müssen anschließend ausgedruckt werden um sie beispielsweise direkt mit Werten einzelner Maschinen vor Ort vergleichen zu können.

Ein Beispiel um dies zu verbessern sind sogenannte Dashboards, also größere Anzeigen, die die wichtigsten Kennzahlen, oftmals mit einer Einordnung, darstellen (vgl. [BHB11]). Hierdurch wird das Bewusstsein für den Prozess auf der Shopfloor-Ebene geschaffen und der Bezug der Arbeiter zum Prozess wird verbessert, jedoch ist die Position dieser Anzeige nicht einfach veränderbar und es werden keine speziell auf den einzelnen Benutzer angepassten Informationen angezeigt.

Die kontextbezogene Informationsbereitstellung ermöglicht es, schneller und präziser die gewünschten Informationen zur Verfügung zu stellen. Hierdurch kann die Zeit eingespart werden, die ansonsten für das Suchen der Information nötig wäre. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass die Kontextinformationen dazu benutzt werden können automatisch Fehler oder nicht optimale Abläufe zu erkennen und Vorschläge zur Optimierung erstellt werden können. Durch den Kontextbezug können so neue Sichten und Betrachtungswinkel ermöglicht werden, die ohne diesen nur schwer möglich wären. Als weiterer Punkt kann die Kommunikation zwischen verschiedenen Personen deutlich verbessert werden, wenn der Kontext der jeweiligen Person bekannt ist.

Alle diese Punkte ermöglichen es, die Arbeit in der Fabrik zu vereinfachen, zu beschleunigen und zu verbessern. Hierdurch können wiederum Kosten eingespart werden und die Produktivität erhöht werden und so entscheidende Vorteile gegenüber der Konkurrenz erreicht werden.

2.2 Die Advanced Manufacturing Analytics Plattform

Die Grundlage für diese Arbeit bildet die Advanced Manufacturing Analytics (AdMA) Plattform. Diese Plattform ermöglicht es, operationale Daten sowie Prozessdaten zu integrieren und durch Analysen und Optimierungen eine kontinuierliche Verbesserung von Fertigungsprozessen zu erreichen (siehe [GSNM12]).

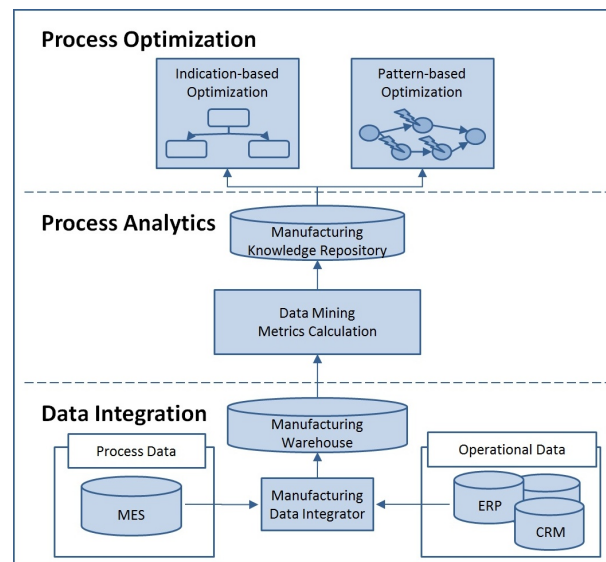


Abbildung 2.1: Architektur der AdMA Plattform (übernommen aus [GSNM12])

Die Plattform besteht grundsätzlich aus drei Schichten, der *Data Integration*-, *Process Analytics*- und der *Process Optimization*-Schicht. In der *Data Integration*-Schicht werden die Prozessdaten sowie die operationalen Daten im *Manufacturing Warehouse* gemeinsam abgespeichert und verfügbar gemacht. In der *Process Analytics*-Schicht werden diese dann beispielsweise mittels Data Mining Methoden analysiert und ausgewertet. In der *Process Optimization*-Schicht werden anschließend Optimierungsmöglichkeiten erstellt, die anschließend im eigentlichen Prozess umgesetzt werden können und dann wiederum zu veränderten Daten beitragen, so dass sich der Kreis schließt (siehe [GSNM12]).

Zur Verarbeitung der Daten, die im Manufacturing Warehouse gespeichert werden, kommen hierbei moderne Methoden wie das Data Mining zum Einsatz, um neue Einsichten in die Daten zu gewinnen und dadurch Ansatzpunkte für Optimierungen des Prozesse zu finden. Als Warehouse wird hierbei ein technisches Konstrukt bezeichnet, welches eine Möglichkeit darstellt, Informationen aus verschiedenen Systemen zu speichern und zugänglich zu machen. Diese zumeist zentrale Speicherung und Verwaltung der Daten ermöglicht es, Abläufe und Entwicklungen kontinuierlich und einheitlich zu überwachen und zu steuern (vgl. [MPo8]). Hierbei sind eine einheitliche Speicherung und Anpassungen der Daten von hoher Wichtigkeit, da die Daten aus unterschiedlichen Systemen oft verschiedene Formate

und Ausprägungen ausweisen, die Daten für die Auswertung jedoch in einem einheitlichen Format vorliegen sollen (vgl. [KMB10]). Data Mining an und bezeichnet eine Technik, die es ermöglicht, mittels verschiedener Methoden aus großen Datensätzen Informationen zu extrahieren. Beispielsweise können automatisch Gruppen identifiziert werden oder Verbindungen zwischen Kennzahlen und möglichen Ursachen hergestellt werden (siehe [ZMS09]). Hierfür können vielfältige Methoden aus dem Bereich der künstlichen Intelligenz, der Statistik, des Maschinellen Lernen und der Mustererkennung zum Einsatz. Mittels Data Mining werden zumeist zwei Problemtypen angegangen, zum einen Probleme, die aufgrund von mangelnder Beschreibung entstehen, zum anderen Probleme, die aufgrund von mangelnden Prognosen entstehen (siehe [KMB10]). Im Zusammenspiel mit dem Warehouse können so wichtige Informationen aus den vorhandene Daten gewonnen werden, die dann Optimierungen der Prozesse in Form von Anpassungen der Abläufe und Vorgehensweisen ermöglichen.

Diese Arbeit befasst sich hauptsächlich mit der Präsentation und dem Zugriff der durch die Plattform zur Verfügung gestellten Daten. Diese Schicht setzt auf die vorhandene Datenbereitstellung und -analyse auf. Sie greift auf die vorhandenen Daten zu, ist aber auch in der Lage, neue Daten zu speichern oder Daten zu modifizieren.

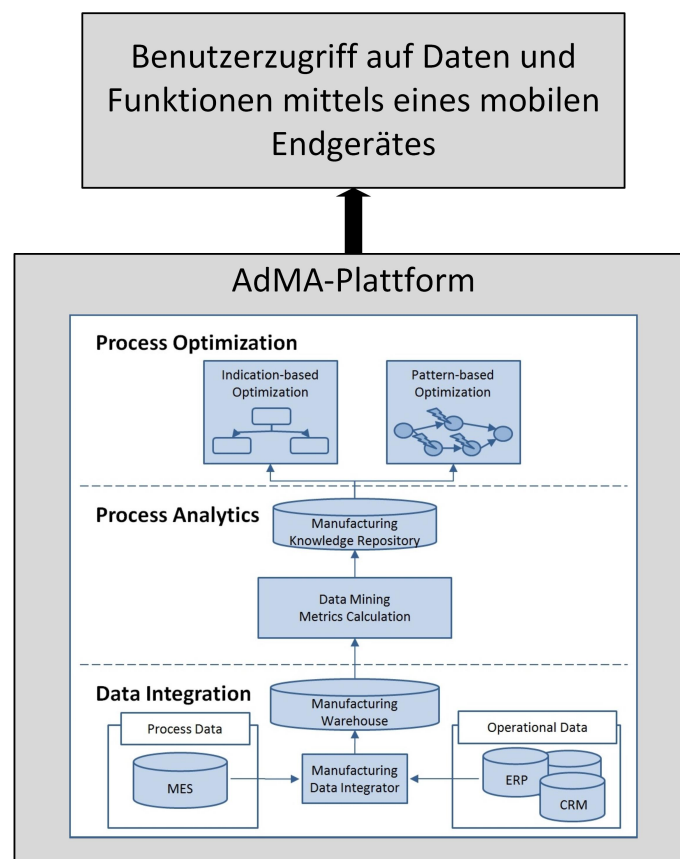


Abbildung 2.2: Einordnung dieser Arbeit bezüglich der AdMA

2.3 Apps

Für den Begriff "App" gibt es keine einheitliche Definition (siehe [GSWM13]). Ursprünglich entstand der Begriff als Apple im Jahr 2008 den App Store als Bezugsquelle für Anwendungen für den iPod und das iPhone veröffentlichte (siehe [App08]). Seitdem wird dieser Begriff zumeist für mobile Anwendungen für die verschiedensten Geräte bezeichnet. Als "Apps" werden im Rahmen dieser Arbeit Anwendungen für mobile, touchscreenbasierte Endgeräte, speziell Smartphones und Tablets, bezeichnet, wohingegen Anwendungen allgemeiner als verschiedene Applikationen für mobile Endgeräte, aber auch für traditionelle Rechner und Notebooks verstanden werden. Apps zeichnen sich zumeist dadurch aus, dass sie ein spezielles Problem fokussieren und oftmals Gebrauch der bei mobilen Geräten vorhandenen Sensoren machen und auf Nutzung auf mobilen Endgeräten optimiert sind. Als mobile Endgeräte werden im Rahmen dieser Arbeit lediglich touchscreenbasierte Geräte wie Tablets oder Smartphones bezeichnet und keine klassischen Geräte wie Notebooks oder spezielle portable Lesegeräte oder Ähnliches für einen speziellen Einsatzzweck (siehe [GSWM13]).

Die primäre Vertriebsquelle der Apps sind zentral verwaltete Marktplätze des einzelnen Betriebssystemherstellers, im Falle von iOS der App Store (siehe [App13]), im Falle von Android Google Play (siehe [Goo13b]) und im Falle von Windows Phone der Windows Phone Store (siehe [Mic13]), um die drei vermutlich prominentesten Vertreter von mobilen Betriebssystemen zu nennen.

Aufgrund der expliziten Entwicklungen der Apps für mobile Endgeräte zeichnen sich diese oft dadurch aus, dass die auf die Bedienung mittels eines Touchscreens angepasst sind und dass die wichtigsten Aktionen einfach und schnell durchgeführt werden können. Doch auch neuartige Interaktionsarten wie die Steuerung durch Gesten oder die Steuerung der App durch Spracherkennung sind oft bei Apps zu finden. Ein weiterer vor allem im Gegensatz zu Anwendungen für Desktopsysteme elementar wichtiger Punkt ist ein schonender Umgang mit den vorhandenen Ressourcen und eine möglichst energieeffiziente Umsetzung der Funktionen, da die mobilen Endgeräte zwar oftmals verhältnismäßig leistungsmäßig sind, jedoch im Gegensatz zu stationären Rechnern keine ständige Stromversorgung haben.

Nach [GSWM13] lassen sich die Businessanwendungen in Anwendungen für Kunden, für Mitarbeiter und für Geschäftspartner einordnen, wobei die Anwendungen für Mitarbeiter ihrerseits wiederum in "Standalone", "Groupware-connected" und "Back-end-integrated" einteilen lassen. Die im Rahmen dieser Arbeit umgesetzte Anwendung lässt sich in dieser Klassifikation als Anwendung für Mitarbeiter einordnen. Aufgrund der starken Vernetzung mit der AdMA-Plattform ist die Anwendung der Unterkategorie "Back-end-integrated" zuzuordnen.

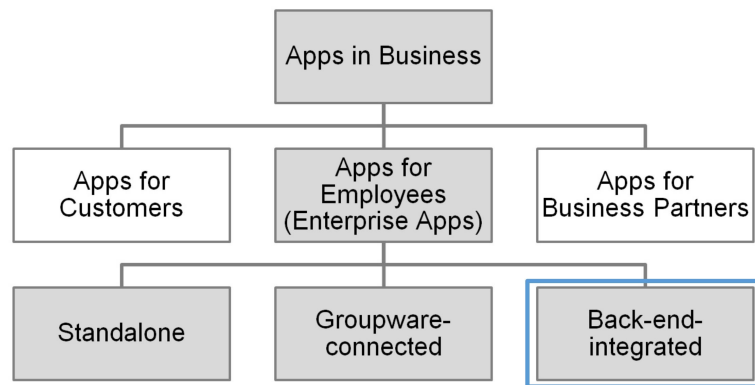


Abbildung 2.3: Einordnung dieser Arbeit in die Klassifizierung nach [GSWM13]

Von der technischen Umsetzung lassen sich mobile Anwendungen in drei Kategorien einordnen: Native Anwendungen, hybride Anwendungen und Webanwendungen (siehe [HHM13]). Während native Anwendungen auf ein spezielles mobiles Betriebssystem zugeschnitten sind und nur auf diesem ausführbar sind, werden hybride Anwendungen so entwickelt, dass sie anschließend auf mehreren mobilen Betriebssystemen installiert und genutzt werden. Webanwendungen hingegen laufen direkt im Browser des jeweiligen mobilen Endgerätes und müssen somit nicht installiert werden, sind jedoch in der möglichen Funktionalität gegenüber nativen Anwendungen und auch hybriden Anwendungen eingeschränkt, vor allem was die Anbindung der verschiedenen Sensoren betrifft. Für weitere Details zu den Unterschieden siehe [HHM13]. Die generelle Einordnung dieser Arbeit wird offen gelassen, im Rahmen der Umsetzung wird eine native Anwendung entwickelt.

2.4 Kontextermittlung

Als Kontext wird im Rahmen dieser Arbeit eine Menge an Informationen verstanden, welche die aktuelle Situation einer Person beschreibt. Diese Informationen können aus Sensordaten, aber auch aus Daten zur Person oder ihrer Aufgabe und weiteren Elementen bestehen (siehe [SBG98]). Im Folgenden wird der Kontext speziell mit Bezug zu mobilen Geräten betrachtet.

Die Ermittlung des aktuellen Kontextes eines Benutzer ist einigen zumeist technischen Beschränkungen unterworfen. Die Vielfalt der oft an Tablets und Smartphones befindlichen Sensoren ermöglicht es viele Umgebungswerte teilweise sehr genau zu ermitteln. So ermöglichen Kompass und GPS zumindest im Freien eine relativ genau Bestimmung der Position und der Richtung, in die das Gerät gehalten wird. Beschleunigungssensoren, teilweise mit Gyroskopen kombiniert, ermöglichen es Bewegungen des Gerätes in Erfahrung zu bringen. Mittels Kamera und Mikrofon können Bilder, Töne und Videos erfasst und anschließend ausgewertet werden. Auch weitere Sensoren wie Helligkeitssensoren oder Näherungssensoren sind oftmals in Geräten verbaut. Für weitere Details zur Sensoren siehe [LMH⁺10].

2.4.1 Bestimmung des Ortes und anderer Sensordaten

Einen zentralen Punkt für die Ermittlung des Kontext des Benutzers stellt seine aktuelle Position dar. Sehr häufig kommt hierbei die Ortung über das GPS, teilweise in Verbindung mit einer Ortung über die Mobilfunkzelle, zum Einsatz. Diese Technik bietet zum einen eine relativ hohe Genauigkeit von wenigen Metern und zum anderen eine sehr hohe Verbreitung in den Endgeräten. Die Funktionsweise des GPS benötigt jedoch eine möglichst direkte Sichtverbindung zu den Satelliten und arbeitet wenn nur eingeschränkt innerhalb von Gebäuden. Folglich ist diese Art der Positionsbestimmung nicht für den Einsatz innerhalb eines Fabrikgebäudes geeignet (siehe [DH09] für weitere Details zum Thema GPS).

Als Alternative Möglichkeit zur Bestimmung des Ortes des Benutzers gibt es die Ortung des Gerätes per Wi-Fi. Hierfür sind mehrere Wi-Fi-Access-Points in einem Raum nötig, und das Gerät kann aufgrund der unterschiedlichen Signalstärken der verschiedenen Access-Points und deren bekannter Position die Position des Gerätes ermitteln. Vorteile dieses Ansatzes sind zu einem die verhältnismäßig günstigen Wi-Fi-Komponenten, zum anderen besitzen fast sämtliche verfügbaren Endgeräte eingebaute Wi-Fi-Empfänger, so dass keine zusätzlichen Hardware auf Client-Seite für die Nutzung nötig sind (siehe [LCCS09]).

Eine weitere Möglichkeit den Ort des Benutzers in Erfahrung zu bringen stellen tag-basierte Lösungen dar. So können kleine Tags an verschiedenen Positionen angebracht werden, und das Einscannen dieser Tags ermöglicht es dann mit Hilfe der im Tag gespeicherten Informationen den Ort des Benutzers zu bestimmen. Als bekannte Vertreter sind hier zum einen die QR-Codes (siehe [UH12]), als auch RFID-basierte Tags wie NFC-Tags (siehe [LR10]) zu nennen. Während QR-Codes ausgedruckt und anschließend mit der Kamera des mobilen Endgerät eingescannt werden, nutzen RFID-basierte Tags spezielle Lesevorrichtungen im Endgerät und lesen die Informationen per Funk aus. Die Bestimmung des Ortes kann

direkt oder indirekt erfolgen. Im Falle einer direkten Ortsbestimmung enthält der Tag eine Ortsinformation, im Falle einer indirekten Bestimmung des Ortes enthält der Tag beispielsweise eine ID der Maschine und in einer Datenbank oder Ähnlichem ist eine Zuordnung dieser ID zu ihrem Ort abgespeichert. Die indirekte Bestimmung des Ortes hat den Vorteil, dass bei einer Umpositionierung der Maschine nur die Zuordnung des Ortes in der Datenbank geändert werden muss, der Tag muss jedoch nicht modifiziert werden.

Methode	Vorteile	Nachteile
GPS	hohe Verbreitung, relativ hohe Genauigkeit	Ortung innerhalb von Gebäuden funktioniert schlecht oder überhaupt nicht
Ortung per Wi-Fi	hohe Verbreitung, vorhandene Wi-Fi Infrastruktur kann genutzt werden, relativ hohe Genauigkeit	Kalibrierung des Systems nötig, Störungen des Wi-Fi Signals können für hohe Ungenauigkeiten sorgen, Umbauten / Hinzukommen von neuen Maschinen können eine neue Kalibrierung nötig machen
Tagbasierte Ortung	Tags sind (je nach Art) relativ robust und wiederverwendbar, neue Maschinen können sehr einfach hinzugefügt werden, je nach Art des Tags hohe Verbreitung, Tags können Zusatzinformationen beinhalten, Tags sind relativ günstig	Tags müssen erstellt und an Maschinen angebracht werden, Positionsbestimmung muss manuell durch das Einlesen des Tags erfolgen und bietet nur diskrete Positionen

Tabelle 2.1: Übersicht der Möglichkeiten zur Positionsbestimmung (siehe [LCCS09], [DH09], [LR10])

Während QR-Codes einfacher zu erstellen sind, da diese beispielsweise einfach auf Papier ausgedruckt werden können und das Lesen dieser Codes nur eine Kamera und kein spezielles Modul benötigt, bieten NFC-Codes dennoch gerade beim rauen Einsatz in der Fabrik einige Vorteile. So ist es bei QR-Codes notwendig, dass die Kamera auf den QR-Code gerichtet wird und dass die Distanz zum QR-Code so gering ist, dass ein größerer Teil des Kamerafeldes vom QR-Code in Anspruch genommen wird. NFC-Tags können hingegen nur bei sehr geringer Distanz gelesen werden, jedoch muss das Gerät nicht besonders ausgerichtet sein. Hierdurch kann man relativ leicht "blind" einen NFC-Tag scannen ohne auf die passende Ausrichtung der Kamera achten zu müssen. Des weiteren spielen Verunreinigungen der Kamera oder des Tags im Falle von NFC keine Rolle, während eine verunreinigte Kameralinse das Einscannen von QR-Codes erschwert oder gar unmöglich macht. QR-Codes besitzen zwar eine gewissen Redundanz um toleranter gegen Ungenauigkeiten, Verunreinigungen und Zerstörungen zu sein, diese Toleranz ist jedoch funktionsbedingt geringer als im Falle von NFC-Tags. Diese können problemlos gelesen werden, solange die nötige Distanz zwischen dem Tag und dem lesenden mobilen Endgerät eingehalten wird und sich dazwischen keine abschirmenden metallischen Körper befinden (siehe [Wölo5], [HZ]08).

	QR-Codes	NFC-Tags
Erstellung	können einfach ausgedruckt werden	können einfach von einem NFC-fähigen Gerät aus beschrieben werden
Robustheit	gewisse Redundanz ermöglicht das Einlesen auch bei leichter Verschmutzung oder Zerstörung	hohe Robustheit, Verschmutzungen und Verdeckungen spielen keine Rolle, lediglich eine Abschirmung des Tags kann problematisch sein
Einlesen	müssen im Blickfeld der Kamera liegen	das Gerät muss nahe an die Tags (etwa 1cm) gehalten werden
Ändern	können nicht geändert werden, müssen neu erstellt werden	können einfach mit neuen Daten beschrieben werden
Kosten	sehr geringe Kosten	geringe Kosten für die Tags, Lesegeräte sind teurer

Tabelle 2.2: Vergleich von QR-Codes und NFC-Tags (siehe [Wölo5], [HZJo8])

Neben GPS und WiFi bieten mobile Geräte eine weitere Vielzahl an Sensoren, deren Werte zumeist relativ einfach ausgelesen werden kann (siehe [LMH⁺10]). Beschleunigungssensoren, Gyroskope, Mikrofone sowie Kameras bieten meistens eine hohe Genauigkeit und ermöglichen es, zuverlässig und präzise Daten in Erfahrung zu bringen. Im Gegensatz bieten Helligkeitssensoren und Näherungssensoren oftmals nur wenige diskrete an, im Falle des Näherungssensors kann so bei manchen Geräten nur ermittelt werden, ob der Benutzer das Gerät am Ohr hält oder nicht, genauere Informationen lassen sich jedoch nicht in Erfahrung bringen. Die Sensordaten werden zumeist mittels Events bereitgestellt, die dann durch einen Listener abgefragt und ausgewertet werden können (siehe z.B. [Goo13a] für Google Android).

