

MASTERARBEIT

ERSTELLUNG EINES SERVICEPORTFOLIOS DURCH SMARTES LOGGING VON BETRIEBSDATEN IM TUNNELBAU

ausgeführt am



Studiengang

Informationstechnologien und Wirtschaftsinformatik

Von: Thomas Freigassner

Personenkennzeichen: 1610320017

Graz, am 13. Juli 2018



Unterschrift

EHRENWÖRTLICHE ERKLÄRUNG

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die angegebenen Quellen nicht benützt und die benutzten Quellen wörtlich zitiert sowie inhaltlich entnommene Stellen als solche kenntlich gemacht habe.



Unterschrift

DANKSAGUNG

Stolz blicke ich auf meine Ausbildung am Campus 02 zurück. Die zahlreichen und oft sonnigen Wochenenden am Campus gaben mir meist neue Einblicke in die Welt der Wirtschaftsinformatik. Vieles des Erlernten konnte ich direkt in meinen beruflichen Alltag integrieren.

Ein großes Dankeschön gilt Frau FH-Prof. Dr. Elisabeth Pergler, eine Expertin im Bereich Service-Engineering. In stressigen Zeiten bekam ich immer eine schnelle Antwort und zielführende Tipps. An dieser Stelle möchte ich mich auch bei Herrn FH-Prof. DI Patrick Schweighofer, BSc für Rückmeldungen in Rekordzeit bedanken.

Des Weiteren möchte ich mich bei meiner Familie, meiner Freundin Emina und meinem Unternehmen bedanken, die mich in stressigen Phasen immer unterstützten und motivierten.

KURZFASSUNG

Ein Navigationssystem für Tunnelbohrmaschinen sammelt eine enorme Menge an Daten wie Sensordaten, Betriebsdaten, Fehlerprotokolle oder Informationen über das Benutzerverhalten. Viele dieser Daten werden nur für die Fehleranalyse verwendet. Dieses reaktive Verhalten kann in proaktives Handeln umgewandelt werden bevor die Zwischenfälle eintreten. Dies führt zu einer Kostenreduktion, da ein Stillstand der Maschine sehr teuer ist. Das Ziel dieser Arbeit ist es, ein Portfolio mit neuen Services aus den mitprotokollierten Daten zu erstellen. Das erste Kapitel beschäftigt sich mit der Forschungsfrage, der angewandten Methoden und dem weiteren Aufbau dieser Arbeit. Es folgen Kapitel über Tunnelbau und Software, Wertschöpfungsprozesse, Smart Services und Big Data. Im folgenden Kapitel wird das methodische Vorgehen zur Erstellung der Services beschrieben. Die Ergebnisse werden im nächsten Kapitel zusammengefasst, welches in drei Unterkapitel gegliedert ist. Das erste Unterkapitel beinhaltet die Ergebnisse eines durchgeführten Workshops, welcher Störungen im Tunnelbau analysiert und neue Dienstleistungen entdeckt. Im nächsten Kapitel werden die erarbeiteten Dienstleistungen anhand zweier Experteninterviews evaluiert. Das Serviceportfolio und die Ergebnisse der Arbeit werden im folgenden Kapitel dargestellt. Die Ergebnisse zeigen, dass die protokollierten Daten eine wertvolle Quelle für die Analyse der Prozesse im Tunnelbau sind und viel effizienter verwendet werden können.

ABSTRACT

Tunnel boring guidance systems collect an enormous amount of data such as sensor data, operating data, error protocols, and user behaviour. Much of this data is only used for troubleshooting. This reactive behaviour can be switched to proactive before incidents occur, reducing costs as boring machine standstill time is very expensive. The aim of this paper is to build a portfolio of services from the recorded data. The first chapter addresses the research question, the methodology, and subsequent thesis structure. It is followed by chapters about tunnels and software, value-added processes, smart services, and big data. The subsequent chapter describes the used methods to create new services. The next chapter is showing the results, which is subdivided into three chapters. It starts with the results of a workshop for analysing problems in tunnelling and creating new services. The ensuing chapter covers the evaluation of the new services in expert interviews. The service portfolio and outcome of this thesis is shown in the next chapter. The results show that protocolled data is a valuable source for analysing the process of tunnelling and can be used much more efficiently.

INHALTSVERZEICHNIS

1	EINLEITUNG	1
1.1	Ausgangssituation	1
1.2	Forschungsfrage.....	2
1.3	Ziele der Arbeit	2
1.4	Ausgewählte Methoden	2
1.5	Gliederung der Arbeit.....	3
2	HINTERGRÜNDE VON SOFTWARE UND DIENSTLEISTUNGEN IM TUNNELBAU	4
2.1	Vortrieb im Tunnelbau	4
2.1.1	Tunnelvortriebsmaschinen	5
2.1.2	Tunnelteilschnittmaschinen	7
2.2	Dienstleistungen für Tunnelbohrmaschinen	9
2.3	Wertschöpfung im Tunnelbau.....	10
2.4	Wertschöpfungsprozess in der Softwareindustrie	10
2.4.1	Customer Value Added	10
2.4.2	Kundenkontaktkreis	11
2.5	Verkauf von IT-Dienstleistungen	12
3	HINTERGRÜNDE VON SMART SERVICES IM TUNNELBAU	14
3.1	Definition Smart Service	14
3.2	Leistungsbündel im Tunnelbau.....	15
3.3	Digitalisierung und das Internet der Dinge	16
3.4	Chancen durch Digitalisierung.....	17
3.5	Herausforderungen durch Digitalisierung und Dienstleistungen	18
3.6	Big Data und Data Mining.....	18
3.6.1	Data Mining.....	20
3.6.2	Data Mining Verfahren.....	24
3.7	Möglichkeiten zur Protokollierung von Daten mit Softwaresystemen	25
3.7.1	Logdateien für die Protokollierung.....	25
3.7.2	Strukturierungsgrad von Daten.....	27

4	METHODISCHES VORGEHEN ZUR ERMITTLUNG NEUER SERVICES	29
4.1	Workshop zur Ermittlung neuer Services	30
4.1.1	Ziele des Workshops	30
4.1.2	Untersuchungsdesign	31
4.1.3	Vorgehensmodell.....	33
4.2	Evaluierung der ermittelten Services durch Experteninterviews	35
4.2.1	Ziel der Experteninterviews	35
4.2.2	Untersuchungsdesign	35
4.2.3	Definition Experteninterview	36
4.2.4	Durchführung	36
4.3	Erstellung eines Serviceportfolios	38
4.3.1	Definition eines Serviceportfolios	38
4.3.2	Aufbau des Serviceportfolios	38
5	ERGEBNISSE AUS DEM PRAXISTEIL	39
5.1	Ergebnisse aus dem Workshop.....	39
5.1.1	Zusammenfassung der möglichen Störungen von Steuerleitsystemen	39
5.1.2	Zusammenfassung der Störungen	42
5.1.3	Ermittelte Services aus dem Workshop	43
5.1.4	Abbilden der ermittelten Services.....	48
5.2	Ergebnisse aus den Experteninterviews	49
5.2.1	Beurteilung der Services	49
5.2.2	Voraussetzung für die Protokollierung	56
5.3	Serviceportfolio mit neuen Services	58
5.3.1	Aufbau des Portfolios	58
5.3.2	Portfolio.....	59
6	CONCLUSIO	62
6.1	Kritische Betrachtung der Ergebnisse	62
6.2	Beantwortung der Forschungsfrage	63
6.3	Reflexion.....	63
6.4	Ausblick	63

ANHANG A - GESPRÄCHSLEITFADEN WORKSHOP.....	65
ANHANG B - GESPRÄCHSLEITFADEN EXPERTENINTERVIEW.....	66
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS.....	67
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	68
TABELLENVERZEICHNIS	70
LITERATURVERZEICHNIS.....	71

1 EINLEITUNG

In der heutigen Zeit sind Dienstleistungen ein wesentlicher und wichtiger Bestandteil für die nachhaltige Führung eines Unternehmens. Beispielsweise ist im Bereich der Immobilien/wirtschaftliche Dienstleistungen die Anzahl der Jobs zwischen den Jahren 1995 und 2015 um 70 Prozent gestiegen (OECD 2017). Mit interdisziplinärem Wissen und Konzepten ist ein Wirtschaftsinformatiker in der Lage Strategien, IT-unterstützte Geschäftsprozesse und für den Kunden maßgeschneiderte Lösungen zu generieren. In dieser Arbeit werden neue Services für den Tunnelbau abgeleitet.

In den folgenden Kapiteln werden die Ausgangssituation, die Forschungsfrage und die Ziele dieser Arbeit beschrieben. Des Weiteren werden die angewandten Methoden zur Beantwortung der Forschungsfrage und die Gliederung der Arbeit vorgestellt.

1.1 Ausgangssituation

Im Bereich Tunnelbau werden heutzutage spezialisierte Maschinen für die Bohrung und den sogenannten Vortrieb eingesetzt. Mehrere miteinander vernetzte Systeme sind notwendig, um einen Tunnelvortrieb zu ermöglichen.

Moderne Tunnelvortriebsmaschinen setzen auf für den Tunnelbau spezialisierte Softwarelösungen zur Positionsbestimmung und Navigation. Mit Hilfe dieser Systeme werden vermessungstechnische Zusammenhänge analysiert, visualisiert und gesteuert. Die eingesetzten Systeme schreiben eine Menge an Daten für jede kleinste Bewegung dieser Maschinen. Diese Daten werden meist nur in Problemfällen herangezogen und analysiert.

Ein Stillstand eines Tunnelbauprojekts ist mit hohen Kosten verbunden. Wenn nicht weitergegraben werden kann und die Tunnelvortriebsmaschinen zum Stillstand kommen, führt dieser Umstand zu Verzögerungen des Projektes, die Mitarbeiter sind für den Zeitraum des Stillstands nicht ausgelastet und auch weitere für den Tunnelbau notwendige Aktivitäten können nicht durchgeführt werden.

Für die entstandenen Kosten in meist enormer Höhe wird nach einem Verantwortlichen gesucht. In vielen Fällen sind die Verantwortlichen nicht eindeutig zu identifizieren und es kommt zu weiteren Verzögerungen, bis die Ursache geklärt ist.

1.2 Forschungsfrage

Aus dieser Ausgangssituation wurde im Vorfeld eine Forschungsfrage erarbeitet, welche in dieser wissenschaftlichen Arbeit beantwortet wird.

Die Forschungsfrage, die behandelt wird lautet:

Welche Services im Bereich Tunnelbau entstehen durch das Protokollieren von Betriebsdaten eines Tunnelleitsystems?

Um diese Frage beantworten zu können, werden zu Beginn die theoretischen Hintergründe von Softwaresystemen und Dienstleistungen im Tunnelbau und die Hintergründe von Smart Services im Tunnelbau erläutert. Im Praxisteil werden neue Services entwickelt, evaluiert und in einem Serviceportfolio zusammengefasst. In dieser Arbeit ist der Begriff „Services“ gleichbedeutend mit Dienstleistungen zu verstehen und Tunnelbohrmaschine wird durch „Maschine“ abgekürzt.

1.3 Ziele der Arbeit

Das Ziel dieser Arbeit ist es, die protokollierten Daten zu nutzen und dem Kunden aufgrund der gewonnenen Informationen neue Services anzubieten. Das Ergebnis sind neugenerierte Services, zusammengefasst in einem allgemein gültigen Serviceportfolio für Navigationssysteme im Tunnelbau. Das Serviceportfolio wurde im Kontext des Unternehmens Geodata Informationstechnologien GmbH umgesetzt.

Die Services sollen ein proaktives Handeln bei vorhersehbaren Problemen ermöglichen und dadurch einen Stillstand der Maschinen verhindern oder reduzieren.

1.4 Ausgewählte Methoden

Die ersten beiden Kapitel beschäftigen sich mit dem theoretischen Teil dieser wissenschaftlichen Arbeit. Sie wurden mithilfe einer Literaturrecherche aufgearbeitet.

Die Literaturrecherche beschäftigt sich mit den zwei Themen Software und Dienstleistungen im Tunnelbau und Smart Services. In diesen Kapiteln werden die Funktionsweisen von Steuerleitsystemen und auch die Wertschöpfungsprozesse im Tunnelbau beschrieben. Das Kapitel Smart Services im Tunnelbau geht auf die Themen Digitalisierung, Big Data und der Protokollierung von Betriebsdaten ein. Im Zuge der Literaturrecherche wurde zuerst nach zusammengesetzten Begriffen in Bezug auf den Tunnelbau gesucht, beispielsweise „Smart Services im Tunnelbau“. Dieses Vorgehen brachte nur geringen Erfolg. Daher wurden die Recherchen aufgeteilt und später durch den Autor zusammengeführt. Die Anzahl der Suchergebnisse fiel in englischer Sprache höher als in deutscher Sprache aus. Aus den Zitaten in Fachartikeln und Büchern wurden weitere Quellen für die Literaturrecherche gefunden.

Die Kapitel im Theorieteil werden aufgearbeitet, um eine Grundlage für den Aufbau des Praxisteils zu liefern. Im Praxisteil wurden anhand eines Workshops die Störungen im Tunnelbau

identifiziert. Im nächsten Schritt wurden neue Dienstleistungen kreiert, welche aus protokollierten Informationen über das Steuerleitsystem resultieren. Die neuen Services werden anhand von Experteninterviews analysiert und bewertet. Das Ergebnis führt zur Erstellung eines Portfolios mit den neuen Dienstleistungen.

1.5 Gliederung der Arbeit

Die vorliegende Arbeit gliedert sich in sechs Hauptkapitel. Die Einleitung beschreibt die Ausgangssituation, aus der in weiterer Folge die Forschungsfrage abgeleitet wird. Außerdem werden die Ziele der Arbeit und die ausgewählten Methoden beschrieben.

Das zweite Kapitel beschäftigt sich mit dem Thema Hintergründe von Software und Dienstleistungen im Tunnelbau. Die Maschinen, die Steuerleitsysteme zur Navigation im Tunnel einsetzen, werden vorgestellt, sowie die Systeme selbst. Des Weiteren beschäftigt sich das Kapitel mit Wertschöpfungsprozessen und geht dabei näher auf den Tunnelbau ein.

Im dritten Kapitel geht es um die Hintergründe von Smart Services im Tunnelbau. Wichtige Themen wie Digitalisierung, Big Data oder Protokollierung von Daten werden behandelt.

Nachdem der theoretische Teil abgeschlossen ist, startet das vierte Kapitel mit den verwendeten Methoden und der Vorgehensweise zur Ermittlung der neuen Services.

Im nächsten Kapitel werden die Ergebnisse des Workshops und der Experteninterviews zusammengefasst, sowie ein Serviceportfolio erstellt.

Am Ende dieser Arbeit findet sich die Conclusio. Die Forschungsfrage wird beantwortet und die Ergebnisse werden kritisch betrachtet und zusammengefasst.

2 HINTERGRÜNDE VON SOFTWARE UND DIENSTLEISTUNGEN IM TUNNELBAU

Im Tunnelbau ist die verlässliche Beurteilung von Verformung und Tragwirkung des umgebenden Gebirges von höchster Bedeutung. Da unter der Erde kein Empfang zu Satelliten besteht, werden geodätische Messgeräte, wie beispielsweise ein Theodolit, für eine Positionsbestimmung im Tunnel eingesetzt. Die Auswertung der Messergebnisse ermöglicht eine Risikoabschätzung und ein proaktives Gegensteuern bei Überschreitung von Grenzwerten.

Der Theodolit als wichtiges Messinstrument misst den Horizontal-, Vertikal- und Zenitwinkel und wird zur Einmessung topographischer Punkte verwendet. Die Ergebnisse liefern Distanzen und Höhenunterschiede. Die Messgeräte haben sich in den letzten Jahren enorm im Bereich der Genauigkeit verbessert und arbeiten heutzutage im hundertstel Millimeterbereich. (Sendler 2016)

Ein wichtiger Schritt in der Entwicklung der Instrumente war die Möglichkeit einer Computerverbindung für die Ablage von Daten. Heutzutage können Theodoliten aus der Ferne gesteuert werden und besitzen zahlreiche Funktionen. Die gesendeten Daten vom Theodolit können von Computerprogrammen direkt weiterverarbeitet werden. Weitere Funktionen sind die automatische Zielerkennung und selbstständige Positionierung des Instruments in einem Raum mit mindestens drei bekannten Punkten. (Sendler 2016)

2.1 Vortrieb im Tunnelbau

Der Tunnelbau ist eine große Herausforderung im Bauingenieurwesen. Der größte Unterschied zu herkömmlichen Bauprojekten ist das Gebirge. Zwischen Gebirge, Konstruktion und Bauvorgang besteht eine direkte Beziehung. Das Gebirge ist ein wesentlicher Faktor, da es als tragendes Element, aber auch als Belastung wirkt. Zusätzlich dient das Gestein als Baustoff. (Girmscheid 2008)

Eine weitere Besonderheit des Tunnelbaus ist, dass in vielen Fällen die Gegebenheiten vorab nicht vollständig bewusst sind. Das Gestein entlang der Tunnelachse ist nicht immer vorhersehbar. Mit Probebohrungen wird versucht, diesen Problemen entgegenzuwirken, was jedoch nicht immer zufriedenstellend funktioniert.

Die Beschaffenheit des Berges oder Untergrunds ist die Entscheidungsgrundlage, welche Methode für den Tunnelvortrieb gewählt wird. Die Untersuchungen werden von qualifizierten Geologen durchgeführt, die das Gebirge beurteilen und klassifizieren. (Girmscheid 2008)

Neben dem konventionellen Vortrieb, wie zum Beispiel dem Sprengvortrieb oder dem Bagger, gibt es auch spezielle maschinelle Tunnelvortriebsmaschinen. In den folgenden Unterkapiteln wird näher auf Tunnelvortriebsmaschinen und Teilschnittmaschinen eingegangen.

Tunnelvortriebsmaschinen und Teilschnittmaschinen sind mit modernen Technologien und Softwaresystemen ausgestattet.

2.1.1 Tunnelvortriebsmaschinen

Tunnelvortriebsmaschinen werden meist nur für größere Tunnelprojekte ab einer Länge von zwei Kilometern eingesetzt. Der Einsatz einer Tunnelvortriebsmaschine ist mit hohen Kosten verbunden und würde sich für kleine Projekte nicht rentieren. Der sinnvolle Einsatz dieser Maschinen ist auch stark von der Beschaffenheit des Gebirges abhängig, da die Maschine nur begrenzt flexibel für die unterschiedlichen Gesteine ist. Die Maschinen sind für hartes Gestein geeignet. (Girmscheid 2008)

Mit einer Tunnelvortriebsmaschine sind nur Kreisquerschnitte möglich. Der Durchmesser von Tunnelvortriebsmaschinen liegt üblicherweise zwischen zweieinhalb und zwölf Metern und hat eine Gesamtlänge von bis zu 200 Metern bei großen Maschinen. Das rotierende Schild mit vielen kleinen Meißeln fräst das Gestein aus dem Berg. Das abgebaute Material wird durch ein Förderband nach hinten abtransportiert.

In der folgenden Aufzählung sind die unterschiedlichen Arten von Tunnelvortriebsmaschinen Systeme aufgelistet:

- Grepper-Tunnelvortriebsmaschine
- Schild-Tunnelvortriebsmaschine
- Doppelschild-Tunnelvortriebsmaschine
- Aufweitungs-Tunnelvortriebsmaschine (Girmscheid 2008)

In der Abbildung ist eine Doppelschild-Tunnelvortriebsmaschine für den Koralmtunnel, Baulos „KAT2“, zwischen Steiermark (Österreich) und Kärnten (Österreich) zu sehen.



Abbildung 1 Aufnahme der Tunnelbohrmaschine für den Koralmtunnel zwischen der Steiermark und Kärnten von der Firma Geodata

Solche Tunnelvortriebsmaschinen sind mit modernen IT-Systemen ausgestattet. Eines dieser Systeme dient zur Navigation durch den Berg. GPS Lokalisierung ist untertage nicht möglich und daher werden alternative Vermessungsverfahren für die Positionsbestimmung angewendet. Systeme für die Navigation der Maschine werden Steuerleitsysteme oder Tunnelleitsysteme genannt.

Die folgende Abbildung zeigt den Hauptbildschirm für den Maschinenfahrer in der Tunnelbohrmaschine.

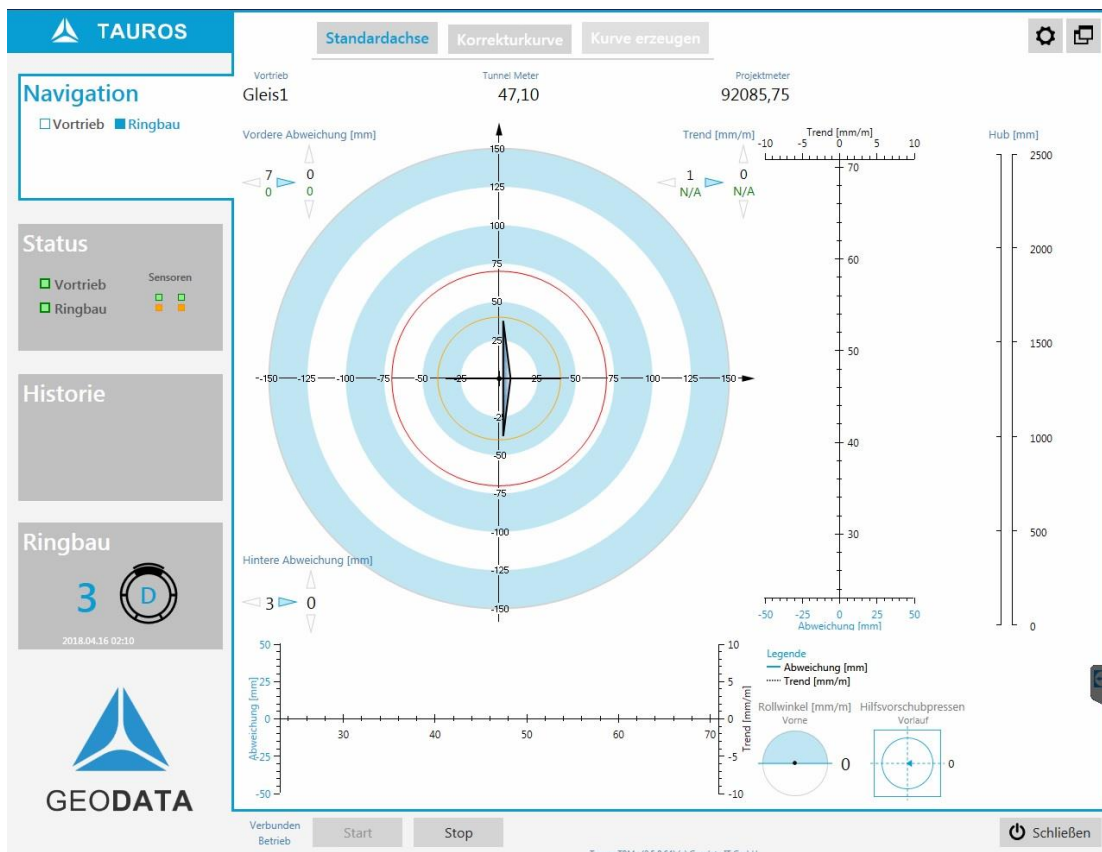


Abbildung 2 Hauptansicht für den Maschinenführer des Steuerleitsystems „Tauros“ von der Firma Geodata

Die Aufgabe des Maschinenführers liegt darin, die Maschine, dargestellt als Pfeil, möglichst genau im Zentrum zu halten. Bei einer Doppelschildmaschine wird während des Vortriebs auch die Tunnelverkleidung mit Betonringen eingebaut. Neben der Nummer des zuletzt eingebauten Rings, werden die aktuellen Status der Sensoren angezeigt.

Das System für die Positionsbestimmung und Überwachung des Ringbaues besteht aus vielen Elementen, wie in folgender Abbildung zu sehen ist.

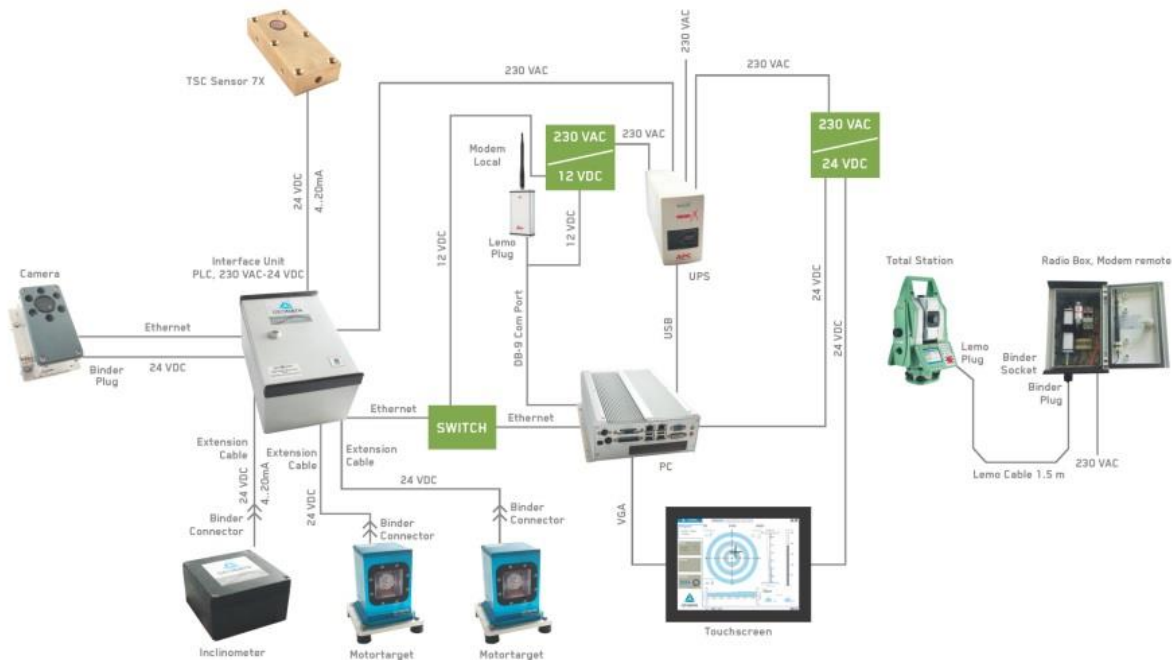


Abbildung 3 Elemente des Steuerleitsystems „Tauros“ der Firma Geodata

Die Komponenten sind Sensoren wie ein Zweiachs-Inklinometer, der die Verdrehung und die Neigung der Maschine misst oder Schildschwanzluftsensoren. Schildschwanzluftsensoren sind Ultraschallsensoren, welche den Abstand des Schilde der Maschine zu den eingebauten Ringen bestimmen. Als Verrollung wird die Drehung der Tunnelbohrmaschine zur Maschinenachse bezeichnet.