	Daten	Nutzung
GPS oder WiFi	Position	Bereitstellung von ortsabhängigen Informationen
Kompass	Richtung	Nutzung der Richtungsinformationen um festzustellen, worauf das Gerät möglicherweise zeigt
Beschleunigungssensoren und Gyroskop	Beschleunigung und Ausrichtung des Gerätes	Messung von Vibrationen, Bewegung des Gerätes feststellen
Kamera	Bilder oder Videos	Abgleich von Bildern mit Referenzwerten, Bilderkennung, Kommunikation
Mikrofon	Audiodaten	Messung der Umgebungslautstärke, Spracherkennung, Kommunikation

Tabelle 2.3: Übersicht der wichtigsten Sensordaten von typischen mobilen Endgeräten (siehe [LMH⁺10])

2.4.2 Bestimmung der Aktivität

Die Aktivität einer Person beschreibt, was diese zu einem Zeitpunkt macht. Neben allgemeinen Tätigkeiten wie Laufen oder Sitzen kann die Beschreibung der Aktivität auch detailliert angeben, welchen Arbeitsschritt eine Person ausführt, möglicherweise sogar bis auf die einzelnen Bewegungen der Person, die zur Durchführung des Arbeitsschrittes nötig sind.

Die Aktivität des Benutzers kann anhand zweier grundsätzlich unterschiedlicher Informationen bestimmt werden. Zum einen kann man durch die Auswertung der Sensordaten beispielsweise in Erfahrung bringen, ob sich der Benutzer gerade bewegt oder nicht (wenn man davon ausgehen kann, dass der Benutzer das mobile Endgerät immer mitnimmt), zum anderen sieht im Falle eines Werkers in der Fabrik die Planung und die Kategorisierung für jede Person und jeden Zeitpunkt eine Ausgabe vor, und man kann diese Planung zur Bestimmung der Aktivität heranziehen.

Während die Bestimmung basierend auf Sensordaten (siehe [HGGL12]) zumeist nur eine grobe Einteilung der Aktivität zulässt, ermöglicht der Zugriff auf vorhandene Planungen, sehr präzise festzulegen, was die aktuelle Aktivität des Benutzers sein sollte. Ein Abgleich mit Sensordaten zur Überprüfung der Plausibilität könnte hierbei genutzt werden, um die Wahrscheinlichkeit zu erhöhen, dass der Benutzer tatsächlich das macht, was die Planung für ihn vorsieht (wenn der Benutzer gerade an einem ganz anderen Ort ist, als es die Planung vorsieht, weicht er mit großer Wahrscheinlichkeit von der Planung ab). Zusätzlich ermöglicht die Einteilung des Benutzers in unterschiedliche Gruppen eine Einschränkung der möglichen Aktivitäten. So ist es eher unwahrscheinlich, dass ein Fertigungsleiter über längere Zeit für Werker typischen Aufgaben wie das Fügen von Bauteilen nachgeht.

3 Related Work

In diesem Kapitel werden einige thematisch zugehörige Arbeiten vorgestellt. Hierbei werden zuerst einige Möglichkeiten der Nutzung von Kontextinformationen bei Apps gezeigt und anschließend werden Nutzungen von mobilen Geräten in der Fabrik gezeigt.

3.1 Kontextabhängigkeit bei Apps

Apps nutzen oftmals Kontextinformationen von mobilen Geräten, um dem Benutzer schneller und einfacher gewünschte Funktionalitäten zur Verfügung zu stellen. Apps, die von Kontextinformationen Gebrauch machen, werden in der Kategorie Context Aware zusammengefasst. Neben dieser Kategorie gibt es viele Spezialisierungen, hier werden Beispiele der Kategorie Location Aware und der Kategorie Augmented Reality vorgestellt, wobei es neben diesen zwei Kategorien noch weitere gibt, die der übergeordneten Kategorie Context Aware zugeordnet werden können.

Google Now (siehe [Goo13a]) ist ein Musterbeispiel für die Kategorie Context Aware indem es zeigt, welche Möglichkeiten die Auswertung einer Vielzahl von Daten ermöglicht. So nutzt dieser Dienst nicht nur Sensordaten des Gerätes, sondern auch Informationen des Benutzers, wie dessen letzte Suchanfragen oder Termine und stellt so automatisch Informationen bereit, die den Benutzer potentiell interessieren. Mit Hilfe von externen Informationen wie aktuellen Verkehrsdaten erhält so der Benutzer eine Information, wann der sich auf den Weg für seinen nächsten Termin machen sollte, wie lange der Weg vom aktuellen Standpunkt nach Hause benötigt oder wann die nächste S-Bahn losfährt, wenn der Benutzer an einem Bahnhof steht.

Aber auch vom Betriebssystem bereitgestellte Funktionen wie das Drehen des Bildschirminhalts wenn das Gerät gedreht wird zeigen wie die Lageinformationen der Sensoren dafür genutzt werden, die angezeigten Informationen dem aktuellen Kontext anzupassen und stellen dadurch ein Beispiel für die Kategorie Context Aware dar.

In der Kategorie der Location Aware Apps gibt es sehr viele Apps, die den Ort des Benutzers nutzen um diesem Informationen anzuzeigen, die den aktuellen Ort betreffen. Ein bekanntes Beispiel hierfür ist Foursquare (siehe [Fou13]). Dieser Dienst ermöglicht es, interessante Orte in der Nähe zu finden und an diesen Orten dann einzuchecken und es dadurch zu ermöglichen, dass Freunde sehen, wo man sich momentan aufhält.

Die Kategorie der Augmented Reality Apps nutzt neben der Ortsinformation weitere Daten von Beschleunigungssensoren, um auch die Position des mobilen Endgerätes in der Hand

des Benutzer zu identifizieren. Durch die Nutzung der vielfältigen Sensoren der mobilen Geräte ist es möglich, über das Bild der Kamera zusätzliche Informationen zu legen, da die App durch die Auswertung der Sensordaten feststellen kann, wohin das Gerät gerade zeigt. So ermöglicht beispielsweise Plane Finder AR (siehe [pin13]), dass man mit seinem mobilen Endgerät in Richtung Himmel zeigt und dann auf dem aktuellen Kamerabild zusätzlich eingeblendet bekommt, wo welche Flugzeuge fliegen. Andere Apps wie Wikitude (siehe [Wik13]) ermöglichen es, das Kamerabild um weitere Informationen zu ergänzen. So werden beispielsweise Namen und weitere Informationen von Gebäuden angezeigt, die sich auf dem momentanen Kamerabild befinden.

3.2 Mobile Geräte in der Fabrik

Mobile Apps ermöglichen durch ihre Flexibilität ein großes Potential im Bereich der Fertigung. So stellen immer mehr Hersteller Apps für mobile Geräte zur Verfügung, die auf einzelne Phasen der Planung von Projekten bis zur Realisierung und zum Betrieb des fertigen Produktes reichen (siehe [BS13]). Die meisten dieser Apps ermöglichen eine auf Mobilgeräte optimierte Ansicht von Daten aus externen Systemen, manche Apps ermöglichen auch das Bearbeiten oder Erstellen von Daten. Gerade die Bereiche der Prozessplanung und der Prozessausführung weisen ein deutliches Potential für neue Apps auf (siehe [GSWM13]).

3.2.1 Apps für die Fabrik

Im Bereich der Fabrik gibt es einige Beispiele von mobilen Apps die zu verschiedenen Zeitpunkten von Konzeption über die Fertigung bis zum Service und Support des Lifecycles (siehe [GHH⁺13]) in der Fabrik eingesetzt werden. Diese lassen sich in vier Kategorien einteilen: Anwendungen zur Auswertung von Informationen, Anwendungen zur einfachen Bearbeitung von Daten, Anwendungen zur Erstellung von Daten sowie Anwendung zur Messung von Daten.

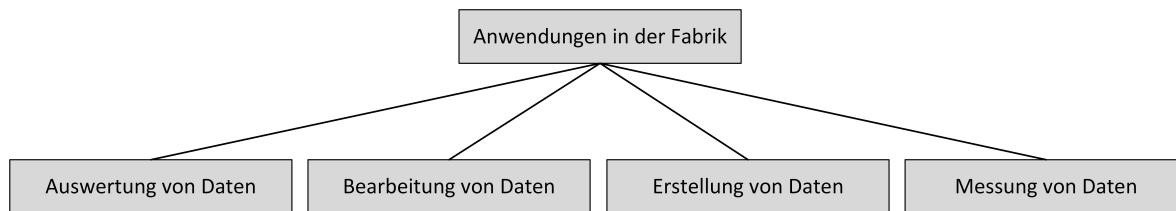


Abbildung 3.1: Einordnung der Anwendungen im Produktionsumfeld

Die meisten Anwendungen dürften im Bereich des Anwendungen zur Auswertung von Informationen zu finden sein. Als bekannter Hersteller stellt beispielsweise SAP einige mobile Anwendungen zu Verfügung. Das Tool SAP Material Availability ([SAP13e]) ermöglicht es beispielsweise vom mobilen Endgeräten aus Materialien zu suchen und die Verfügbarkeit zu überprüfen. Die App SAP CRM Sales ([SAP13a]) ermöglicht es CRM-Daten auch unterwegs einsehen zu können und mittels GPS-Ortung Kontakte in der Nähe in Erfahrung zu bringen. Als weitere App von SAP ermöglicht der SAP 3D Virtual Enterprise Viewer ([SAP13d]) es auch unterwegs 3D-Modelle einzusehen und zusätzlich Schritt-für-Schritt Anleitungen für die Handhabung der repräsentierten Geräte anzuzeigen. Neben Anwendungen von SAP gibt es jedoch eine Vielzahl von anderen Herstellern, die Anwendungen für mobile Endgeräte zur Nutzung im Produktionsumfeld anbieten. Siemens bietet mit der App Teamcenter Mobility ([Sie13]) eine Möglichkeit, flexibel und von jedem Ort aus auf wichtige Informationen zuzugreifen. Trumpf bietet mit der App für TruTops Fab ([Tru13]) eine Möglichkeit Kundenaufträge samt aktuellem Status auch von unterwegs aus zu überwachen. Die

Firma advenco consulting stellt mit der key2value App (siehe [adv13]) eine Anwendung zur mobilen Ansicht von Kennzahlen und Reports zur Verfügung.

Als Beispiel für eine Anwendung zur einfachen Bearbeitung von Daten ermöglicht die Anwendung SAP Cart Approval ([SAP13c]), dass zuständige Personen auch von unterwegs einfach Bestellungen freigeben können. Hierdurch können Bestellprozesse auch unterwegs abgeschlossen werden ohne auf einen Desktoprechner oder ein Notebook angewiesen zu sein.

Unter die Kategorie der Anwendungen zur Erstellung von Daten fallen solche Anwendungen, die es direkt vom mobilen Endgerät aus ermöglichen, neue Daten zu erstellen. Ein Beispiel hierfür ist die App SAP ERP Quality Issue ([SAP13b]), eine Anwendung zum Festhalten und Melden von Fehlern zur Verfügung. Auch der Hersteller Autodesk bietet ebenfalls einige mobile Apps an, die das Erstellen von Daten ermöglichen. Als Beispiel ermöglicht es die App Autodesk ForceEffect ([Aut13]) Modelle auf dem mobilen Gerät zu erstellen und Kräfte und weitere Eigenschaften zu berechnen.

Eine weitere Gruppe von Apps, die sich prinzipiell auch für den Einsatz in der Fabrik eignen könnten sind verschiedenste Tools zur Messung von Sensordaten wie Lautstärke, Vibration oder Distanzen. Für Android bietet beispielsweise Smart Tools co. eine Reihe von Anwendungen an, darunter auch ein Tool zum Messen von Entfernungen, Höhen und Breiten von Objekten (siehe [Sma13]). Denkbare Einsatzgebiete wären hierfür eine grobe Bestimmung von verschiedenen Werten wie der Lautstärke ohne auf jeweils angepasste Messgeräte angewiesen zu sein. Für iOS bietet beispielsweise die App My Measures & Dimensions (siehe [SIS13]) die Möglichkeit, Bilder mit Messwerten zu versehen, zu speichern und weiterzugeben und somit den Datenerfassungsprozess papierlos zu gestalten.

Neben unterschiedlichsten Apps für den Fabrikalltag gibt es auch speziell für die Fabrik optimierte Geräte. So bietet Motorola mit dem ET1 ([Mot13]) ein robustes auf Android basierendes Tablet für den Einsatz in der Fabrik an. Auch einige weitere Hersteller wie Panasonic mit der Toughpad-Serie (siehe [Pan13]) bieten besonders robuste Tablets an, die sich somit für den Einsatz in rauerer Arbeitsumgebungen eignen.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass bereits einige Hersteller für Mobilgeräte angepasste Apps zur Verfügung stellen. Diese Apps ermöglichen zumeist den mobilen Zugriff auf wichtige Daten oder eine bieten Funktionen um Warnungen bei der Überschreitung von definierten Grenzen zu erhalten. Teilweise ermöglichen es die Apps auch, Daten zu erstellen, zu modifizieren oder mit Sensorunterstützung zu ermitteln. Die Bereitstellung der Informationen ist jedoch in den meisten Fällen kontextunabhängig und beschränkt sich auf einen Typ von Daten wie CRM-Daten. Einige wenige Apps nutzen die aktuelle Position des mobilen Endgerätes um beispielsweise Kunden in der Nähe anzuzeigen, oftmals werden aber gar keine Kontextinformationen genutzt, um beispielsweise eine Vorauswahl an Kennzahlen oder Ähnlichem zu treffen.

Die im Rahmen der prototypischen Umsetzung implementierte App lässt sich hierbei allen vier Kategorien zuordnen, da sie sowohl das kontextabhängige Anzeigen von Informationen, das Bearbeiten von Daten, aber auch das Erstellen von Daten sowie das Messen von Daten ermöglicht und miteinander kombiniert.

Neben der Einordnung je nach Umgang mit den vorhandenen Daten ist auch eine Einordnung der App danach möglich, in welchen Bereich der Unternehmensstruktur sie hauptsächlich eingesetzt werden. Diese Arbeit ist hierbei dem Manufacturing Control Level, also dem Bereich zur Überwachung und Anpassung von Prozessen, sowie dem Manufacturing Process Level, also dem Shopfloor, zuzuordnen, da die vorgestellte App sowohl für den Werker als auch für den Fertigungsleiter konzipiert wurde.

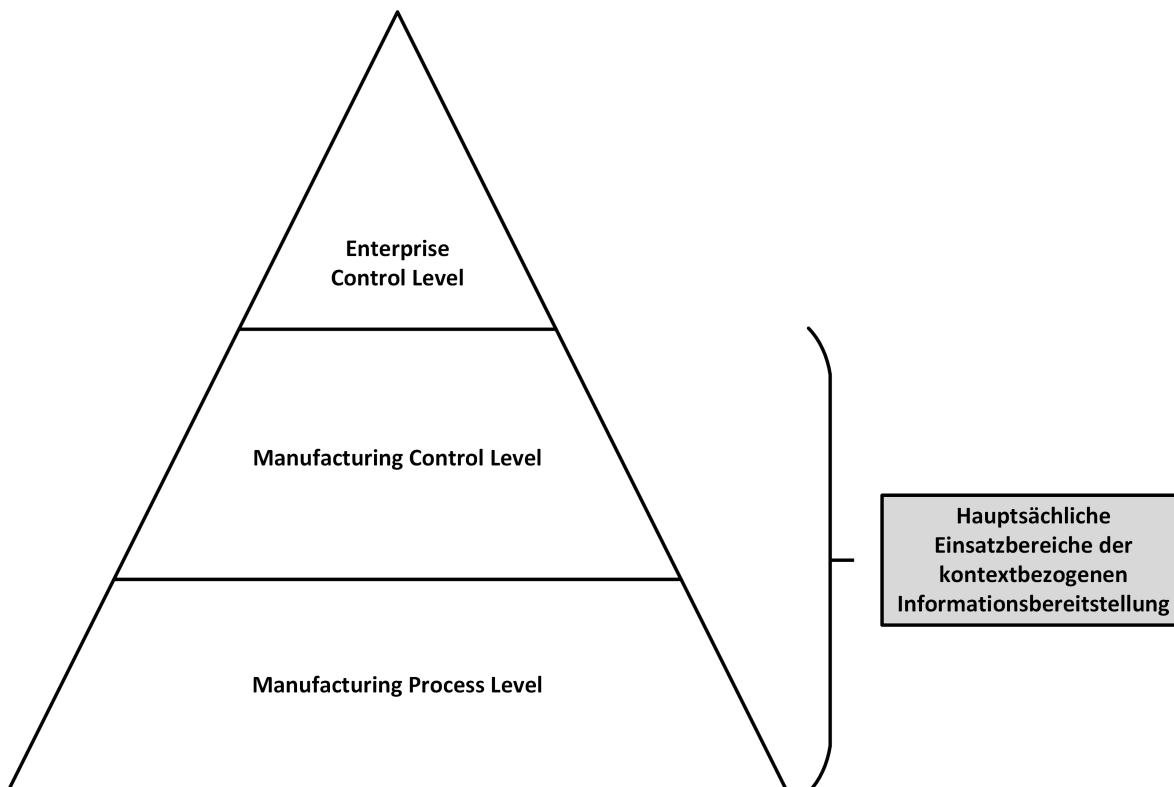


Abbildung 3.2: Einordnung dieser Arbeit bezüglich der unterschiedlichen Einsatzbereiche in Anlehnung an [GHH⁺13]

3.2.2 Einsatz von mobilen Geräten in der Fabrik

In [MTS⁺12] wurde bei einer Untersuchung festgestellt, dass der Einsatz dieser Geräte ein sehr großes Potential ausweist. So ermöglichen mobile Endgeräte beim Einlernen von neuen Arbeitskräften eine große Unterstützung. Ein weiteren großen Vorteil ist das digitale Erfassen und Teilen von Informationen, welches eine Digitalisierung der Daten obsolet macht.

In [BCD⁺10] wurde mit speziellem Fokus auf den Einsatz von virtueller Modellierung der echten Fabrik der Einsatz von mobilen Geräten zur Überwachung und Steuerung der verschiedenen Maschinen und Teile der Fabrik untersucht und hierbei wurden viele Möglichkeiten für eine solche wandlungsfähige Infrastruktur gefunden.

Auch in [BBS12] wird dem Einsatz von mobilen Apps in der Fabrik großes Potential zugeschrieben. Als wichtiges Beispiel wird hier der Einsatz von Augmented-Reality-Apps zur bedarfsgerechten und ortsbezogenen Informationsbereitstellung genannt. In einem weiteren Beitrag aus dem Jahre 2013 (siehe [BS13]) werden durch einen Vergleich von manueller Datenerfassung, teilweise automatischer Datenerfassung und ausschließlich durch ein mobiles Endgerät erfasste Daten die Vorteile beim Einsatz von mobilen Endgeräten beschrieben. Der Einsatz von unterstützenden Apps konnte den Aufwand für die Datenerfassung vor Ort sowie für die Nachbearbeitung und Digitalisierung der Daten drastisch (um bis zu 30%) senken.

In [Wim11] wird beschrieben, wie der Einsatz von mobilen Apps die Arbeit qualitativ hochwertiger gestalten kann und durch eine Echtzeitanbindung an die Produktionsanlagen unverzüglich auf Ereignisse reagiert werden kann.

In [Reso6] wird anhand von verschiedenen Gesichtspunkten wie Shopfloor-Management, Business Intelligence und vielen weiteren beschrieben, wie diese Bereiche durch den Einsatz von mobilen Endgeräten verbessert werden kann.

4 Kontextbezug in der Fabrik

Im folgenden Kapitel wird als Grundlage ein prozessbezogenes Kontextmodell für die Fabrik vorgestellt und aufbauend auf diesem werden einige Use-Cases präsentiert, die von diesem Kontextbezug profitieren. Durch den Kontextbezug kann die Informationsbereitstellung oftmals vereinfacht, präzisiert oder beschleunigt werden und so einen Teil zur Optimierung der Fertigungsprozesse beitragen.

4.1 Prozessbezogenes Kontextmodell für die Fabrik

Zur Beschreibung der einzelnen Anwendungsfälle wurde für diese Arbeit ein prozessbezogenes Kontextmodell für die Fabrik entworfen. Der Kontext des Benutzers auf dem Shopfloor sowie dessen Bezug zum Fertigungsprozess sind hierbei die zentralen Komponenten.

Die Modellierungen des Kontextbezugs basieren auf einer Kombination der Kontextmodelle aus [SBG98], [SAT⁺99], [SHD10], [KMK⁺03], [HT10], [PE11] sowie [Pet03], die Modellierung des Bezugs zum Fertigungsprozess basiert auf den Fabrik-Metamodellen aus [TPS12], [TU12] sowie [GNM12].

Zuerst wird das gesamte Kontextmodell als Überblick gezeigt, anschließend werden die einzelnen Bereiche detaillierter beschrieben.