Ein Kameramesssystem wird für Doppelschildmaschinen eingesetzt und spiegelt die Verrollung des fixierten Teils und des beweglichen Vorderteils der Maschine. Für die Messung wird als Messinstrument ein eine Totalstation eingesetzt. Dieser misst auf sogenannte Referenzziele. Für die Verwendung der Maschinendaten wird das Steuerleitsystem an die speicherprogrammierbare Steuerung des Maschinenherstellers angebunden.

Durch die hohe Anzahl von unterschiedlichen Elementen, erhöht sich auch das Risiko eines Ausfalls. Es ist wichtig, dass Probleme vorzeitig erkannt werden und Störungen schnellstmöglich behoben werden.

2.1.2 Tunnelteilschnittmaschinen

Im Gegensatz zu Tunnelvortriebsmaschinen sind Teilschnittmaschinen um einiges kleiner und ähneln einem Bagger. Durch die kleinere Bauform sind die Maschinen flexibler und können sich in alle Richtungen bewegen. (Copur, Ozdemir, Rostami)

Teilschnittmaschinen sind wie die Tunnelvortriebsmaschinen für Hartgestein geeignet. In folgender Abbildung wird eine Teilschnittmaschine mit ihren Komponenten dargestellt.

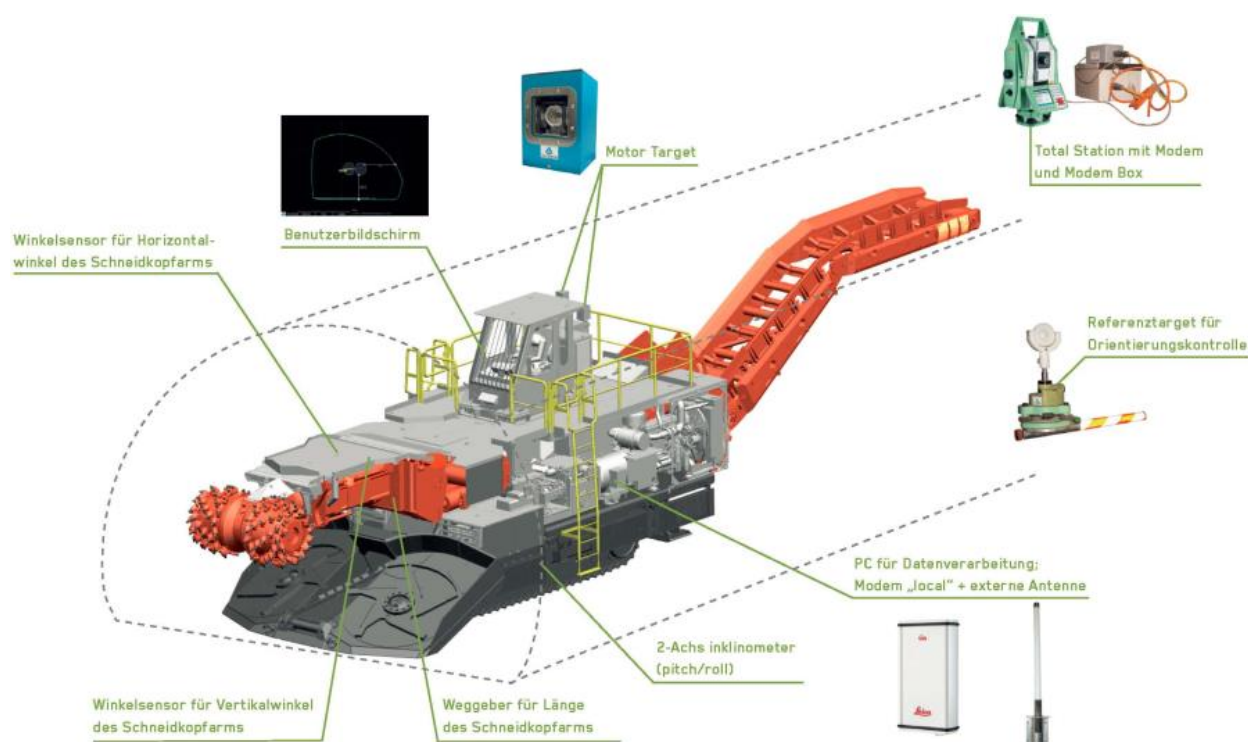


Abbildung 4 Teilschnittmaschine und die für den Vortrieb benötigten Komponenten des Steuerleitsystems „Tauros for Roadheader“ der Firma Geodata

Die Komponenten der Teilschnittmaschine überschneiden sich zum größten Teil mit denen der Tunnelvortriebsmaschine, es werden jedoch keine Ultraschallsensoren oder ein Kamerasystem benötigt.

Die Maschine wird aus einem Führerhaus bedient. Mit einem rotierenden und neigbaren Schneidkopf wird das Gestein aus dem Berg gefräst. Das abgefräste Gestein wird über ein Förderband nach hinten transportiert. Das Gestein wird dann vom Förderband direkt in den Lastkraftwagen befördert und abtransportiert.

Im Gegensatz zur Tunnelvortriebsmaschine, die nur ein kreisförmiges Tunnelprofil schneiden kann, ist die Tunnelteilschnittmaschine fähig, unterschiedliche Profilformen zu fräsen.

Die Maschinen sind mit Steuerleitsystemen ausgestattet, die permanent die Position der Maschine bestimmen können. Zusätzlich wird dem Maschinenführer das zu schneidende Profil und die Position des Schneidkopfs visuell auf einem Monitor dargestellt.

In der folgenden Abbildung ist die Ansicht für den Maschinenfahrer zu sehen.

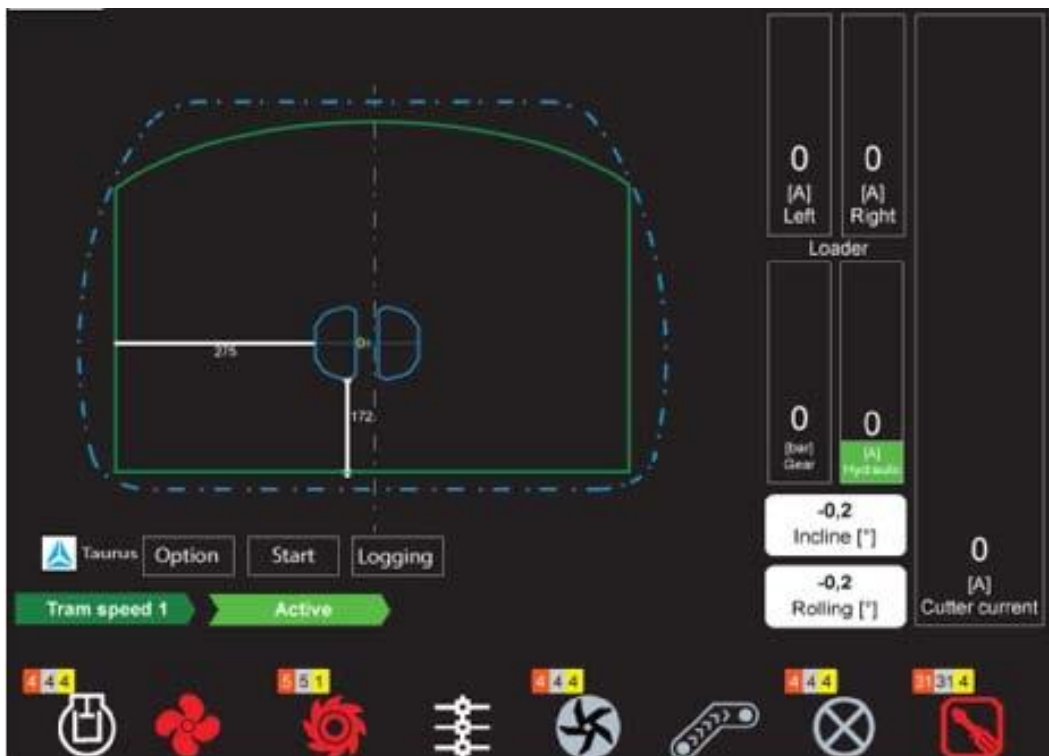


Abbildung 5 Hauptbildschirm des Steuerleitsystems „Tauros for Roadheader“ der Firma Geodata

Auf einen Blick, werden das aktuelle Tunnelprofil (die grüne Linie) und die Position des Schneidkopfs (blauen Ovale) dargestellt. Mithilfe eines Joysticks wird der Schneidkopf in eine beliebige Richtung bewegt.

Die Position der Maschine wird anhand permanenter Messungen eines Theodolits auf Prismen mit festen Koordinaten auf der Maschine bestimmt. Der Theodolit befindet sich in sicherer Entfernung hinter der Maschine und kann die Prismen mithilfe eines Lasers automatisch finden und messen. Eine Herausforderung bei der Messung ist, die Bewegungen der Maschine zu folgen. Eine weitere Aufgabe ist es, die Vibrationen der Maschine zu berücksichtigen. Sobald diese wieder still steht, wird eine neue Position bestimmt. Schlechte Lichtverhältnisse und starker Staub durch den Abbau des Gesteins erschweren die Suche und Verfolgung der benötigten Prismen für die Einmessung.

2.2 Dienstleistungen für Tunnelbohrmaschinen

Neben den oben beschriebenen IT-Systemen, braucht es für einen reibungslosen Ablauf unterstützende Dienstleistungen. Eine Form der Dienstleistungserbringung ist ein Vermesser vor Ort auf der Baustelle. Er kennt das Steuerleitsystem und besitzt auch die vermessungstechnischen Grundlagen. Der Vermesser kann die Gültigkeit von Messwerten abschätzen. Er ist die erste Ansprechperson beim Eintritt eines Störfalls. Im Falle eines Problems mit dem Steuerleitsystem analysiert er die Ursache direkt im Tunnel an der Maschine. Ist es nicht möglich das Problem zu beheben, kontaktiert er den firmeninternen Support.

Bei Problemen mit dem Steuerleitsystem leistet die Softwareentwicklung Unterstützung mittels Fernzugriff auf den Computer der Maschine. Im ersten Schritt werden alle für die Fehleranalyse relevanten Daten kopiert und dann im Büro analysiert. Ist der Fehler im System behoben, wird eine neue Version des Steuerleitsystems erstellt. Diese Version wird ausführlich getestet und von der Softwareentwicklung über Fernzugriff auf der Maschine installiert.

Eine weitere Aufgabe des Vermessers ist die kontinuierliche Überprüfung aller Komponenten und die Kontrolle der Koordinaten. Punkte auf der Maschine werden nachgemessen und falls nötig aktualisiert.

2.3 Wertschöpfung im Tunnelbau

Im Bereich Tunnelbau wird versucht eine Marktdurchdringung durch Spezialisierung und Expertentum zu erzielen. Im Zuge der Wertschöpfung werden Leistungsbündel angeboten. Beispielsweise wird nicht nur ein Steuerleitsystem für Tunnelbohrmaschinen alleine angeboten. Weitere Tätigkeiten sind die Bereitstellung von Vermessungstechnikern, die Lieferung von benötigten Messinstrumenten, Unterstützung bei der Planung der Tunnelachse, die Installation des Systems, Aufbereitung von Daten oder auch die Einrichtung der IT-Infrastruktur. Zusätzlich werden Dienstleistungen in Form von Schulungen oder Kontrollmessungen angeboten. Des Weiteren werden während des Projektes individuelle Anpassungen und Fehlerbehebungen am System durchgeführt.

Die Dienst- und Sachleistungen stellen gemeinsam ein hybrides Leistungsbündel dar. Für eine maßgeschneiderte Systemlösung für den Kunden sind daher kunden-, domänen- und produktspezifische Kompetenzen erforderlich.

2.4 Wertschöpfungsprozess in der Softwareindustrie

Besonders in Unternehmen, die zusätzlich zu ihren Produkten begleitende Dienstleistungen anbieten, ist es wichtig, dass die Leistungserbringung vom Kunden akzeptiert und als wertvoll empfunden wird. Es wird zwar gemeinsam mit dem Kunden ein Wert geschaffen, beurteilt wird dieser aber vom Kunden alleine. Die Preisbereitschaft des Kunden hängt daher stark vom empfundenem Nutzen ab. (Buxmann et al. 2015)

Bei der Erstellung des Leistungsangebots ist darauf zu achten, dass der Kunde erkennt, welche Dienstleistungen ihm letztendlich den Nutzen und damit den Kundenvorteil erbracht haben.

2.4.1 Customer Value Added

Kundenorientierte und unternehmensorientierte Wertschöpfung stehen in einem wechselseitigen Abhängigkeitsverhältnis. Neben dem Ziel der Unternehmen, wirtschaftlich zu agieren und Gewinne zu erzielen, rückt die Orientierung an den Kunden immer stärker in den Mittelpunkt. Das kundenbezogene Wertschöpfungsverständnis („Customer Value Added“) fordert das

Management, entsprechende Produkte und begleitende Services in zugeschnittenen Leistungsbündeln anzubieten, welche die gewünschte Wertschöpfung beim Kunden herbeiführen können („Value Proposition Design“). (Bruhn und Stauss 2013)

Beispielsweise wird bei einem komplexen Softwaresystem neben der eigentlichen Software auch der unterstützende IT-Support angeboten.

2.4.2 Kundenkontaktkreis

Der Kundenkontaktkreis ermöglicht die Bedürfnisse der Kunden und damit das gesamte Wertangebot in einem Service beziehungsweise in einem Produktangebot übersichtlich aufzulisten. Dabei werden die jeweiligen Dienstleistungen ihrem Leistungszyklus zugeordnet. Der Kundenkontaktkreis wird zur Bestimmung der aktuellen Dienstleistungssituation verwendet. Er ist Teil der „5-Schritte-Methode der systematischen Dienstleistungsentwicklung“, welche gemeinsam vom Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft in Stuttgart und dem Institut für Technik der Betriebsführung in Karlsruhe entwickelt wurde. (Myritz 2017)

Bei dieser Methode wird der Leistungszyklus in vier Phasen geteilt. Die Punkte, an denen Mitarbeiter Kontakt zu Kunden haben, werden markiert. Der direkte Kontakt mit den Kunden ermöglicht, die Bedürfnisse der Kunden besser zu verstehen. Des Weiteren bietet er die Chance, beeinflussend auf den Kunden beziehungsweise umgekehrt auf das Unternehmen zu wirken. (Myritz 2017)

Neben der Erbringung der Leistung beim Kundenkontakt, wird diese auch vom Kunden beurteilt. Die Methode ermöglicht die Unterscheidung zwischen Kernleistung und Mehrwertdienstleistung. Eine konkrete Leistung, die zum Kerngeschäft des Unternehmens gehört, wird als Kernleistung gesehen. Mehrwertdienstleistungen erweitern das Leistungsangebot nur.

Beispielsweise kann die Installation der Anwendersoftware zur Analyse von Daten als Kernleistung gesehen werden und das Initialisieren des Programmes mit kundenspezifischen Daten als Mehrwertdienstleistung. Erst durch das Zusammenführen der Kern- und Mehrwertdienstleistung ist für den Kunden ein wertvolles Problemlösungspaket entstanden.

Die vier Phasen des Leistungszyklus umfassen die Informationsphase, die Angebots- oder Kaufphase, die Auftragsausführungsphase und die Nutzungsphase. Die einzelnen Phasen werden in der folgenden Aufzählung beschrieben: (Myritz 2017)

- Informationsphase: Die potentiellen Kunden werden über die Produkte und Dienstleistungen informiert. Typische Informationsquellen wie Webseiten, Broschüren, Messeauftritte und Werbematerial fallen in diese Phase.
- Angebots- oder Kaufphase: Die Phase beinhaltet alle Aktivitäten, die vor Vertrags- und Kaufabschlüssen stattfinden. Der Dialog mit dem Kunden und die Angebotserstellung stehen im Vordergrund.
- Auftragsausführungsphase: Ist die Phase der eigentlichen Leistungserbringung.

- Nutzungsphase: After-Sales-Service, wie beispielsweise die Beantwortung von Kundenfragen oder Fehlerbehebung sind Dienstleistungen, welche als Nachbetreuung des Kunden gesehen werden. (Camerin 2016)

In der folgenden Darstellung sind die vier Phasen beginnend mit der Informationsphase zu sehen. Die blauen Punkte zwischen den Phasen stellen Dienstleistungen dar, wo die Mitarbeiter mit den Kunden und Kundinnen in Kontakt treten.

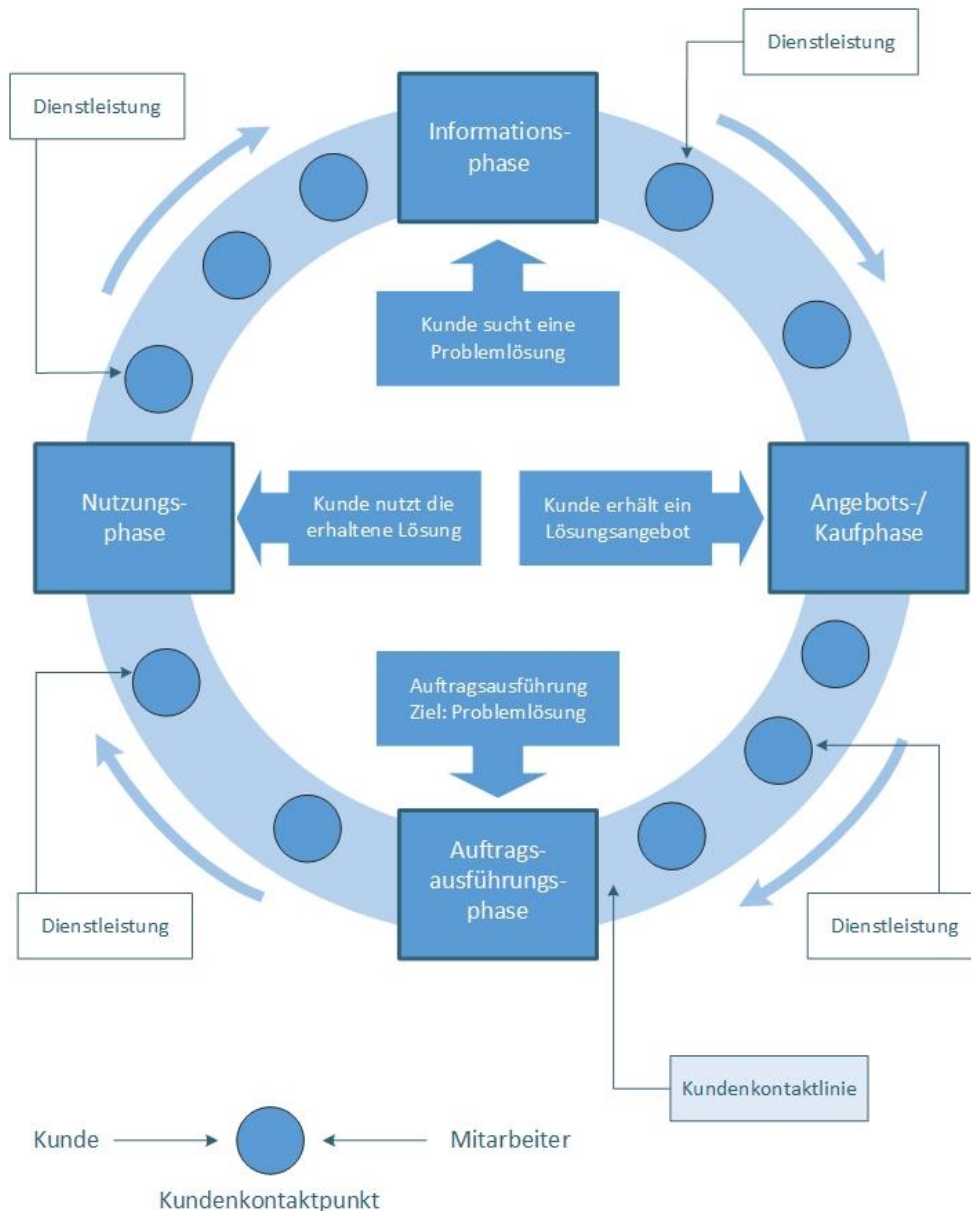


Abbildung 6 Kundenkontaktkreis nach Myritz (2017)

2.5 Verkauf von IT-Dienstleistungen

Die aktive Vermarktung und der Verkauf von Dienstleistungen spielen vermehrt für die Wettbewerbsfähigkeit des Unternehmens eine wichtige und entscheidende Rolle. Vielfach entstehen jedoch hohe Kosten für das Unternehmen, da Dienstleistungen aus einem

momentanen Bedarf heraus angeboten werden oder die Kundenanforderungen nicht entsprechend erfüllt werden. Ein wichtiger Schritt ist die Einbeziehung der Serviceentwicklung in die Unternehmensstrategie, damit die benötigten Ressourcen für die Leistungserbringung ermittelt und realistische Preise kalkuliert werden können. (Vogel-Weyh und Röhm 2002)

Die Entwicklung führt über produktbegleitende Services, wie Inbetriebnahme und Wartung, bis zum vollständigen Care-Free-Angebot. Damit wird aus einem Produkthanbieter ein produzierender Dienstleister. Aus technisch komplexen Sachprodukten, bei denen der Kunde umfangreiche Problemlösungen erwartet, entstehen hybride Produkte, die Sach- und Dienstleistungen enthalten, wobei am Ende meist die Dienstleistungen überwiegen. (Vogel-Weyh und Röhm 2002)

Die Abbildung zeigt, dass die Zahlungsbereitschaft beim Kunden steigt, wenn die erbrachte Leistung auch wahrgenommen wird. Für Leistungen, die der Kunde nicht sieht, die sogenannten versteckten Dienstleistungen, wird auch nicht bezahlt.

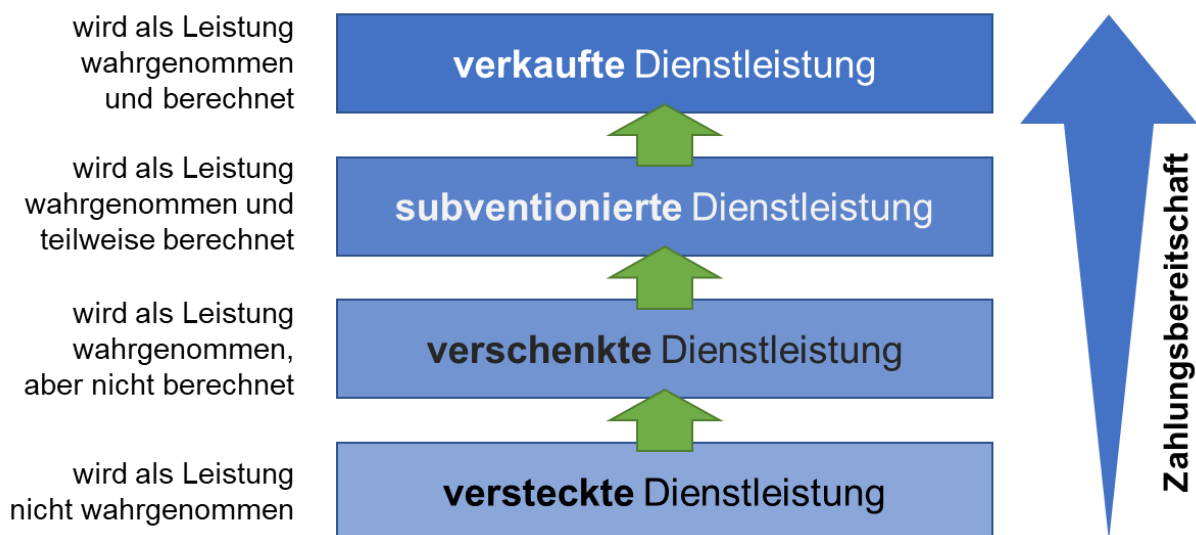


Abbildung 7 Wahrnehmung und Zahlungsbereitschaft von Dienstleistungen in Anlehnung an Vogel-Weyh und Röhm (2002)

In gewissen Fällen werden aufgrund der strategischen Bedeutung die Kosten der erbrachten Serviceleistungen vom Unternehmen getragen. Ansonsten werden die Leistungen in den Produktpreis einkalkuliert oder in separaten Leistungspositionen angeboten und vom Kunden direkt bezahlt. Die Kunden sind nur dann bereit für die Dienstleistungen zu bezahlen, wenn diese auf die Erfüllung seiner Bedürfnisse ausgerichtet sind. Dem Kunden muss dabei bewusst sein, welchen Nutzen er aus der Dienstleistung zieht.

Optimierte Dienstleistungen binden den Kunden in den Entwicklungsprozess ein. Das Ziel ist, die zu erwartende Wertschöpfung an Hand von Kennzahlen darzustellen und dadurch die Zahlungsbereitschaft des Kunden zu erhöhen.

3 HINTERGRÜNDE VON SMART SERVICES IM TUNNELBAU

Dieses Kapitel beschäftigt sich mit dem Thema Smart Services im Tunnelbau. Zu Beginn wird der Begriff Smart Service definiert. Die Themen Leistungsbündel, Digitalisierung und auch Big Data werden behandelt. Abschließend werden digitale Protokollierungsmöglichkeiten für Betriebsdaten dargestellt.