4 Kontextbezug in der Fabrik

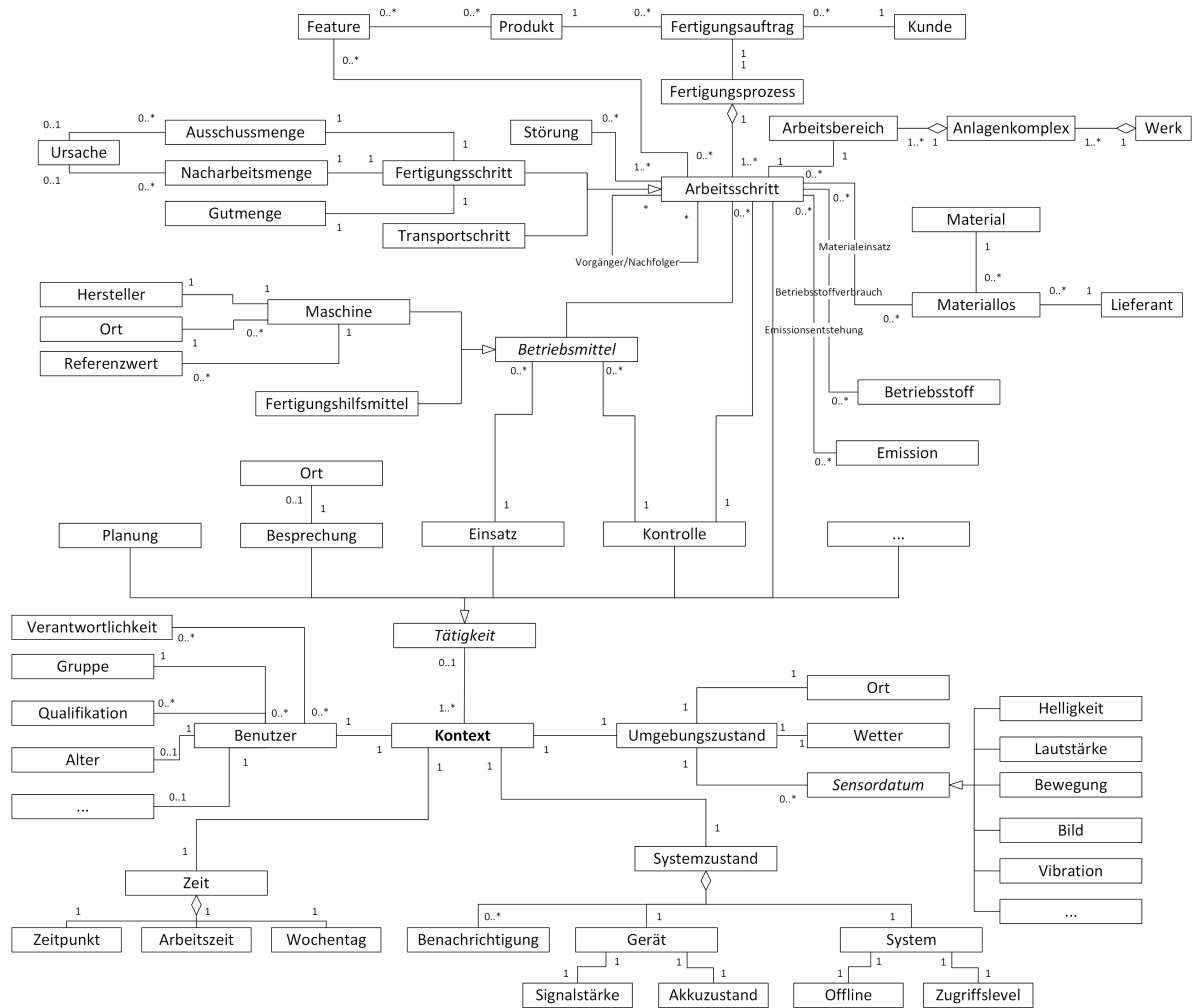


Abbildung 4.1: Fabrikbezogenes Kontextmodell (basierend auf [SBG98], [SAT⁺99], [SHD10], [KMK⁺03], [HT10], [PE11], [Pet03], [TPS12], [TU12], [GNM12])

Das Kontextmodell besitzt als zentralen Punkt den *Kontext* und setzt diesen in Verbindung mit dem aktuellen *Benutzer*, der *Zeit*, dem *Systemzustand*, dem *Umgebungszustand* sowie dessen *Tätigkeit*. Durch diese Kombination aus verschiedenen Kontextinformationen ist es möglich, passende und präzise Informationen bereitzustellen.

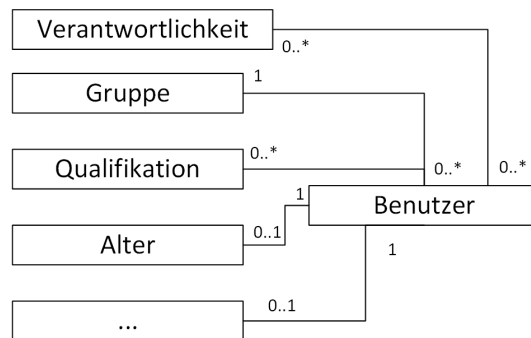


Abbildung 4.2: Fabrikbezogenes Kontextmodell Bereich *Benutzer*

Der Punkt *Benutzer* beschreibt diesen genauer, welche Fähigkeiten und Zuständigkeiten dieser besitzt. Hierbei sind dem Benutzer Verantwortlichkeiten, z.B. für Betriebsmittel, zugeordnet. Zusätzlich besitzt der Benutzer gewisse Qualifikationen, beispielsweise wenn er für die Qualitätssicherung zuständig ist. Jeder Benutzer ist genau einer Gruppe zugeordnet. Hierdurch kann beispielsweise einfach der Vorgesetzte der Gruppe ermittelt werden. Des Weiteren ist dem Benutzer noch ein Alter zugeordnet, wodurch dieses weiter spezifiziert werden kann.

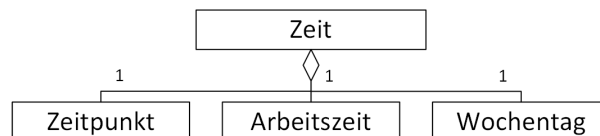


Abbildung 4.3: Fabrikbezogenes Kontextmodell Bereich *Zeit*

Der Punkt *Zeit* ermöglicht es, den Kontext mit einem Zeitpunkt in Verbindung zu bringen. Zum einen findet der Kontext zu einem gewissen Zeitpunkt statt, zum anderen steht dieser Zeitpunkt in Zusammenhang mit einer bereits verbrachten Arbeitszeit und einem Wochentag.

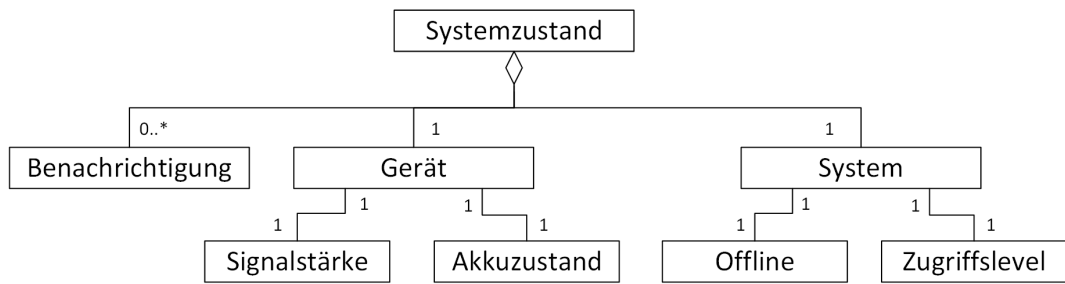


Abbildung 4.4: Fabrikbezogenes Kontextmodell Bereich *Systemzustand*

Der Punkt *Systemzustand* stellt eine Verbindung zu den beteiligten Systemen dar. Hierbei gibt es als einen Teil dieses Zustands eine Menge an Benachrichtigungen, die für den aktuellen Kontext relevant sind, zum anderen den Zustand des Gerätes und den Zustand des Systemes. Der Zustand des Gerätes betrifft das mobile Endgerät, das im entsprechenden Kontext eingesetzt wird. Hier spielen beispielsweise der Akkuzustand des Gerätes und die Signalstärke eine Rolle. Der Zustand des Systems repräsentiert das Backend. Dieses kann sowohl on- als auch offline sein und der Benutzer hat ein gewisses Zugriffslevel auf die verfügbaren Daten.

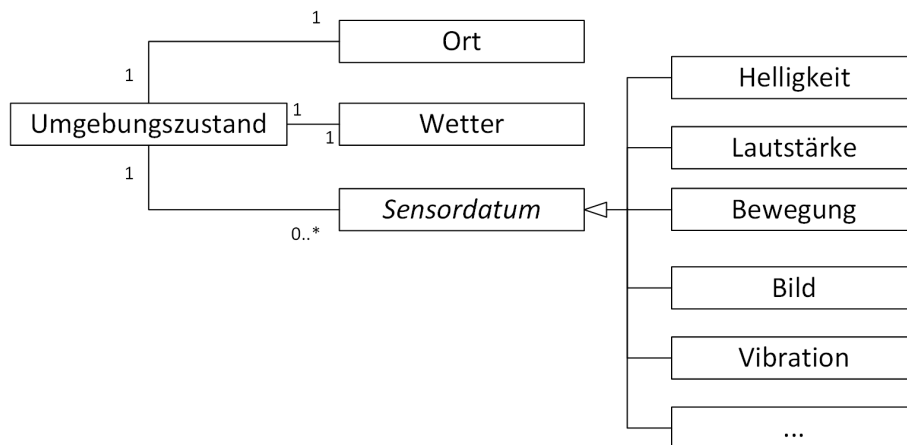


Abbildung 4.5: Fabrikbezogenes Kontextmodell Bereich *Umgebungszustand*

Der *Umgebungszustand* setzt sich aus Sensorinformationen, dem Ort sowie dem Wetter zusammen. Der Ort ist hierbei auch durch (ggf. aggregierte) Sensorinformationen ermittelt, kann jedoch auf unterschiedliche Weise in Erfahrung gebracht werden und mit externen Daten kombiniert werden. Der Punkt Wetter beschreibt das Wetter am aktuellen Ort. Diese Informationen werden zumeist durch externe Datenprovider und nicht direkt durch das mobile Endgerät ermittelt. Als weiteren Punkt besteht der *Umgebungszustand* aus einer Menge an Sensordaten. Hierdurch können Vibrationen, Helligkeiten, Lautstärken und Bewegungen

ermittelt werden. Aber auch Bilddaten, seien es statische Bilder oder Videodaten werden unter diesem Punkt eingeordnet.

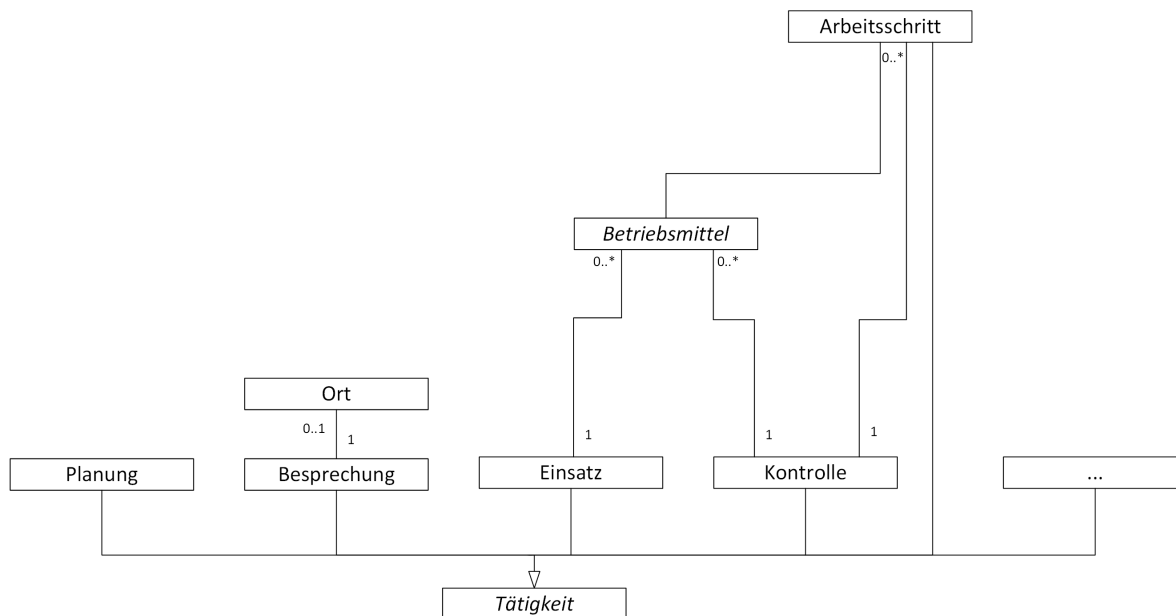


Abbildung 4.6: Fabrikbezogenes Kontextmodell Bereich *Tätigkeit*

Ein weiteres zentrales Element des aktuellen Kontext ist die *Tätigkeit*. Je nach Person kann sich diese Tätigkeit unterscheiden. Während der Werker üblicherweise direkt an einem Arbeitsschritt eines Fertigungsprozesses arbeitet, so können für die Instandhaltung oder Qualitätssicherung zuständigen Personen auch indirekt in Form einer Kontrolle oder Instandsetzung für einen Arbeitsschritt oder Betriebsmittel zuständig sein. Weitere mögliche Tätigkeiten, die vorwiegend von Abteilungsleitern oder Fertigungsleitern vorgenommen werden, sind die Planung oder Besprechungen. Neben diesen Tätigkeiten sind noch weitere Tätigkeiten denkbar.

Die Verbindung mit dem eigentlichen Fertigungsprozess findet über das Element "Arbeitsschritt" statt. Hierdurch kann sich der Kontext auf einen speziellen Arbeitsschritt beziehen.

4 Kontextbezug in der Fabrik

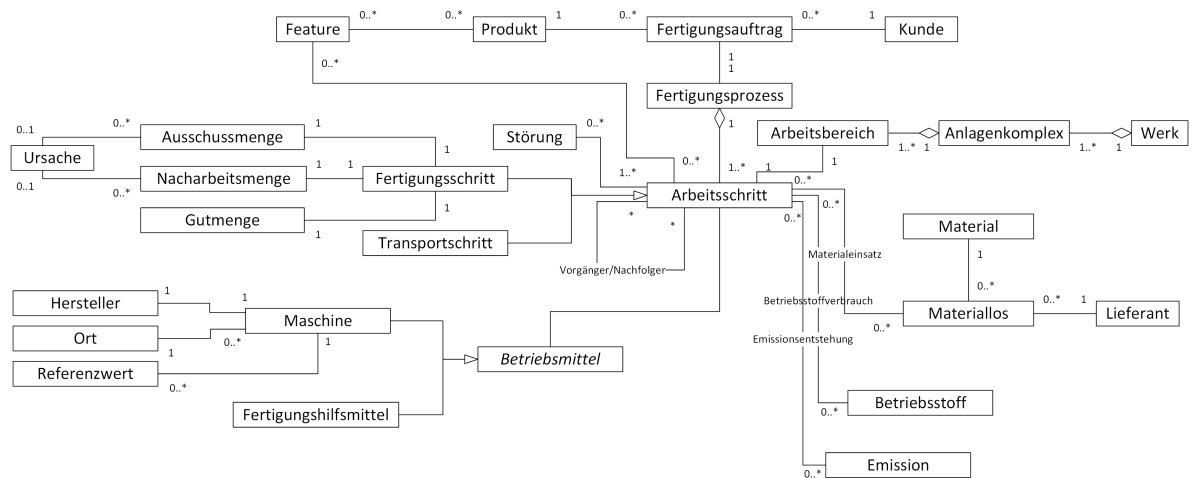


Abbildung 4.7: Fabrikbezogenes Kontextmodell Bereich *Arbeitschritt*

Der *Arbeitschritt* die Verbindung zu den verschiedenen für einen Fertigungsprozess wichtigen Elementen dar. Es folgt eine Aufzählung der einzelnen verbundenen Punkte samt einer kurzen Erklärung:

- **Fertigungsprozess:** Umsetzung eines Fertigungsauftrages, welche potentiell mehrere Arbeitsschritte beinhaltet
- **Feature:** Bestandteil oder Eigenschaft des Endproduktes, welches in diesem Arbeitsschritt (teilweise) umgesetzt wird
- **Arbeitsbereich:** Lokalisation, in welcher der Arbeitsschritt durchgeführt wird
- **Materiallos:** Material, welches in diesem Arbeitsschritt zum Einsatz kommt
- **Betriebsstoff:** Zur Durchführung dieses Arbeitsschritt nötige Ressourcen
- **Emission:** Bei diesem Arbeitsschritt entstehenden Emissionen
- **Betriebsmittel:** Maschinen und Hilfsmittel, die zum Einsatz kommen
- **Fertigungsschritt/Transportschritt:** Genauere Klassifizierung des Arbeitsschrittes
- **Störung:** Information, ob bei diesem Arbeitsschritt eine Störung vorliegt

4.2 Use-Cases

Basierend auf dem prozessbezogenen Kontextmodell für die Fabrik wurden in dieser Arbeit Anwendungsfälle zur kontextbezogenen Informationsbereitstellung auf dem Shopfloor entwickelt. Ausgehend von einer Literaturrecherche ([Str12], [AF09], [Erl10], [BWG09], [Kle07], [KMB10], [Paw13], [Wes06]) wurden die verschiedenen Tätigkeiten und wichtigen Daten in Umfeld der Fabrik analysiert und Bereich analysiert, in denen eine kontextbezogene Informationsbereitstellung zu Vorteilen verhelfen kann.

4.2.1 Akteure

Ausgehend von einer Analyse der Funktionsebenen (siehe [Kle07]) wurden als Hauptakteure für die Use-Cases wurden drei verschiedene Gruppen, die Gruppe der Werker, die Gruppe der Instandhaltung und die Gruppe der Leiter identifiziert. Im Folgenden werden die drei Gruppen beschrieben.

Werker

Die Gruppe der Werker umfasst alle Personen, die direkt an der Fertigung beteiligt sind. Personen, die für die Logistik zuständig sind, werden auch in dieser Gruppe zusammengefasst. Diese Personengruppe zeichnet sich dadurch aus, dass sie klar definierte Aufgaben haben, wie beispielsweise das Bearbeiten eines Werkstückes oder das Kommissionieren von Waren (siehe [AF09], [Erl10]). Die IT-Kompetenz dieser Gruppe ist normalerweise relativ gering, sie kennen sich zumeist mit den Maschinen aus, an denen sie regelmäßig arbeiten. Die Verantwortlichkeit dieser Personengruppe betrifft den von Ihnen durchgeführten Arbeitsschritt.

Instandhaltung

Die Gruppe der Instandhaltung umfasst alle Personen, die direkt oder indirekt für die Instandhaltung zuständig sind. Dies umfasst sowohl die Personen, die für Reparaturen und Wartungen zuständig sind, jedoch auch die Personen, die für die Qualitätssicherung zuständig sind und so oftmals indirekt zur Instandhaltung beitragen. Typische Aufgaben dieser Gruppe sind das Instandsetzen von Maschinen sowie die Kontrolle einzelner Fertigungsschritte (siehe [Paw13], [Str12]). Die IT-Kompetenz dieser Gruppe ist normalerweise etwas höher als jene des normalen Werkers, da diese Gruppe oftmals spezielle Software als Hilfe für Ihre Arbeit einsetzt. Die Verantwortlichkeit dieser Personengruppe betrifft oftmals bestimmte Maschinen oder bestimmte Fertigungsschritte.

Leiter

Die Gruppe der Leiter umfasst alle Personen, die verantwortlich für andere Personen sind. Beispiele hierfür sind Abteilungsleiter oder Fertigungsleiter. Die Aufgaben dieser Personengruppe bestehen meistens aus dem Planen, Steuern und Überwachen von Fertigungsschritten oder Fertigungsprozessen (siehe [Kle07], [Wes06]). Die IT-Kompetenz dieser Gruppe ist normalerweise etwas höher als jene des normalen Werkers, da für Managementaufgaben oftmals softwareunterstützte Systeme eingesetzt werden.

Akteur	Aufgaben	Verantwortlichkeit	IT-Kompetenz
Werkler	Einzelne Arbeitsschritte wie das Bearbeiten eines Werkstückes oder das Kommissionieren von Waren	bestimmte Arbeitsschritte	gering
Instandhaltung	Kontrolle oder Reparaturen	bestimmte Maschinen oder Prozessschritte	normal
Leiter	Planung, Steuerung und Überwachung von Fertigungsprozessen	bestimmte Personen	normal

Tabelle 4.1: Übersicht der Akteure

4.2.2 Übersicht

Die Use-Cases sind in vier Bereiche aufgeteilt. Der Bereich *Kontextbezogene Arbeitsunterstützung* beinhaltet hauptsächlich Use-Cases, die Kontextinformationen benutzen, um Informationen einfach und passend bereitzustellen. Der Bereich *Kontextbezogene Interaktion* umfasst Use-Cases, die das Suchen und Kontaktieren von Personen umfassen. Use-Cases die das Feststellen und Behandeln von Probleme betreffen sind im Bereich *Kontextbezogenes Problemmanagement* zusammengefasst. Als letzter Bereich umfasst der Bereich *Kontextbezogene Hilfestellungen* Use-Cases, die dem Benutzer anhand seines Kontextes vereinfacht Hilfestellungen zur Verfügung stellen.

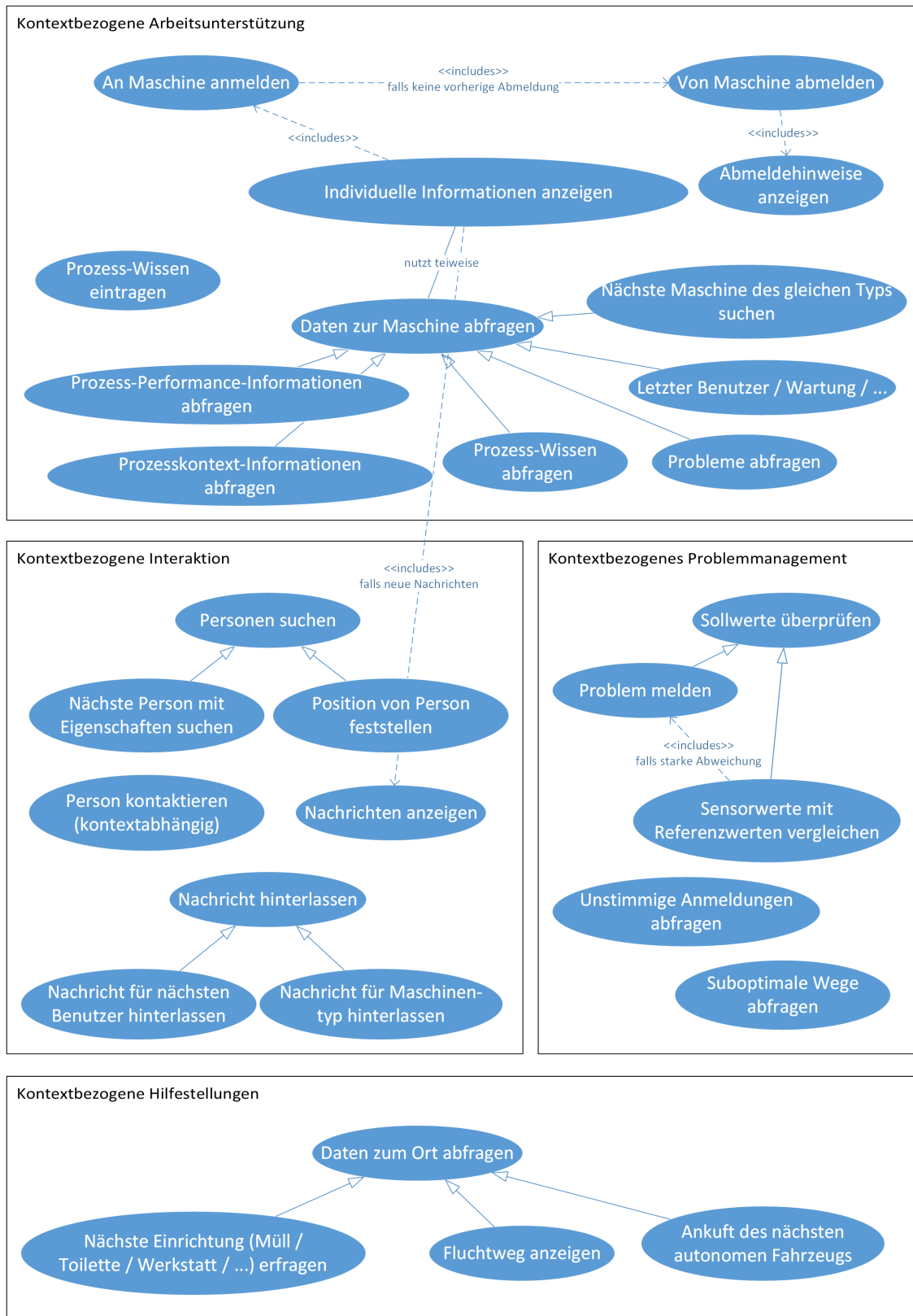


Abbildung 4.8: Übersicht der Use-Cases mit Kontextbezug

4.2.3 Beschreibung

Es folgt eine Beschreibung der einzelnen Use-Cases. Die Darstellung der Use-Case-Beschreibungen orientiert sich an [LL10]. Die Use-Cases werden gezielt möglichst generell gehalten um verschiedene Umsetzungen ohne Abänderungen der Use-Cases zu ermöglichen. Im nächsten Abschnitt folgen beispielhafte Anwendungsszenarien.

Kontextbezogene Arbeitsunterstützung

Name:	An Maschine anmelden
Akteure:	Werker, Instandhaltung, Leiter
Vorbedingungen Fall 1:	Der Benutzer befindet sich mit einem mobilen Endgerät vor einer Maschine und ist im System angemeldet. Der Benutzer sorgt dafür, dass sein mobiles Endgerät die aktuelle Position feststellen kann.
Vorbedingungen Fall 2:	Der Benutzer befindet sich mit einem mobilen Endgerät vor einer Maschine und ist im System angemeldet. Der Benutzer sorgt dafür, dass sein mobiles Endgerät die aktuelle Position feststellen kann. Bei dem Benutzer handelt es sich um einen Werker, der zuvor an einer anderen Maschine angemeldet war und sich nicht von dieser abgemeldet hat.
Normalablauf Fall 1:	Die Oberfläche startet und zeigt dem Benutzer individuelle Informationen an (siehe Use-Case "Individuelle Informationen anzeigen").
Normalablauf Fall 2:	Die Oberfläche startet und zeigt dem Benutzer einen Hinweis an, dass er sich nicht von der vorherigen Maschine abgemeldet hat und zeigt die Abmeldehinweise (siehe Use-Case "Abmeldehinweise anzeigen") der alten Maschine an. Anschließend werden individuelle Informationen angezeigt (siehe Use-Case "Individuelle Informationen anzeigen").
Nachbedingungen:	Der Benutzer liest die Informationen, reagiert entsprechend und beginnt anschließend seine Arbeit.

Name:	Individuelle Informationen anzeigen
Akteure:	Werker, Instandhaltung, Leiter
Vorbedingungen Fall 1:	Der Benutzer ist im System angemeldet und das mobile Endgerät hat die aktuelle Position festgestellt.
Vorbedingungen Fall 2:	Der Benutzer ist im System angemeldet und das mobile Endgerät hat die aktuelle Position festgestellt. Der Benutzer war zuvor an einer Maschine des gleichen Typs angemeldet.
Vorbedingungen Fall 3:	Der Benutzer ist im System angemeldet und das mobile Endgerät hat die aktuelle Position festgestellt. Der Benutzer ist ein Werker und meldet sich zum ersten Mal an einer Maschine von diesem Typ an.
Vorbedingungen Fall 4:	Der Benutzer ist im System angemeldet und das mobile Endgerät hat die aktuelle Position festgestellt. Es liegen neue Nachrichten für diese Maschine oder diesen Maschinentyp vor.
Vorbedingungen Fall 5:	Der Benutzer ist im System angemeldet und das mobile Endgerät hat die aktuelle Position festgestellt. Es gibt Probleme im aktuellen Prozesskontext.
Normalablauf Fall 1:	Die Oberfläche startet und zeigt dem Benutzer Informationen zur Prozess-Performance an.
Normalablauf Fall 2:	Die Oberfläche startet und zeigt dem Benutzer einen Vergleich der Kennzahlen mit der vorherigen Maschine an.
Normalablauf Fall 3:	Die Oberfläche startet und zeigt Anweisungen zur Bedienung der aktuellen Maschine an (siehe Use-Case "Prozess-Wissen abfragen").
Normalablauf Fall 4:	Die Oberfläche startet und zeigt eine Übersicht der neuen Nachrichten an.
Normalablauf Fall 5:	Die Oberfläche startet und zeigt eine Meldung über die Probleme und eine Übersicht über den aktuellen Prozesskontext an.
Nachbedingungen:	Der Benutzer liest die Informationen, reagiert entsprechend und beginnt anschließend seine Arbeit.

4 Kontextbezug in der Fabrik

Name:	Von Maschine abmelden
Akteure:	Werker
Vorbedingungen:	Der Benutzer ist zum aktuellen Zeitpunkt im System und an einer Maschine angemeldet.
Normalablauf:	Der Benutzer wählt in der Anwendung aus, dass er die Maschine verlässt. Dies geschieht automatisch, wenn sich der Benutzer ohne vorheriges Abmelden an einer anderen Maschine neu anmeldet.
Nachbedingungen:	Die Anwendung zeigt an, was beim Verlassen der Maschine gemacht werden sollte (siehe Use-Case "Abmeldehinweise anzeigen").

Name:	Abmeldehinweise anzeigen
Akteure:	Werker, Instandhaltung, Leiter
Vorbedingungen:	Der Benutzer ist zum aktuellen Zeitpunkt an einer Maschine angemeldet.
Normalablauf:	Der Benutzer wählt in der Anwendung aus, dass er die Abmeldehinweise ansehen möchte.
Nachbedingungen:	Die Anwendung zeigt an, was beim Verlassen der Maschine gemacht werden sollte. Ein Beispiel hierfür wäre, dass die Maschine gereinigt und anschließend in den Standby-Modus versetzt werden soll.

Name:	Prozess-Wissen eintragen
Akteure:	Werker, Instandhaltung
Vorbedingungen:	Der Benutzer befindet sich mit einem mobilen Endgerät vor einer Maschine und ist im System angemeldet. Der Benutzer sorgt dafür, dass sein mobiles Endgerät die aktuelle Position feststellen kann.
Normalablauf:	Der Benutzer wählt aus, dass er Prozess-Wissen eintragen möchte und erhält die Möglichkeit, Text, Audio, Bild und Video hinzuzufügen. Die betreffende Maschine bzw. der betreffende Maschinentyp und Prozess sind vorausgewählt.
Nachbedingungen:	Das System speichert die Informationen und macht sie für andere Benutzer zugänglich.

Name:	Prozess-Performance-Informationen abfragen
Akteure:	Werker, Instandhaltung, Leiter
Vorbedingungen:	Der Benutzer ist im System angemeldet und das mobile Endgerät hat die aktuelle Position festgestellt.
Normalablauf Fall 1:	Der Benutzer fragt die Prozess-Performance-Informationen ab. In der folgenden Übersicht wählt er beispielsweise aus, dass er Informationen zu einer speziellen Kennzahl wie der Ausschussrate angezeigt bekommen möchte.
Normalablauf Fall 2:	Der Benutzer fragt die Prozess-Performance-Informationen ab. In der folgenden Übersicht wählt er beispielsweise aus, dass er Informationen zu einer speziellen Kennzahl wie der Ausschussrate angezeigt bekommen möchte. Anschließend wählt der Benutzer aus, dass er eine Echtzeit-Prognose zu dieser Kennzahl angezeigt bekommen möchte.
Normalablauf Fall 3:	Der Benutzer fragt die Prozess-Performance-Informationen ab. In der folgenden Übersicht wählt er beispielsweise aus, dass er Informationen zu einer speziellen Kennzahl wie der Ausschussrate angezeigt bekommen möchte. Anschließend wählt der Benutzer aus, dass er eine Ursachen-Analyse zu dieser Kennzahl angezeigt bekommen möchte.
Normalablauf Fall 4:	Der Benutzer fragt die Prozess-Performance-Informationen ab. In der folgenden Übersicht wählt er beispielsweise aus, dass er Informationen zu einer speziellen Kennzahl wie der Ausschussrate angezeigt bekommen möchte. Anschließend wählt der Benutzer aus, dass er eine Struktur-Analyse zu dieser Kennzahl angezeigt bekommen möchte.
Nachbedingungen:	Der Benutzer bekommt die Prozess-Performance-Informationen zum aktuellen Prozess und/oder zur aktuellen Maschine angezeigt. Wird festgestellt, dass das Gerät von einer liegenden Position in die Hand genommen wird, so werden erweiterte Informationen eingeblendet.

4 Kontextbezug in der Fabrik

Name:	Prozesskontext-Informationen abfragen
Akteure:	Werker, Instandhaltung, Leiter
Vorbedingungen:	Der Benutzer ist im System angemeldet und das mobile Endgerät hat die aktuelle Position festgestellt.
Normalablauf Fall 1:	Der Benutzer fragt die Prozesskontext-Informationen ab.
Normalablauf Fall 2:	Der Benutzer fragt die Prozesskontext-Informationen ab. Anschließend wählt er aus, dass er Details zu der Bestellung angezeigt bekommen möchte.
Normalablauf Fall 3:	Der Benutzer fragt die Prozesskontext-Informationen ab. Anschließend wählt er aus, dass er Details zum Prozessablauf angezeigt bekommen möchte.
Nachbedingungen Fall 1:	Der Benutzer bekommt die Prozesskontext-Informationen zum aktuellen Prozess in einer Übersicht angezeigt.
Nachbedingungen Fall 1:	Der Benutzer bekommt die Bestellinformationen zum aktuellen Prozess angezeigt.
Nachbedingungen Fall 1:	Der Benutzer bekommt die Prozessablaufinformationen zum aktuellen Prozess angezeigt. Hierbei hat er die Möglichkeit, Details (Zuständigkeiten, Status, Prozess-Performance-Informationen, Prozess-Wissen) zu den einzelnen Prozessschritten abzufragen.

Name:	Prozess-Wissen abfragen
Akteure:	Werker, Instandhaltung, Leiter
Vorbedingungen:	Der Benutzer ist im System angemeldet und das mobile Endgerät hat die aktuelle Position festgestellt.
Normalablauf:	Der Benutzer fragt das vorhandene Prozess-Wissen ab.
Nachbedingungen:	Der Benutzer bekommt die Informationen zum aktuellen Prozess und/oder zur aktuellen Maschine angezeigt. Je nachdem, ob der Benutzer Erfahrungen mit dieser Maschine besitzt oder nicht, bekommt er primär grundlegende Prozessanweisungen oder Verbesserungsvorschläge zu sehen, er kann jedoch bei Bedarf jederzeit sämtliche Daten einsehen.

Name:	Probleme abfragen
Akteure:	Werker, Instandhaltung, Leiter
Vorbedingungen:	Der Benutzer ist im System angemeldet und das mobile Endgerät hat die aktuelle Position festgestellt.
Normalablauf:	Der Benutzer fragt die Probleme zur aktuellen Maschine ab.
Nachbedingungen:	Der Benutzer bekommt eine Auflistung der Probleme der Maschine, vor der sich der Benutzer befindet.

Name:	Letzter Benutzer / Wartung / ... abfragen
Akteure:	Instandhaltung, Leiter
Vorbedingungen:	Der Benutzer ist im System angemeldet und das mobile Endgerät hat die aktuelle Position festgestellt.
Normalablauf:	Der Benutzer fragt die letzten Ereignisse zur aktuellen Maschine ab und gibt je nach Wunsch noch einen Filter an, beispielsweise wenn er nur die letzten Benutzeranmeldungen sehen möchte.
Nachbedingungen:	Der Benutzer bekommt eine ggf. gefilterte Übersicht der letzten Ereignisse der Maschine, vor der sich der Benutzer befindet.

Name:	Nächste Maschine des gleichen Typs suchen
Akteure:	Werker, Instandhaltung, Leiter
Vorbedingungen:	Der Benutzer ist im System angemeldet und das mobile Endgerät hat die aktuelle Position festgestellt.
Normalablauf:	Der Benutzer gibt ein, dass er die nächste Maschine des gleichen Typs angezeigt bekommen möchte.
Nachbedingungen:	Der Benutzer bekommt eine Karte angezeigt, auf der er seine aktuelle Position sowie den Weg zur nächsten Maschine des gleichen Typs sieht.

Kontextbezogene Interaktion

Name:	Nächste Person mit Eigenschaften suchen
Akteure:	Werker, Instandhaltung, Leiter
Vorbedingungen:	Der Benutzer ist im System angemeldet und das mobile Endgerät hat die aktuelle Position festgestellt.
Normalablauf:	Der Benutzer gibt die gewünschten Anforderungen an die zu suchende Person ein, beispielsweise Zuständigkeit oder Erfahrung für einen bestimmten Maschinentyp.
Nachbedingungen:	Die Anwendung zeigt dem Benutzer eine Karte mit den aktuellen Positionen der Personen, welche die eingegebenen Anforderungen erfüllen, die Person mit der geringsten Entfernung zum Benutzer wird hierbei hervorgehoben.

Name:	Position von Personen feststellen
Akteure:	Werker, Instandhaltung, Leiter
Vorbedingungen:	Der Benutzer ist im System angemeldet und das mobile Endgerät hat die aktuelle Position festgestellt.
Normalablauf:	Der Benutzer gibt eine beliebige Anzahl an Personen ein, von denen er die Position wissen will.
Nachbedingungen:	Die Anwendung zeigt dem Benutzer eine Karte mit den aktuellen Positionen der ausgewählten Personen an. Sind zu Personen keine Positionen bekannt, erscheint eine entsprechende Information.

Name:	Person kontaktieren (kontextabhängig)
Akteure:	Werker, Instandhaltung, Leiter
Vorbedingungen:	-
Normalablauf:	Der Benutzer wählt in der Anwendung eine Person aus, die er kontaktieren möchte.
Nachbedingungen:	Die Anwendung zeigt dem Benutzer an, wenn die Sensorwerte darauf schließen lassen, dass ein Kontaktversuch problematisch sein könnte, beispielsweise wegen sehr hoher Geräuschbelastung oder wenn sich der Benutzer gerade bewegt.

Name:	Nachrichten anzeigen
Akteure:	Werker, Instandhaltung, Leiter
Vorbedingungen:	Der Benutzer ist im System angemeldet und das mobile Endgerät hat die aktuelle Position festgestellt.
Normalablauf:	Der Benutzer wählt in der Anwendung aus, dass er die Nachrichten anzeigen möchte. Dies geschieht automatisch, wenn sich der Benutzer an einer Maschine anmeldet und neue Nachrichten verfügbar sind.
Nachbedingungen:	Der Benutzer bekommt sämtliche Nachrichten angezeigt, die entweder an diese Maschine oder an diesen Maschinentyp adressiert sind.

Name:	Nachricht für nächsten Benutzer hinterlassen
Akteure:	Werker, Instandhaltung, Leiter
Vorbedingungen:	Der Benutzer ist im System angemeldet und das mobile Endgerät hat die aktuelle Position festgestellt.
Normalablauf:	Der Benutzer gibt über die Oberfläche eine Nachricht für den nächsten Benutzer der aktuellen Maschine ein.
Nachbedingungen:	Sobald sich die nächste Person an dieser Maschine anmeldet, erscheint die vom vorherigen Benutzer hinterlassene Nachricht.

Name:	Nachricht für Maschinentyp hinterlassen
Akteure:	Werker, Instandhaltung, Leiter
Vorbedingungen:	Der Benutzer ist im System angemeldet und das mobile Endgerät hat die aktuelle Position festgestellt.
Normalablauf:	Der Benutzer gibt über die Oberfläche eine Nachricht für alle Benutzer des gleichen Maschinentyps ein.
Nachbedingungen:	Sämtliche Personen, die an einer Maschine des gleichen Typs arbeiten oder ihre Arbeit an einer Maschine des gleichen Typs beginnen erhalten die Nachricht.

Kontextbezogenes Problemmanagement

Name:	Problem melden
Akteure:	Werker
Vorbedingungen Fall 1:	Der Benutzer ist im System angemeldet und das mobile Endgerät hat die aktuelle Position festgestellt.
Vorbedingungen Fall 2:	Die Proaktive Handlungsoptimierung stellt fest, dass sich bestimmte Kennzahlen so entwickeln, dass sie voraussichtlich ihre Vorgaben nicht einhalten.
Normalablauf Fall 1:	Der Benutzer meldet, dass es ein Problem mit der aktuellen Maschine gibt und fügt bei Bedarf Text, Bilder, Audio oder Videos hinzu.
Normalablauf Fall 2:	Das System generiert eine Problemmeldung.
Nachbedingungen Fall 1:	Die für diese Maschine zuständigen Personen werden informiert, der Benutzer erhält eine Möglichkeit, zuständige Personen mit Hilfe des mobilen Endgerätes zu kontaktieren. Die Problemmeldung wird automatisch um den Kontext des Benutzers ergänzt um daraus mögliche Fehlerursachen erkennen zu können, wie beispielsweise das Auftreten eines Fehlers immer zu Ende der Arbeitszeit oder in einem bestimmten Arbeitsbereich.
Nachbedingungen Fall 2:	Die Problemmeldung wird mitsamt Vorschlägen ("Verbesserungsvorschläge" aus dem Bereich Prozess-Wissen) zur Verbesserung des Problems an den entsprechenden Benutzern weitergeleitet.

Name:	Sensorwerte mit Referenzwerten vergleichen
Akteure:	Werker, Instandhaltung, Leiter
Vorbedingungen:	Der Benutzer ist im System angemeldet und das mobile Endgerät hat die aktuelle Position festgestellt.
Normalablauf Fall 1:	Der Benutzer wählt in der Anwendung aus, dass er die Ist-Werte der Vibration mit den Referenzwerten für die Maschine vergleichen will und positioniert sein mobiles Endgerät wie es in der Anwendung dargestellt wird an der Maschine.
Normalablauf Fall 2:	Der Benutzer wählt in der Anwendung aus, dass er die Ist-Werte der Lautstärke mit den Referenzwerten für die Maschine vergleichen will und positioniert sein mobiles Endgerät wie es in der Anwendung dargestellt wird an der Maschine.
Normalablauf Fall 3:	Der Benutzer wählt in der Anwendung aus, dass er die Ist-Werte der Helligkeit mit den Referenzwerten für die Maschine vergleichen will und positioniert sein mobiles Endgerät wie es in der Anwendung dargestellt wird an der Maschine.
Normalablauf Fall 4:	Der Benutzer legt das Gerät an eine spezielle markierte Position, die für eine automatische Überprüfung geeignet ist. Die Überprüfung der Vibration, Lautstärke und Helligkeit (siehe Normalablauf Fall 1, 2 und 3) findet automatisch statt.
Nachbedingungen:	Die Anwendung zeigt dem Benutzer an, ob die gemessenen Werte innerhalb oder außerhalb des gewünschten Bereichs liegt und gibt dem Benutzer im Falle von kritischen Werten die Möglichkeit, eine Problemmeldung zu erstellen.

Name:	Unstimmigkeiten Anmeldungen abfragen
Akteure:	Leiter
Vorbedingungen:	Mindestens ein Mitarbeiter meldet sich zu einem Zeitpunkt an einer anderen Maschine an, als die Planung es für ihn vorsieht.
Normalablauf:	Der zuständige Fertigungsleiter wählt aus, dass er unstimmige Anmeldungen abfragen möchte.
Nachbedingungen:	Die Anwendung zeigt eine Liste der aktuell unstimmigen Anmeldungen von Personen an. Zusätzlich gibt es eine Möglichkeit, die entsprechenden Mitarbeiter zu kontaktieren.

4 Kontextbezug in der Fabrik

Name:	Suboptimale Wege abfragen
Akteure:	Leiter
Vorbedingungen:	Mindestens ein Mitarbeiter meldet sich mehrmals nacheinander an unterschiedlichen Maschinen an, die eine verhältnismäßig große Distanz zueinander aufweisen.
Normalablauf:	Der Fertigungsleiter wählt im System aus, das er potentiell suboptimale Wege von Arbeitern angezeigt bekommen möchte.
Nachbedingungen:	Das System zeigt eine Liste von Mitarbeitern an, die oft Wege zurücklegen müssen, die potentiell optimiert werden können. Zusätzlich gibt es eine Möglichkeit, die entsprechenden Mitarbeiter zu kontaktieren.

Kontextbezogene Hilfestellungen

Name:	Nächste Einrichtung (Müll / Toilette / Werkstatt / ...) erfragen
Akteure:	Werker, Instandhaltung, Leiter
Vorbedingungen:	Der Benutzer ist im System angemeldet und das mobile Endgerät hat die aktuelle Position festgestellt.
Normalablauf:	Der Benutzer gibt ein, welche Einrichtung er sucht, beispielsweise die nächste Toilette.
Nachbedingungen:	Der Benutzer bekommt eine Karte angezeigt, auf der er seine aktuelle Position sowie den Weg zur nächsten gewünschten Einrichtung sieht.

Name:	Fluchtweg anzeigen
Akteure:	Werker, Instandhaltung, Leiter
Vorbedingungen:	Der Benutzer ist im System angemeldet und das mobile Endgerät hat die aktuelle Position festgestellt.
Normalablauf:	Der Benutzer gibt ein, dass er den Fluchtweg angezeigt bekommen möchte.
Nachbedingungen:	Der Benutzer bekommt eine Karte angezeigt, auf der er seine aktuelle Position sowie den Fluchtweg sieht.

Name:	Ankunft des nächsten autonomen Fahrzeugs
Akteure:	Werker, Instandhaltung
Vorbedingungen:	Der Benutzer ist im System angemeldet und das mobile Endgerät hat die aktuelle Position festgestellt.
Normalablauf:	Der Benutzer gibt ein, dass er die Ankunft des nächsten autonomen Fahrzeugs angezeigt bekommen möchte.
Nachbedingungen:	Der Benutzer bekommt angezeigt, wann die nächsten autonomen Fahrzeug am aktuellen Ort eintreffen werden.