3.1 Definition Smart Service

In der heutigen Zeit der Dienstleistungsindustrie gibt es noch einige Unternehmen, die ihren Fokus auf das verkaufende Kernprodukt legen. Andere Unternehmen haben bereits herausgefunden, dass es zusätzliche Dienstleistungen zum Kernprodukt braucht, um erfolgreich zu sein. Dies führt dazu, dass eine engere Beziehung zum Kunden möglich ist und die Anforderungen besser verstanden werden können. (Allmendinger und Lombreglia 2005)

Smart Services sind noch enger mit den Produkten verbandelt. Um Smart Services anbieten zu können, müssen die Produkte eine Intelligenz durch Bewusstsein und Konnektivität erlangen. Der Vorteil besteht darin, dass dadurch Informationen über das eingesetzte Produkt in Echtzeit abgerufen werden können. (Allmendinger und Lombreglia 2005)

Ein „smarter“ Produkt besteht neben der herkömmlichen physischen Komponente auch aus einer Komponente zur Datenerfassung und aus Schnittstellen für den Datentransfer. Bisherige Kontrollaufgaben des Menschen werden an die smarten Produkte abgegeben. Beispielsweise können gelagerte Produkte, die Lagerbedingungen, wie Temperatur oder Luftfeuchtigkeit, selbst überprüfen. Eine weitere Möglichkeit ergibt sich darin, dass bestimmte Funktionen und Informationen an unterschiedlichen Orten, verschieden sind. (Fleisch und Mattern 2005)

Die Herausforderung für Hersteller ist es, den Zusatznutzen für den Kunden aus den zusätzlichen Informationen abzuleiten. Statusinformationen wie Ort oder Umgebungszustand sind sowohl für den Kunden als auch den Produzenten relevant und nützlich. Nutzungsdaten des Produkts dienen als Basis für die weitere Produktentwicklung für den Produzenten. Der Anwender ist an Informationen über Auslastung oder Produktivität des eingesetzten Produkts interessiert. Jedes eingesetzte Produkt wird daher zur Prozessschnittstelle und Informationsquelle. (Fleisch und Mattern 2005)

In der folgenden Aufzählung sind Merkmale für Smart Services aufgelistet:

- Physische Dienstleistungen werden mit digitalen Services verknüpft.
- Services werden mit gespeicherten Daten und vernetzten Produkten verbunden.
- Durch Automatisierung und Informationen in Echtzeit werden die Antwortzeiten für die Benutzer verkürzt.

- Leistungen und Ereignisse die bisher nicht messbar waren, werden zu Messbarem gemacht.
- Individuelle Anpassung der Services an die Anforderungen der Kunden. Daraus folgt eine Steigerung des Nutzens für den jeweiligen Kunden.
- Durch Analyse und Aufbereitung der gespeicherten Daten (Big Data) entstehen neue Möglichkeiten und Geschäftsfelder. (Bruhn und Hadwich 2017)

In vielen Fällen bringt nicht das smarte Produkt einen direkten Mehrwert für den Kunden, sondern die daraus entstehenden Dienstleistungen. Die eingebauten Mikrochips oder ähnliche Technologien dienen als Bindeglied zwischen Produkt und Dienstleistung. (Fleisch und Mattern 2005)

Dienstleistungen können in unterschiedliche Kategorien differenziert werden. In der folgenden Aufzählung werden die wichtigsten Dienstleistungstypen beschrieben:

- Kontroll-Dienstleistungen. Bestimmte Kontrollaufgaben werden an externe, spezialisierte Dienstleister ausgelagert. Beispiele sind Aufgaben wie Diebstahlsicherung, Rückverfolgung oder Nachbestellung.
- Leasing-Dienstleistungen. Dieser Typ ist an der Nutzung und nicht am Besitz eines bestimmten Gutes interessiert. Der Nachfrager zahlt nur für die Nutzung und minimiert hohe Anfangsinvestitionen und erhöht die Flexibilität und Ausfallsicherheit.
- Risiko-Dienstleistungen. Versicherungen bieten diese Dienstleistungen an, indem sie Daten analysieren und mit entwickelten Methoden Risiken abschätzen.
- Informations-Dienstleistungen. Dabei geht es um den schnellen Austausch von Informationen. Beispielsweise bekommt die Anwenderin eines Smartphones beim Fotografieren eines Denkmals oder Kunstwerks die dazugehörigen Informationen.
- Komplexe Dienstleistungen. Komplexe Dienstleistungen ergeben ein Dienstleistungsbündel aus einer Kombination der obigen beschriebenen Dienstleistungen.

3.2 Leistungsbündel im Tunnelbau

Die Kunden von heute erwarten maßgeschneiderte Problemlösungen für die eigenen Anforderungen. Die ausschließliche Konzentration auf die Wirtschaftlichkeit, Produktivität und Qualität der Sachleistung ist in diesem Zusammenhang ohne geeignete Dienstleistungsangebote nicht mehr ausreichend.

Die Anbieter werden immer tiefer in die Kundenprozesse integriert. Dadurch werden wichtige Erkenntnisse über die wahren Kundenbedürfnisse deutlich, die in Folge neue Innovationen ermöglichen. Dies bedeutet auf keinen Fall, dass die Innovationen im Sachleistungsbereich an Bedeutung verlieren, sondern dass zusätzliche Innovationen im Dienstleistungsbereich unerlässlich werden. Letztendlich müssen Sach- und Dienstleistungen integriert geplant,

entwickelt, erbracht und genutzt werden. Nur so lassen sich umfassend die Kundenanforderungen berücksichtigen und ein maximaler Kundennutzen realisieren. Damit wird die Beherrschung der integrierten Planung, Entwicklung, Implementierung, Erbringung und Nutzung von Leistungsbündeln bestehend aus Sach- und Dienstleistungsanteilen zu einer wettbewerbsentscheidenden Schlüsselkompetenz. (Meier und Uhlmann 2017)

Die folgende Abbildung zeigt den Aufbau eines solchen Leistungsbündels. Im Fokus liegt das Kernprodukt, welches von Dienstleistungen (DL), sogenannten Value-Added-Services, begleitet wird. Das Kernprodukt kann ein Austauschgut, beispielsweise eine Software, oder ein Leistungsversprechen sein. Value-Added-Services sind immer ein Leistungsversprechen. Wird das Leistungsbündel immer öfters aufgrund der mit dem Kernprodukt begleitenden Dienstleistungen gekauft, kann das ganze Bündel als Leistungsversprechen gesehen werden, auch wenn das Kernprodukt ein Austauschgut ist. (Meier und Uhlmann 2017)

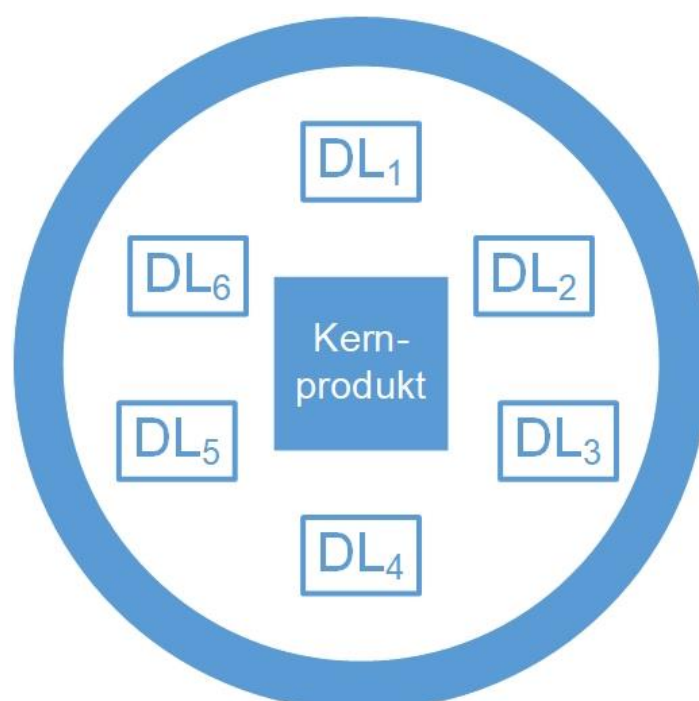


Abbildung 8 Aufbau eines Leistungsbündels. Das Kernprodukt und die Dienstleistungen in einem Bündel

Beispielsweise wird ein komplexes Softwaresystem ohne Support für Installation, Einschulung oder Wartung nicht den erwartenden Kundenvorteil bringen.

3.3 Digitalisierung und das Internet der Dinge

Der Begriff „Digitalisierung“ bedeutet, dass analoge Daten wie Texte, Bilder oder Audioaufnahmen in digitale Daten umgewandelt werden. Durch diese Transformation werden die Informationen zu geringen oder keinen Kosten beliebig oft reproduzierbar oder können durch Algorithmen zur Auswertung und Verarbeitung umgewandelt werden. Ein weiterer Vorteil durch die Digitalisierung besteht darin, dass auf der ganzen Welt in Sekundenschnelle auf aktuelle Informationen zugegriffen werden kann. (Hildebrandt und Landhäußer 2017)

Durch den Einsatz der Digitalisierung und der Eigenschaften von digitalen Informationen verändern sich auch Wertschöpfungsmodelle und Prozesse von Unternehmen. Es wirkt sich auch auf andere Bereiche wie Bildung oder der Gesellschaft aus. (Neugebauer 2018)

Die neue digitale Welt basiert auf der Infrastruktur des Internets. Dieses hat sich in den letzten Jahrzehnten zum zentralen Kommunikationsnetz etabliert. (Hildebrandt und Landhäußer 2017)

Im Zusammenhang mit dem Thema Digitalisierung, wird auch oft der Begriff „Internet der Dinge“ erwähnt. Internet der Dinge bedeutet, dass Dinge wie Waschmaschinen, Zahnbürsten, Staubsaugerroboter oder Heizungen mit dem Internet verbunden sind und auf diese zugegriffen werden kann. Es können aktuelle Informationen abgerufen werden oder aus der Ferne gesteuert werden. Neben dem praktischen Gebrauch, werden Daten der Dinge generiert, welche für die Produktentwicklung verwendet werden (Müller 2016). Ein weiterer Vorteil durch die Auswertung der Daten ist, dass Störungen vor Ausfall der Maschine prognostiziert werden. (Hildebrandt und Landhäußer 2017)

3.4 Chancen durch Digitalisierung

Durch die Digitalisierung ergeben sich viele neue Chancen für Unternehmen. Neue Geschäftsmodelle können entwickelt und neue Märkte eröffnet werden. Im Folgenden werden einige dieser Chancen beschrieben:

- Bestehende Serviceangebote im Dienstleistungssektor können durch neue modernere Innovationen erweitert oder ausgetauscht werden. (WKO 2017)
- In einigen Bereichen kann die Produktivität durch den Einsatz neuer Technologien gesteigert werden, indem Arbeitsläufe und Produktionsprozesse flexibler und effizienter entwickelt werden. (WKO 2017)
- Durch neue digitale Technologien entsteht ein starkes Innovationspotential. Neue Produkte können neue Märkte und Geschäftsfelder öffnen. (Geyer 2017)
- Im Innovationsprozess wird der Fokus auf Interdisziplinarität und Nutzerorientierung verstärkt. Impulse aus neuen Bereichen können in den Innovationsprozess einfließen. (Geyer 2017)
- Durch die Digitalisierung können neue Technologien, wie beispielsweise künstliche Intelligenz oder 3D-Druck, stärker verbreitet werden. (Geyer 2017)

Für Unternehmen ist es wichtig, sich über neue technologische Entwicklungen am Markt zu informieren. Die Einsatzmöglichkeiten für neue Innovationen müssen gründlich auf Einsetzbarkeit, Umsetzbarkeit und entstehende Vorteile gegenüber der Mitstreiter geprüft werden.

3.5 Herausforderungen durch Digitalisierung und Dienstleistungen

Neben vielen neuen Möglichkeiten durch die Digitalisierung, gibt es auch einige Gefahren und Herausforderungen, die beachtet werden müssen. In der folgenden Aufzählung werden Herausforderungen für die Entwicklung von neuen Anwendungen und Dienstleistungen aufgelistet (Geyer 2017):

- Die Sicherheit der Daten muss gewährleistet sein. Unbefugte Dritte dürfen keinen Zugriff auf die Daten bekommen
- Die Privatsphäre für den Benutzer muss geschützt werden. Personenbezogene Daten sind verantwortungsbewusst zu behandeln. Für das Sammeln und Verwerten der Daten braucht es eine Zustimmung des Anwenders.
- Neben den Daten müssen auch Anwendungen vor unerlaubtem Zugriff geschützt werden. Beispielweise ist ein Eingreifen durch Dritte beim autonomen Fahren ein großes Sicherheitsrisiko.
- Um sich mit anderen Systemen austauschen zu können, bedarf es an etablierter Standards.
- Durch die Digitalisierung entsteht ein wirtschaftlicher Wandel. Es werden neue Technologien genutzt und innovative Produkte angeboten. Durch deren Vorteile werden bestehende Tätigkeiten nicht mehr benötigt und führt möglicherweise zu wirtschaftlichen Rückgängen.
- Durch die Digitalisierung entstehen große Mengen an Daten. Diese müssen aufgearbeitet werden und für das Unternehmen nutzbar gemacht werden. Durch die Digitalisierung sollen keine Datenfriedhöfe entstehen.
- Der Begriff Digitalisierung ist eng mit Innovation verbunden. Für neue Innovationen, rückt auch der nicht-technologische Aspekt in den Vordergrund. Die Kunden und Nutzer sind daher ein wesentlicher Bestandteil im Innovationsprozess. Die neue Innovation soll einen Mehrwert für den Anwender schaffen. (Geyer 2017)

Neben den aufgelisteten Herausforderungen muss sich auch die Ausbildung in dem Bereich der Digitalisierung entwickeln. Den Entwicklungen zufolge kommen weniger Junge nach als alte Menschen in die Pension gehen. Einige Berufe werden automatisiert und werden dadurch am Arbeitsmarkt nicht mehr benötigt. Bereits jetzt ist ein Mangel an Fachkräften erkennbar. Eine Ausbildung in den Bereichen Informatik, Mathematik, Technik und Naturwissenschaften wird immer wichtiger. Ein systemübergreifendes Denken ist essentiell. (Schlick 2015)

3.6 Big Data und Data Mining

Ein weiterer moderner Begriff und sehr oft in Verbindung mit Digitalisierung zu hören ist „Big Data“. Der Begriff Big Data ist in der Praxis nicht eindeutig definiert und wird als Synonym für eine große Menge an Daten verwendet.

Big Data ist mehr als nur ein Datenhaufen. Das „Big“ im Wort steht für die drei zentralen Dimensionen „Volume“, „Velocity“ und „Variety“ (McAfee 2012). Das Volumen ist die Hauptgröße der drei Vs. Die Größe wird oft in Terabyte oder Petabyte angegeben. Weitere Messgrößen sind die Anzahl von Datensätzen, Transaktionen, Tabellen oder Dateien. (Russom 2011)

Die große Varietät von unterschiedlichen Datenquellen ist eine Ursache, weshalb die Datenmengen immer größer werden. Daten, die in der Vergangenheit nur gespeichert wurden, werden jetzt analysiert und ausgewertet. Strukturierte Daten werden mit unstrukturierten Daten, wie der menschlichen Sprache oder Texten, und halbstrukturierten Daten wie zum Beispiel XML-Daten ergänzt. (Russom 2011)

Das dritte V steht für „Velocity“ und definiert Big Data über die Geschwindigkeit. Dabei wird die Frequenz der Datengenerierung oder Datenausgabe betrachtet. Daten werden in Echtzeit von Sensoren generiert und als Datenströme übermittelt. Beispielsweise werden Gesichter in einer Menschenmenge nach einer bestimmten Person gescannt oder Thermometer für die Überwachung einer gezielten Temperatur eingesetzt. (Russom 2011)

Die nachstehende Darstellung zeigt die drei Vs als Kreise. Die Schnittmenge der Kreise bildet den Begriff Big Data ab.

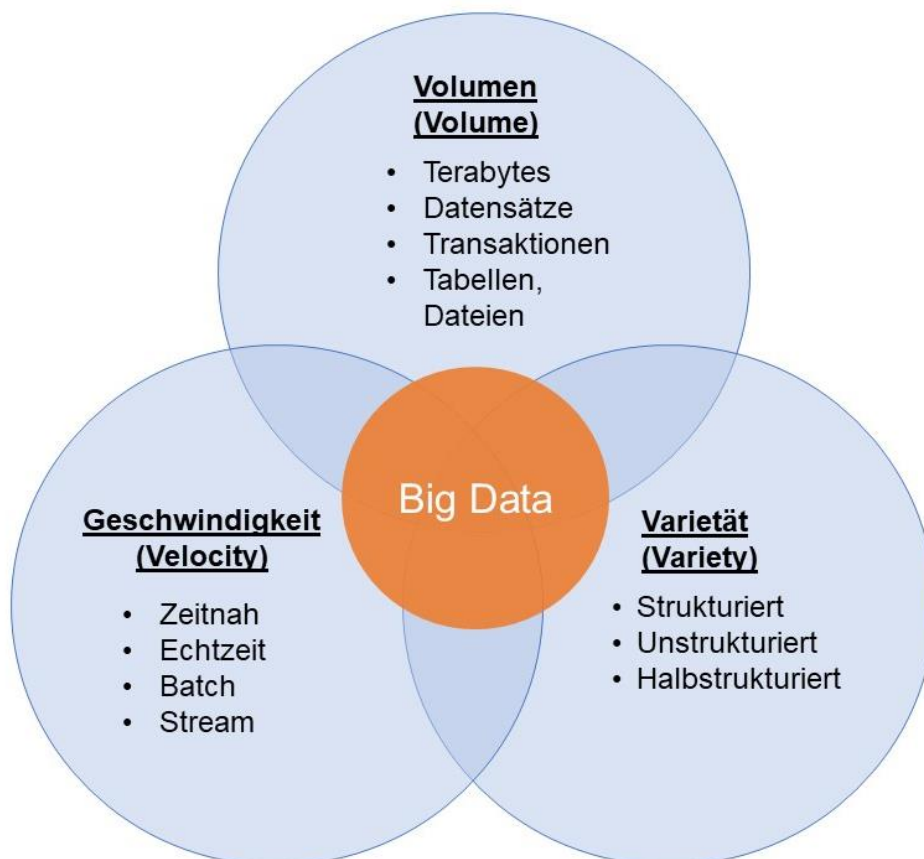


Abbildung 9 Der Begriff Big Data ist eine Schnittmenge der drei Vs in Anlehnung an Russom (2011)

Gerade im Tunnelbau entstehen durch Messungen mit unterschiedlichen Sensoren und Messinstrumenten eine große Menge an Daten, die verarbeitet und analysiert werden können.

Die Daten werden alle in Form von Logdateien protokolliert und nur in Problemfällen bei der Lösungssuche herangezogen und ausgewertet.

Für die Verarbeitung dieser großen Datenmengen kommen Datenspeicher- und Analyse-Systeme zum Einsatz, die parallel auf vielen Prozessoren und Servern arbeiten. Klassische relationale Datenbanksysteme reichen für diese Aufwendungen meist nicht aus. Die eingesetzten Systeme treffen dabei auf folgende Herausforderungen:

- Verarbeitung mehrerer Spalten in einem Datensatz.
- Gleichzeitige Verarbeitung einer großen Anzahl von Datensätzen.
- Kurze Antwortzeiten auf Datenbankabfragen.
- Die Systeme können mehrere gleichzeitige Datenbankabfragen verarbeiten.
- Schneller Import großer Datenmengen.
- Umgang mit unterschiedlichen Informationstypen wie Bilder, Zahlen oder Texten. (Fasel und Meier 2016)

3.6.1 Data Mining

Data Mining ist ein Weg, wie mit der Anwendung von statistischen Methoden große und komplexe Datenmengen analysiert werden können. Das Ziel ist es, Muster und Zusammenhänge in einem Datenhaufen zu erkennen. Data Mining ist ein leistungsfähiges Verfahren und kann Korrelationen und Muster aufdecken. Es ist notwendig, dass die verwendeten Daten richtig verstanden werden und die gewonnenen Erkenntnisse interpretiert werden können. (Witten et al. 2017)

Der Informationsgewinn hängt stark vom eingesetzten Data Mining-Algorithmus ab. Dieser wird aufgrund des vorhandenen Wissens über die Daten erstellt. Der Algorithmus und die Aussagekraft der Ergebnisse reagieren empfindlich auf bestimmte Eigenschaften der Daten. Die folgende Aufzählung zeigt einige der Einflüsse:

- Ausreißer sind Datenwerte die stark von typischen Werten in der Datenbank abweichen.
- Unvollständige Einträge. Es gibt Spalten in der Datenbank die keinen Wert haben.
- Spalten, welche zusammen variieren. Beispielsweise eine Spalte für Geburtsdatum und Alter.
- Unmögliche Datenkombinationen. Ein Beispiel ist eine männliche und gleichzeitig schwangere Person in der Datenbank.
- Datenwerte liegen außerhalb des Wertebereichs, wie etwa ein Eintrag für einen Mitarbeiter mit negativen Einkommen.
- Unterschiedliche Datencodierungen. (Witten et al. 2017)

Data Mining lässt sich nicht auf einen bestimmten Algorithmus reduzieren, sondern umfasst unterschiedliche Verfahrensweisen. Die Entdeckung von Wissen aus Datenbanken (Knowledge Discovery in Databases – KDD) ist ein mehrstufiger Prozess, der aus vorhanden Informationen

Wissen generiert. Der KDD-Prozess beginnt bereits bei der Datenabholung. Weitere Schritte beinhalten die Datenaufbereitung, eigentliche Verarbeitung zur Informationsgewinnung und der Interpretation und Präsentation der gewonnenen Endinformation. Der Begriff „Data Mining“ wird sehr oft als Synonym für den gesamten KDD-Prozess verwendet, ist aber nur ein Schritt im Verfahren. (Runkler 2015)

Eine Herausforderung für KDD-Algorithmen sind das Arbeiten mit gigantischen Datenbanken. Des Weiteren gibt es viele komplexe Beziehungen zwischen Attributen und die Berücksichtigung von falschen oder fehlenden Daten. Ein weiteres Problem ist, dass Über- und Unteranpassungen der angewandten Algorithmen an die Daten kommen kann. Die Integration von vielen unterschiedlichen Systemen ist eine zusätzliche Herausforderung. (Runkler 2015)

Nach Fayyad et al. (1996) umfasst der KDD-Prozess diese Schritte:

1. Die Domäne für den Anwendungsfall verstehen.
2. Für die festgelegten Ziele des KDD-Prozesses werden die dazu benötigten Daten ausgewählt.
3. Die Daten bereinigen und vorverarbeiten.
4. Die Daten reduzieren und transformieren. Überführung in ein für Data Mining geeignetes Format.
5. Die geeignete Methode für das Data Mining wird selektiert.
6. Das Data Mining selbst. Die ausgewählten Methoden werden zur Entdeckung von Mustern und Wissen auf die Daten angewandt.
7. Die gefundenen Ergebnisse interpretieren und präsentieren.
8. Das gewonnene Wissen anwenden. (Fayyad et al. 1996)

Der in Schritten aufgezählte Prozess ist iterativ. Sprünge zwischen den einzelnen Schritten sind jederzeit erlaubt und jeder Punkt kann beliebig oft wiederholt werden. (Fayyad et al. 1996)

Die folgende Abbildung zeigt die Schritte des KDD-Prozesses beginnend bei der Selektion der Daten bis hin zur Wissensgenerierung. Die strichlierten Linien stellen die Iterationen dar.

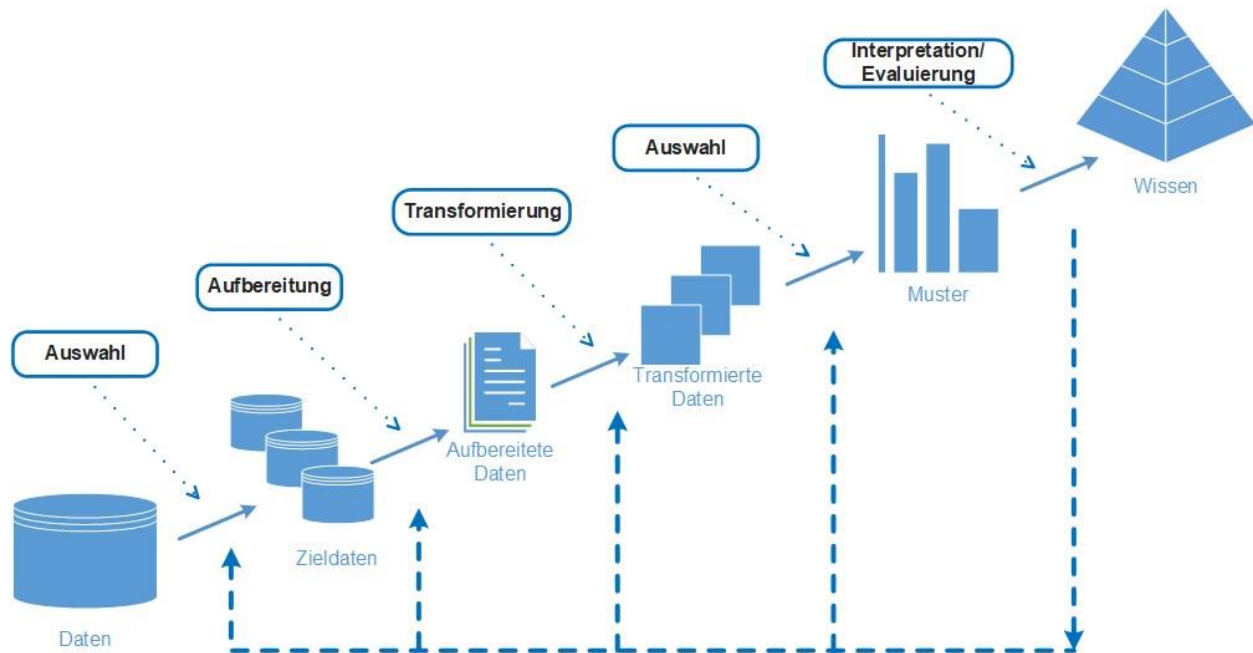


Abbildung 10 Die Schritte zur Wissensgenerierung im KDD-Prozess in Anlehnung an Fayyad et al. (1996)

Ein ähnliches Modell, welches den Prozess zur Wissensgenerierung beschreibt ist das CRISP-DM Modell (Cross Industry Standard Process for Data Mining). Diese Vorgehensweise besteht nur aus den folgenden sechs Schritten:

1. Die Anwendungsdomäne verstehen.
2. Die Daten verstehen.
3. Die Daten für den Mining-Prozess vorbereiten.
4. Das Data Mining selbst.
5. Die Modelle evaluieren
6. Präsentation und Anwendung des Wissens. (Wirth und Hipp 2000)

Die Schritte drei und vier im Modell von Fayyad et al. (1996), wird im CRISP-DM Modell im dritten Schritt zusammengelegt. Der Punkt fünf im CRISP, entspricht den Schritten fünf und sechs im Fayyad Modell.