4.2.4 Anwendungsszenarien

Im Folgenden wird der Einsatz der durch die Use-Case beschriebenen Funktionalitäten anhand zweier exemplarischer Anwendungsszenarien beschrieben. Diese stellen mögliche Tätigkeitsabläufe für einen typischen Arbeiter und einen typischen Fertigungsleiter dar, die die Benutzung von einigen Use-Cases beinhalten. Neben diesen Szenarien ist eine Vielzahl an Alternativen möglich, sie sollen nur beispielhaft demonstrieren, wie der Kontextbezug in der Fabrik die Arbeit verbessern und vereinfachen kann.

Szenario für den Arbeiter

Der Arbeiter meldet sich am Morgen bei Beginn der Arbeit mit dem Tablet an einer Maschine des Typs 6000 an, an welcher er regelmäßig arbeitet. Das Tablet zeigt ihm eine Nachricht vom letzten Benutzer des Vortags an, die besagt, dass die Maschine gewartet wurde und wieder vollständig einsetzbar ist. Anschließend sieht der Mitarbeiter eine Übersicht der neusten Kennzahlen und beginnt mit seiner Arbeit. Nach einiger Zeit bekommt er eine Problemmeldung, dass die Entwicklung der Ausschussrate vermuten lässt, dass diese bald die Grenzwerte überschreitet. Zusätzlich bekommt er eine proaktive Handlungsempfehlung angezeigt, dass andere Mitarbeiter festgestellt haben, dass sich die Ausschussrate durch das Neustarten der Maschine deutlich reduzieren lässt. Der Mitarbeiter startet die Maschine neu und setzt seine Arbeit mit verringerter Ausschussrate fort. Am Nachmittag wird der Mitarbeiter verständigt, er sollte die Arbeit an der Maschine B200 vom Typ 4000 fortsetzen, da der dafür zuständige Mitarbeiter während der Mittagspause einen Unfall hatte und vorerst nicht mehr arbeiten kann. Als sich der Arbeiter an der Maschine B200 anmeldet, erhält er eine Übersicht über die wichtigsten Informationen und Prozessanweisungen aus dem Bereich Prozess-Wissen zu dieser Maschine, da sich der Mitarbeiter zum ersten Mal an einer Maschine des Typs 4000 angemeldet hat und keine Erfahrungen im Umgang mit diesem Maschinentyp hat. Der Mitarbeiter studiert die Informationen und beginnt seine Arbeit. Als er nach einiger Zeit auf ein Problem stößt, welches er nicht einfach lösen kann, sucht er in der App die nächste Person, die sich mit Maschinen des Typs 4000 auskennt und kontaktiert diese. Der Mitarbeiter hat spontan Zeit und zeigt ihm, wie er das für Maschinen des Typs 4000 typische Problem lösen kann. Anschließend ergänzt er das neue Wissen noch in der App in Form einer kurzen Information für das Prozess-Wissen und setzt seine Arbeit fort. Am Ende der Arbeit wählt er in der App aus, dass er die Maschine nun verlässt und erhält

die Information, dass Maschinen des Typs 4000 am Ende der Arbeit in der Standby-Modus versetzt werden sollen und macht dies.

Szenario für den Fertigungsleiter

Der Fertigungsleiter bekommt auf sein Tablet eine Echtzeit-Prognose-Warnung, dass es ein Problem mit der Maschine A100 vom Typ 8000 gibt, nachdem die Entwicklung der Durchlaufzeitkennzahlen darauf schließen lässt, dass diese sehr bald deutlich zu hoch sein wird. Anschließend begibt er sich in die Fertigungshalle zur Maschine A100 und meldet sich dort an. Er sieht eine Nachricht vom Mitarbeiter Max Mustermann, dass ihm bei der Benutzung der Maschine sehr starke Vibrationen aufgefallen sind. Der Fertigungsleiter wählt in der App aus, dass er die Vibrationen mit den Referenzwerten vergleiche möchte und steckt wie in der App angezeigt das Tablet in die an der Maschine angebrachte Halterung. Der Vergleich ergibt, dass die Vibrationen um etwa 50% zu hoch sind. Um sicherzugehen, möchte der Fertigungsleiter einen Vergleich mit einer Maschine des selben Typs vornehmen. In der App sucht er nach nächsten Maschine des Typs 8000 und begibt sich dort hin. Sobald er sich an der neuen Maschine A101 des Typs 8000 angemeldet hat, erhält er direkt einen Vergleich der Kennzahlen mit der Maschine A100 und stellt fest, dass die Durchlaufzeit bei der Maschine A100 um 30% höher ist als bei der Maschine A101. Zur Sicherheit wählt der Fertigungsleiter auch bei dieser Maschine aus, dass er die Vibration messen möchte und stellt fest, dass hier keine entscheidenden Abweichungen zu den Referenzwerten zu erkennen sind. Über die App kontaktiert er die für diesen Maschinentyp zuständige Person und bittet um zügige Behebung des Problems. Zur Vorbeugung vor weiteren Problemen hinterlässt der Fertigungsleiter eine Nachricht für den Maschinentyp 8000 und bittet alle Benutzer, besonders auf verstärkte Vibrationen zu achten und diese so schnell wie möglich zu melden.

5 Realisierung

Im folgenden Kapitel wird die prototypische Umsetzung ausgewählter Use-Cases auf Basis des Kontextmodells beschrieben. Hierbei handelt es sich nur um eine Kurzdarstellung der im Rahmen der Erstellung des Prototyps durchgeführten Arbeiten und Anpassungen.

5.1 Anforderungen

Die prototypische Umsetzung baut auf vorgegangen Arbeiten [Vet12], [Dap12], [Exn13] auf und hat hierbei die klare Fokussierung auf die mobile App samt Einbindung von Use-Cases mit Kontextbezug.

Der Prototyp ist grundsätzlich für zwei unterschiedliche Benutzergruppen zugeschnitten, die Gruppe der Werker und die Gruppe der Fertigungsleiter. Die Zuordnung zu jeweils einer dieser beiden Benutzergruppen wird bei der Anmeldung des Benutzers durchgeführt.

Im Folgenden werden kurz die wichtigsten Use-Cases für die beiden Benutzergruppen vorgestellt, hierbei handelt es sich nicht um eine vollständige Aufführung sämtlicher umgesetzter Funktionalitäten.

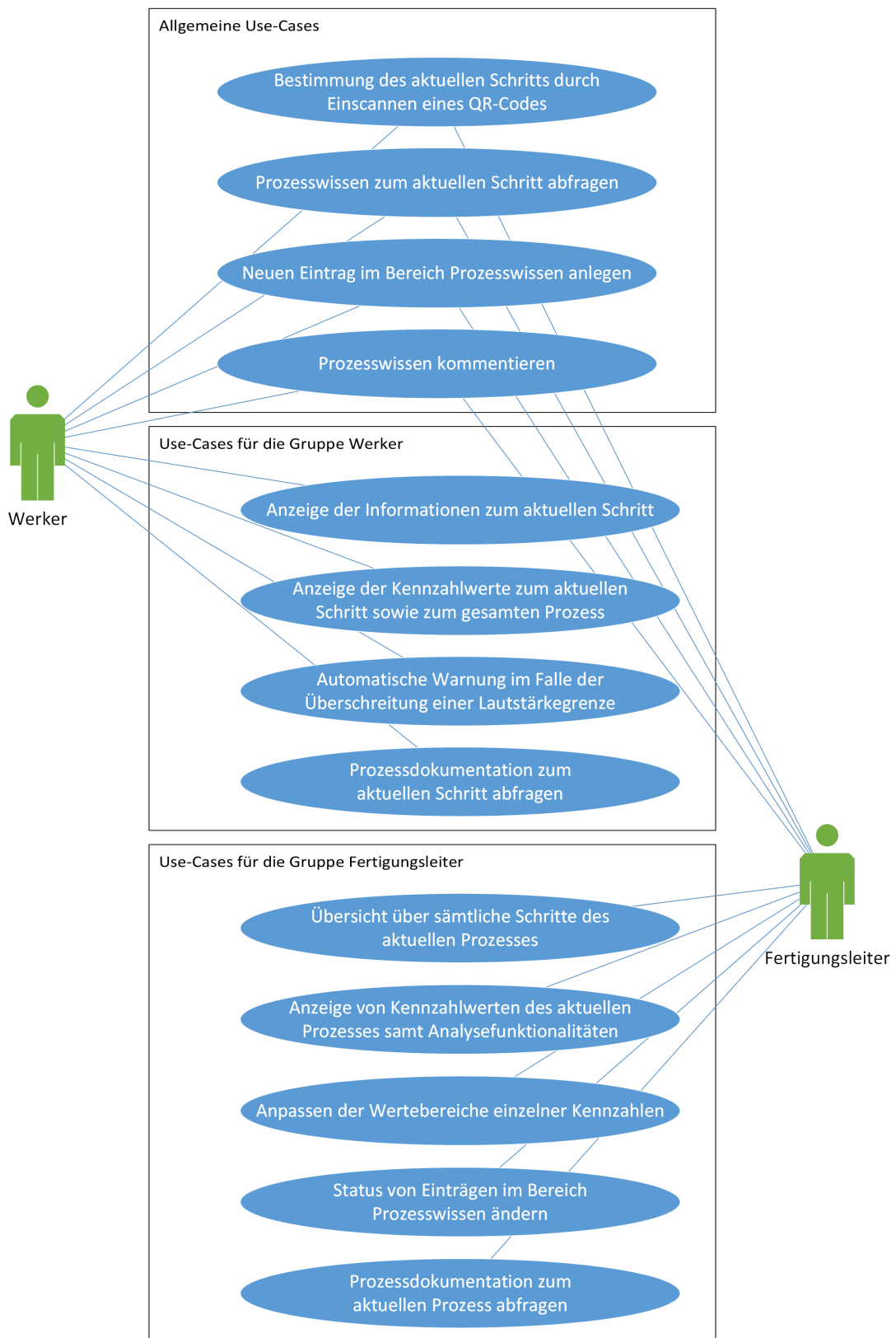


Abbildung 5.1: Übersicht einiger im Prototyp umgesetzten Use-Cases

5.1.1 Allgemeine Use-Cases

Name:	Bestimmung des aktuellen Schritts durch Einscannen eines QR-Codes
Akteure:	Werker und Fertigungsleiter
Vorbedingungen	Die App ist gestartet und der Benutzer ist eingeloggt. Die Verbindung zum Server ist hergestellt.
Normalablauf	Der Benutzer wählt in der App aus, dass er einen QR-Code zur Bestimmung des Prozesses einscannen möchte und scannt anschließend einen gültigen QR-Code ein.
Nachbedingungen:	Der im QR-Code hinterlegte Prozess samt -schritt ist nun als aktueller Prozess und -schritt in der App festgelegt.

Name:	Prozesswissen zum aktuellen Schritt abfragen
Akteure:	Werker und Fertigungsleiter
Vorbedingungen	Die App ist gestartet und der Benutzer ist eingeloggt. Die Verbindung zum Server ist hergestellt.
Normalablauf	Der Benutzer geht in den Bereich Prozesswissen und wählt dort aus, dass er lediglich Einträge zum aktuellen Prozessschritt angezeigt bekommen möchte.
Nachbedingungen:	Es werden nur noch solche Einträge angezeigt, die dem aktuellen Prozessschritt zugeordnet sind.

Name:	Neuen Eintrag im Bereich Prozesswissen anlegen
Akteure:	Werker und Fertigungsleiter
Vorbedingungen	Die App ist gestartet und der Benutzer ist eingeloggt. Die Verbindung zum Server ist hergestellt.
Normalablauf	Der Benutzer geht in den Bereich Prozesswissen und wählt dort aus, dass er einen neuen Eintrag anlegen möchte.
Nachbedingungen:	Der Benutzer sieht eine Maske für den neuen Eintrag, die Zuordnung zum aktuellen Prozessschritt wurde automatisch erstellt.

Name:	Prozesswissen kommentieren
Akteure:	Werker und Fertigungsleiter
Vorbedingungen	Die App ist gestartet und der Benutzer ist eingeloggt. Die Verbindung zum Server ist hergestellt.
Normalablauf	Der Benutzer geht in den Bereich Prozesswissen und wählt dort einen vorhandenen Eintrag aus.
Nachbedingungen:	Der Benutzer sieht bereits vorhandene Kommentare und kann über ein Eingabefeld weitere Kommentare hinzufügen.

5.1.2 Use-Cases für die Gruppe *Werker*

Name:	Anzeige der Informationen zum aktuellen Schritt
Akteure:	Werker
Vorbedingungen	Die App ist gestartet und der Benutzer ist eingeloggt. Die Verbindung zum Server ist hergestellt.
Normalablauf	Der Benutzer geht in den Bereich Prozesskontext.
Nachbedingungen:	Der Benutzer bekommt Informationen zum seinem aktuellen Schritt samt der proaktiven Handlungsempfehlung, falls vorhanden, angezeigt. Zusätzlich sieht der Benutzer eine Zusammenfassung der vorherigen und nachfolgenden Schritte.

Name:	Anzeige der Kennzahlwerte zum aktuellen Schritt sowie zum gesamten Prozess
Akteure:	Werker
Vorbedingungen	Die App ist gestartet und der Benutzer ist eingeloggt. Die Verbindung zum Server ist hergestellt.
Normalablauf	Der Benutzer geht in den Bereich Prozessperformance.
Nachbedingungen:	Der Benutzer erhält eine Übersicht sämtlicher Metriken zum aktuellen Prozessschritt und hat die Möglichkeit alle globalen Prozessmetriken angezeigt zu bekommen.

Name:	Automatische Warnung im Falle der Überschreitung einer Lautstärkegrenze
Akteure:	Werker
Vorbedingungen	Die App ist gestartet und der Benutzer ist eingeloggt. Die Verbindung zum Server ist hergestellt.
Normalablauf	Der Benutzer ist in einem beliebigen Bereich der App und die gemessene Umgebungslautstärke überschreitet den vordefinierten Grenzwert.
Nachbedingungen:	Der Benutzer erhält einen Informationsdialog mit der Möglichkeit einen vorausgefüllten Eintrag für den Bereich Prozesswissen zu erstellen, der die gemessene Lautstärke und den Zeitpunkt der Messung enthält.

Name:	Prozessdokumentation zum aktuellen Schritt abfragen
Akteure:	Werker
Vorbedingungen	Die App ist gestartet und der Benutzer ist eingeloggt. Die Verbindung zum Server ist hergestellt.
Normalablauf	Der Benutzer geht in den Bereich Prozessdokumentation.
Nachbedingungen:	Der Benutzer bekommt nur solche Einträge angezeigt, die dem aktuellen Prozessschritt zugeordnet sind.

5.1.3 Use-Cases für die Gruppe *Fertigungsleiter*

Name:	Übersicht über sämtliche Schritte des aktuellen Prozesses
Akteure:	Fertigungsleiter
Vorbedingungen	Die App ist gestartet und der Benutzer ist eingeloggt. Die Verbindung zum Server ist hergestellt.
Normalablauf	Der Benutzer geht in den Bereich Prozesskontext.
Nachbedingungen:	Der Benutzer erhält eine Übersicht über sämtliche Schritte des aktuellen Prozesses. Über eine Option hat er die Auswahl, zu sämtlichen Schritten sämtliche Details anzuzeigen oder nur zum aktuellen Schritt sämtliche Detail anzuzeigen.

Name:	Anzeige von Kennzahlwerten des aktuellen Prozesses samt Analysefunktionalitäten
Akteure:	Fertigungsleiter
Vorbedingungen	Die App ist gestartet und der Benutzer ist eingeloggt. Die Verbindung zum Server ist hergestellt.
Normalablauf	Der Benutzer wechselt in den Bereich Prozessperformance.
Nachbedingungen:	Der Benutzer erhält eine Übersicht sämtlicher Metriken zum aktuellen Prozess samt Echtzeit-Vorhersage für die einzelnen Lose und proaktiven Handlungsempfehlungen. Bei Bedarf kann der Benutzer eine Ursachenanalyse erstellen lassen und bekommt diese zusätzlich angezeigt.

Name:	Anpassen der Wertebereiche einzelner Kennzahlen
Akteure:	Fertigungsleiter
Vorbedingungen	Die App ist gestartet und der Benutzer ist eingeloggt. Die Verbindung zum Server ist hergestellt.
Normalablauf	Der Benutzer befindet sich im Bereich Prozessperformance und wählt dort aus, dass er die Wertebereiche zur aktuellen Kennzahl anpassen möchte.
Nachbedingungen:	Der Benutzer erhält eine Übersicht der Wertebereiche zur aktuellen Metrik und kann diese modifizieren sowie neue Bereiche anlegen oder vorhandene Bereich löschen.

Name:	Status von Einträgen im Bereich Prozesswissen ändern
Akteure:	Fertigungsleiter
Vorbedingungen	Die App ist gestartet und der Benutzer ist eingeloggt. Die Verbindung zum Server ist hergestellt.
Normalablauf	Der Benutzer geht in den Bereich Prozesswissen.
Nachbedingungen:	Der Benutzer erhält eine Übersicht über sämtliche Einträge zum aktuellen Prozess. Einträge, die neu hinzugefügt wurden und noch nicht als gelöst markiert sind werden hierbei besonders hervorgehoben und der Benutzer hat die Möglichkeit, diese als gelöst zu markieren.

Name:	Prozessdokumentation zum aktuellen Prozess abfragen
Akteure:	Fertigungsleiter
Vorbedingungen	Die App ist gestartet und der Benutzer ist eingeloggt. Die Verbindung zum Server ist hergestellt.
Normalablauf	Der Benutzer wechselt in den Bereich Prozessdokumentation.
Nachbedingungen:	Der Benutzer bekommt nur solche Einträge angezeigt, die dem aktuellen Prozess zugeordnet sind.

Der Kontextbezug wird hier an verschiedenen Stellen genutzt, unter anderem durch die Einordnung der Benutzer in verschiedene Gruppen, das Einscannen eines QR-Codes zur Prozessschrittbestimmung nutzt den lokalen Kontext des Benutzers um direkt die gewünschten Daten zum aktuellen Fertigungsschritt zu erhalten. Weitere Funktionen wie das Erstellen von neuen Einträgen im Bereich Prozesswissen werden dem aktuellen Fertigungsschritt zugeordnet um diese Informationen möglichst präzise abzuspeichern und zuordnen zu können.

5.2 Übersicht der Architektur

Im Folgenden wird ein kurzer Überblick über die technische Architektur des Prototyps gegeben. Hierbei wird nicht auf sämtliche Details eingegangen, sondern der grundsätzliche Aufbau erläutert.

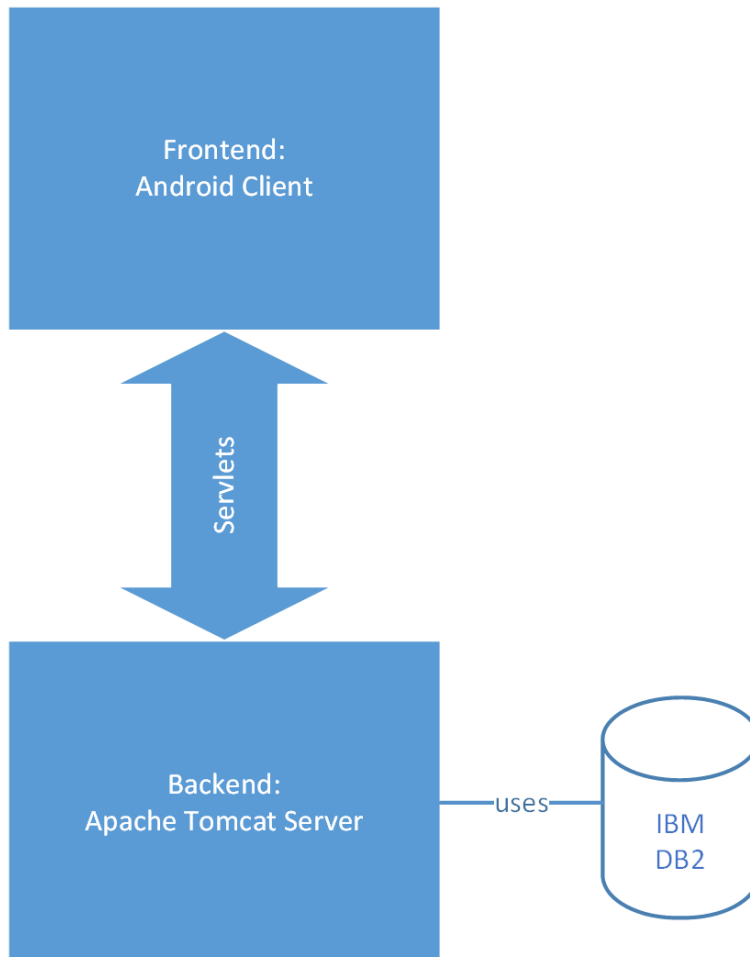


Abbildung 5.2: Übersicht einiger im Prototyp umgesetzten Use-Cases

5.2.1 Frontend

Das Frontend besteht aus einer nativen Android App, die auf ein 10 Zoll Tablet mit einer Auflösung von 1280x800 Pixeln optimiert wurde. Die App wurde auf einem typischen Android Tablet mit der Android Version 4.1.1 getestet und darauf angepasst.

Für die Umsetzung der Android App wurden einige externe Bibliotheken eingebunden. Die Bibliothek GaugeView ¹ wird für die Darstellung von Rundinstrumenten genutzt, die Bibliothek ColorPicker ² ermöglicht das Auswählen einer Farbe über einen ColorPicker, die Bibliothek ZXing ³ ermöglicht das Scannen von vielen Codes und wurde bei der App für das Einlesen der QR-Codes eingebunden.

5.2.2 Backend

Das serverseitige Backend besteht aus eine Java EE Umgebung mit einem Apache Tomcat. Als Datenbank kommt eine IBM DB2 zu Einsatz. Für die Nutzung der Mining-Dienste wird Tool RapidMiner ⁴ eingesetzt. Die Kommunikation zwischen dem mobilen Endgerät und dem Server findet über Java Servlets statt.

Für die Anzeige der Ergebnisbaum der Ursachenanalyse wird Jung ⁵ mit den benötigten Bibliotheken Apache Commons Collections ⁶ sowie Colt ⁷ eingesetzt.

¹<http://android.codeandmagic.org/2012/08/android-gaugeview-library/>

²<https://code.google.com/p/android-color-picker/>

³<https://code.google.com/p/zxing/>

⁴<http://rapid-i.com/>

⁵<http://jung.sourceforge.net/>

⁶<http://commons.apache.org/proper/commons-collections/>

⁷<http://acs.lbl.gov/software/colt/>

5.3 Implementierung

Die Implementierung des Prototyps beinhaltet als ersten Schritt die technische Integration und Fehlerbereinigung des Quellcodes aus den Arbeiten [Vet12], [Dap12] und [Exn13]. Nach dem Zusammenführen samt Anpassung der Datenbank stehen nun vielfältige Analyse-Funktionen (Echtzeitanalyse, Ursachenanalyse, Proaktive Handlungsempfehlung) zur Verfügung.

Die Umsetzung der Android App orientiert sich an den Android Guidelines ⁸ und nutzt beispielsweise das Navigation Drawer Pattern als Menü für die Hauptkategorien, Multi-pane Layouts Pattern zur Darstellung von kombinierten Overview-Detail Ansichten und einige weitere.

Die App ist grundsätzlich in fünf Bereiche aufgeteilt, sowohl im Falle des Werkers, als auch im Falle des Fertigungsleiter. Neben der Bereich Prozessauswahl zur manuellen oder durch das Einscannen eines QR-Codes automatischen Bestimmung des aktuellen Prozesses stellen die Bereiche Prozesskontext, Prozessperformance, Prozesswissen und Prozessdokumentation den Kern der App dar. Im Folgenden werden die einzelnen Bereiche kurz vorgestellt und erläutert.

⁸<http://developer.android.com/design/index.html>

5.3.1 Prozessauswahl

Im Bereich Prozessauswahl sieht der Benutzer eine Übersicht sämtlicher Prozesse mit einer Übersicht der aktuellen Lose.

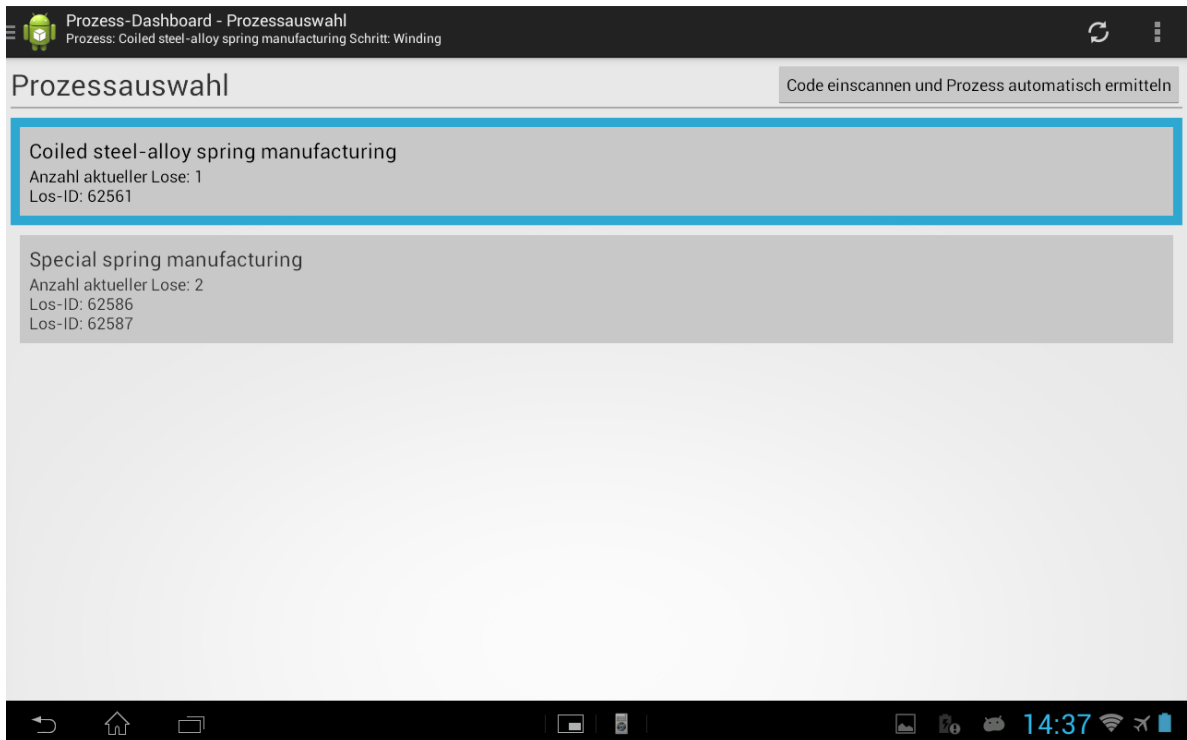


Abbildung 5.3: Bereich Prozessauswahl

Der Benutzer kann hier den gewünschten Prozess auswählen oder alternativ einen QR-Code einscannen. Wird ein solcher QR-Code erfolgreich eingescannt, so wird der Prozess mitsamt des aktuellen Prozessschrittes automatisch ausgewählt. Wenn es sich bei dem Benutzer um einen Werker handelt, so wird nach der Anmeldung eine Abfrage angezeigt, ob dieser den Prozess durch das Scannen eines QR-Codes bestimmen möchte, um die korrekte Auswahl des Prozesses und des Prozessschrittes so einfach wie möglich zu gestalten.

5.3.2 Prozesskontext

Im Bereich Prozesskontext erhält der Benutzer einen Überblick über den aktuellen Prozess samt dessen Prozessschritten.

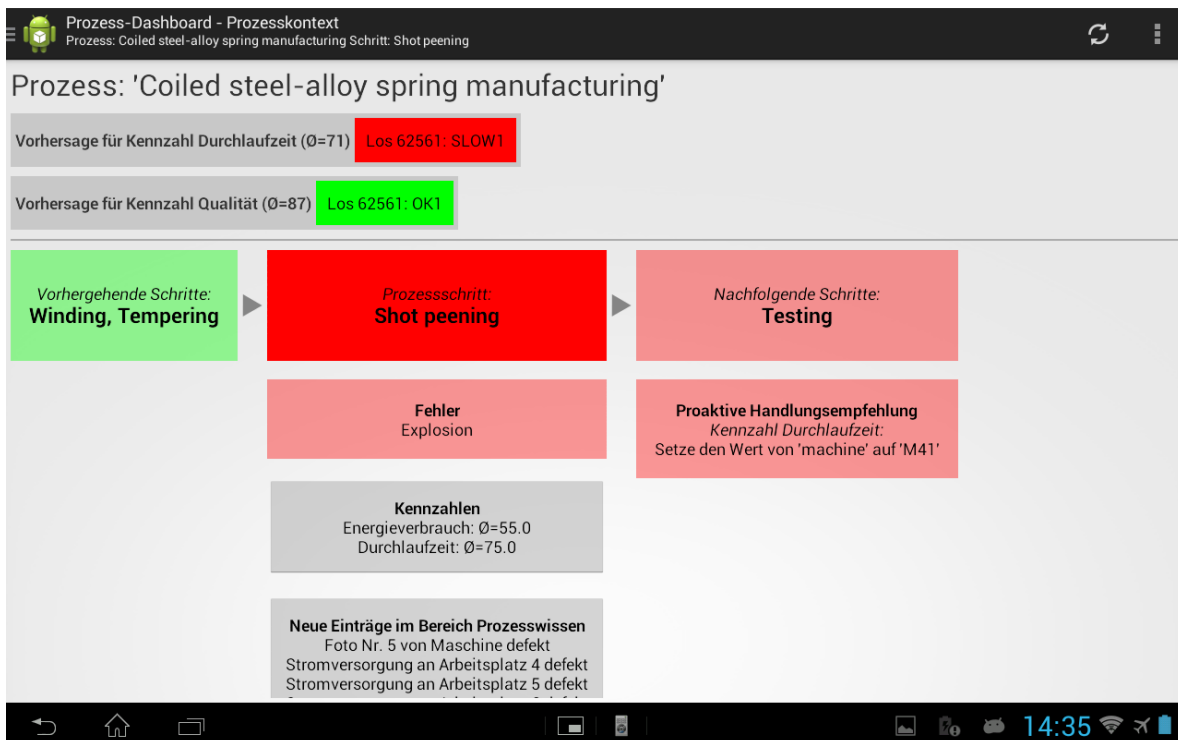


Abbildung 5.4: Prototyp: Bereich Prozesskontext aus der Sicht des Werkers

Wenn es sich bei dem Benutzer um einen Werker handelt, so sieht dieser eine Zusammenfassung der vorausgehenden und nachfolgenden Schritte mit Informationen zu vorhandenen Problemen. Hierdurch wird der Fokus klar auf den aktuellen Schritt des Werkers gelegt, zu diesem werden detaillierte Informationen angezeigt. Im oberen Bereich des Bildschirms wird eine Übersicht der prozessschrittübergreifenden Prozessmetriken samt Vorhersagen für die einzelnen Lose angezeigt.

5 Realisierung

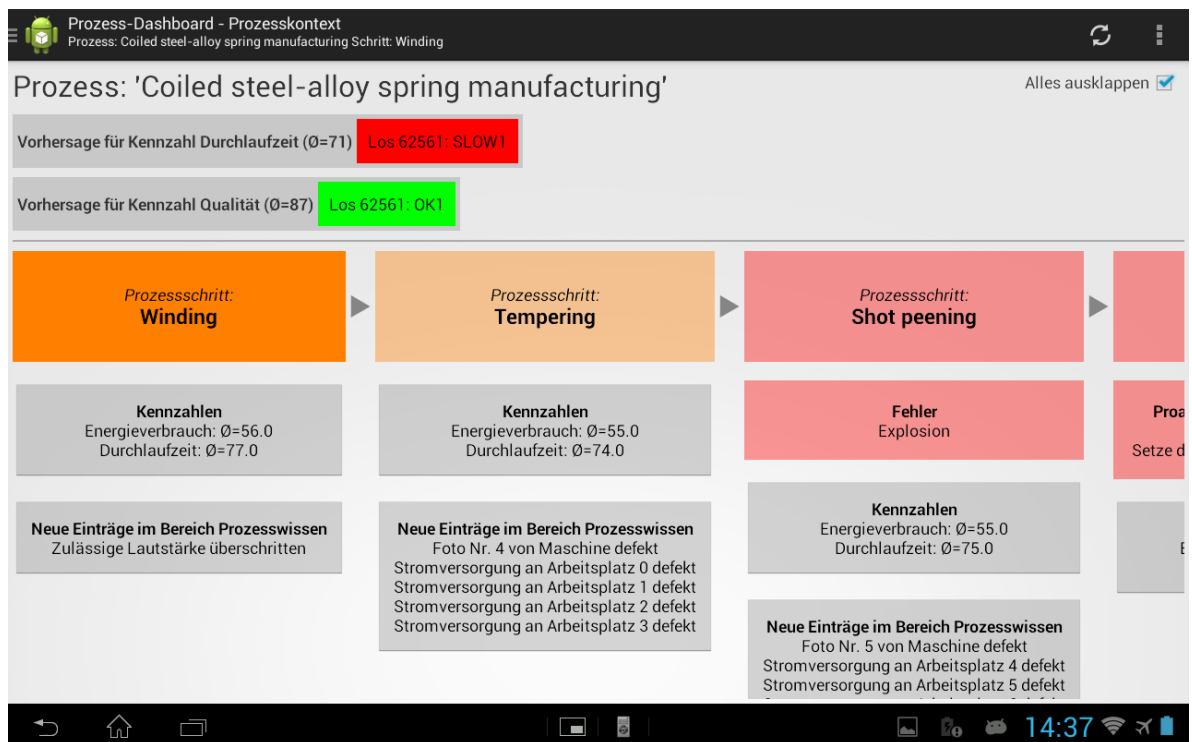


Abbildung 5.5: Prototyp: Bereich Prozesskontext aus der Sicht des Fertigungsleiters

Wenn es sich bei dem Benutzer um einen Fertigungsleiter handelt, so sieht dieser bei Bedarf sämtliche Details zu allen Prozessschritten, es besteht aber die Möglichkeit, immer nur zu einem Prozessschritt sämtliche Details einzublenden und eine übersichtlichere Ansicht zu ermöglichen. Der aktuell ausgewählte Prozessschritt ist durch einen stärkeren Farbton hervorgehoben.

5.3.3 Prozessperformance

Im Bereich Prozessperformance werden Details zu den Metriken angezeigt.

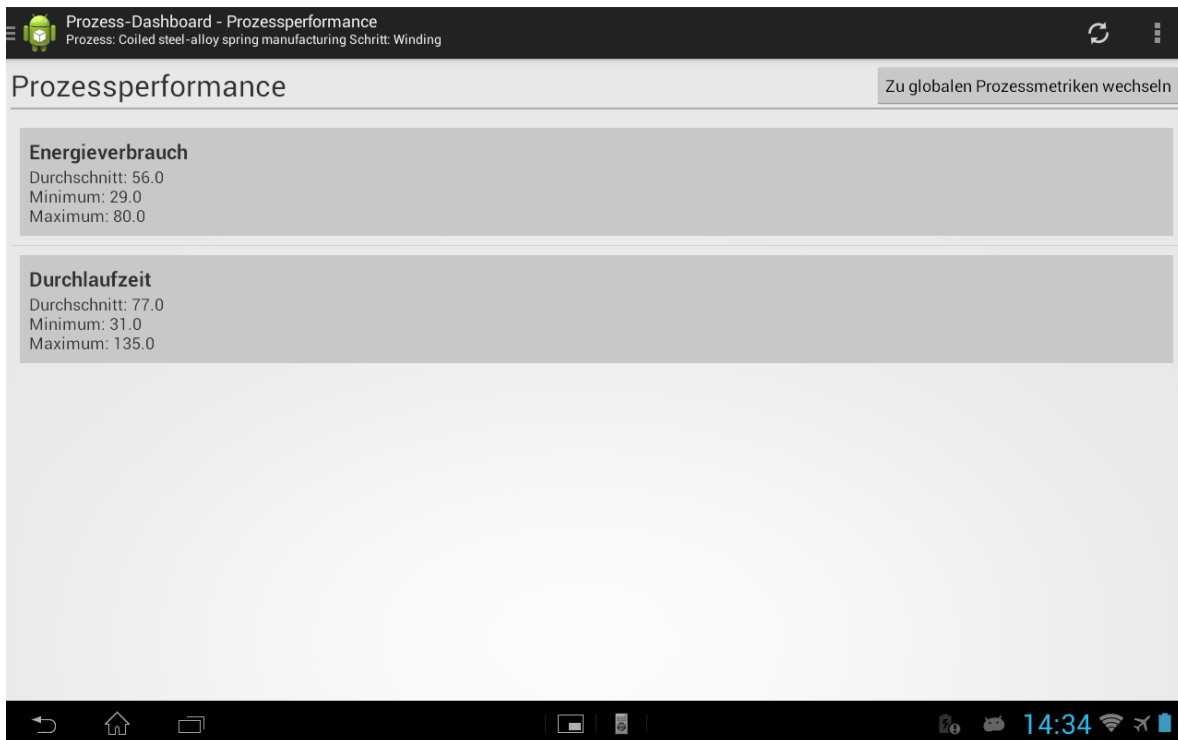


Abbildung 5.6: Prototyp: Bereich Prozessperformance aus der Sicht des Werkers

Handelt es sich bei dem Benutzer um einen Werker, so bekommt dieser eine Übersicht sämtlicher Metriken angezeigt, die zu seinem aktuellen Prozessschritt vorhanden sind. Es besteht jedoch die Möglichkeit, Details zu den globalen Prozessmetriken angezeigt zu bekommen um eine Übersicht der Performance des gesamten Prozesses zu erhalten.

5 Realisierung

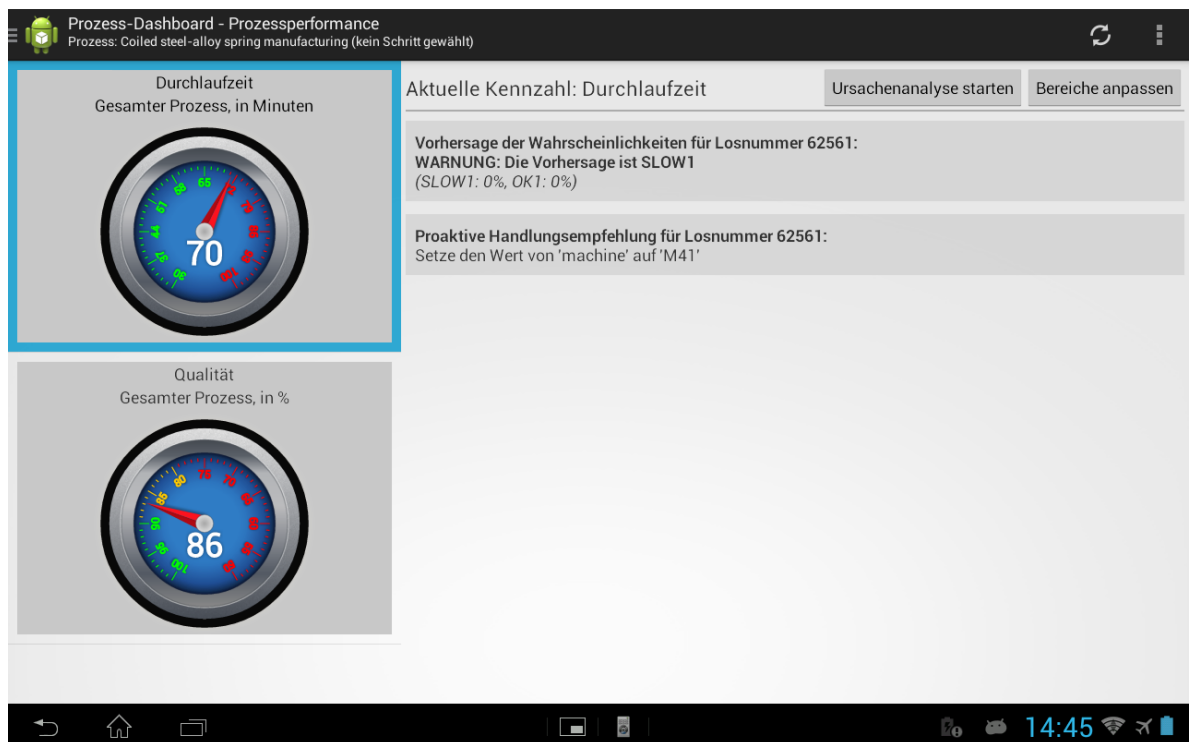


Abbildung 5.7: Prototyp: Bereich Prozessperformance aus der Sicht des Fertigungsleiters

Handelt es sich bei dem Benutzer um einen Fertigungsleiter, so bekommt dieser eine Übersicht der Prozessmetriken samt Details angezeigt. Neben der Echtzeitvorhersage und der proaktiven Handlungsempfehlung besteht die Möglichkeit, eine Ursachenanalyse auszuführen oder die Wertebereiche der einzelnen Metriken anzupassen. Die Ergebnisse der Echtzeitvorhersage sowie der proaktiven Handlungsempfehlung werden jeweils für sämtliche aktuellen Lose angezeigt.

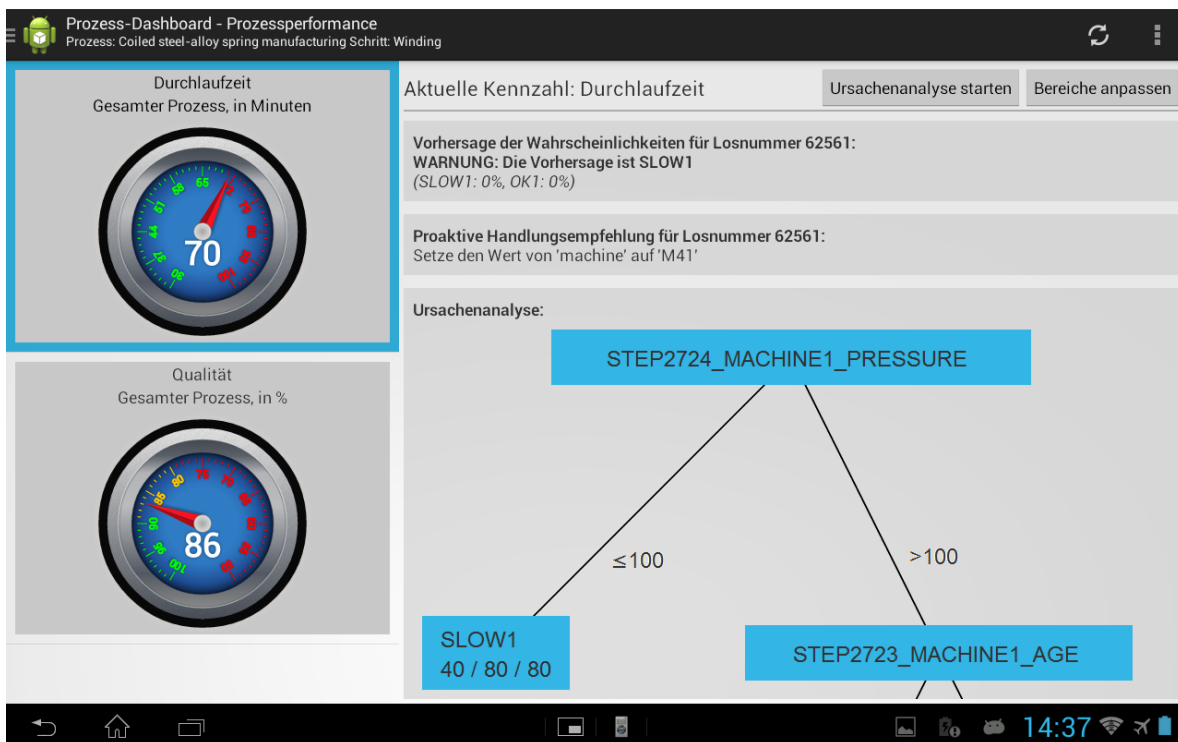


Abbildung 5.8: Prototyp: Bereich Prozessperformance aus der Sicht des Fertigungsleiters mit ausgeführter Ursachenanalyse

Hat der Fertigungsleiter eine Ursachenanalyse angefragt, so wird diese in Form eines Baumes dargestellt und zeigt an, in welche Faktoren die Metrikwerte beeinflussen. Durch diese Analyse kann beispielsweise festgestellt werden, ob der Einsatz einer speziellen Maschine oder die Einstellung einer speziellen Maschine für einen speziellen Prozessschritt empfehlenswert oder problematisch für das Gesamtergebnis der Metrik ist.