Die Abbildung zeigt die unterschiedlichen Prozessschritte und deren Assoziationen. Die Reihenfolge der Schritte ist nicht vorgegeben. Die Pfeile in der Abbildung zeigen die wichtigsten Abhängigkeiten zwischen den einzelnen Phasen. Im Mittelpunkt der Prozessschritte sind die in einer Datenbank gespeicherten Daten. Der äußere Kreis symbolisiert, dass Data Mining nicht nach der ersten Anwendung endet. Aus den gewonnenen Erkenntnissen wird das Modell kontinuierlich verbessert. (Wirth und Hipp 2000)

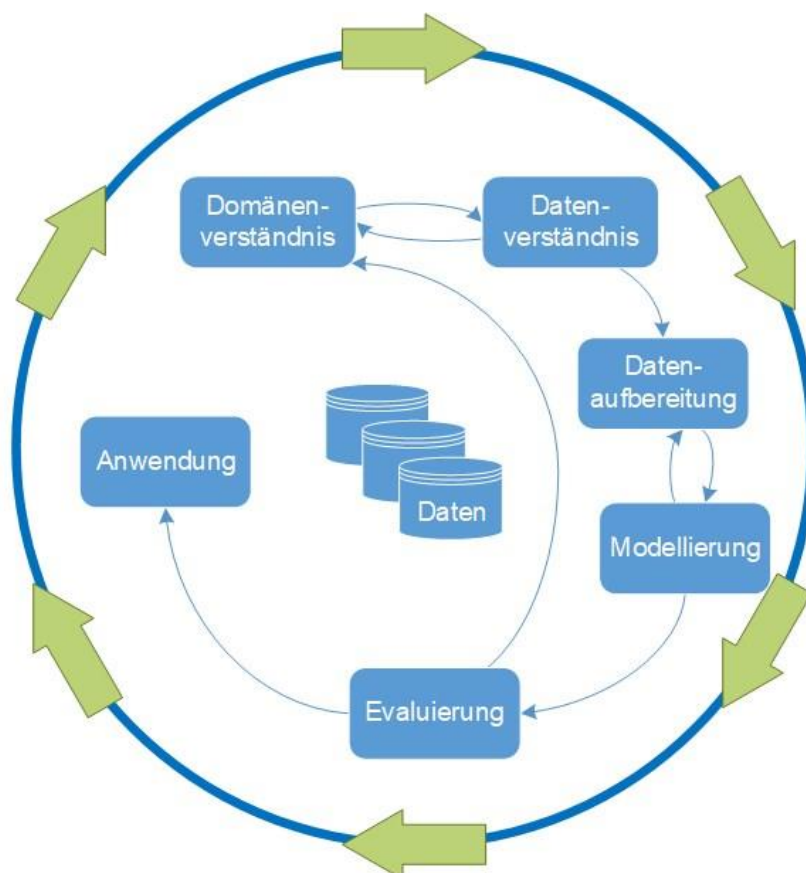


Abbildung 11 Das CRISP-DM Modell mit den sechs Phasen und deren Abhängigkeiten nach Wirth und Hipp (2000)

Im Folgendem werden die Aufgaben und Aktivitäten der einzelnen Phasen im Modell genauer betrachtet.

Anwendungsdomäne verstehen

In der initialen Phase des Modells wird zunächst ein grundlegendes Verständnis für die Domäne erarbeitet. Danach fokussiert sich dieser Schritt auf die Ziele, welche durch den KDD-Prozess erreicht werden sollen. Dieser Schritt ist die Basis für nachfolgende Handlungen und Entscheidungen. (Wirth und Hipp 2000)

Daten verstehen

Die Daten für die Analyse werden ausgewählt und der Informationsgehalt und mögliche Datenqualitätsprobleme der vorhandenen Datenquellen werden überprüft. Ein erster Eindruck über die Daten wird gewonnen. (Cios et al. 2007)

Datenvorbereitung

Diese Phase beinhaltet alle Aktivitäten, welche die finalen Datensätze für das Data Mining aus den Rohdaten vorbereitet. Der Vorbereitungsschritt besteht aus vielen kleinen Aufgaben, welche mehrmals ausgeführt werden können. Typische Aufgaben sind die Erstellung von Tabellen, Auswahl von Attributen, säubern von unbrauchbaren Datensätzen oder Transformierung der Daten für das Data Mining (Wirth und Hipp 2000). Am aufwendigsten aller Schritte ist die Datenvorbereitung für das Data Mining. (Pal und Jain 2005)

Data Mining

Der Data Mining Schritt wendet unterschiedliche Modellierungstechniken an. Die verwendeten Methoden hängen mit den Zielen den KDD-Prozess aus der Initialphase ab. Diese Phase spielt eng mit der Datenvorbereitungsphase zusammen. Es gibt Algorithmen, welche ein bestimmtes Format für die Datensätze vorsehen. (Wirth und Hipp 2000)

Evaluierung

Aus dem vorigen Schritt werden erstellte Modelle ausgewertet und interpretiert. Die gewonnenen Informationen aus den Modellen werden validiert und mit den festgelegten Zielen abgeglichen. Das erlangte Wissen wird dokumentiert. Wichtig ist, dass keine wichtigen Daten vergessen oder nicht berücksichtigt werden. Sind die Ergebnisse nicht zufriedenstellend, wird der iterative Ansatz des KDD Prozesses verfolgt und vorherige Schritte werden angewandt. (Runkler 2015)

Anwendung des Wissens

In der finalen Phase wird das neue Wissen präsentiert und eingesetzt. Die Ergebnisse werden, wenn möglich, in die bestehenden Geschäftsprozesse integriert. Die Resultate sind oft Ausgangspunkt für weitere Datenwissenschaft-Projekte. Die Generierung eines Reports ist eine Möglichkeit der Darstellung der Ergebnisse. (Wirth und Hipp 2000)

3.6.2 Data Mining Verfahren

Ein Schwerpunkt im Data Mining liegt auf Methoden des maschinellen Lernens. Um Informationen aus den vorhandenen Daten zu gewinnen braucht es statistische Verfahren. Für unterschiedliche Aufgaben und Fragestellungen gibt es für den Anwendungsfall die passende Methode. Nachfolgend werden verschiedene Verfahren beschrieben. (Cios et al. 2007)

Klassifizierung

Bei diesem Verfahren werden Trainingsdaten durch einen Anwendungsspezialisten klassifiziert. Die Objekte eines Datensatzes werden einer Klasse zugewiesen. Ein Klassifikationsmodell verwendet diese Informationen, um mit Hilfe verschiedener Objektmerkmale die unterschiedlichen Ausprägungen einer Klasse zu lernen. Dieses Klassifikationsmodell wird zur Bestimmung der Klasse von neuen Datenobjekten eingesetzt bei denen die Klassenzugehörigkeit nicht bekannt ist. (Chamoni und Gluchowski 2006)

Prognose

Das Prognoseverfahren wird eingesetzt, um Vorhersagen über zukünftige Entwicklungen zu treffen. Dabei werden die Merkmale vorhandener Datensätze auf Regelmäßigkeiten und Werten aus früheren Perioden analysiert. (Pal und Jain 2005)

Abhängigkeitsanalyse

Die Abhängigkeitsanalyse hat das Ziel, Beziehungen zwischen den Datenobjekten oder zwischen Merkmalen der Objekte zu finden. Ein typischer Anwendungsfall ist die Warenkorbanalyse. Beispielsweise wird ein Drucker häufig mit Druckerpatronen oder Papier gemeinsam gekauft. (Cios et al. 2007)

Assoziierung

Aufgrund einer Assoziationsanalyse werden Beziehungen und Abhängigkeiten zwischen Datenbeständen festgestellt. Es wird nach Regeln der Art $X \rightarrow Y$ („Wenn X vorkommt, tritt auch Y auf“) gesucht. (Chamoni und Gluchowski 2006)

Clusterverfahren

Unter Clustering wird eine Gruppierung der Datenobjekte verstanden. Einzelne Datenobjekte werden aufgrund von Distanz- und Ähnlichkeitsmaßen zu Gruppen zugeordnet. Die Objekte sollten in der Gruppe möglichst homogen sein, die Ähnlichkeit zu Objekten in anderen Gruppen minimal. (Pal und Jain 2005)

3.7 Möglichkeiten zur Protokollierung von Daten mit Softwaresystemen

Dieses Kapitel beschäftigt sich mit der Art und Weise wie Betriebsdaten protokolliert werden können. Das Erfassen von verarbeitbaren Daten ist die Basis für die Datenanalyse. Mit den gewonnen Erkenntnissen wird Wissen generiert. Mit diesem Wissen werden neue Services erstellt und angeboten.

3.7.1 Logdateien für die Protokollierung

Eine Logdatei, auch als Logfile oder Protokolldatei bezeichnet, ist ein elektronisches Dokument, welches Ereignisse in Computersystemen oder Netzwerken protokolliert. Logdateien dienen zur Nachvollziehbarkeit. Unterschiedliche Vorgänge werden dokumentiert und archiviert. In der Problem- und Fehleranalyse dienen sie als wichtige Informationsquelle. Es wird auch zur Betrachtung des Benutzerverhaltens herangezogen. Logdateien werden von den Systemen im Hintergrund automatisch angelegt und an festgelegten Speicherorten gespeichert. (Buch et al. 2014)

Die folgende Aufzählung listet typische Anwendungsbereiche für Protokolldateien:

- Transaktionsprotokollierung bei Datenbanken.
- Webseitenanalyse (z.B. Zugriffe auf die Seite).
- Ereignisprotokolle von Betriebssystemen.
- Protokollierung von Netzwerkaktivitäten.
- Ereignis- und Fehlerprotokollierung von Programmen.
- Untersuchung von Datenzugriffen.
- Untersuchung und Dokumentation von Benutzerverhalten. (Chuvakin et al. 2013)

Klassische Logdateien sind zeilenorientiert aufgebaut. Jede Zeile im Logfile zeigt ein protokolliertes Ereignis. Die Einträge sind chronologisch und beginnen üblicherweise mit einem Zeitstempel (Datum und Uhrzeit). Des Weiteren sind Ereignisse meist einer Kategorie zugeordnet, welche auch die Wichtigkeit des Eintrags widerspiegelt. Geläufige Kategorien für Einträge sind:

- Debug. Beinhaltet Informationen zum Programmablauf. Dient zur Nachvollziehbarkeit und Analyse von Sachverhalten.
- Information. Informationen, die immer protokolliert werden sollen. Beispielsweise Informationen über die Anmeldung eines Benutzers.
- Warnung. Jede Information die auf ein nicht korrektes Verhalten der Software deutet, aber vom System richtig behandelt wird, somit keine Fehler entstehen.
- Fehler. Einträge über auftretende Fehler im System. Die Fehler fordern meistens einen Eingriff des Benutzers.
- Fataler Fehler. Das sind Fehler, welche zu einem Absturz oder zur Beendigung eines Systems führen. Eine weitere Verwendung ist nicht mehr möglich. (Chuvakin et al. 2013)

Die Zuordnung zur Kategorie hängt von der Richtlinie des Unternehmens ab. In unterschiedlichen Bereichen ist es möglich, dass normale Fehler bereits fatale Folgen haben und deswegen der fatalen Kategorie zugeteilt werden.

Die eigentlich protokollierte Information wird als Text in den Logeintrag geschrieben. Die Logdateien sind oft einfache Textdateien und können mit Textverarbeitungsprogrammen geöffnet werden. Es werden auch standardisierte Logdateiformate. Diese weisen eine bestimmte Struktur auf und ermöglicht eine effizientere Auswertung der Dateien mit speziellen Programmen. Bekannte standardisierte Formate sind CLF (Common Log Format) oder ELF (Extended Log Format). (Chuvakin et al. 2013)

3.7.2 Strukturierungsgrad von Daten

Die Art und Weise wie Daten gespeichert werden, wird in unterschiedliche Grade untergliedert. Es wird zwischen folgenden Klassen unterschieden:

- Strukturiert
- Unstrukturiert
- Semistrukturiert

Strukturierte Daten verfügen über ein vorgegebenes Format. Diese Art der Speicherung wird für relationale Datenbanken verwendet. Die Daten werden in Tabellen mit Spalten gespeichert, die eine definierte Bezeichnung haben. Die Daten können von Menschen oder Maschine generiert werden, solange sie in der Datenbank in strukturierte Daten umgewandelt werden. Strukturierte Daten lassen sich relativ leicht durchsuchen und automatisch verarbeiten. (Russom 2011)

Unstrukturierte Daten hingegen weisen keine formalisierte Struktur auf. Für Softwareprogramme ist es nicht möglich die Daten direkt in Informationen umzuwandeln. Beispiele für unstrukturierte Daten sind geschriebene Texte, Audiodateien oder Bilder. (Fasel und Meier 2016)

Unter semistrukturierten Daten sind Daten mit einer versteckten Struktur. Ein Beispiel für semistrukturierte Daten sind E-Mails. Aufgrund ihrer Metadaten werden sie klassifiziert und können nach Schlüsselwörtern gesucht werden. Weitere Beispiele sind:

- XML-Dateien
- JSON
- NoSQL (Fasel und Meier 2016)

Big Data arbeitet mit strukturierten, semistrukturierten und unstrukturierten Daten. Für Big Data Programme ist es jedoch leichter, Informationen aus strukturierten Daten zu gewinnen. Die folgende Tabelle zeigt die Eigenschaften und Merkmale strukturierten und unstrukturierten Daten. (Cios et al. 2007)

	Strukturierte Daten	Unstrukturierte Daten
Charakteristik	<ul style="list-style-type: none"> • Üblicherweise nur Text • Einfache Suche • Vordefinierte Datenmodelle 	<ul style="list-style-type: none"> • Texte, Bilder, Audiodateien, Video und andere Formate • Schwierige Suche • Keine vordefinierten Datenmodelle
Aufbewahrt in	<ul style="list-style-type: none"> • Relationale Datenbanken • Data Warehouse 	<ul style="list-style-type: none"> • Applikationen • NoSQL Datenbanken • Data Warehouse

		<ul style="list-style-type: none"> • Data Lake (Speicherbehälter für große Menge an Daten)
Daten werden generiert von	<ul style="list-style-type: none"> • Mensch und Maschine 	<ul style="list-style-type: none"> • Mensch und Maschine
Typische Applikationen	<ul style="list-style-type: none"> • ERP Systeme • CRM Systeme • Inventurprogramme • Fluglinien-reservierungssystem 	<ul style="list-style-type: none"> • Präsentationssoftware • E-Mail-Programm • Programme zum Öffnen und Bearbeiten von Mediendateien
Beispieldaten	<ul style="list-style-type: none"> • Datum • Telefonnummer • Kreditkartennummer • Kundennummer • Kundenname • Adressen • Koordinaten von Punkten 	<ul style="list-style-type: none"> • Textdateien • E-Mail-Nachrichten • Audiodateien • Videodateien • Bilder

Tabelle 1 Merkmale und Eigenschaften von strukturierten und unstrukturierten Daten in Anlehnung an Cios et al. (2007)

Das Steuerleitsystem erzeugt fast ausschließlich strukturierte Daten und lediglich nur wenige unstrukturierte. Die unstrukturierten Daten sind Bilder und Textnachrichten. Zu den strukturierten Daten gehören beispielsweise:

- Datum und Uhrzeit
- Koordinaten
- Distanz- und Winkelmessungen
- Sensorwerte als Zahl
- Betriebsdauer

Die protokollierten Daten eignen sich gut für eine spätere Datenaufbereitung und Analyse. Die Daten werden derzeit in Protokolldateien und in einer relationalen Datenbank abgespeichert. Die Protokolldateien am Dateisystems des Computers werden nur für wenige Wochen archiviert und danach mit neueren Dateien überschrieben. Für eine Auswertung über einen längeren Zeitraum werden die Daten aus der Datenbank verwendet, da diese nicht gelöscht werden.

4 METHODISCHES VORGEHEN ZUR ERMITTLUNG NEUER SERVICES

Dieses Kapitel beschreibt das Vorgehen zur Erstellung neuer Services, welche aus den Protokollierungsdaten für Tunnelbohrmaschinen entstehen. Der Prozess der Servicegenerierung besteht aus drei Schritten. Im ersten Schritt wird ein Workshop zur Ermittlung der Störungen des Steuerleitsystems und zur Generierung neuer Services durchgeführt. In einem weiteren Schritt werden die ermittelten Services aus dem Workshop anhand von Experteninterviews evaluiert. Aus den Ergebnissen der Interviews wird am Ende ein Serviceportfolio abgeleitet.

Die folgende Abbildung zeigt den Prozess von der Servicegenerierung bis zum fertigen Serviceportfolio.

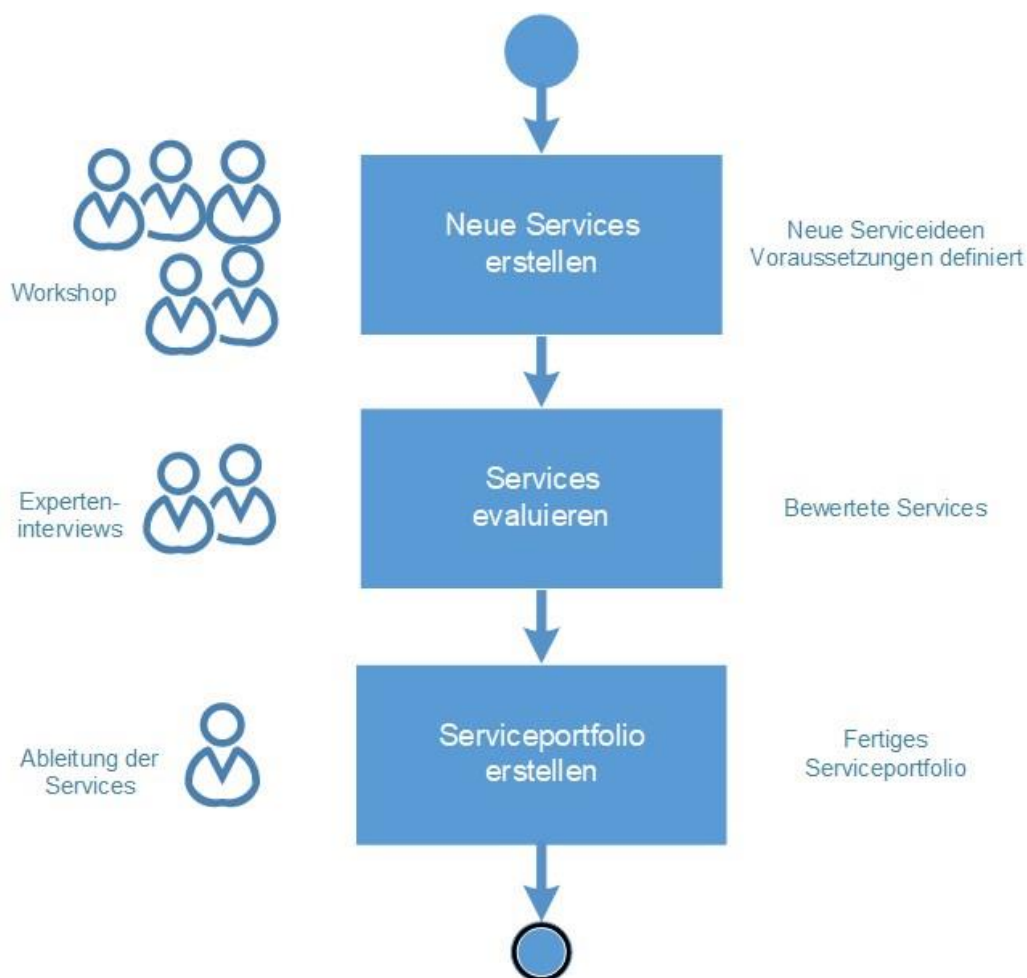


Abbildung 12 Der Prozess von der Servicegenerierung bis zum fertigen Serviceportfolio

4.1 Workshop zur Ermittlung neuer Services

In diesem Abschnitt wird der Workshop beschrieben, welcher dazu dient, neue Services im Tunnelbau zu ermitteln. Zuerst werden die Ziele des Workshops definiert und danach ein Untersuchungsdesign aufgestellt. In einem weiteren Unterkapitel werden die angewandten Methoden im Workshop erklärt.

4.1.1 Ziele des Workshops

Ein Ziel des Workshops ist es, Störungen während des Tunnelbaus und dafür Service Lösungen zu ermitteln. Im ersten Schritt werden alle auftretenden Störungen, welche mit dem Steuerleitsystem in Verbindung stehen oder durch das Steuerleitsystem behoben werden können, identifiziert. Die identifizierten Störungen werden für das Finden neuer Services verwendet. Des Weiteren wird ermittelt, wie die Störungen bisher behoben werden.

Die Ermittlung neuer Services, die nicht in direkter Verbindung mit einem Störfall oder Problemen stehen, sind ein weiteres Ziel des Workshops. Der Prozess der Wertschöpfung im Tunnelbau mit dem Steuerleitsystem soll verbessert werden und mögliche Störungen proaktiv vor dem Eintreten verhindert werden. Das Ergebnis des Workshops ist eine Zusammenfassung aller Störungen und die ersten Entwürfe neuer Services.

4.1.2 Untersuchungsdesign

In der folgenden Tabelle wird das Untersuchungsdesign für die Ermittlung aller Störungen und neuen Services dargestellt.

Ziel der Befragung	Alle auftretenden Störungen und die bisherige Problemlösung werden identifiziert. Neue Services, welche die Probleme reaktiv oder präventiv beheben, werden ermittelt.
Methode	1 x Workshop
Untersuchungsgegenstand	Störungen und neue Services im Tunnelbau
Anzahl der Teilnehmer	Workshop 5 Personen
Auswahl der Teilnehmer	Workshop: Vermesser, Projektleiter, Softwareentwickler, Supportmitarbeiter, Produktverantwortlicher
Durchführung	Thomas Freigassner

Tabelle 2 Untersuchungsdesign des Workshops zur Ermittlung neuer Services

In dieser Arbeit wird aufgrund der Zielsetzung der qualitative Forschungsansatz gewählt. Im qualitativen Forschungsprozess werden durch die Offenheit und Flexibilität nach neuen oder unbekanntem Entdeckungen geforscht. Die quantitative Forschung wählt einen strukturierten und standardisierten Befragungstil. Die ermittelten Messwerte werden mit anderen Variablen in Beziehung gesetzt und generalisiert. Beispiel für die quantitative Forschung sind schriftliche Fragebögen oder das strukturierte Interview. Der deduktive Ansatz der quantitativen Forschung wird für das explorative Vorgehen dieser Arbeit zur Ermittlung neuer Services nicht angewendet. Im Gegensatz zu quantitativen Methoden, beschäftigt sich die qualitative Forschung mit einer geringeren Anzahl von Stichproben. Bei der qualitativen Forschung werden verbale Inhalte zur Datenverarbeitung herangezogen. Verbale Daten sind nichtnumerisches Material. Die quantitative Forschung hingegen beschäftigt sich mit numerischen Messwerten. (Bortz und Döring 2006)

Zur Datenerhebung wird der Workshop als qualitative Methode gewählt. Der Workshop bringt das subjektive Wissen und Erfahrungen der einzelnen Teilnehmer in die Erhebung ein. Die Auswahl der Beteiligten erfolgt vom Autor dieser Arbeit. Der Workshop ist interdisziplinär gestaltet und ist

mit Personen aus unterschiedlichen Fachbereichen zusammengesetzt. Ein Vermesser oder eine Vermesserin sind wesentlicher Bestandteil zur Ermittlung der benötigten Daten. Sie sind auf der Baustelle vor Ort und stehen im direkten Kontakt mit dem Kunden. Sie führen regelmäßig Kontrollmessungen im Tunnel durch und sind auch erster Ansprechpartner bei Problemen mit dem Steuerleitsystem. Sie sind sehr an einer stabilen und fehlerfreien Software interessiert und nehmen den Kontakt mit dem internen Support auf, falls sie das Problem nicht selbst beheben können. Die Erfahrungen der Vermesser mit dem Steuerleitsystem sind für den Workshop essentiell.

Ein Teilnehmer der Softwareentwicklung reflektiert die Eigenschaften und Möglichkeiten des Steuerleitsystems. Die Softwareentwickler implementieren und kennen das Produkt am besten. Sie setzen die Anforderungen für die Protokollierung und für die Erstellung der neuen Services um. Ein weiterer Vorteil ist, dass sie über die Möglichkeiten des Steuerleitsystems Bescheid wissen, welche für andere Teilnehmer eventuell nicht vorstellbar sind.

Der Produktverantwortliche ist softwaretechnisch für das Steuerleitsystem verantwortlich. Er formuliert die Anforderungen und leitet diese zur Implementierung an die Softwareentwicklung weiter. Er ist die Schnittstelle zwischen der Vermessung und der Projektleitung auf der Baustelle und der Softwareentwicklung im Büro. Eine weitere Aufgabe ist die grobe Abschätzung der Implementierungsdauer der einzelnen Funktionen für die Software. Der Supportmitarbeiter ist die Anlaufstelle für Probleme und Verbesserungen für das Steuerleitsystem. Er bekommt Anfragen vom Vermesser oder direkt vom Kunden. Nach einer Erstanalyse entscheidet er über das weitere Vorgehen zur Lösung des Problems. Ist es nicht möglich das Probleme direkt zu beheben, leitet er das Problem mit seinen Erkenntnissen und einer möglichst detaillierten Problembeschreibung an die Softwareentwicklung weiter.