5 Realisierung

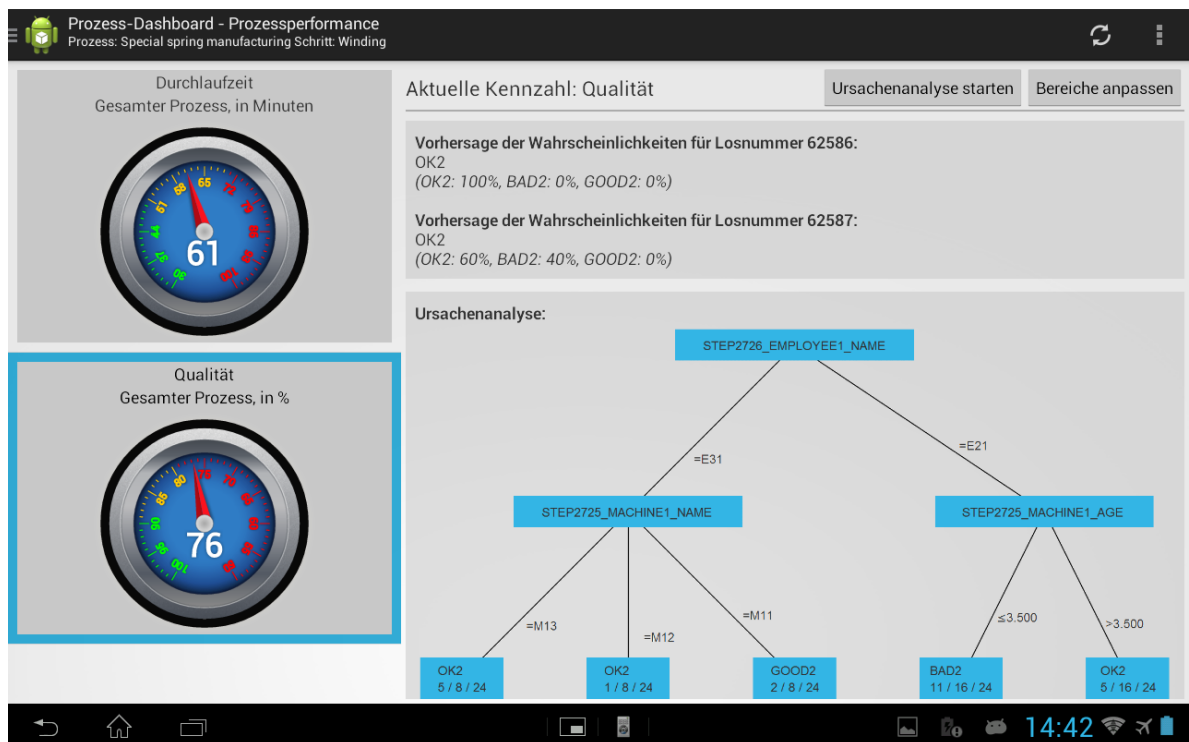


Abbildung 5.9: Prototyp: Bereich Prozessperformance aus der Sicht des Fertigungsleiters mit mehreren Losen

Die Echtzeitvorhersage im Bereich Prozessperformance stellt jeweils eine Vorhersage für sämtliche laufenden Lose des aktuellen Prozesses zur Verfügung. Neben der Vorhersage des Gesamtergebnisses werden die prozentualen Wahrscheinlichkeiten der einzelnen Wertebereiche angegeben.

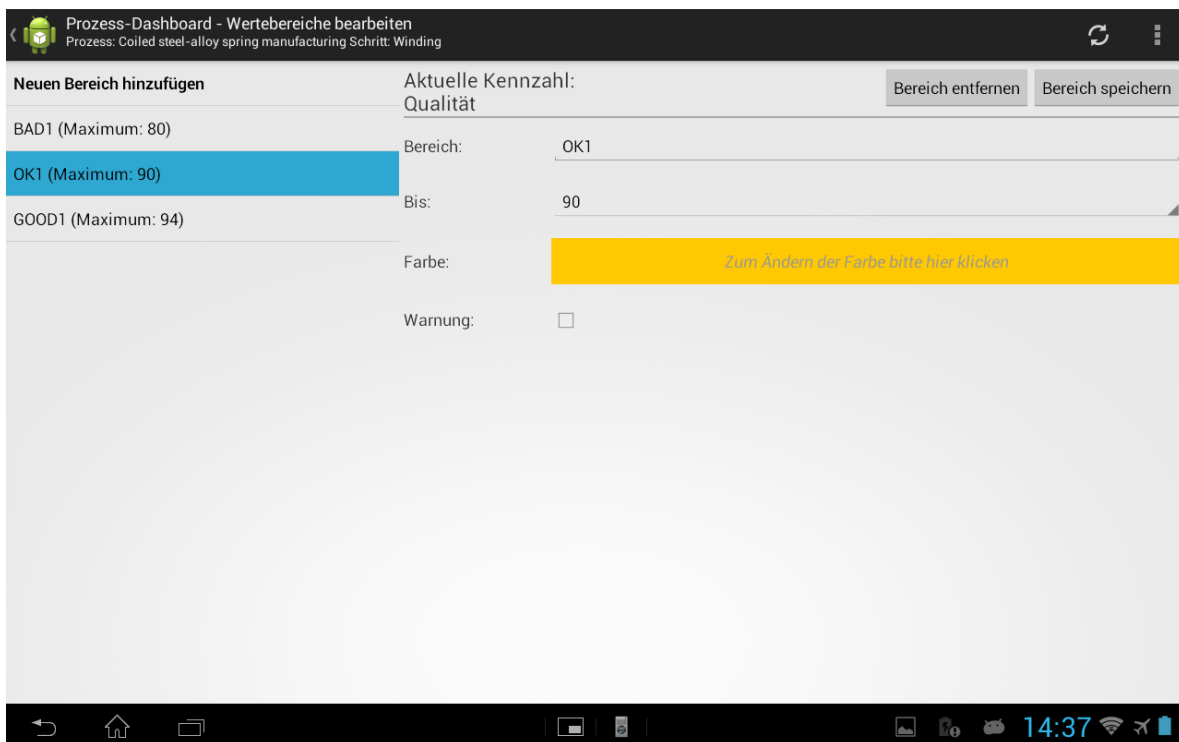


Abbildung 5.10: Prototyp: Bereich Wertebereiche anpassen

Im Bereich Wertebereiche anpassen hat der Fertigungsleiter die Möglichkeit, die Einordnung der Metrikwerte zu modifizieren. Neben der Wertegrenzen kann hier für jeden Wert eine Farbe definiert werden, um in der Übersicht der einzelnen Metriken (als Rundinstrument dargestellt) schnell eine Einordnung der Werte zu ermöglichen.

5.3.4 Prozesswissen

Der Bereich Prozesswissen ermöglicht es Probleme mitzuteilen oder anderen Benutzern nützliche Informationen zur Verfügung zu stellen.

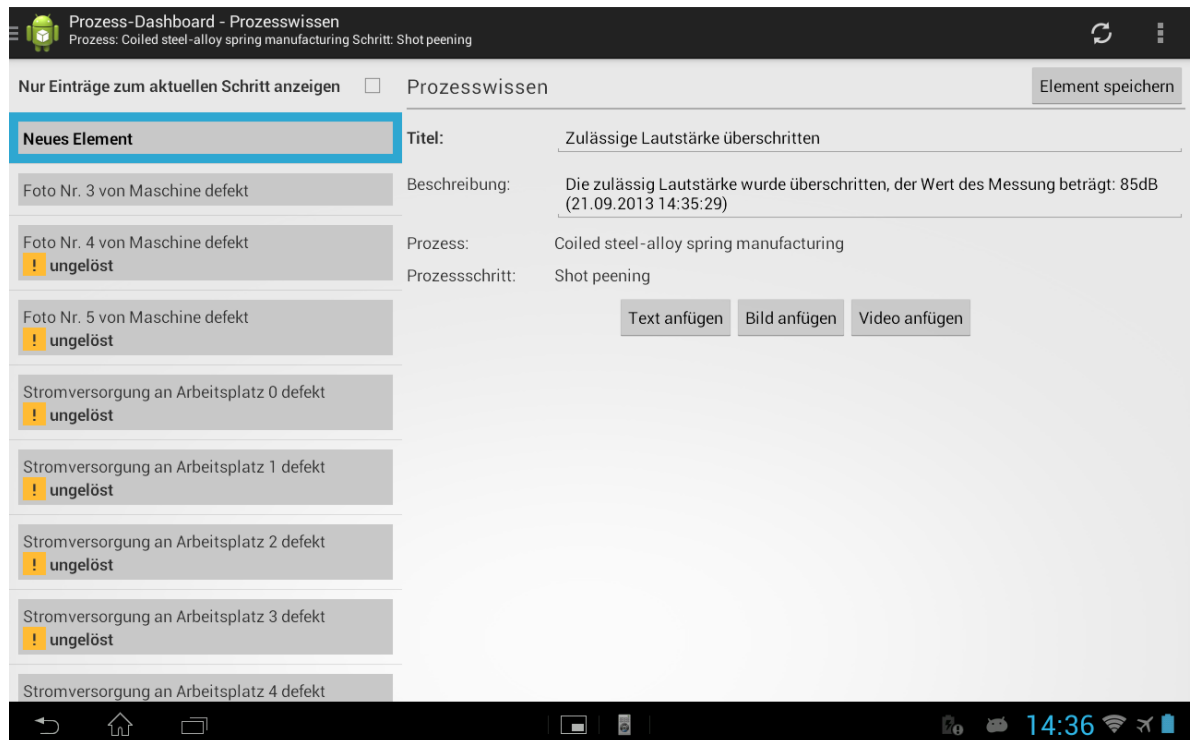


Abbildung 5.11: Prototyp: Bereich Prozesswissen aus der Sicht des Werkers

Der Werker hat die Möglichkeit neue Einträge für den Bereich Prozesswissen zu erstellen, die automatisch dem aktuellen Prozess und -schritt zugeordnet sind. Zusätzlich kann er vorhandene Einträge ansehen und Kommentare zu diesen hinterlassen. Wird eine Überschreitung der Lautstärke festgestellt und der Werker gibt an, dass er einen Eintrag im Bereich Prozesswissen erstellen möchte, so wird automatisch ein neuer Eintrag begonnen und mit Details zur Höhe der gemessenen Lautstärke sowie zum Zeitpunkt der Messung vorbelegt, die der Werker dann um weitere Informationen ergänzen kann.

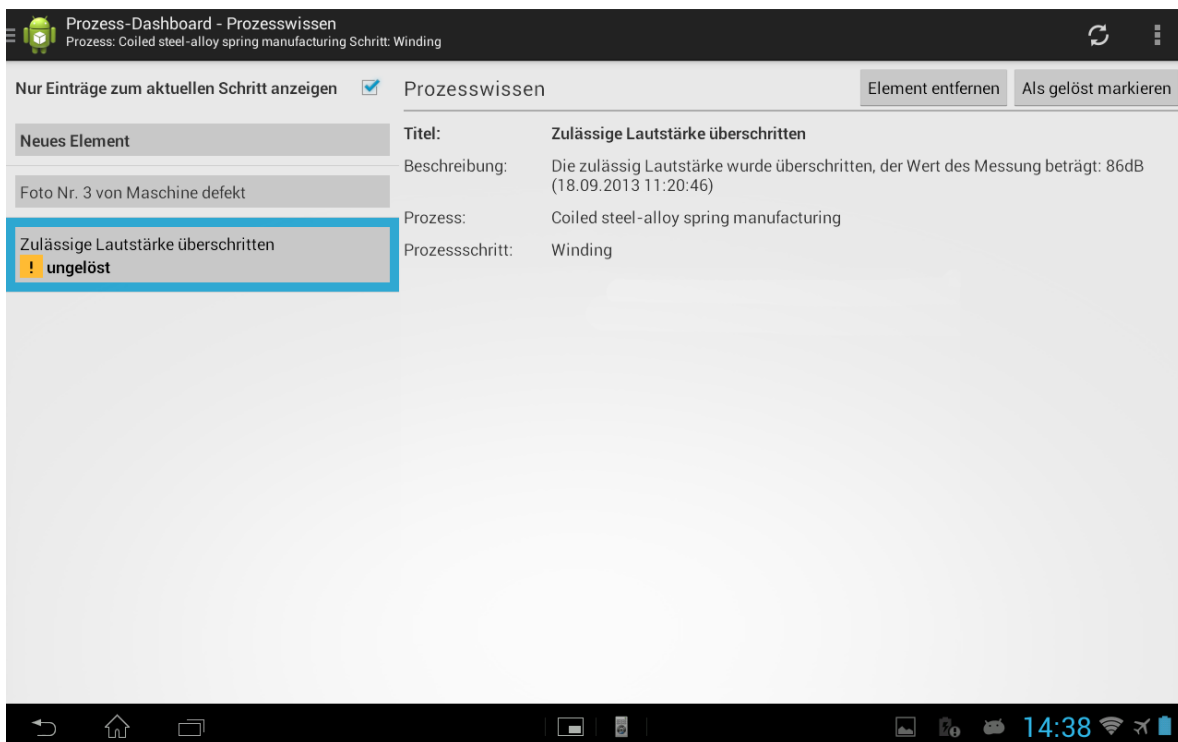


Abbildung 5.12: Prototyp: Bereich Prozesswissen aus der Sicht des Fertigungsleiters

Neben den Funktionen des Werkers hat der Fertigungsleiter zusätzlich die Möglichkeit einzelne Einträge als gelöst zu markieren. Ungelöste Einträge werden ihm im Bereich Prozesskontext angezeigt, um ihn möglichst schnell auf neue Probleme aufmerksam zu machen.

5.3.5 Prozessdokumentation

Der Bereich Prozessdokumentation stellt Informationen wie Anleitungen zu unterschiedlichen Maschinen oder Hinweise zur Arbeitssicherheit bereit. Der Werker sieht in diesem Bereich sämtliche Einträge die seinem aktuellen Schritt zugeordnet sind, der Fertigungsleiter sieht sämtliche Einträge, die dem aktuellen Prozess zugeordnet sind.

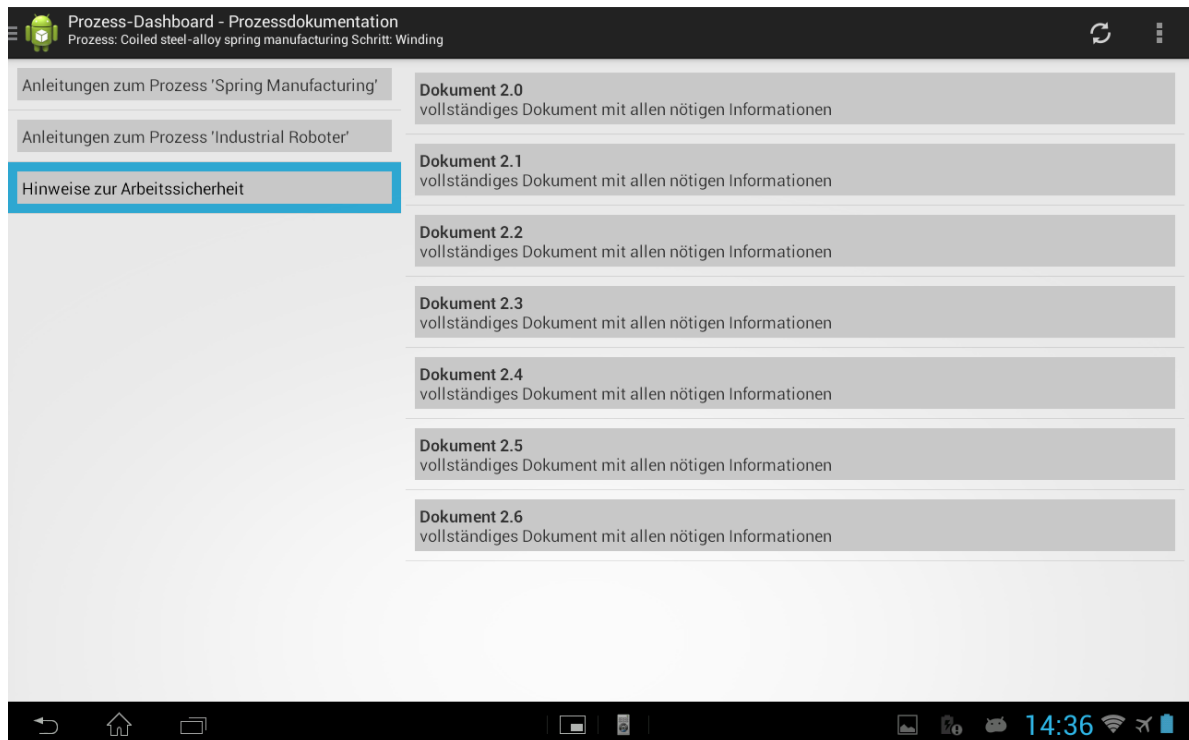


Abbildung 5.13: Prototyp: Bereich Prozessdokumentation

5.3.6 Menüs

Als Navigationselement für die App wird ein als Navigation Drawer gestaltetes Menü eingesetzt. In diesem sind sämtliche Bereiche aufgelistet und zusätzlich wird durch ein orange umrahmtes Ausrufezeichen angezeigt, wenn es in einem Bereich Probleme gibt, um die Navigation möglichst einfach und intuitiv zu gestalten.

Zusätzlich zu dem Navigation Drawer gibt es noch die android-typische Actionbar im oberen Bereich des Bildschirms. In dieser können bereichsunabhängige Aktionen wie eine Aktualisierung, Abmelden des Benutzer oder das Aufrufen der Einstellungen vorgenommen werden.

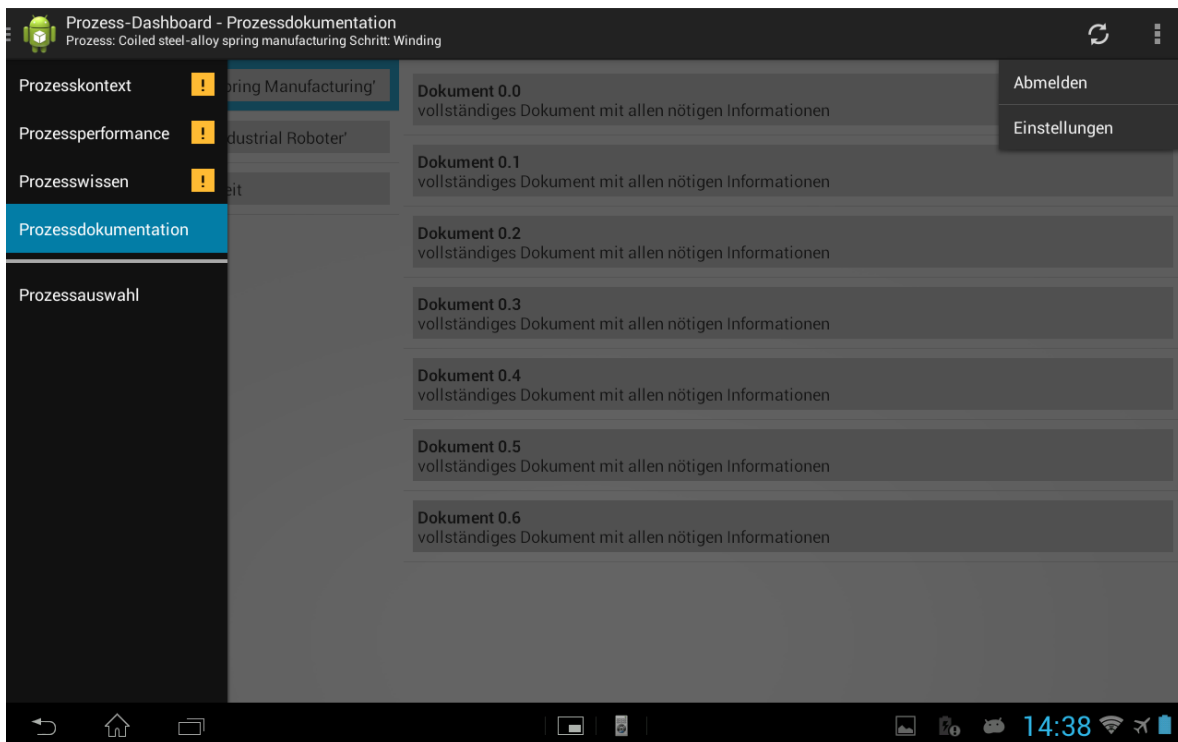


Abbildung 5.14: Prototyp: Menüs

5.4 Herausforderungen während der Implementierung

Während der Implementierung des Prototyps ergaben sich an einigen Stellen Herausforderungen, so bereitete nach der Zusammenführung der Arbeiten [Dap12], [Exn13] das Absenden einiger Anfragen an die Datenbank Probleme. Nach einigen Tests und Recherche stellte sich heraus, dass einige Cache-Größen und Column-Sizes angepasst werden müssen, was erneut im Falle der Cache-Größen einige Recherche bedurfte, nachdem die Größe des Standard-Caches nicht direkt geändert werden konnte.

Auch bei der Nutzung der Real-Time-Prediction und der Proactive-Optimization waren einige Anpassungen nötig, da diese nicht darauf ausgelegt waren, mit mehreren Prozessen und mehreren Metriken genutzt zu werden, ohne dass nach jeder Abfrage sämtliche Daten zurückgesetzt werden.

Eine weitere Herausforderung stellte das eigenständige Rendern der Root-Cause-Analysis-Bäume dar. So bietet Rapidminer zwar die Möglichkeit die erzeugten Bäume als Bild zu exportieren, jedoch sind hier die Konfigurationsmöglichkeiten extrem stark eingeschränkt und auch nach langer Recherche und vielen Tests konnte keine Möglichkeit ermittelt werden, die Ausgabe so anzupassen, dass die Labels der Knoten nicht abgeschnitten und dadurch unlesbar sind. Als Lösung für dieses Problem wurde mit Jung eine weitere Library in den Server eingebunden, die nun die Bilder für die Root-Cause-Analysis berechnet. Diese wurde anschließend auf die gewünschte grafische Darstellung der Knoten und Kanten angepasst und es wurde ein Konverter erstellt, der die Baumstruktur von Rapidminer in einer für Jung verarbeitbare Struktur konvertiert.

Die Einbindung der Library ZXing zum Einscannen für QR-Codes für Android erwies sich als weitere Herausforderung. Nachdem das für den Prototyp genutzte Tablet keine Anbindung an den offiziellen Marktplatz für Android, Google Play, hat, wie es oftmals bei Geräten, die in Firmen eingesetzt werden, der Fall ist, musste diese Library direkt in die App integriert werden und es konnte nicht auf eine bereits aus Google Play installierte App zurückgegriffen werden.

6 Fazit und Ausblick

Die kontextabhängige Informationsbereitstellung auf dem Shopfloor in der Fabrik stellt eine vielversprechende Herangehensweise zur Unterstützung der kontinuierlichen Optimierung von Fertigungsprozessen dar.