Der Projektleiter weiß über die vertraglichen Bedingungen Bescheid. Seine Aufgabe ist die Organisation und Planung der Arbeiten auf der Baustelle. Er ist mit dem Kunden im Rahmen der Auftragserfüllung in Kontakt. Aufgrund seiner wirtschaftlichen Denkweise kennt er den Mehrwert der neuen Services für den Kunden.

In der folgenden Abbildung werden die jeweiligen Teilnehmer mit ihren Rolleneigenschaften grafisch dargestellt.

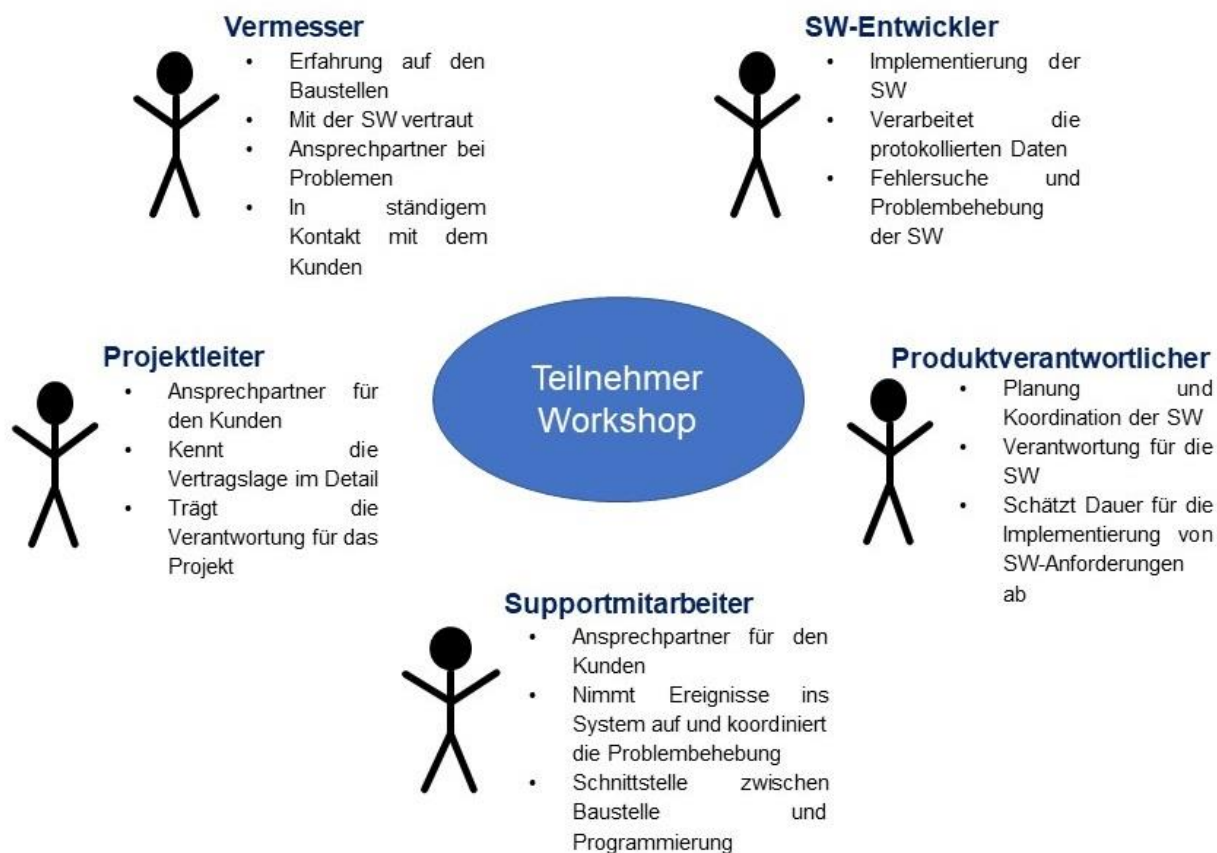


Abbildung 13 Teilnehmer des Workshops und deren Rollenbeschreibung

4.1.3 Vorgehensmodell

Um neue Services zu kreieren, werden unterschiedliche Kreativitätstechniken eingesetzt. Brainstorming als Kreativitätstechnik wird zu Beginn durchgeführt. Beim Brainstorming wird die Gruppe vom Autor dieser Arbeit moderiert. In der vorgegebenen Zeit von fünfzehn Minuten werden alle Ideen der Teilnehmer ohne Kommentar und Analyse vom Moderator notiert. Entstandene Ideen werden in Folge weiterentwickelt oder dienen als Denkanstoß für weitere Ideen. Die Analyse der einzelnen Ideen geschieht erst danach. Vorteil dieser Methode ist, dass in kurzer Zeit viele Ideen kreiert werden und durch die Vielfalt viele neue Lösungen generiert werden. Bei sehr dominanten Gruppenteilnehmern ist der Moderator gefordert, alle Teilnehmer gleichermaßen zu integrieren (Pohl und Rupp 2015).

Neben dem klassischen Brainstorming wird eine modifizierte Variante des Brainstormings eingesetzt. Die Technik „Brainstorming Paradox“ dient zur Identifikation von Problemen und Hindernissen, die eine Lösung ermöglichen. Der Ablauf ist derselbe wie beim normalen Brainstorming. Der Vorteil liegt darin, dass zuerst die Ursachen und dazu führenden Ereignisse erkannt werden und erst danach eine Lösung entwickelt wird. (Wahren 2004)

Das Sechs-Hut-Denken ist eine Technik, welche im Workshop eingesetzt wird, um unterschiedliche Perspektiven zu berücksichtigen. Dabei wird jedem Hut eine andere Perspektive zugeordnet. Jeder Teilnehmer kann jeden Hut tragen und das Problem oder die Fragestellung aus anderen Sichtweisen betrachten. Die Teilnehmer werden dazu animiert, nicht nur in ihrer gewohnten und oft eingegengten Sichtweise zu denken. (De Bono 2006)

Alle angeführten Aussagen werden schriftlich und für alle sichtbar festgehalten. Die Gruppe versucht gemeinsam, die unterschiedlichen Ideen zu kategorisieren und dementsprechend zuzuteilen. Jeder einzelne Punkt wird analysiert und von der gesamten Gruppe beurteilt.

Das Ergebnis ist eine Zusammenfassung und Beantwortung folgender Fragen zu den einzelnen Punkten:

- Problembeschreibung
 - Was ist das Problem?
 - Was sind die Ursachen?
 - Wer oder was löst das Problem aus?
 - Was sind die Folgen und welche Auswirkungen hat das Problem?
 - Wie oft tritt das Problem auf? Kommt es zu regelmäßigen Zwischenfällen?
- Derzeitige Problembehandlung
 - Wie wird das Problem bisher behoben?
 - Wer ist in der Problembhebung involviert?
 - Wie lange dauert die Behebung bisher?
 - Wann wird mit der Fehlerbehebung begonnen und wie wird das Problem kommuniziert?
- Beschreibung der Idee für den neuen Service
 - Wie kann das Problem behoben oder die derzeitige Lösung verbessert werden?
 - Wer ist für die Problemlösung verantwortlich?
 - Welche Ressourcen werden für die Lösung benötigt?
 - Kann das Problem präventiv vor Eintritt verhindert werden?
 - Kann die Lösung automatisiert oder in die Software integriert werden?
- Protokollierung der Daten
 - Welche Daten eignen sich für die Protokollierung und werden für die Problemlösung benötigt?
 - Wie sollen die Daten gespeichert werden?
 - Wie werden die Daten erfasst? Welche Datenquellen gibt es?
 - In welchen Intervallen sollen die Daten verarbeitet und analysiert werden?

Der Moderator ist dafür verantwortlich, dass die Teilnehmer die obigen Fragen beantworten und eine zusammengefasste Liste aller Ideen erfasst wird. Das Ergebnis des Workshops ist eine Zusammenfassung mit allen möglichen Störungen und neuen Services, welche die Probleme beheben oder den Wertschöpfungsprozess verbessern. Die Services im Ergebnis sind noch nicht vollständig beschrieben. Die genauere Definition erfolgt in der Evaluierungsphase.

4.2 Evaluierung der ermittelten Services durch Experteninterviews

Dieses Kapitel beschäftigt sich mit der Evaluierung der aus dem Workshop ermittelten Services. Die Evaluierung wird anhand zweier Experteninterviews durchgeführt. In den folgenden Unterkapiteln wird die Vorgehensweise zur Evaluierung beschrieben und die Ergebnisse am Ende zusammengefasst.

4.2.1 Ziel der Experteninterviews

Die Experteninterviews haben die Analyse und Bewertung der Services als Ziel. Die einzelnen Services werden auf die Sinnhaftigkeit und Durchführbarkeit überprüft. Das Ergebnis dieses Kapitels sind bewertete Services, die für die Erstellung des Serviceportfolios verwendet werden.

4.2.2 Untersuchungsdesign

In der folgenden Tabelle wird die Vorgehensweise zur Evaluierung der im Workshop erarbeiteten Services zusammengefasst.

Ziel der Befragung	Alle ermittelten Services aus dem Workshop werden analysiert und evaluiert.
Methode	2 x Experteninterview
Untersuchungsgegenstand	Evaluierung neuer Services
Anzahl der Teilnehmer	2
Auswahl der Teilnehmer	Softwareentwickler, Supportmitarbeiter aus der Vermessungstechnik
Durchführung	Thomas Freigassner

Tabelle 3 Untersuchungsdesign der Experteninterviews für die Evaluierung der Services

Es werden Experteninterviews mit zwei Personen durchgeführt. Es werden eine Person aus der Softwareentwicklung und eine Person aus der Vermessungstechnik befragt. Der

Softwareentwickler wird ausgewählt, da er die bestehende Software kennt und neue Implementierungen abschätzen kann. Der Softwareentwickler ist auch für die spätere Integration der Datenerhebung und der Verarbeitung der protokollierten Daten verantwortlich. Ein weiterer wichtiger Aspekt, welchen der Softwareentwickler abschätzt, ist die Umsetzbarkeit der Ideen für neue Services.

Neben dem Softwareentwickler wird ein Vermesser mit mehrjähriger Berufserfahrung befragt. Er schätzt die Sinnhaftigkeit und den Nutzen der neuen Services ab. Des Weiteren liefert er passende Messgrößen für die einzelnen Services. Der Vermesser ist bei seinen Einsätzen vor Ort auf der Baustelle und kennt die Bedingungen im Tunnelbau. Er liefert Informationen zur Arbeitsweise der Arbeitskräfte. Für den Vermesser ist es einfacher, die Fragen und Anmerkungen der Arbeiter zu verstehen.

4.2.3 Definition Experteninterview

Experteninterviews zählen aufgrund der geringen Anzahl der Befragten und der Offenheit der gestellten Fragen zur qualitativen Datenerhebungsmethode. Sie werden dazu genutzt, spezifisches Wissen ausgewählter Personen aufgrund ihrer Erfahrung zu einem eingegrenzten Themenbereich abzufragen. (Bogner et al. 2002)

4.2.4 Durchführung

Für die Durchführung der Experteninterviews wurde ein Interviewleitfaden als Unterstützung entwickelt. Im Interview werden die Experten zu den erarbeiteten Ideen für neue Services aus dem Workshop befragt. Der Leitfaden enthält Grundfragen, welche für jeden Service beantwortet werden. Die Fragen sind so gestaltet, dass der Befragte frei antwortet und seine Erfahrungen einbringen kann. Die Erfahrung der Experten hilft bei der Beurteilung der Sinnhaftigkeit und dem Aufwand zur Umsetzung der einzelnen Services.

Eine Matrix stellt den Aufwand und den Nutzen der Services dar. Die folgende Abbildung zeigt die Bewertungsmatrix. Auf der horizontalen Achse wird der Nutzen des Service eingestuft und die vertikale Achse beschreibt den Aufwand der benötigt wird, um den Service umzusetzen.

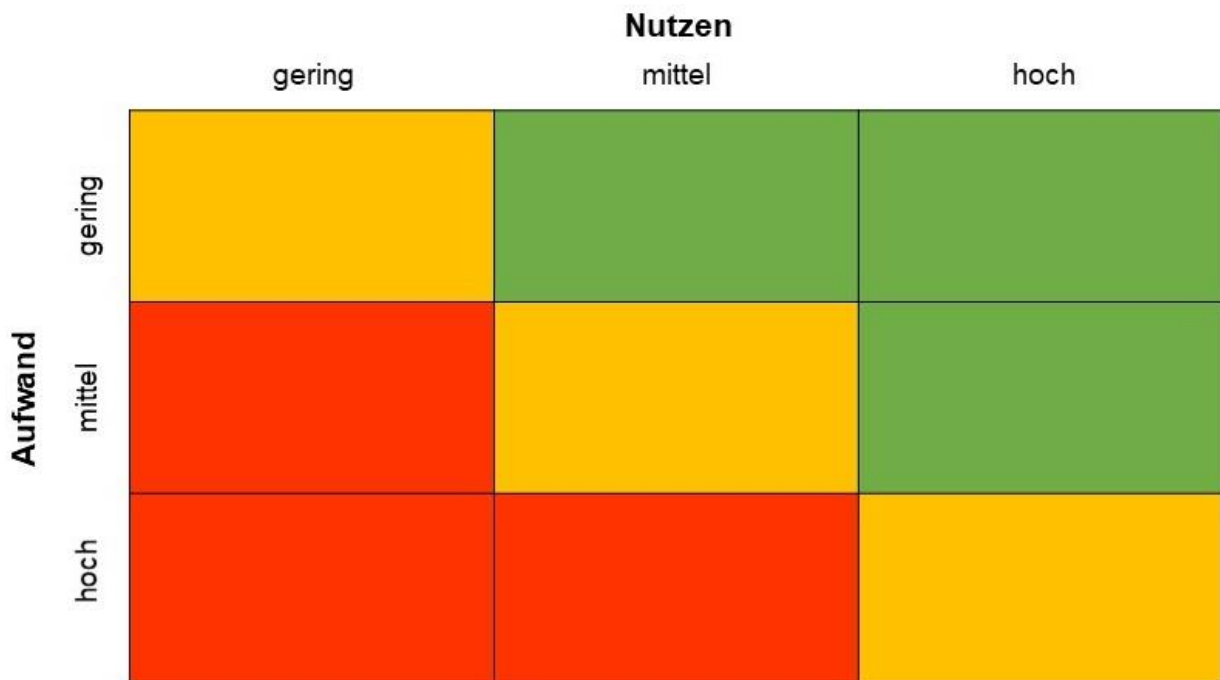


Abbildung 14 Aufwand-Nutzen-Matrix zur Bewertung der Services

Bewertungen in den grünen Feldern bezeichnen besonders wertvolle Services. Sie sind einfach umzusetzen und bringen einen großen Mehrwert. Die roten Bereiche sind Services, die einen großen Aufwand verursachen, der entstehende Nutzen jedoch relativ gering ist. Die orangen Bereiche müssen je nach Service genauer betrachtet werden. Die Matrix dient lediglich als Entscheidungshilfe zur Umsetzung der Services und ist keine endgültige Entscheidungsmethode. Services mit hohem Aufwand und einem großem Nutzen können aufgrund strategischer Entscheidungen trotzdem von größter Bedeutung sein. Im Gegensatz dazu gibt es Services, die nur einen geringen Mehrwert bringen, jedoch aufgrund von Vorgaben (z.B. gesetzliche Bestimmungen) unbedingt umgesetzt werden müssen.

Der Softwareentwickler wird zusätzlich zur Art und Weise, wie die notwendigen Daten protokolliert werden können, befragt. Die Experten urteilen auch über die strategische Wichtigkeit der Services. Es wird untersucht, ob und welche Vorteile die neuen Services für den Kunden, sowie auch dem eigenen Unternehmen bringen.

Die beiden Experten werden vom Autor dieser Arbeit in einzelnen Gesprächen interviewt. Im Anschluss werden die Ergebnisse der beiden Interviews verglichen und zusammengefasst.

4.3 Erstellung eines Serviceportfolios

Der dritte Schritt im Praxisteil beschreibt das Vorgehen zur Erstellung des Serviceportfolios. Das Serviceportfolio wird aus den gewonnenen Ergebnissen der beiden vorangegangenen Schritte abgeleitet.

4.3.1 Definition eines Serviceportfolios

Ein Serviceportfolio ist eine vollständige Liste aller Services, die von einem Serviceanbieter verwaltet werden. Ein Serviceportfolio beinhaltet alle angebotenen Services, alle Services in der Planung und alle eingestellten Services. (Beims und Ziegenbein 2015)

4.3.2 Aufbau des Serviceportfolios

Das Serviceportfolio beinhaltet nur Services, welche im Zuge dieser Arbeit erarbeitet wurden. Bestehende Services und Services aus anderen Bereichen sind nicht integriert. Services die in der Evaluierungsphase ausgeschieden wurden, sind im Portfolio vermerkt aber nicht weiters aufbereitet.

Das Portfolio liefert eine Übersicht der möglichen Services aufgrund der protokollierten Daten. Die meisten der beinhalteten Services entstehen durch Automatisierung von Prozessabläufen. Die einzelnen Spalten im Portfolio werden im Ergebnisteil genauer beschrieben. Das Portfolio beinhaltet eine Servicebezeichnung, die strategische Bedeutung, der Phase im Kundenkontaktkreis und einer Priorität. Die Priorität ergibt sich aus dem erwarteten Nutzen und der Umsetzbarkeit. Die Werte gehen von eins bis fünf, wobei fünf die höchste Priorität beschreibt. Die einzelnen Spalten werden im Ergebniskapitel genauer beschrieben.

5 ERGEBNISSE AUS DEM PRAXISTEIL

Die Ergebnisse aus dem Prozess der Servicegenerierung sind in diesem Kapitel chronologisch zusammengefasst.

5.1 Ergebnisse aus dem Workshop

Dieses Kapitel beschäftigt sich mit der Initialphase der Serviceerstellung. Die Ergebnisse sind neue Ideen für neue Services und werden im nächsten Schritt der Evaluierung weiter konkretisiert.

5.1.1 Zusammenfassung der möglichen Störungen von Steuerleitsystemen

Im Folgenden werden die im Workshop ausfindig gemachten Störungen während des Tunnelbaus, welche das Steuerleitsystem beeinflussen, beschrieben. Zusätzlich wird der bisherige Lösungsweg erklärt.

Ein Problem, welches das Steuerleitsystem ausnahmslos zum Stillstand bringt, ist ein defekter Computer im Steuerstand. Der Steuerstand befindet sich rund fünfzig Meter hinter dem Bohrkopf der Maschine. Der Computer ist mit dem Netzwerk verbunden und ist an einen Monitor, welcher die Position der Maschine anzeigt, angeschlossen. Ohne einen funktionierenden Computer ist es nicht möglich, das Steuerleitsystem zu verwenden. Der Maschinenfahrer hat keine Möglichkeit, die Position der Maschine zu kontrollieren.

Ursachen für den Ausfall des Rechners sind:

- Die Festplatte ist defekt. Besonders SSD Platten haben nur eine beschränkte Lebensdauer und müssen daher nach gewisser Zeit ausgetauscht werden.
- Die Festplatte ist voll, keine Daten können mehr auf die Platte geschrieben werden.
- Hardwarekomponenten wie RAM, CPU, Grafikkarte oder Belüftung fallen aus.
- Aktualisierungen des Betriebssystems führen zu einem instabilen Zustand.
- Der Computer wird mit einer Schadsoftware infiziert. Häufig werden USB-Sticks am Computer angeschlossen, um Daten auszutauschen. Wenn die USB-Sticks vor der Verwendung nicht ordnungsgemäß auf Viren überprüft werden, ist eine Übertragung auf den Computer möglich.

Derzeit wird das Problem mit einem schnellstmöglichen Austausch des Computers behoben. Zu diesem Zweck steht im Baustellenbüro ein Ersatzrechner bereit. Der Ersatzrechner ist mit dem Computer auf der Maschine synchronisiert. Im Fehlerfall wird der Ersatzrechner auf der Maschine angeschlossen und das Steuerleitsystem ist wieder einsatzbereit. Die Ausfallzeit hängt stark von

der Beschaffungszeit ab. Bei längeren Tunneln ist daher ein Ausfall von mehreren Stunden möglich.

Kommt es zu einem Defekt des Bildschirms ist zwar das Steuerleitsystem funktionsfähig, der Maschinenfahrer hat aber keine Anzeige mehr, an die er sich orientieren kann. Da es sich um einen Touchscreen handelt, ist der Ausfall der Touch-Funktion für die Eingabe von Werten und das Umschalten der unterschiedlichen Anzeigen ein Problem.

Im Fall eines defekten Bildschirms werden zuerst vom Maschinenfahrer die angesteckten Kabel überprüft. Wird das Problem nicht gelöst, versucht ein Techniker die Anschlüsse zu reparieren. Ist der Bildschirm nicht mehr einsatzfähig, wird ein neuer Bildschirm aus dem Ersatzteillager auf der Baustelle geholt. Wie beim defekten Computer ist die Beschaffungszeit des Ersatzgeräts ausschlaggebend für die Dauer des Ausfalls.

Des Weiteren sind Verbindungsprobleme zur speicherprogrammierbaren Steuerung (SPS) Gründe für einen Ausfall. Die SPS ist eine Schnittstelle zwischen Sensoren, Kamerasystem und Computer. Ist die SPS als Kommunikationseinheit defekt, bekommt das System keine Daten von den Sensoren. Gleichermaßen ist auch die Steuerung der Sensoren anhand des Computers nicht möglich.

Nicht jeder Sensorausfall bringt das System zum Stillstand, da für kurze Zeit die Position mit Werten aus vorigen Messungen bestimmt werden kann. Um eine möglichst genaue Positionsbestimmung zu erzielen und weitere Probleme durch den Ausfall von Sensoren zu vermeiden, ist ein schnellstmöglicher Austausch notwendig.

Die folgende Aufzählung zeigt die Komponenten, die direkt mit der SPS verbunden sind. Danach wird auf die möglichen Fehlfunktionen der einzelnen Einheiten eingegangen:

- Zwei sogenannte Motortargets
- Zweiachsen-Inklinometer
- Schildschwanzluftsensoren
- Kamerasystem mit Messziel

Motortargets sind zwei Messziele (Spiegelprismen) in einem Gehäuse. Das Gehäuse hat auf einer Seite eine Glasscheibe und wird durch einen Motor geschlossen und geöffnet. Die Motortargets sind eng nebeneinander ganz vorne im Bohrkopf der Maschine platziert. Die Positionen der beiden Messziele im Motortarget werden für die Berechnung der Positionsbestimmung benötigt. Die Messung auf die Motortargets erfolgt abwechselnd in regelmäßigen Abständen. Um festzustellen, welches Motortarget gerade gemessen wird, ist immer nur eines der beiden Ziele geöffnet. Angesteuert wird das Motortarget über ein Kabel, welches direkt mit der SPS verbunden ist.

Wenn ein Kabel beschädigt wird, ist ein Öffnen und Schließen der Motortargets nicht mehr möglich. Bei leichter Beschädigung ist ein verzögertes Auf- und Zumachen die Folge. Ein verlangsamtes Reagieren kostet wertvolle Sekunden im Messablauf. Dieser Fehler wird meist nicht sofort entdeckt und erst bei Routineüberprüfungen erkannt. Eine weitere Störung ist ein

mechanischer Defekt, welcher das Öffnen oder Schließen verhindert. Ein seltenes aber mögliches Problem ist eine zu starke Verschmutzung der Messziele.

Der mechanische Fehler und die defekten Kabel können nur visuell überprüft werden, da das System den Befehl für das Öffnen an die Motortargets sendet, aber keine Antwort erwartet. Ein Elektriker wird verständigt, der die Fehlfunktion behebt oder das Motortarget austauscht. Sind die Motortargets nicht an der SPS angeschlossen, wird der Fehler erkannt und in der Software angezeigt. Die Verschmutzung als Ursache wird durch eine einfache Reinigung der Motortargets am schnellsten behoben. Das Problem muss nur erkannt werden.

Wenn sich die Position eines Motortargets verändert, sind die Koordinaten nicht mehr exakt und es kommt zu Messfehlern. Durch Vibrationen oder Erschütterungen ist es möglich, dass sich die Befestigung der Motortargets lockert und es zu Verschiebungen kommt. Falsche Koordinaten spiegeln sich im Messergebnis wider, da sich die Qualität der Maschinenposition verschlechtert. In diesem Fall ist es die Aufgabe eines Vermessers, die Koordinaten der Motortargets neu zu bestimmen und ins System einzutragen.

Ein häufig auftretendes Problem ist, dass die Messung mit dem Theodolit aufgrund eines Hindernisses fehlschlägt. Der Theodolit misst vom hinteren Teil der Maschine nach vorne auf die Motortargets. Das Sichtfenster nach vorne ist relativ klein und abhängig von der Maschinengröße. Das Sichtfeld muss für ein funktionierendes Steuerleitsystem immer frei von Sichtbehinderungen sein. Ursachen für diese Störung sind herabhängende Kabel oder Aufhängen von Elementen (z.B. Scheinwerfer) im Sichtfeld. Das Problem ist nach der Entdeckung der Ursache schnell behoben. Der Fehler wird meist nicht sofort erkannt, weil die Software die Ursache für den Fehler nicht identifiziert und daher keinerlei Hinweise auf das Problem liefert. Der Theodolit auf der Konsole kann sich aufgrund eines eingebauten Motors drehen. Ist die Konsole für den Theodolit zu nahe an der Tunnelwand befestigt, kann sich das Gerät nicht vollständig drehen und es kann zu Problemen kommen. Die Fehlermeldung wird protokolliert, jedoch nicht vollständig vom System behandelt und am Bildschirm angezeigt.

Für Tunnelbohrmaschinen, die gleichzeitig vortreiben und im hinteren Teil der Maschine einen Betonring einbauen, wird ein Kamerasystem zur Überwachung der Verrollung der Maschine eingesetzt. Die Kamera, welche Bilder eines Zielmusters am vorderen Teil der Maschine macht, liefert bei einem technischen Defekt keine Bilder mehr an das System. Eine genaue Maschinenposition kann nicht mehr berechnet werden. Häufiger sind Fotos in schlechter Bildqualität ein Problem. Sind die Reflektoren auf dem Messziel zu stark verschmutzt, ist der Kontrast für eine optimale Bildqualität nicht stark genug. Das Steuerleitsystem informiert derzeit nicht über eine schlechte Bildqualität und verwendet die vorhandenen Bilder zur Berechnung. Die Folge ist eine Maschinenposition von geringerer Qualität. Auftretende Verbindungsprobleme (defekte Kabel und Anschlüsse) werden gleich wie bei den Motortargets behoben.

Mit Schildschwanzluftsensoren wird der Abstand des Schilds der Maschine zum einzubauenden Betonring gemessen. Es wird vermieden, dass das Schild den Betonring berührt und sich dadurch deformiert. Bei einer Deformation des Ringes sind weitere Berechnungen der optimalen Ringauswahl nicht mehr aussagekräftig. Die ovale Form des Schilds sollte schnellstmöglich repariert werden, sodass das Schild wieder kreisförmig ist und die Messungen wieder korrekt

sind. Die Schildschwanzluftsensoren sind in das Schild eingebaut und sind über ein Kabel im Inneren des Schilds an der SPS angeschlossen. Das Kabel ist im Schild geschützt, jedoch kommt es durch Abnützungen zu Verbindungsausfällen an den Anschlüssen. Reparaturen an den Anschlüssen werden vom Personal vor Ort behoben. Ein Austausch des Kabels ist sehr zeitaufwendig, da die Kabel erneut durch das Schild gezogen werden müssen und dies mehrere Stunden beansprucht. Es sind mehrere Schildschwanzluftsensoren im Schild verbaut. Derzeit werden vier Sensoren für die Positionsberechnung des Rings im Schild benötigt und daher führen kurzfristige Ausfälle von Sensoren nicht zu einem Stillstand, wenn die Mindestanzahl an Sensoren funktioniert.

Der Ausfall der Internetverbindung zur Maschine ist im Falle eines Störfalls ein großes Problem. Die mitprotokollierten Daten werden nicht mehr mit dem System im Baustellenbüro synchronisiert. Ein Zugriff auf die Daten in Echtzeit ist von außen nicht mehr möglich. Die große Herausforderung ist die Überwachung und Betreuung im Büro. Kommt es zu Fehlern in der Software, verbindet sich das Softwareentwicklungsteam über Fernzugriff auf den Maschinenrechner, um die Probleme zu beheben und zu analysieren. Netzwerkprobleme werden von Zuständigen der Baustelle behoben. Ist der Fernzugriff nicht möglich, wird der zuständige Vermesser über ein Mobiltelefon, falls eine Verbindung vorhanden, telefonisch unterstützt.

Eine Ursache für längere Stillstandzeiten ist eine schleppende Ermittlung der zuständigen Personen oder Unternehmen im Störfall. Bekommen die Verantwortlichen die Mitteilung der Störungen erst nach wenigen Stunden, geht wertvolle und kostenintensive Zeit unnötigerweise verloren.

5.1.2 Zusammenfassung der Störungen

Die folgende Tabelle listet die oben beschriebenen Störungen auf und zeigt die Häufigkeit des Eintretens. Die Einteilung erfolgt in folgende Kategorien:

- Selten. Maximal zweimal im Jahr.
- Gelegentlich. Maximal zehnmal im Jahr.
- Oft. Öfters als zehnmal im Jahr.

Störung	Häufigkeit
Defekter Computer	Selten
Defekter Bildschirm	Selten
Verbindungsprobleme zur SPS	Gelegentlich

Ausfall Motortargets (alle Ursachen zusammengefasst)	Gelegentlich
Ausfall Zweiachsen-Inklinometer	Selten
Probleme bei der Messung mit dem Theodolit	Oft
Ausfall des Kamerasystems	Gelegentlich
Ausfall der Schildschwanzluftsensoren	Oft
Ausfall der Internetverbindung zur Maschine	Gelegentlich

Tabelle 4 Auflistung der Störungen eines Steuerleitsystems und Häufigkeit des Eintretens

5.1.3 Ermittelte Services aus dem Workshop

In diesem Kapitel werden die ermittelten Services aus dem Workshop beschrieben. Einige der Services unterstützen, nachdem eine Störung aufgetreten ist oder dienen zur Erkennung eines Problems vor dem Eintreten. Sie beziehen sich auf die im vorigen Kapitel beschriebenen Störfälle. Zusätzlich liefert der Workshop neue Services, welche die Prozessabläufe im Tunnelbau verbessern. Die protokollierten Daten werden zur Generierung von Wissen verarbeitet.

Eine Applikation für Mobiltelefone steht im Zentrum der neuen Services. Die Applikation gilt als wichtiger Bestandteil für viele weitere generierte Services. Sie muss auf unterschiedlichen Plattformen funktionieren, da die Anwender kein einheitliches System verwenden. Die Applikation ist besonders für die Überwachung des Steuerleitsystems bedeutend. Unterschiedliche Benutzerprofile und Ebenen sind notwendig, damit der Benutzer ausschließlich relevante Benachrichtigungen entsprechend seiner Position bekommt. Die Applikation ist für Projekte und Baustellen interessant, welche Daten der Maschine über ein Netzwerk aus dem Tunnel erhält. Ein Tunnel ohne Verbindung zur Außenwelt ist deswegen nicht für die Applikation geeignet. In einigen der folgenden Services wird davon ausgegangen, dass die Applikation bereits vorhanden ist.

Voraussetzung für die Applikation ist die zentrale Speicherung der Daten. Die Plattform ermöglicht einen Zugriff auf die Daten über das Internet. Daten von der Maschine werden in diese Plattform hochgeladen und können dann von anderen Anwendungen, wie der Applikation für das Mobiltelefon, in beinahe Echtzeit verwendet werden. Die Plattform ist die Basis vieler neuer Services.

Der Ausfall eines Computers wird über spezielle, auf dem Markt existierende, Softwarelösungen automatisch überwacht. Die Software überprüft die Speicherauslastung, die einzelnen Komponenten auf Funktionstüchtigkeit und erkennt Infektionen mit Viren. Der Service verarbeitet die Meldungen der Überwachungssoftware und ist für die weiteren Schritte verantwortlich. Beim Eintreten eines Problems, beispielsweise eines Speicherengpasses, wird eine Meldung an die IT-Abteilung gesendet. Die Serviceleistung besteht darin, dass die Meldung automatisch analysiert wird und automatisch der zuständigen Person zugeteilt wird. Des Weiteren werden alle Personen, die beim jeweiligen Störfall involviert oder betroffen sind, informiert. Neben einer E-Mail an die Person wird eine Benachrichtigung an das Mobiltelefon mit der davor erwähnten Applikation gesendet.

Ein weiterer Service, welcher das Risiko eines Ausfalls minimiert, ist das regelmäßige Austauschen von abgenutzten Komponenten. Beispielsweise wird eine SSD nach einer gewissen Anzahl von Jahren ausgetauscht. Wiederverwendbare Komponenten werden ausgetauscht und später im Büro gewartet. Die Komponenten werden danach wiederverwendet.

Um die Zeit zwischen einem Bildschirmausfall und dessen Reparatur zu überbrücken, steht ein kleiner mobiler Ersatzbildschirm auf der Tunnelbohrmaschine zur Verfügung. Der Ersatzbildschirm hat die Größe eines Tablets und wird auf der Maschine aufbewahrt.

Ein neuer Service, um Ausfälle von den einzelnen Komponenten zu verhindern, ist die automatische Durchführung von Systemchecks. Das Steuerleitsystem führt die Tests in regelmäßigen Abständen durch und protokolliert auftretende Probleme. Die Protokolle werden automatisch an die zentrale Plattform weitergeleitet. Zum Ablauf gehören Überprüfungen der Verbindung zur SPS und dem Theodolit.

Für jede einzelne Komponente gibt es eine Schritt-für-Schritt-Checkliste. Einige Überprüfungen können parallel ausgeführt werden und für andere muss zuerst eine Bedingung erfüllt sein. Beispielsweise können keine Messwerte abgefragt werden, wenn die Verbindung nicht funktioniert. Für jeden einzelnen Schritt in der Prüfung gibt es eine oder mehrere Beschreibungen, wie der Fehler behoben wird. Zudem wird dem Fehlerschritt eine zuständige Person zugeteilt. Die verantwortlichen Personen werden über die Störung mit einer Anleitung zur Behebung benachrichtigt. Ist es dem Maschinenfahrer möglich das Problem selbst zu beheben, bekommt er die Instruktionen am Bildschirm angezeigt.

Fehlmessungen des Theodolits aufgrund von Hindernissen im Sichtfeld sind schwer zu erkennen. Ein Service, welcher die Abstände der aktuellen Messung mit den Messwerten aus alten erfolgreichen Versuchen vergleicht, liefert dem Maschinenfahrer einen Hinweis über die mögliche Ursache. Die Verwendung von vergangenen Messwerten ermöglicht die Prüfung auf Plausibilität und entdeckt Ausreißer, wenn die Werte zu stark von den erwarteten Ergebnissen abweichen.

Die davor beschriebenen Services sind dann relevant, wenn der Störfall bereits eingetreten ist. Das Ziel ist die schnellstmögliche Behebung des Problems durch einen zielgerichteten Informationsfluss, Automatisierung von Abläufen und Unterstützung anhand einer Schritt-für-Schritt-Anleitung für den jeweiligen Verantwortlichen.

Im Folgenden wird auf proaktive Services und Services zur Wissensgenerierung eingegangen. Im Gegensatz zur reaktiven Vorgehensweise werden mit den neuen Services Störungen vor dem Auftreten erkannt. Neue Services, welche die Daten unmittelbar nach der Aufnahme analysieren, erlauben eine Wissensabfrage zu jeder Zeit. Bisher werden ausdrücklich gewünschte Aufträge für die Informationsgewinnung vergeben. Abhängig von der Komplexität der Anforderungen wird eine bestimmte Bearbeitungszeit benötigt.

In einem zentralen Datenhafen entstehen durch statistische Analyse und Auswertungen neue Services. Alle protokollierten Daten werden anhand einer vordefinierten Struktur an den gemeinsamen Speicherort gesendet. Die zentrale Datenplattform verarbeitet die gesendeten Daten. Für eine Auswertung werden die Datensätze aufbereitet. Die Aufbereitung hat folgende Aufgaben:

- Leere Datensätze entfernen.
- Werte auf Gültigkeitsbereich prüfen. Sind die Werte außerhalb des Wertebereichs, werden die Datensätze entfernt.
- Die Datensätze werden auf Ausreißer analysiert. Abhängig von der weiteren Verarbeitungsmethode werden die Ausreißer behandelt.
- Unterschiedliche Datenformate werden vereinheitlicht. Beispielsweise werden alle Werte, die eine Länge widerspiegeln, in eine gemeinsame Einheit konvertiert.
- Zusammengehörende Daten aus unterschiedlichen Informationsquellen werden zusammengeführt.
- Datensätze werden gefiltert. Informationen, die nicht benötigt oder doppelt vorhanden sind, werden entfernt.
- Die Daten werden in die entsprechenden Tabellen der Datenbank geschrieben.

Ein neuer Service ist der Vergleich der Messvorgänge. Für die Analyse werden Messungen der Maschine aus der Vergangenheit analysiert und mit der aktuellen Messung verglichen. Ein Service spezialisiert sich auf die benötigte Zeit für einen Messablauf. Dauert die Messung über mehrere Vorgänge länger als in der Vergangenheit, wird der Maschinenfahrer und der zuständige Vermesser benachrichtigt. Die Nachricht enthält ein Protokoll, welches die Durchschnittszeiten der einzelnen Schritte im Messablauf mit den aktuellen Werten vergleicht. Hat sich beispielsweise die Zeit für eine Messung eines Motortargets verdoppelt, wird er auf eine Kontrolle der Motortargets hingewiesen. Ein kleines Rechenbeispiel zeigt, dass auch nur eine Verzögerung von wenigen Sekunden für jeden Messvorgang über einen längeren Zeitraum nicht unerheblich ist:

$$\begin{array}{rclclcl} 18 \text{ Sekunden} & \times & 100 \text{ Messvorgänge/Tag} & = & 1800 \text{ Sekunden} & = & \mathbf{30 \text{ Minuten}} \\ 30 \text{ Minuten} & \times & 7 \text{ Tage} & & = & 210 \text{ Minuten} & = & \mathbf{3,5 \text{ Stunden/Woche}} \\ 3,5 \text{ Stunden} & \times & 4 \text{ Wochen} & & = & \sim \mathbf{14 \text{ Stunden/Monat}} \end{array}$$

Die Rechnung zeigt, dass eine nur achtzehn Sekunden längere Messung der Maschine, bei einer geschätzten Anzahl von einhundert Messabläufen am Tag, im Monat ungefähr vierzehn Stunden

Verzögerung verursachen. Durch die hohe Anzahl an Messvorgängen als Faktor wirken sich nur wenige Sekunden Unterschied signifikant auf das Ergebnis über einen längeren Zeitraum aus. Eine weitere Hochrechnung aufs Jahr ist nicht aussagekräftig, weil die geplanten Stillstände der Maschine nicht berücksichtigt werden können.

Die durchschnittliche Zeit für einen Messvorgang wird auch mit Werten aus anderen Projekten verglichen. Sind die Voraussetzungen und Bedingungen der Baustellen ähnlich, werden signifikante Unterschiede analysiert. Ist eine Baustelle deutlich langsamer als andere, werden dem Kunden Schulungen und Beratungsaktivitäten angeboten, die den Vorgang der Einmessung beschleunigen.

Ein weiterer neuer Service bewertet die Qualität der Maschinenposition nach der Einmessung. Dafür werden Vergleichswerte, wie beispielsweise die Standardabweichung der gemessenen Werte, und der theoretischen Werte herangezogen. Verschlechtert sich die Qualität der Messung konstant, wird der zuständige Vermesser automatisch benachrichtigt. Er bekommt den Hinweis, die Koordinaten der Maschinenpunkte und der Totalstation nachzumessen und gegebenenfalls zu erneuern.

Das Protokollieren von detaillierten Betriebsdaten der Tunnelbohrmaschine und die Erstellung eines Berichts ist ebenfalls ein neu entwickelter Service. Viele Daten werden derzeit in Logdateien gespeichert. Informationen, welche protokolliert werden sind:

- Betriebszeit seit dem letzten Stillstand.
- Uhrzeit des letzten Starts.
- Vortriebsmeter seit dem letzten Start.
- Durchschnittliche Vortriebsmeter pro Tag.
- Gesamtanzahl der Maschineneinmessungen und im Durchschnitt pro Tag.
- Durchschnittlich benötigte Zeit für eine Positionsbestimmung.
- Qualität der letzten Maschinenposition.
- Aktuelle Maschinenposition, die Koordinaten des Maschinennullpunkts und der Tunnelmeter des Bohrkopfes (vorderster Punkt).

Ein Bericht wird in regelmäßigen Intervallen an die ausgewählten Abonnenten gesendet. Die Abonnenten sind beispielsweise Vermesser, Projektleiter oder Mitarbeiter im Baustellenbüro. Die Intervalle für einen Bericht sind für jeden einzelnen Abonnenten individuell konfigurierbar.

Zusätzlich werden die Informationen aus dem Bericht auf der Applikation über das Mobiltelefon angezeigt. Der Vorteil der Applikation ist, dass die Daten in Echtzeit verwendet werden. Der Projektleiter hat einen Überblick über das Projekt, ohne die Baustelle kontaktieren zu müssen. Bei Fragen zum Projekt ist es dem Projektleiter möglich, jederzeit Auskunft über die aktuelle Situation auf der Maschine zu geben.

Ein Service ergibt sich durch die Anwendung von statistischen Methoden auf die verfügbaren Daten, welche über einen längeren Zeitraum gespeichert werden. Die Ergebnisse sind Trends und Prognosen. Trends für Messungsdauer und Positionsqualität zeigen, wie sich die Ergebnisse

verändern. Bei negativen Trends verschlechtern sich die Ergebnisse. Ein weiterer Service führt anhand der Auswertung der Daten Prognosen durch und ermöglicht eine grobe Abschätzung des weiteren Verlaufs. Beispielsweise ist es möglich, die verbleibende Bauzeit abzuschätzen.

Analysen der Fehlerfälle decken Abhängigkeiten zwischen bestimmten Werten auf. Die Muster sind zum Beispiel:

- Ist Wert A unüblich hoch, ist auch Wert B erhöht.
- Ist Wert A unüblich hoch, ist Wert B besonders klein.

Dieser Service zeigt die Korrelationen im Datenhaufen und wie stark die Werte voneinander abhängen.

Ein Service beschäftigt sich mit der automatischen Fehlerauswertung. Nachdem ein Zeitraum für die Auswertung definiert wird, listet der Service folgende Informationen:

- Häufigster Fehler.
- Anzahl der Fehler.
- Fehlerfrequenz.

Eine Zusammenfassung wird automatisch an alle Zuständigen gesendet. Programmfehler werden automatisch an die Softwareentwicklung gesendet. Die Berichte unterstützen bei der Priorisierung der Fehlerbehebungsreihenfolge.

Bisher wird bei der Protokollierung zwischen den unterschiedlichen Maschinenfahrern nicht unterschieden. Es gibt noch keine Benutzerverwaltung im System. Das Einführen einer Benutzerverwaltung ermöglicht die Auswertung und Analyse der unterschiedlichen Arbeitsweisen der Maschinenfahrer. Der Vorteil liegt darin, dass Schulungen und Trainings individuell auf jeden einzelnen Maschinenfahrer angepasst werden. Zusätzlich bringt es Motivation; möglichst genau im Zentrum der gewünschten Position zu bleiben. Ein weiterer Anreiz ist die Gegenüberstellung der geschafften Vortriebsmeter pro Arbeitsschicht.

Die Speicherung aller Daten an einem zentralen Ort ermöglicht, dass Schnittstellen für Externe angeboten werden können. Sind die Externen an bestimmte Daten interessiert, ist es möglich, diese von der Plattform zu beziehen.

5.1.4 Abbilden der ermittelten Services

Die folgende Abbildung zeigt einen Überblick der ermittelten Services. Im nächsten Kapitel werden die Services evaluiert.



Abbildung 15 Überblick der generierten Services aus dem Workshop.

5.2 Ergebnisse aus den Experteninterviews

Dieses Kapitel fasst die Bewertungen der Services durch die Experten zusammen. Jeder der Services wird auf die Sinnhaftigkeit und dem Aufwand der Umsetzung überprüft. Die Services werden auch auf ihren strategischen Nutzen analysiert. Des Weiteren wird beschrieben, welche Voraussetzungen für die Services notwendig sind und wie die benötigten Daten für die Auswertung protokolliert werden müssen.

5.2.1 Beurteilung der Services

Plattform zur zentralen Datenspeicherung

Die Experten sind sich einig, dass der Aufbau einer zentralen Plattform zur Datenspeicherung als wichtigster Schritt für die Erstellung von Smart Services ist. Die Durchführung der Datenanalysen und Auswertung erfolgt durch die Plattform. Der Vorteil darin liegt, dass nur eine Plattform gewartet werden muss und nicht für jedes Projekt eine neue Plattform konfiguriert wird. Die Plattform wird mit zusätzlicher Rechenleistung ausgestattet, welche für die Analysen benötigt wird. Voraussetzung für Auswertungen in Echtzeit ist eine stabile Netzwerkverbindung.

Die folgende Abbildung zeigt, dass die Experten den Service als besonders wichtig sehen und den Aufwand zur Umsetzung als besonders hoch eingeschätzt wird.

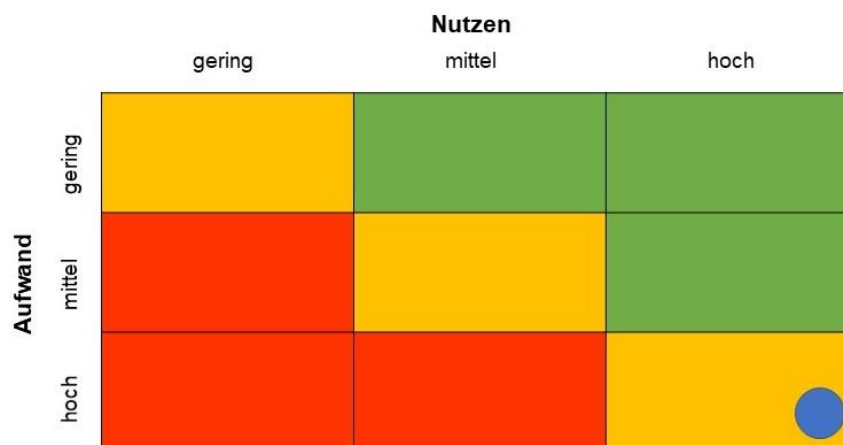


Abbildung 16 Bewertungsmatrix für den Service der zentralen Plattform

Obwohl der Service aufgrund des großen Aufwands im orangen Bereich liegt, ist der Service ein wichtiger strategischer Schritt. Die Experten sehen den Service als zentralen notwendigen Ausgangspunkt für viele weitere Services.

Applikation für das Mobiltelefon

Eine Applikation für das Mobiltelefon ist aufgrund der sofortigen Benachrichtigungen interessant. Bei auftretenden Störungen werden die zuständigen Personen kontaktiert. Der Zeitgewinn durch den Wegfall des manuellen Informationsprozesses ist essentiell. Der Aufwand für die Umsetzung ist überschaubar, da die Applikation hauptsächlich zum Anzeigen von Informationen verwendet

wird. Die Schwierigkeit liegt in der Steuerung und Konfiguration der Maschine über die Applikation, was bisher noch nicht gefordert ist. Strategisch ist der Service ein wichtiger Schritt, da besonders jene Personen, welche Projektverträge abschließen, an solch einer Applikation interessiert sind.

Die Abbildung zeigt die Einschätzung des Aufwands und den Nutzen für diesen Service.

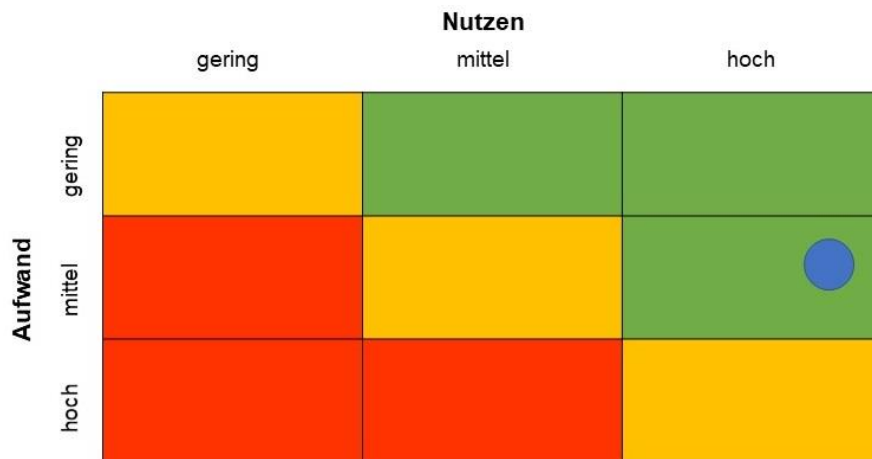


Abbildung 17 Bewertung von Nutzen und Aufwand einer Mobilapplikation für die Benachrichtigung in Fehlerfällen

Mobiler Ersatzbildschirm auf der Maschine

Ein mobiler Ersatzbildschirm auf der Maschine, der im Falle eines Ausfalls des Hauptbildschirms eingesetzt wird, bringt keinen wirklichen Mehrwert. Grund dafür ist, dass im Falle eines Bildschirmausfalls eine zuständige Person durch den Benachrichtigungsservice sofort informiert wird und einen neuen Ersatzbildschirm aus dem Ersatzteillager liefert. Diese kurze Zeitspanne kann ohne Anzeige des Navigationssystems überbrückt werden. Der Service ist eine gute Backuplösung, bringt aber keine strategischen Vorteile.

In der folgenden Abbildung ist zu sehen, dass der Aufwand und der Nutzen gering sind.

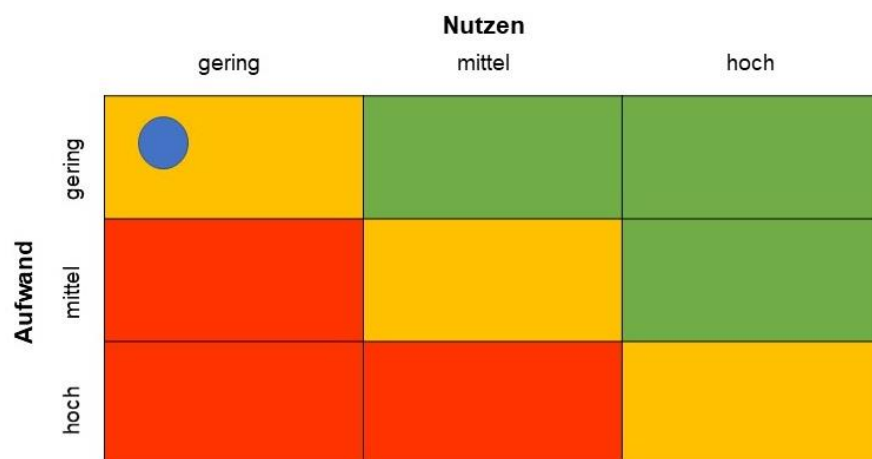


Abbildung 18 Bewertung von Nutzen und Aufwand für einen mobilen Ersatzbildschirm auf der Maschine

Automatische Computerüberwachung und Benachrichtigung

Die automatische Computerüberwachung ist ein entscheidender Vorteil gegenüber der bisherigen Systeme. Der Ausfall des Computers ist zwar selten, kostet aber sehr viel Zeit. Für die Überwachung eines Computers gibt es am Markt existierende Programme. Die Herausforderung ist die Konfiguration für die Benachrichtigung der zuständigen Personen.