Das in dieser Arbeit entwickelte prozessbezogene Kontextmodell für die Fabrik zeigt, dass sich der Kontext des Benutzers aus vielen Elementen zusammensetzt. Neben der aktuellen Tätigkeit des Benutzer spielen weitere Faktoren wie der Umgebungszustand oder der Systemzustand, aber auch weitere Daten des Benutzer wie dessen Gruppe einen wichtigen Bestandteil des Kontextes. Mit Hilfe dieser Informationen wird das System in die Lage versetzt präzise und angepasste Informationen bereitzustellen.

Eine Einsatzmöglichkeit der Kontextinformationen besteht darin, den Benutzer auf dem Shopfloor mit möglichst passenden Daten bei seiner Arbeit zu unterstützen. So ist in den meisten Fällen davon auszugehen, dass der Benutzer Informationen zu dem Prozessschritt und zu der Maschine vor der er sich gerade befindet abfragen möchte, und mit Hilfe dieses Wissens können dem Benutzer direkt die gewünschten Informationen angezeigt werden. Eine andere Einsatzmöglichkeit der Kontextinformationen besteht darin, den Benutzer oder andere verantwortliche Personen auf Missstände aufmerksam zu machen. So sind Szenarios denkbar, in denen die Kontextinformationen ausgewertet werden und dadurch festgestellt wird, dass sich der Benutzer in einer zu lauten Arbeitsumgebung befindet, dass er oftmals lange Wege zurücklegen muss oder dass die Vibrationen an einer bestimmten Maschine außerhalb der erlaubten Werte liegen. Diese Informationen können dann wiederum genutzt werden, um die zugrunde liegenden Probleme zu lösen.

Der im Rahmen der prototypischen Umsetzung erprobte Einsatz von mobilen Endgeräten wie einem Tablet stellt jedoch einige Herausforderungen dar. In den meisten Fällen dürfte eine Vielzahl von mobilen Endgeräten benötigt sein, damit mehrere Personen gleichzeitig und an verschiedenen Standorten von der kontextbezogenen Informationsbereitstellung profitiert werden kann. Einen weiteren kritischen Punkt stellt die Erfassung der Daten, mit denen dann der Kontext ermittelt wird, dar. Je nach Umfang und Häufigkeit der Datenerfassung können mit diesen Daten sehr detaillierte Profile der Benutzer erstellt, die schnell datenschutzrechtliche Probleme mit sich bringen können.

Ein möglicher nächster Schritt ist eine Erprobung der App im Pilotbetrieb mit echten Daten aus einem realen Fertigungsprozess. In diesem Pilotbetrieb können detailliertere Informationen über die benötigten Daten je nach Kontext, über die benötigte Anzahl an Geräten, über datenschutzrechtliche Bedenken und über die generelle Akzeptanz von kontextabhängigen Informationsbereitstellung in der Fabrik gesammelt werden.

Als weitere große Herausforderungen sind die Echtzeitdatenerfassung sowie die Datenintegration zu erwähnen. Erst durch die Nutzung von Echtzeitdaten und durch die Integration von Daten aus mehreren Systemen kann das gesamte Potential der kontextbezogenen Informationsbereitstellung in der Fabrik ausgeschöpft werden.

Zusammenfassend zeigt die kontextbezogenen Informationsbereitstellung ein sehr großes Potential als wichtiger Faktor für die kontinuierliche Optimierungen von Fertigungsprozessen und kann als Bestandteil der Vision Industrie 4.0 angesehen werden.

Literaturverzeichnis

- [aca13] acatech - Deutsche Akademie der Technikwissenschaften e.V. Deutschlands Zukunft als Produktionsstandort sichern Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0 Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0. 2013. (Zitiert auf Seite 7)
- [adv13] advenco consulting. key2software, 2013. URL <http://www.key2software.com/>. (Zitiert auf Seite 22)
- [AF09] D. Arnold, K. Furmans. *Materialfluss in Logistiksystemen*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin and Heidelberg, 2009. doi:10.1007/978-3-642-01405-5. (Zitiert auf Seite 31)
- [App08] Apple Inc. iPhone App Store Downloads Top 10 Million in First Weekend, 2008. URL <http://www.apple.com/pr/library/2008/07/14iPhone-App-Store-Downloads-Top-10-Million-in-First-Weekend.html>. (Zitiert auf Seite 13)
- [App13] Apple Inc. App Store, 2013. URL <https://itunes.apple.com/de/genre/ios/id36?mt=8>. (Zitiert auf Seite 13)
- [Aut13] Autodesk Inc. Autodesk ForceEffect, 2013. URL <https://itunes.apple.com/de/app/autodesk-forceeffect/id476321600?mt=8>. (Zitiert auf Seite 22)
- [BBS12] U. Bracht, P. Brosch, T. Sontag. Mobile Anwendungen im Rahmen der Digitalen Fabrik: Analyse der Einsatzmöglichkeiten von Smartphones und Tablet-PCs. *wt Werkstattstechnik online*, 102(3), 2012. (Zitiert auf Seite 24)
- [BCD⁺10] M. Back, T. Childs, A. Dunnigan, J. Foote, S. Gattepally, Bee Liew, Jun Shingu, J. Vaughan. The virtual factory: Exploring 3D worlds as industrial collaboration and control environments. In *Virtual Reality Conference (VR), 2010 IEEE*, S. 257–258. 2010. doi:10.1109/VR.2010.5444777. (Zitiert auf Seite 23)
- [BHB11] U. Bracht, W. Hackenberg, T. Bierwirth. Monitoringansatz für die operative CKD-Logistik: Effizienzsteigerungen durch optimierte Informationsflüsse mit Elementen der Digitalen Fabrik. *wt Werkstattstechnik online*, 101(3), 2011. (Zitiert auf Seite 10)
- [BS13] U. Bracht, T. Sontag. Smarte Fabrikplanung: Digital Factory goes mobile. *wt Werkstattstechnik online*, 103(4), 2013. (Zitiert auf den Seiten 21 und 24)
- [BWG09] U. Bracht, S. Wenzel, D. Geckler. *Digitale Fabrik: Methoden und Praxisbeispiele*. VDI-Buch. Springer Berlin, Berlin, 1 Auflage, 2009. (Zitiert auf Seite 31)

- [Dap12] M. Dapperheld. *Entwicklung analysebasierter Optimierungsmuster zur Verbesserung von Fertigungsprozessen*. Masterarbeit nr. 3417, Universität Stuttgart, 2012. (Zitiert auf den Seiten 47, 55 und 68)
- [DH09] H. Dobel, D. Häupler. *Satellitenavigation*. Springer Berlin, Berlin, 2. Auflage, 2009. (Zitiert auf den Seiten 6, 15 und 16)
- [Erl10] K. Erlach. *Wertstromdesign*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin and Heidelberg, 2010. doi:10.1007/978-3-540-89867-2. (Zitiert auf den Seiten 9 und 31)
- [Exn13] D. Exner. *Entwicklung eines mobilen Prozess-Dashboards für die Fertigung*. Diplomarbeit nr. 3412, Universität Stuttgart, 2013. (Zitiert auf den Seiten 47, 55 und 68)
- [Fou13] Foursquare. Foursquare, 2013. URL <https://de.foursquare.com/>. (Zitiert auf Seite 19)
- [GFO13] GFOS. gfos.MES | Mobile, 2013. URL <http://www.gfos.com/loesungen/gfosmes/module/mobile.html>. (Zitiert auf Seite 7)
- [GHH⁺13] C. Gröger, M. Hillmann, F. Hahn, B. Mitschang, E. Westkämper. The Operational Process Dashboard for Manufacturing. In *Proceedings of the 46th CIRP Conference on Manufacturing Systems (CMS2013), 29-31 May, 2013, Sesimbra, Portugal*. Elsevier, 2013. (Zitiert auf den Seiten 5, 21 und 23)
- [GNM12] C. Gröger, F. Niedermann, B. Mitschang. Data Mining-driven Manufacturing Process Optimization. In S. I. Ao, L. Gelman, D. W. L. Hukins, A. Hunter, A. M. Korsunsky, Herausgeber, *Proceedings of the World Congress on Engineering 2012 Vol III, WCE 2012, 4 – 6 July, 2012, London, U.K*, S. 1475–1481. Newswood, 2012. (Zitiert auf den Seiten 5, 25 und 26)
- [Goo13a] Google. Google Now, 2013. URL <http://www.google.com/landing/now/>. (Zitiert auf den Seiten 17 und 19)
- [Goo13b] Google. Google Play, 2013. URL <https://play.google.com/store>. (Zitiert auf Seite 13)
- [GSNM12] C. Gröger, J. Schlaudraff, F. Niedermann, B. Mitschang. Warehousing Manufacturing Data. A Holistic Process Warehouse for Advanced Manufacturing Analytics. In Alfredo Cuzzocrea, Umeshwar Dayal, Herausgeber, *Proceedings of the 14th International Conference on Data Warehousing and Knowledge Discovery - DaWaK 2012*, Band 7448 von *Lecture Notes in Computer Science*, S. 142–155. Springer, Berlin and Heidelberg, 2012. (Zitiert auf den Seiten 5 und 11)
- [GSWM13] C. Gröger, S. Silcher, E. Westkämper, B. Mitschang. Leveraging Apps in Manufacturing. A Framework for App Technology in the Enterprise. In *Proceedings of the 46th CIRP Conference on Manufacturing Systems (CMS2013), 29-31 May, 2013, Sesimbra, Portugal*. Elsevier, 2013. (Zitiert auf den Seiten 5, 13, 14 und 21)

- [HGGL12] W. He, Y. Guo, C. Gao, X. Li. Recognition of human activities with wearable sensors. *EURASIP Journal on Advances in Signal Processing*, 2012(1):1–13, 2012. doi:10.1186/1687-6180-2012-108. (Zitiert auf Seite 18)
- [HHM13] H. Heitkötter, S. Hanschke, T. Majchrzak. Evaluating Cross-Platform Development Approaches for Mobile Applications. In J. Cordeiro, K.-H. Krempels, Herausgeber, *Web Information Systems and Technologies*, Band 140 von *Lecture Notes in Business Information Processing*, S. 120–138. Springer, Berlin Heidelberg, 2013. doi:10.1007/978-3-642-36608-6_8. (Zitiert auf Seite 14)
- [HT10] Huifang Wang, Tao Lu. Modeling context information in mobile business process. In *Advanced Management Science (ICAMS), 2010 IEEE International Conference on*, Band 3, S. 448–452. 2010. doi:10.1109/ICAMS.2010.5553201. (Zitiert auf den Seiten 5, 25 und 26)
- [HZJ08] G. Q. Huang, Y. F. Zhang, P. Y. Jiang. RFID-based wireless manufacturing for real-time management of job shop WIP inventories. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 36(7-8):752–764, 2008. doi:10.1007/s00170-006-0897-4. (Zitiert auf den Seiten 6, 16 und 17)
- [Kle07] J. Kletti. *Manufacturing Execution Systems (MES)*. Springer, Berlin and London, 2007. (Zitiert auf den Seiten 9, 31 und 32)
- [KMB10] H.-G. Kemper, W. Mehanna, H. Baars. *Business intelligence - Grundlagen und praktische Anwendungen: Eine Einführung in die IT-basierte Managementunterstützung ; [mit Online-Service]*. Studium. Vieweg + Teubner, Wiesbaden, 3 Auflage, 2010. (Zitiert auf den Seiten 12 und 31)
- [KMK⁺03] P. Korpipaa, J. Mantjarvi, J. Kela, H. Keranen, E.-J. Malm. Managing context information in mobile devices. *Pervasive Computing, IEEE*, 2(3):42–51, 2003. doi:10.1109/MPRV.2003.1228526. (Zitiert auf den Seiten 5, 25 und 26)
- [LCCS09] F. Lassabe, P. Canalda, P. Chatonnay, F. Spies. Indoor Wi-Fi positioning: techniques and systems. *annals of telecommunications - annales des télécommunications*, 64(9-10):651–664, 2009. doi:10.1007/s12243-009-0122-1. (Zitiert auf den Seiten 6, 15 und 16)
- [LL10] J. Ludewig, H. Lichter. *Software Engineering: Grundlagen, Menschen, Prozesse, Techniken*. dpunkt.verlag, s.l, 2 Auflage, 2010. (Zitiert auf Seite 34)
- [LMH⁺10] N. Lane, E. Miluzzo, Hong Lu, D. Peebles, T. Choudhury, A. Campbell. A survey of mobile phone sensing. *Communications Magazine, IEEE*, 48(9):140–150, 2010. doi:10.1109/MCOM.2010.5560598. (Zitiert auf den Seiten 6, 15, 17 und 18)
- [LR10] J. Langer, M. Roland. *Anwendungen und Technik von Near Field Communication (NFC)*. Springer, Berlin [u.a.], 2010. (Zitiert auf den Seiten 6, 15 und 16)
- [Mic13] Microsoft. Windows Phone Store, 2013. URL <http://www.windowsphone.com/de-de/store>. (Zitiert auf Seite 13)

- [Mot13] Motorola. Motorola ET1 Unternehmens-Tablet, 2013. URL <http://www.motorolasolutions.com/XC-DE/Business+Product+and+Services/Tablets/ET1+Enterprise+Tablet>. (Zitiert auf Seite 22)
- [MPo8] Michael Becker, Peter Chamoni. Ein modellbasierter, integrierter Ansatz zur Gestaltung und Nutzung eines Process Warehouse. In Martin Bichler, Thomas Hess, Helmut Krcmar, Ulrike Lechner, Florian Matthes, Arnold Picot, Benjamin Speitkamp, Petra Wolf, Herausgeber, *Multikonferenz Wirtschaftsinformatik, MKWI 2008, München, 26.2.2008 - 28.2.2008, Proceedings*. GITO-Verlag, Berlin, 2008. (Zitiert auf den Seiten 9 und 11)
- [mpd13] mpdv. Smart MES Applications - Neue mobile Clients für MES HYDRA, 2013. URL <http://www.mpdv.de/de/news/pressemitteilungen/2013/20130409-sma-smart-mes-applications.htm>. (Zitiert auf Seite 7)
- [MTS⁺12] B. Morkos, J. Taiber, J. Summers, L. Mears, G. Fadel, T. Rilka. Mobile devices within manufacturing environments: a BMW applicability study. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)*, 6(2):101–111, 2012. doi: 10.1007/s12008-012-0148-x. (Zitiert auf Seite 23)
- [NR12] W. Neubauer, B. Rudow. *Trends in der Automobilindustrie: Entwicklungstendenzen, Betriebsratsarbeit, Steuer- und Fördertechnik, Gießereitechnik, Informationstechnologie, Informations- und Assistenzsysteme*. Oldenbourg, München, 2012. (Zitiert auf Seite 7)
- [Pan13] Panasonic. Toughpad, 2013. URL <http://www.panasonic.com/business/toughpad/us/best-rugged-tablet.asp>. (Zitiert auf Seite 22)
- [Paw13] G. Pawellek. Integrierte Instandhaltung und Ersatzteillogistik: Vorgehensweisen, Methoden, Tools. *Integrierte Instandhaltung und Ersatzteillogistik*, 2013. (Zitiert auf Seite 31)
- [PE11] P. Pistofidis, C. Emmanouilidis. Profiling context awareness in mobile and cloud based engineering asset management. 2011. (Zitiert auf den Seiten 5, 25 und 26)
- [Peto3] Peter Tarasewich. Towards a Comprehensive Model of Context for Mobile and Wireless Computing. In *9th Americas Conference on Information Systems, AMCIS 2003, Tampa, FL, USA, August 4-6, 2003*, S. 15. Association for Information Systems, 2003. (Zitiert auf den Seiten 5, 25 und 26)
- [pin13] pinkfroot. Plane Finder AR, 2013. URL <http://planefinder.net/>. (Zitiert auf Seite 20)
- [Rag13] Ragan's PR Daily. Eye-opening stats reveal the extent of our smartphone dependency, 2013. URL http://www.prdaily.com/Main/Articles/Eyeopening_stats_reveal_the_extent_of_our_smartpho_14170.aspx. (Zitiert auf Seite 7)
- [Reso6] Research In Motion Limited. Mobility in Manufacturing. 2006. (Zitiert auf Seite 24)

- [SAP13a] SAP. SAP 3D Visual Enterprise Viewer, 2013. URL https://store.sap.com/sap/cpa/ui/resources/store/html/SolutionDetails.html?pid=0000004921&catID=&pcntry=US&sap-language=EN&_cp_id=id-1373660792976-0. (Zitiert auf Seite 21)
- [SAP13b] SAP. SAP Cart Approval, 2013. URL <http://www.sap.com/germany/solutions/technology/enterprise-mobility/procurement-apps/purchasing-approval-app/index.epx>. (Zitiert auf Seite 22)
- [SAP13c] SAP. SAP CRM Sales, 2013. URL https://store.sap.com/sap/cpa/ui/resources/store/html/SolutionDetails.html?pid=0000004828&pcntry=US&sap-language=EN&_cp_id=id-1373659852308-0. (Zitiert auf Seite 22)
- [SAP13d] SAP. SAP ERP Quality Issue, 2013. URL https://store.sap.com/sap/cpa/ui/resources/store/html/SolutionDetails.html?pid=0000004855&catID=&pcntry=US&sap-language=EN&_cp_id=id-1374232487830-0. (Zitiert auf Seite 21)
- [SAP13e] SAP. SAP Material Availability, 2013. URL <http://www.sap.com/germany/solutions/technology/enterprise-mobility/sales-apps/product-availability-app.epx>. (Zitiert auf Seite 21)
- [SAT⁺99] A. Schmidt, K. A. Aidoo, A. Takaluoma, U. Tuomela, K. van Laerhoven, W. van de Velde. Advanced Interaction in Context. In *Proceedings of the 1st international symposium on Handheld and Ubiquitous Computing, HUC '99*, S. 89–101. Springer-Verlag, London and UK and UK, 1999. (Zitiert auf den Seiten 5, 25 und 26)
- [SBG98] A. Schmidt, M. Beigl, H.-W. Gellersen. There is more to Context than Location. *Computers and Graphics*, 23:893–901, 1998. (Zitiert auf den Seiten 5, 15, 25 und 26)
- [SHD10] S. Sigg, S. Haseloff, K. David. An Alignment Approach for Context Prediction Tasks in UbiComp Environments. *Pervasive Computing, IEEE*, 9(4):90–97, 2010. doi:10.1109/MPRV.2010.23. (Zitiert auf den Seiten 5, 25 und 26)
- [Sie13] Siemens PLM Software. Teamcenter Mobility, 2013. URL <https://itunes.apple.com/de/app/teamcenter-mobility/id424722954?mt=8>. (Zitiert auf Seite 21)
- [SIS13] SIS d.o.o. Meine Messungen - My Measures & Dimensions, 2013. URL <https://itunes.apple.com/de/app/meine-messungen-my-measures/id325962257?mt=8>. (Zitiert auf Seite 22)
- [Sma13] Smart Tools co. Messen - Smart Measure Pro, 2013. URL <https://play.google.com/store/apps/details?id=kr.aboy.measure>. (Zitiert auf Seite 22)
- [SS10] H. J. Schmelzer, W. Sesselmann. *Geschäftsprozessmanagement in der Praxis: Kunden zufrieden stellen - Produktivität steigern - Wert erhöhen*. Hanser, Carl, München, 7 Auflage, 2010. (Zitiert auf Seite 9)
- [Str12] M. Strunz. *Instandhaltung: Grundlagen - Strategien - Werkstätten*. SpringerLink : Bücher. Springer Vieweg, Berlin, 2012. (Zitiert auf Seite 31)

- [TPS12] W. Terkaj, G. Pedrielli, M. Sacco. Virtual Factory Data Model. In D. Anastasiou, L. Ramos, S. Krifa, Y.-J. Chen, Herausgeber, *Ontology and Semantic Web for Manufacturing*, S. 29–43. 2012. (Zitiert auf den Seiten 5, 25 und 26)
- [Tru13] Trumpf. TruTops Fab, 2013. URL <http://www.trumpf-machines.com/services/software/fertigungssteuerung/trutops-fab.html>. (Zitiert auf Seite 21)
- [TU12] W. Terkaj, M. Urigo. Virtual Factory Data Model to support Performance Evaluation of Production Systems. In D. Anastasiou, L. Ramos, S. Krifa, Y.-J. Chen, Herausgeber, *Ontology and Semantic Web for Manufacturing*, S. 44–55. 2012. (Zitiert auf den Seiten 5, 25 und 26)
- [UH12] I. Uitz, M. Harnisch. Der QR-Code – aktuelle Entwicklungen und Anwendungsbereiche. *Informatik-Spektrum*, 35(5):339–347, 2012. doi:10.1007/s00287-012-0608-5. (Zitiert auf Seite 15)
- [Vet12] A. Vetlugin. *A Process Insight Repository supporting Process Optimization: Ein Process Insight Repository zur Unterstützung der Prozessoptimierung*. Masterarbeit nr. 3402, Universität Stuttgart, 2012. (Zitiert auf den Seiten 47 und 55)
- [Weso06] E. Westkämper. *Einführung in die Organisation der Produktion*. Springer-Lehrbuch. Springer, Berlin, 1 Auflage, 2006. (Zitiert auf den Seiten 31 und 32)
- [Wik13] Wikitude GmbH. Wikitude, 2013. URL <http://www.wikitude.com/>. (Zitiert auf Seite 20)
- [Wim11] B. Wimmer. In die Produktion mit Mobilien Apps: MOBILE IT-LÖSUNGEN IN PRODUKTIONSUMGEBUNGEN. *Digital Manufacturing*, (2), 2011. (Zitiert auf Seite 24)
- [Wölo5] M. Wölker. Automatische Identifikationssysteme, 2005. (Zitiert auf den Seiten 6, 16 und 17)
- [ZMS09] M. Zur Muehlen, R. Shapiro. Business Process Analytics. In *Handbook on Business Process Management*. Springer, Berlin, 2009. (Zitiert auf den Seiten 9 und 12)

Alle URLs wurden zuletzt am 07. 10. 2013 geprüft.

Erklärung

Ich versichere, diese Arbeit selbstständig verfasst zu haben. Ich habe keine anderen als die angegebenen Quellen benutzt und alle wörtlich oder sinngemäß aus anderen Werken übernommene Aussagen als solche gekennzeichnet. Weder diese Arbeit noch wesentliche Teile daraus waren bisher Gegenstand eines anderen Prüfungsverfahrens. Ich habe diese Arbeit bisher weder teilweise noch vollständig veröffentlicht. Das elektronische Exemplar stimmt mit allen eingereichten Exemplaren überein.

Ort, Datum, Unterschrift