Die Matrix zeigt die Wichtigkeit dieses Service, da mit wenig Aufwand ein hoher Nutzen geschaffen wird.

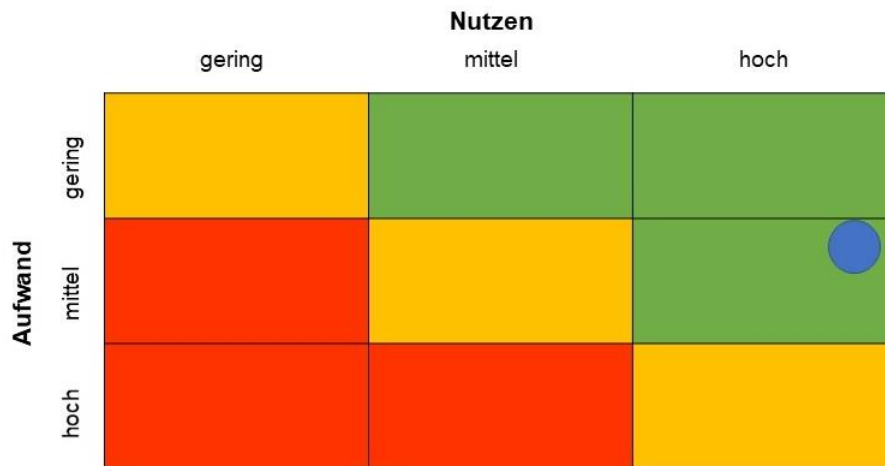


Abbildung 19 Bewertung von Nutzen und Aufwand des Service für die Computerüberwachung

Schnittstellen der Plattform für Externe

Durch die Implementierung für extern am Tunnelbauprojekt Beteiligte ergibt sich ein essentieller strategischer Vorteil. Das System ist nach außen offen aber in sich geschlossen. Dem Auftraggeber gibt dieser Umstand ein Gefühl der Sicherheit. Das Öffnen der Schnittstellen ist einfach umzusetzen, da die Schnittstellen für die interne Kommunikation bereits implementiert werden. Durch weitere Schnittstellen ist es möglich, Daten von anderen Projektbeteiligten in die Auswertung mitaufzunehmen.

Auch die Abbildung für die Schnittstellenimplementierung bringt einen großen Mehrwert.

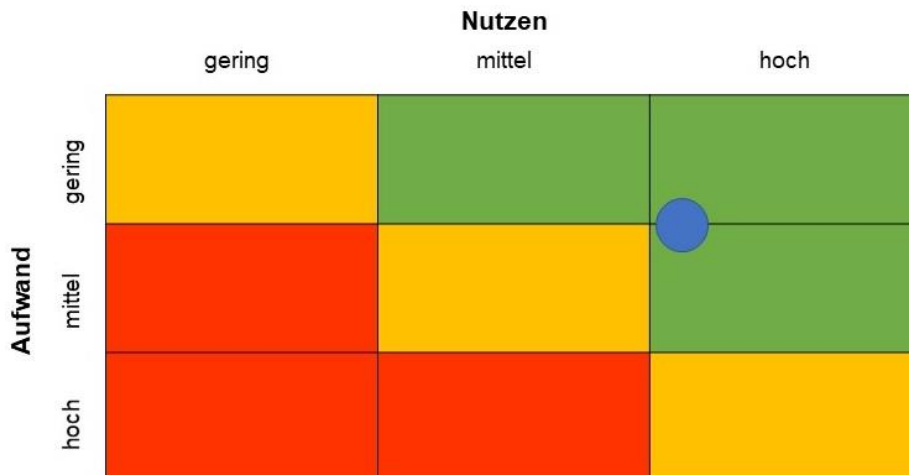


Abbildung 20 Bewertung von Nutzen und Aufwand für Schnittstellen der Plattform für Externe

Berechnung von Prognosen

Besonders für die Projektverantwortlichen ist dieser Service interessant. Prognosen werden für die weitere Projektplanung benötigt. Für die Umsetzbarkeit müssen die richtigen Prognoseverfahren für den jeweiligen Anwendungsfall ermittelt werden. Voraussetzung für eine aussagekräftige Prognose sind gut aufbereitete Datensets. Strategisch ist ein funktionierendes Prognoseservice ein Alleinstellungsmerkmal.

Die folgende Abbildung zeigt, dass der Aufwand für die Umsetzung sehr hoch ist.

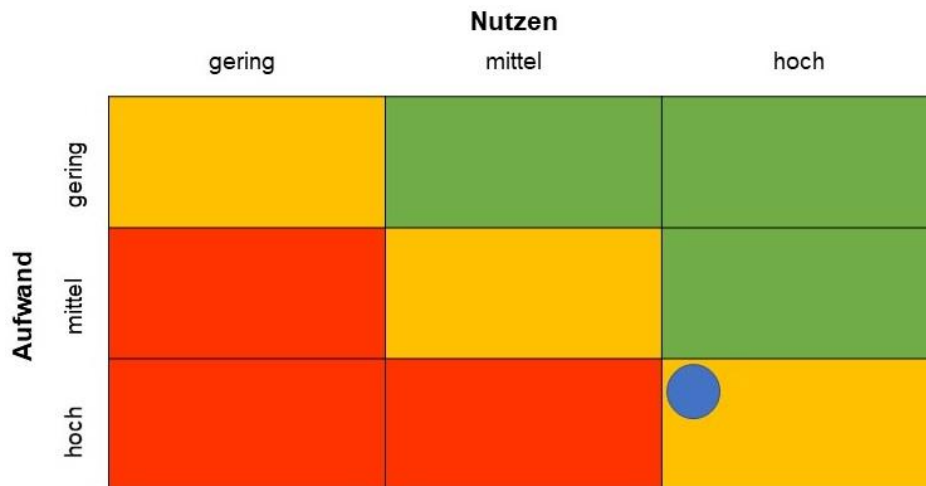


Abbildung 21 Bewertung von Nutzen und Aufwand für einen Prognoseservice

Regelmäßiger Austausch und Wartung der einzelnen Komponenten

Die Experten sind der Meinung, dass dieser Service aufgrund der anderen neuen Services nicht besonders wichtig ist. Der Nutzen ist gering und der Aufwand relativ hoch. Der Austausch und die Wartung der Komponenten sollte bei längeren geplanten Stillständen durchgeführt werden.

In der Abbildung ist zu sehen, dass sich der Service aufgrund des mittleren Aufwands und dem geringen Nutzen in einem roten Feld befindet.

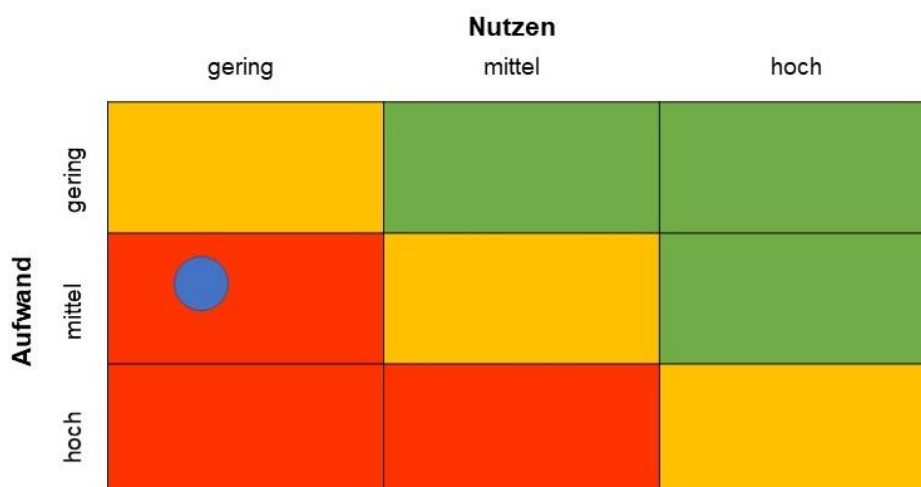


Abbildung 22 Bewertung von Nutzen und Aufwand für den Austausch- und Wartungsservice

Automatische Durchführung von Systemchecks

Die automatischen Systemchecks verhindern zwar nicht immer einen Ausfall einzelner Komponenten, sind aber eine enorme Hilfe bei der Fehlerbehebung. Der Vorteil liegt darin, dass die Testschritte automatisiert und nicht manuell durchgeführt werden. Der Aufwand für die Implementierung ist nach der Abschätzung des Experten für das Steuerleitsystem überschaubar. Einige der Schritte, wie beispielsweise der Verbindungstest, werden einmal implementiert und für viele Sensoren verwendet.

Die folgende Matrix veranschaulicht, dass mit einem mittleren Aufwand ein mittlerer bis hoher Nutzen entsteht.

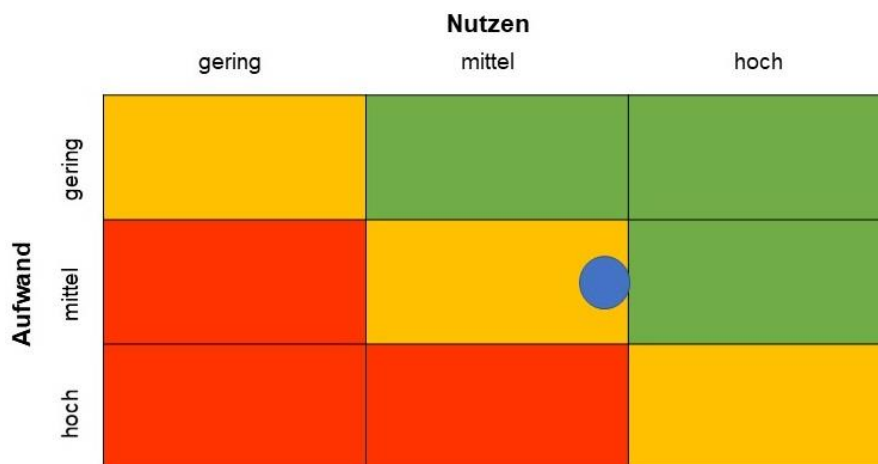


Abbildung 23 Bewertung von Nutzen und Aufwand für die automatisierten Systemchecks

Automatische Hinderniserkennung bei Messungen mit dem Theodolit

Der Mehrwert dieses Service liegt darin, dass der Maschinenfahrer rasch über die Störung informiert wird und das Problem nicht lange unentdeckt bleibt. Aufgrund des häufigen Auftretens dieses Fehlers, ist der Nutzen dieses Service besonders hoch.

In der Abbildung werden der hohe Nutzen und der mittlere Aufwand demonstriert.



Abbildung 24 Bewertung von Nutzen und Aufwand für die automatische Hinderniserkennung

Automatische Fehlerauswertung und Benachrichtigung

Strategisch ist dieser Service wichtig, da aufgrund der Fehlerauswertung zielgerechte Schulungen und Dienstleistungen angeboten werden können. Sehr oft ist den Maschinenfahrern oder den Vermessern nicht bewusst, dass ein bestimmter Fehler sehr oft und regelmäßig auftritt. Der Aufwand ist gering, da nur die protokollierten Fehlermeldungen eines Zeitraums abgefragt und dargestellt werden müssen. Der Service ermöglicht die Auseinandersetzung mit häufig auftretenden Fehlern.

Die folgende Abbildung stellt den geringen Aufwand und mittleren Nutzen des Service dar.

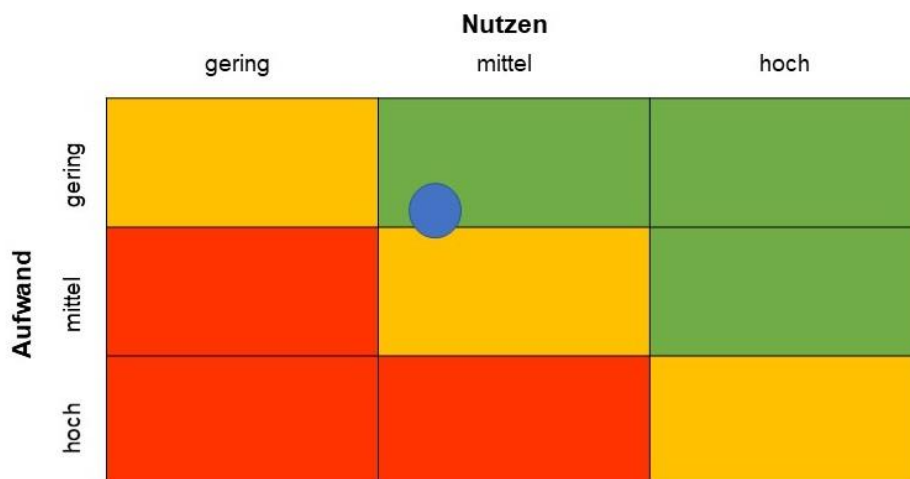


Abbildung 25 Bewertung von Nutzen und Aufwand für die automatische Fehlerauswertung

Vergleich der Dauer für die Messvorgänge

Dieser Service ist relevant, wenn Zeit einen besonderen Faktor im Projekt spielt. Der Mehrwert ist in vielen Fällen nur zu Beginn des Projekts vorhanden bis ein üblicher Wert für die Dauer der Einmessung erreicht wird. Der Aufwand zur Umsetzung besteht darin, die Ergebnisse mit anderen Projekten sinnvoll zu vergleichen.

Die Abbildung stellt den abgeschätzten Nutzen und Aufwand in der Matrix dar.

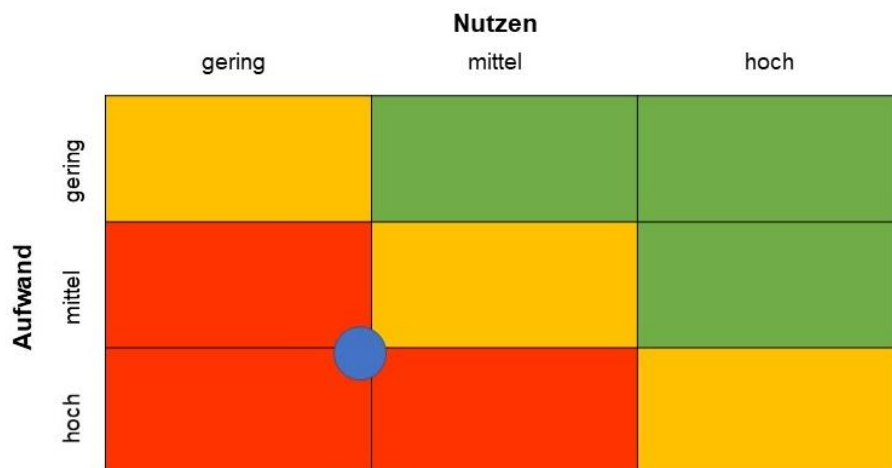


Abbildung 26 Bewertung von Nutzen und Aufwand für den Vergleich der Messdauer

Vergleich der Qualität der Positionsbestimmungen

Dieser Service gibt Aufschlüsse über die Qualität der Positionsbestimmungen. Verschlechterungen der Qualität zeigen den Verantwortlichen, dass es Ungenauigkeiten gibt. Der zuständige Vermesser weiß sofort, dass die Koordinaten der Messziele und der Referenzpunkte überprüft werden müssen. Der Nutzen dieses Service ist relativ gering, da eine schlechte Qualität, im Gegensatz zur benötigten Zeit, nicht so eine große Rolle spielt.

In der folgenden Matrix werden der abgeschätzte Nutzen und Aufwand des Services veranschaulicht.

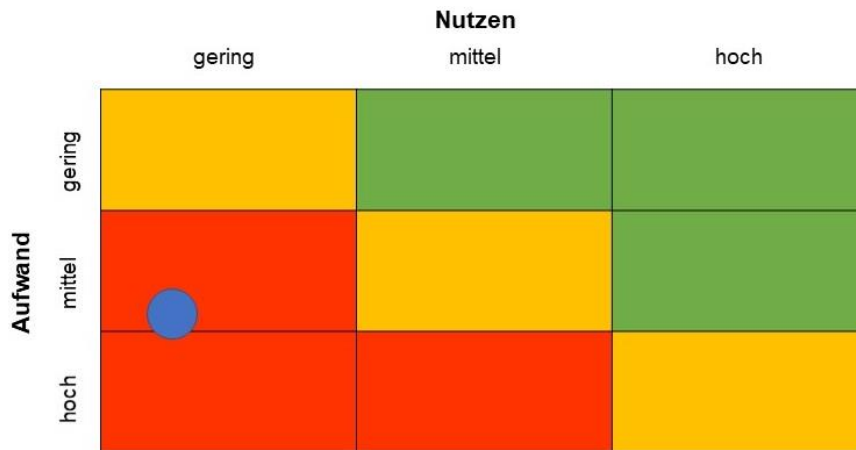


Abbildung 27 Bewertung von Nutzen und Aufwand für den Vergleich der Qualität der Positionsbestimmungen.

Automatische Berichtserstellung der Maschineneinmessung und Verteilung der Ergebnisse

Der Mehrwert dieses Service ist die automatische Verteilung der Berichte für Projektverantwortliche. Die Verantwortlichen können die aktuellsten Informationen zur Maschinenposition jederzeit abfragen und müssen davor keinen Bericht anfordern. Der Aufwand in der Umsetzung liegt in der geeigneten Darstellung der Ergebnisse und der Konfiguration für die Verteilung.

Die folgende Abbildung zeigt den hohen Nutzen und einen mittleren Aufwand für die Umsetzung.

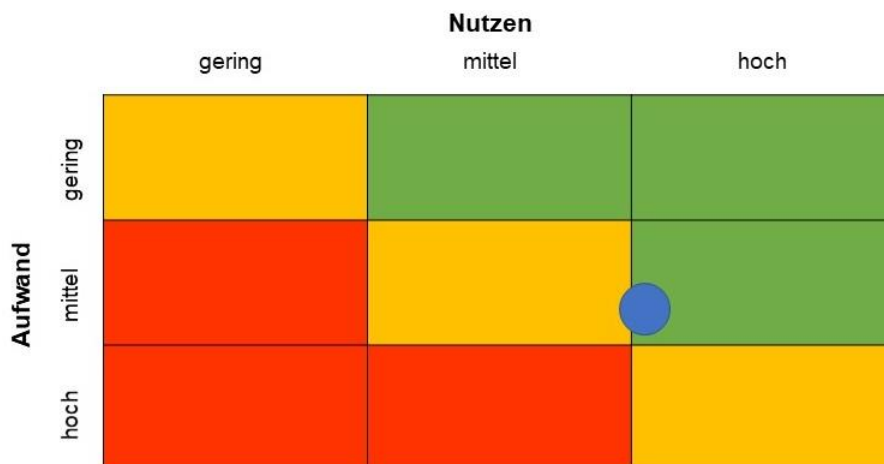


Abbildung 28 Bewertung von Nutzen und Aufwand für den Service der Berichtserstellung und Verteilung.

Einführung einer Benutzerverwaltung und Auswertung der unterschiedlichen Benutzerverhalten

Die Experten sind der Meinung, dass dieser Service ein wichtiger strategischer Schritt ist. Durch die Auswertung des Verhaltens jedes einzelnen Maschinenfahrers sind gezielte Trainings zur persönlichen Verbesserung möglich. Des Weiteren sind sich die Experten einig, dass die Aufteilung in mehrere Profile die Motivation der Maschinenfahrer fördert, da jeder nach dem besten Ergebnis strebt. Der Aufwand für die Umsetzung ist hoch. Es muss gewährleistet werden, dass eine An- und Abmeldung am System durchgeführt wird. Zusätzlich müssen die protokollierten Daten mit dem aktuellen Profil verknüpft werden. Der Service ermöglicht eine genaue Bestimmung, wann welcher Maschinenfahrer gearbeitet hat.

In der folgenden Matrix sind der große Mehrwert und Aufwand zu sehen.

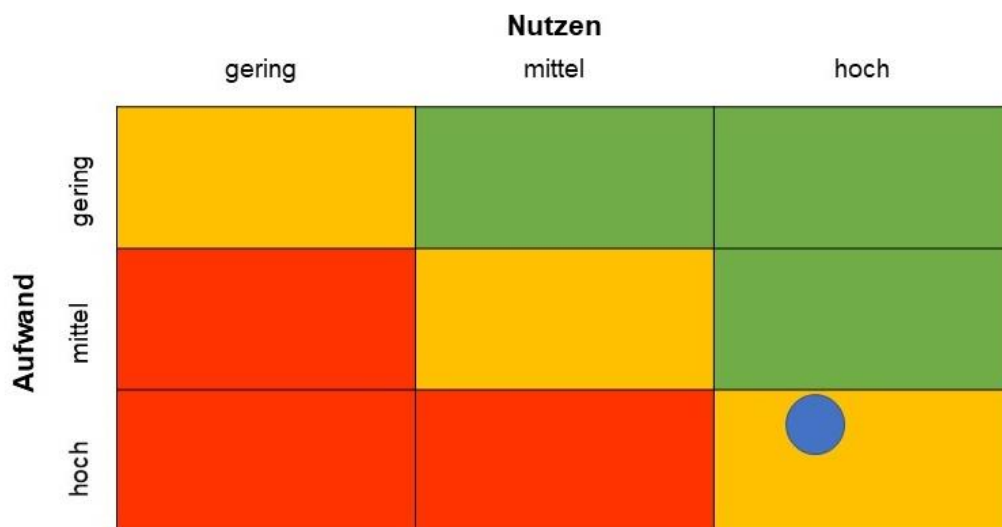


Abbildung 29 Bewertung von Nutzen und Aufwand für die Einführung einer Benutzerverwaltung und der Auswertung der unterschiedlichen Verhalten.

5.2.2 Voraussetzung für die Protokollierung

Der Experte im Bereich der Softwareentwicklung ist der Meinung, dass sich die vorhandenen Daten gut für die Protokollierung eignen. Die Daten sind größtenteils strukturiert. Unstrukturierte Daten, wie beispielsweise die Bilder der Kamera, sind nur die Ausnahme.

Die gespeicherten Daten sollten ein standardisiertes Format und auf alle Fälle folgende Informationen beinhalten:

- Zeitstempel bis in den Millisekunden-Bereich.
- Kategorie zur eindeutigen Zuordnung des Datensatzes.
- Quelle der Daten (z.B. Inklinometer oder Theodolit).
- Anforderer der Daten.
- Eindeutige Transaktionsnummer.
- Die zu speichernden Werte.

Um die Daten in die zentrale Datenspeicherungsplattform übertragen zu können, muss ein funktionierendes Netzwerk zur Verfügung stehen. Bei einer nichtvorhandenen Netzwerkverbindung werden die Daten lokal auf der Festplatte zwischengespeichert und dann synchronisiert, wenn die Verbindung wiederhergestellt ist.

Aufgrund des sensiblen Themas Datensicherheit empfiehlt der Experte, die Daten zu verschlüsseln und die Verzögerungen in der Übertragung in Kauf zu nehmen. Die Datensätze werden daher in verschlüsselter Form an die zentrale Plattform gesendet und dort in eine Datenbank geschrieben.

5.3 Serviceportfolio mit neuen Services

Dieses Kapitel beschäftigt sich mit der finalen Ableitung der Services aus den vorangegangenen Schritten. Das Ergebnis ist ein Serviceportfolio, welches die neuen Services beinhaltet und beschreibt. Bereits existierende Dienstleistungen können später in das Portfolio integriert werden.

5.3.1 Aufbau des Portfolios

Das Serviceportfolio wird in Tabellenform aufgebaut. Neue Services in der Zukunft können dadurch einfach hinzugefügt werden. Des Weiteren ist es möglich, die Tabelle mit beliebigen Spalten zu erweitern.

Die folgende Aufzählung listet die Spalten des Portfolios auf und beschreibt diese:

- **Nr.:** eindeutige fortlaufende Nummer.
- **Servicename:** aussagekräftige Bezeichnung des Service.
- **Kundenkontaktphasen:** kennzeichnet die Phasen des Service im Kundenkontaktkreis.
- **Strategische Bedeutung:** diese Spalten geben Auskunft über die erwarteten Vorteile. Ein Service kann mehrere strategische Ziele verfolgen. Die Spalte ist unterteilt in folgende Unterspalten:
 - Höherer Preis für Grundleistung
 - Prozessoptimierung und/oder Kostenreduzierung
 - Verbesserung der Zahlungsbereitschaft
 - Aufbau einer langfristigen Kundenbeziehung
- **Priorität (Prio.):** die Priorität ergibt sich aus dem Nutzen und dem Aufwand der Umsetzung des Service. Die Werte gehen von eins bis fünf, wobei fünf die höchste Priorität darstellt. Zusätzlich hat auch die strategische Bedeutung einen Einfluss auf die Bewertung.
- **Fehlerbild:** diese Spalte wird nur ausgefüllt, wenn der Service mit einer Störung verbunden ist. Die Spalte ist unterteilt in:
 - Fehlerursache
 - Eintrittswahrscheinlichkeit von eins bis fünf, wobei fünf am höchsten ist.
 - Schadensausmaß von eins bis fünf, wobei fünf den größten Schaden bedeutet.
- **Kurzbeschreibung:** beschreibt den Service und Nutzen in wenigen Sätzen.

Zwei der Services wurden in der Evaluierung als nicht sinnvoll beurteilt. Die beiden Services werden in das Portfolio aufgenommen, aber nicht genauer bewertet.

5.3.2 Portfolio

Die folgende Tabelle zeigt die bewerteten Services im Serviceportfolio.

Nr.	Servicename	Kundenkontaktphasen				Strategische Bedeutung					Prio.	Fehlerbild			Kurzbeschreibung
		Informationsphase	Angebots-/Kaufphase	Auftragsausführungsphase	Nutzungsphase	Höherer Preis für Grundleistung	Prozessoptimierung/ Kostenreduzierung	Verbesserung der Zahlungsbereitschaft	Aufbau Kundenbeziehung	Ursache		Eintrittswahrscheinlichkeit	Schadensausmaß		
1	Plattform zur zentralen Datenspeicherung			X	X	X	X	X	X	5	-	-	-	Zentraler Datenhafen und wichtiger Bestandteil für die Datenanalyse und Auswertung. Kann von mehreren Systemen verwendet werden.	
2	Applikation für das Mobiltelefon	X		X		X		X		4	Für jegliche Fehlermeldungen	-	-	Die Applikation für das Mobiltelefon kann Benachrichtigungen vom Steuerleitsystem empfangen. Die Informationskette in Störfällen wird deutlich erhöht.	
3	Automatische Computerüberwachung und Benachrichtigung				X	X	X	X		4	Alle Fehler bezüglich der Computerhardware	3	5	Installation und Konfiguration eines externen Tools zur Computerüberwachung. Überwacht den Gesundheitszustand des Computers und warnt bei Gefahren.	
4	Schnittstellen der Plattform für Externe			X				X	X	3	-	-	-	Anbieten von Schnittstellen der Plattform für externe Interessenten. Möglichkeit zur Integration zusätzlicher Datenquellen.	
5	Berechnung von Prognosen			X		X	X	X	X	4	-	-	-	Ermöglicht die Vorhersage bestimmter Anfragen aufgrund von Werten der Vergangenheit.	
6	Automatische Durchführung von Systemchecks			X	X		X			3	Ausfall einzelner Komponenten des Steuerleitsystems	3	4	Automatische Überprüfung der Systemkomponenten auf Funktionsfähigkeit. Ermöglicht eine genaue Bestimmung der Fehlerquelle.	

Nr.	Servicename	Kundenkontaktphasen				Strategische Bedeutung				Prio.	Fehlerbild			Kurzbeschreibung
		Informationsphase	Angebots-/Kaufphase	Auftragsausführungsphase	Nutzungsphase	Höherer Preis für Grundleistung	Prozessoptimierung/ Kostenreduzierung	Verbesserung der Zahlungsbereitschaft	Aufbau Kundenbeziehung		Ursache	Eintrittswahrscheinlichkeit	Schadensausmaß	
laufend														
7	Automatische Hinderniserkennung bei Messungen mit dem Theodolit				X		X			3	Ein Hinderniss blockiert das Sichtfeld zur Messung der Motortargets mit dem Theodolit	4	3	Hindernisse im Sichtfeld werden durch Vergleich der aktuellen und erwarteten Werte erkannt. Der Maschinenfahrer wird auf die mögliche Ursache hingewiesen.
8	Automatische Fehlerauswertung und Benachrichtigung				X			X		2	Für jegliche Fehlermeldungen	-	-	Erstellung einer Übersicht der auftretenden Fehler. Ermöglicht gezielte Schulungen und Verbesserungen für häufige Fehler.
9	Vergleich der Dauer für die Messvorgänge				X		X			2	-	-	-	Vergleicht die Dauer der Messvorgänge mit Werten aus der Vergangenheit. Gibt Auskunft, wenn die benötigte Zeit zunimmt.
10	Vergleich der Qualität der Positionsbestimmungen				X		X			1	-	-	-	Vergleicht die Qualität der Positionsbestimmungen mit Ergebnissen aus der Vergangenheit. Gibt Auskunft, wenn sich die Qualität verschlechtert.
11	Automatische Berichtserstellung der Maschineneinmessung und Verteilung der Ergebnisse				X	X		X	X	3	-	-	-	Liefert automatische Berichte in konfigurierbaren Intervallen und sendet die Ergebnisse an die zuständigen Personen.
12	Einführung einer Benutzerverwaltung und Auswertung der unterschiedlichen Benutzerverhalten					X		X	X	4	-	-	-	Ermöglicht die Anmeldung unterschiedlicher Benutzer am System. Dadurch wird das Benutzerverhalten analysiert und Schulungen können individuell angepasst werden.
13	Mobiler Ersatzbildschirm	nicht bewertet												
14	Regelmäßiger Austausch und Wartung der einzelnen Komponenten	nicht bewertet												

Tabelle 5 Neue Services sind bewertet im Serviceportfolio.

Die Tabelle mit allen Services ist eine erste Version des Portfolios. Eine wichtige und in Farbe gehaltene Spalte ist die Priorität. Sie gibt eine schnelle Auskunft über die Wichtigkeit und entsteht aus den zuvor beschriebenen Variablen.

Die Plattform für die zentrale Datenspeicherung ist der wichtigste Service und sollte trotz hohen Aufwands als erstes durchgeführt werden. Die Plattform ist Voraussetzung für viele weitere Services. Des Weiteren gibt es jeweils vier Services mit einer Priorität von drei und vier. Auch der Service für die Benutzerverwaltung hat trotz des hohen Aufwands aufgrund der strategischen Bedeutung die Priorität vier.

Der Service für den Vergleich der Qualität der Positionsbestimmungen ist zwar nicht unwichtig, aber hat aufgrund der anderen wichtigeren Services nur eine Priorität von eins. Das Portfolio ist ein erster Entwurf und sollte kontinuierlich überprüft und angepasst werden. Wichtige Schritte im Verbesserungsprozess des Portfolios sind:

- Anpassung der Prioritäten
- Hinzufügen oder entfernen von Spalten
- Anpassung der Servicebeschreibung
- Anpassung der strategischen Bedeutung
- Aufnahme neuer Services

6 CONCLUSIO

Dieses Kapitel beschäftigt sich mit der kritischen Betrachtung der Ergebnisse, der Beantwortung der Forschungsfrage, einer Reflexion der Arbeit und einen Ausblick. Die Erkenntnisse aus der Theorie werden den gewonnenen Ergebnissen aus dem Praxisteil gegenübergestellt.

6.1 Kritische Betrachtung der Ergebnisse

Die Erkenntnisse der Theorie, dass Steuerleitsysteme für Tunnelbohrmaschinen ein komplexes System sind, wurde im Praxisteil bestätigt. Der Grund dafür ist, dass sich das System aus vielen unterschiedlichen Komponenten zusammensetzt. Ein Ausfall einer einzelnen Komponente kann zu einem Stillstand der Maschine führen. Die kontinuierliche Überwachung des Gesamtsystems spielt daher eine wichtige Rolle.

Weiters hat die Theorie gezeigt, dass viele erbrachte Dienstleistungen bisher verschenkt oder gar nicht als Dienstleistung wahrgenommen wurden. Durch die Erstellung eines Serviceportfolios werden alle erbrachten und angebotenen Services sichtbar gemacht. Mittels einer Beschreibung der Leistungserbringung und des Kundennutzen des Service, ist es einfacher, dem Kunden die Serviceleistung zu verkaufen. Die Gegenüberstellung der Services mit den unterschiedlichen Kundenkontaktphasen macht deutlich, dass sich die Services auf die Projektdurchführungs- und Nutzungsphase konzentrieren.

Das im Theorieteil betrachtete Leistungsbündel, welches aus dem Kernprodukt und den begleitenden Dienstleistungen besteht, ist für ein Steuerleitsystem bestens geeignet. Steuerleitsysteme brauchen auch nach der Installation eine intensive Betreuung. Es bietet sich an, ein Leistungsversprechen für die Navigation im Tunnel anzubieten. Das Leistungsbündel kann aus unterschiedlichen Kombinationen bestehen. Services, welche für bestimmte Projekte nicht gefordert sind, werden nicht ins Bündel aufgenommen.

Das Thema „Internet der Dinge“ ist besonders für die einzelnen Komponenten des Steuerleitsystems interessant. Je mehr Daten generiert werden können, desto mehr Informationen können aus diesen Daten gewonnen werden. Der Service für die Schnittstellen der Plattform für Externe erlaubt die Integration von weiteren intelligenten Produkten.

Der Praxisteil hat ergeben, dass viele Services aufgrund der Datenanalyse entstehen. Viele in der Theorie beschriebenen Methoden werden benötigt, um an die gewünschten Informationen zu gelangen. Die Praxis untermauert die theoretischen Aspekte, dass der aufwendigste Schritt die Datenaufbereitung ist. Wie im Theorieteil beschrieben, ermöglicht das Data Mining, Vorhersagen über zukünftige Entwicklungen zu treffen. Im Praxisteil wurde festgestellt, dass sich die vorhandenen Daten gut für die Datenanalyse eignen. Die Daten sind überwiegend strukturiert und sind daher einfacher zu verarbeiten.

Es lässt sich zusammenfassen, dass die Aussagen aus der Theorie mit den Erkenntnissen und Ergebnissen der Praxis übereinstimmen.

6.2 Beantwortung der Forschungsfrage

Ziel dieser Arbeit war es, neue Services aus Protokollierungsdaten von Tunnelleitsystemen für Tunnelbohrmaschinen zu entwickeln. Das Ziel wurde aus der folgenden Forschungsfrage abgeleitet:

Welche Services im Bereich Tunnelbau entstehen durch das Protokollieren von Betriebsdaten eines Tunnelleitsystems?

Die Ergebnisse zeigen, dass sich viele Services aufgrund der gespeicherten Daten für die Optimierung der Störungsbehebungen, Automatisierung von Prozessabläufen, Verbesserung des Informationsflusses und Vorhersage von zukünftigen Entwicklungen ergeben.

Besonders die schnellere Fehlerbehebung durch die Services, bringt aufgrund der Verkürzung der Stillstandzeiten einen deutlichen Mehrwert. Des Weiteren wurden proaktive Services generiert, die Fehler vor ihrem Auftreten erkennen und einen Stillstand der Maschine verhindern können.

6.3 Reflexion

Aufgrund der Ziele hat sich diese Arbeit vermehrt auf die Ermittlung neuer Services konzentriert. Die technischen Anforderungen und Umsetzungsmöglichkeiten wurden nur oberflächlich beschrieben. Des Weiteren lässt sich aus den gewonnen Erkenntnissen ableiten, dass viele Services erst nach der Datenanalyse ersichtlich werden. Beispielsweise durch die Entdeckung von Mustern im Datenhaufen aufgrund verschiedenster Algorithmen. Ein weiterer Workshop mit anderen Teilnehmern aus unterschiedlichen Firmen würden vermutlich weitere Services liefern.

Ein weiterer Punkt, der in dieser Arbeit nicht bearbeitet wurde, ist die Erstellung eines Kennzahlensystems. Kennzahlen werden benötigt, um die Leistung der Services zu messen. Die erarbeiteten Kennzahlen können in das Serviceportfolio aufgenommen werden.

Des Weiteren ist es sinnvoll, die bestehenden Services in das Portfolio zu integrieren. Eine Möglichkeit ist die Analyse der Kundenzufriedenheit der einzelnen Services und diese ebenfalls in das Portfolio aufzunehmen.

6.4 Ausblick

Aufgrund neuer Technologien werden immer mehr „Dinge“ mit dem Internet verknüpft. Die Analyse der gespeicherten Daten ermöglicht neues Wissen zu generieren und anzuwenden. Im Bereich Tunnelbau sind Datenbrillen ein interessantes Thema. Es ist möglich Informationen in Echtzeit in der Brille anzuzeigen. Außerdem ermöglicht die Brille einen Support aus der Ferne. Der Supportmitarbeiter sitzt im Büro und sieht am Bildschirm dasselbe, was der Maschinenfahrer mit der Brille sieht. Das ermöglicht den Einsatz billigerer Arbeitskräfte auf den Baustellen vor Ort. Der

Experte sitzt im Büro und kann weniger qualifizierte Vermesser auf unterschiedlichen Baustellen unterstützen. Ein weiterer wichtiger Punkt im Tunnelbau ist die Automatisierung von immer mehr Prozessabläufen. Es wird auch an selbstschneidenden Teilschnittmaschinen ohne Maschinenfahrer gearbeitet.

ANHANG A - Gesprächsleitfaden Workshop

Einführung

Vorstellung des Themas.

Vorstellung der Ziele der Arbeit.

Vorstellung der Workshop Teilnehmer.

Probleme und Störungen im Tunnelbau

Welche Störungen und Probleme gibt es?

Was sind die Ursachen?

Wer oder was löst das Problem aus?

Was sind die Folgen und welche Auswirkungen hat das Problem?

Wie oft tritt das Problem auf? Kommt es zu regelmäßigen Zwischenfällen?

Derzeitige Problembehandlung

Wie wird das Problem bisher behoben?

Wer ist in der Problembhebung involviert?

Wie lange dauert die Behebung bisher?

Wann wird mit der Fehlerbehebung begonnen und wie wird das Problem kommuniziert?

Beschreibung der Idee für den neuen Service

Wie kann das Problem behoben oder die derzeitige Lösung verbessert werden?

Wer ist für die Problemlösung verantwortlich?

Welche Ressourcen werden für die Lösung benötigt?

Kann das Problem präventiv vor Eintritt verhindert werden?

Kann die Lösung automatisiert oder in die Software integriert werden?

Protokollierung der Daten

Welche Daten eignen sich für die Protokollierung und werden für die Problemlösung benötigt?

Wie sollen die Daten gespeichert werden?

Wie werden die Daten erfasst? Welche Datenquellen gibt es?

Abschließende Fragerunde

ANHANG B - Gesprächsleitfaden Experteninterview

Einführung

Vorstellung des Themas.

Vorstellung der Ziele der Arbeit.

Vorstellung des Interviewten.

Vorstellung aller Services aus dem Workshop

Erklärung der Ursachen und bisherigen Lösungswege.

Beurteilung der einzelnen Services durch den Experten

Welcher Nutzen wird im Service gesehen?

Welche Vorteile würde der Service bringen?

Was ist der geschätzte Aufwand für die Umsetzung?

Wie kann der Service umgesetzt werden?

Was sind die Herausforderungen?

Wie wird der Service in einer Aufwand-Nutzen-Matrix eingeschätzt?

Welche strategischen Vorteile könnte der Service liefern?

Protokollierung der Daten

Wie können die Daten protokolliert werden?

Welche Daten müssen protokolliert werden?

Welches Format haben die Protokollierungsdateien?

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

DL	<i>Dienstleistung</i>
IT	<i>Informationstechnologien</i>
KDD	<i>Knowledge Discovery in Databases</i>
CRISP	<i>Cross Industry Standard Process for Data Mining</i>
DM	<i>Data Mining</i>
NoSQL	<i>Not only SQL</i>
CLF	<i>Common Log Format</i>
ELF	<i>Extended Log Format</i>
SPS	<i>Speicherprogrammierbare Steuerung</i>

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1 Aufnahme der Tunnelbohrmaschine für den Koralmtunnel zwischen der Steiermark und Kärnten von der Firma Geodata	5
Abbildung 2 Hauptansicht für den Maschinenführer des Steuerleitsystems „Tauros“ von der Firma Geodata	6
Abbildung 3 Elemente des Steuerleitsystems „Tauros“ der Firma Geodata	7
Abbildung 4 Teilschnittmaschine und die für den Vortrieb benötigten Komponenten des Steuerleitsystems „Tauros for Roadheader“ der Firma Geodata	8
Abbildung 5 Hauptbildschirm des Steuerleitsystems „Tauros for Roadheader“ der Firma Geodata	9
Abbildung 6 Kundenkontaktkreis nach Myritz (2017)	12
Abbildung 7 Wahrnehmung und Zahlungsbereitschaft von Dienstleistungen in Anlehnung an Vogel-Weyh und Röhm (2002)	13
Abbildung 8 Aufbau eines Leistungsbündels. Das Kernprodukt und die Dienstleistungen in einem Bündel	16
Abbildung 9 Der Begriff Big Data ist eine Schnittmenge der drei Vs in Anlehnung an Russom (2011)	19
Abbildung 10 Die Schritte zur Wissensgenerierung im KDD-Prozess in Anlehnung an Fayyad et al. (1996)	22
Abbildung 11 Das CRISP-DM Modell mit den sechs Phasen und deren Abhängigkeiten nach Wirth und Hipp (2000)	23
Abbildung 12 Der Prozess von der Servicegenerierung bis zum fertigen Serviceportfolio	29
Abbildung 13 Teilnehmer des Workshops und deren Rollenbeschreibung	33
Abbildung 15 Aufwand-Nutzen-Matrix zur Bewertung der Services	37
Abbildung 16 Überblick der generierten Services aus dem Workshop	48
Abbildung 17 Bewertungsmatrix für den Service der zentralen Plattform	49
Abbildung 18 Bewertung von Nutzen und Aufwand einer Mobilapplikation für die Benachrichtigung in Fehlerfällen	50
Abbildung 19 Bewertung von Nutzen und Aufwand für einen mobilen Ersatzbildschirm auf der Maschine	50
Abbildung 20 Bewertung von Nutzen und Aufwand des Service für die Computerüberwachung	51
Abbildung 21 Bewertung von Nutzen und Aufwand für Schnittstellen der Plattform für Externe	51
Abbildung 22 Bewertung von Nutzen und Aufwand für einen Prognoseservice	52
Abbildung 23 Bewertung von Nutzen und Aufwand für den Austausch- und Wartungsservice	52
Abbildung 24 Bewertung von Nutzen und Aufwand für die automatisierten Systemchecks	53
Abbildung 25 Bewertung von Nutzen und Aufwand für die automatische Hinderniserkennung	53
Abbildung 26 Bewertung von Nutzen und Aufwand für die automatische Fehlerauswertung	54
Abbildung 27 Bewertung von Nutzen und Aufwand für den Vergleich der Messdauer	54
Abbildung 28 Bewertung von Nutzen und Aufwand für den Vergleich der Qualität der Positionsbestimmungen.	55

Abbildung 29 Bewertung von Nutzen und Aufwand für den Service der Berichterstellung und Verteilung.
..... 55

Abbildung 30 Bewertung von Nutzen und Aufwand für die Einführung einer Benutzerverwaltung und der
Auswertung der unterschiedlichen Verhalten..... 56

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1 Merkmale und Eigenschaften von strukturierten und unstrukturierten Daten in Anlehnung an Cios et al. (2007)	28
Tabelle 2 Untersuchungsdesign des Workshops zur Ermittlung neuer Services	31
Tabelle 3 Untersuchungsdesign der Experteninterviews für die Evaluierung der Services	35
Tabelle 4 Auflistung der Störungen eines Steuerleitsystems und Häufigkeit des Eintretens	43
Tabelle 5 Neue Services sind bewertet im Serviceportfolio	60

LITERATURVERZEICHNIS

- Allmendinger, Glen; Lombreglia, Ralph (2005): Four strategies for the age of smart services. In: *Harvard business review* 83.
- Beims, Martin; Ziegenbein, Michael (2015): IT-Service-Management in der Praxis mit ITIL®. Der Einsatz von ITIL® Edition 2011, ISO/IEC 20000:2011, COBIT® 5 und PRINCE2®. 4., überarbeitete und erweiterte Auflage. München: Hanser.
- Bogner, Alexander; Littig, Beate; Menz, Wolfgang (2002): Das Experteninterview. Theorie, Methode, Anwendung. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Bortz, Jürgen; Döring, Nicola (2006): Forschungsmethoden und Evaluation. Für Human- und Sozialwissenschaftler ; mit 87 Tabellen. 4., überarb. Aufl., [Nachdr.]. Heidelberg: Springer-Medizin-Verl. (Springer-Lehrbuch Bachelor, Master).
- Bruhn, Manfred; Hadwich, Karsten (Hg.) (2017): Dienstleistungen 4.0. Geschäftsmodelle - Wertschöpfung - Transformation. Band 2. Forum Dienstleistungsmanagement. Wiesbaden: Springer Gabler.
- Bruhn, Manfred; Stauss, Bernd (Hg.) (2013): Wertschöpfungsprozesse bei Dienstleistungen. Forum Dienstleistungsmanagement. 1. Aufl., Softcover, Nachdr. der Ausgabe 2007. Wiesbaden: Gabler.
- Buch, Jonathan; Arrasz, Joachim; van Lessen, Tammo (2014): Logging. Schnelleinstieg. Frankfurt am Main: entwickler.press (shortcuts, 118).
- Buxmann, Peter; Diefenbach, Heiner; Hess, Thomas (2015): Die Softwareindustrie. Ökonomische Prinzipien, Strategien, Perspektiven. 3., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage. Berlin: Springer Gabler.
- Camerin, Marcello (2016): Mit Dienstleistungen wachsen. Wie Sie mit der 5-Schritte-Methodik die Wettbewerbsposition Ihres Unternehmens spürbar verbessern. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Chamoni, Peter; Gluchowski, Peter (Hg.) (2006): Analytische informationssysteme. Business intelligence-technologien und -anwendungen. ebrary, Inc. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag GmbH.
- Chuvakin, Anton A.; Phillips, Christopher; Schmidt, Kevin J.; Moulder, Patricia (Hg.) (2013): Logging and log management. The authoritative guide to understanding the concepts surrounding logging and log management. ebrary, Inc. Waltham, Mass: Syngress.
- Cios, Krzysztof J.; Kurgan, Lukasz A.; Pedrycz, Witold; Swiniarski, Roman W. (2007): Data Mining. A Knowledge Discovery Approach. Boston, MA: Springer Science+Business Media LLC.

- Copur, Ozdemir, Rostami: Roadheader applications in mining and tunneling industries. Online verfügbar unter <https://pdfs.semanticscholar.org/080d/7b83aab68ff7fbf411ef5f64f0c4c55c77cf.pdf>, zuletzt geprüft am 26.12.2017.
- De Bono, Edward (2006): De Bono's thinking course. [powerful tools to transform your thinking]. Harlow: BBC Active.
- Fasel, Daniel; Meier, Andreas (Hg.) (2016): Big Data. Grundlagen, Systeme und Nutzungspotenziale. Wiesbaden: Springer Vieweg (Edition HMD).
- Fayyad, Usama M.; Piatetsky-Shapiro, Gregory; Smyth, Padhraic (1996): From Data Mining to Knowledge Discovery in Databases. In: *AI Magazine* 17, S. 37–54.
- Fleisch, Elgar; Mattern, Friedemann (Hg.) (2005): Das Internet der Dinge. Ubiquitous Computing und RFID in der Praxis: Visionen, Technologien, Anwendungen, Handlungsanleitungen ; mit 21 Tabellen. Berlin: Springer.
- Geyer (2017): Digitalisierung und Dienstleistungen (Services). Hg. v. inspire research Beratungsgesellschaft m.b.H. Online verfügbar unter https://www.ffg.at/sites/default/files/downloads/digitalisierungunddienstleistung_17082017.pdf, zuletzt geprüft am 29.12.2017.
- Girmscheid, Gerhard (2008): Baubetrieb und Bauverfahren im Tunnelbau. 2: Auflage. Berlin: Ernst & Sohn.
- Hildebrandt, Alexandra; Landhäußer, Werner (Hg.) (2017): CSR und Digitalisierung. Der digitale Wandel als Chance und Herausforderung für Wirtschaft und Gesellschaft. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg (Management-Reihe Corporate Social Responsibility).
- McAfee, Brynjolfsson (2012): Big Data: The Management Revolution. Hg. v. Harvard Business Review. Online verfügbar unter <http://tarjomefa.com/wp-content/uploads/2017/04/6539-English-TarjomeFa-1.pdf>, zuletzt geprüft am 03.01.2018.
- Meier, Horst; Uhlmann, Eckart (Hg.) (2017): Industrielle Produkt-Service Systeme. Entwicklung, Betrieb und Management. Berlin, Heidelberg, s.l.: Springer Berlin Heidelberg.
- Müller, Stefan (2016): Internet of Things (IoT). Ein Wegweiser durch das Internet der Dinge. Norderstedt: BoD - Books on Demand.
- Myritz, Reinhard (2017): Service Engineering – in fünf Schritten zur neuen Dienstleistung. Systematische Dienstleistungsentwicklung für den Mittelstand. 2. Auflage. Stuttgart: Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Wohnungsbau Baden-Württemberg.
- Neugebauer, Reimund (Hg.) (2018): Digitalisierung. Schlüsseltechnologien für Wirtschaft und Gesellschaft. 1. Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

- OECD (2017): OECD Employment Outlook 2017. Online verfügbar unter https://www.oecd-ilibrary.org/content/publication/empl_outlook-2017-en.
- Pal, Nikhil R.; Jain, Lakhmi (Hg.) (2005): Advanced Techniques in Knowledge Discovery and Data Mining. London: Springer-Verlag London Limited (Advanced Information and Knowledge Processing).
- Pohl, Klaus; Rupp, Chris (2015): Basiswissen Requirements Engineering. Aus- und Weiterbildung nach IREB-Standard zum Certified Professional for Requirements Engineering : foundation level nach IREB-Standard. 4., überarbeitete Auflage. Heidelberg: dpunkt.
- Runkler, Thomas A. (2015): Data Mining. Modelle und Algorithmen intelligenter Datenanalyse. 2., aktualisierte Auflage. Wiesbaden: Springer Vieweg (Computational Intelligence).
- Russom, Philip (2011): Big Data Analytics. Hg. v. The Data Warehousing Institute (TDWI) Research. Online verfügbar unter <https://vivomente.com/wp-content/uploads/2016/04/big-data-analytics-white-paper.pdf>, zuletzt geprüft am 10.05.2018.
- Schlick, Christopher (2015): Arbeit in der digitalisierten Welt. Beiträge der Fachtagung des BMBF 2015. Frankfurt am Main: Campus-Verl.
- Sendler, Ulrich (Hg.) (2016): Industrie 4.0 grenzenlos. Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg (Xpert.press).
- Vogel-Weyh, Freya; Röhm, Anita (2002): Dienstleistung - von der Renditefalle zum Wettbewerbsvorteil. Verbesserung der Dienstleistungskompetenz hessischer Umweltunternehmen ; Leitfaden für die betriebliche Praxis. Wiesbaden: TechnologieStiftung Hessen (Umwelttech).
- Wahren, Heinz-Kurt (2004): Erfolgsfaktor Innovation. Ideen systematisch generieren, bewerten und umsetzen ; mit 4 Tabellen. Berlin: Springer.
- Wirth, Rüdiger; Hipp, Jochen (2000): CRISP-DM: Towards a standard process model for data mining. In: *Proceedings of the 4th International Conference on the Practical Applications of Knowledge Discovery and Data Mining*.
- Witten, I. H.; Pal, Christopher J.; Frank, Eibe; Hall, Mark A. (2017): Data mining. Practical machine learning tools and techniques. Fourth edition. Cambridge, MA: Morgan Kaufmann.
- WKO (2017): Digitalisierung im Unternehmen. Neue Ideen, Geschäftsmodelle und Produkte entwickeln, digitale Businesslösungen umsetzen, zuletzt geprüft am 02.01.2018.