

MASTERARBEIT

CLOUDBASIERTE PREDICTIVE MAINTENANCE IN DER FERTIGUNGSINDUSTRIE: RISIKEN UND HERAUSFORDERUNGEN

ausgeführt am



Studiengang
Informationstechnologien und Wirtschaftsinformatik

Von: Ing. Patrick Prettenhofer, BSc
Personenkennzeichen: 2210320037

Graz, am 25. März 2024

.....
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

An dieser Stelle möchte ich mich bei meiner Lebensgefährtin Beatrice, meiner Familie und meinen Freundinnen und Freunden für die Unterstützung und den Rückhalt bedanken. Mein Dank gilt außerdem meinem Betreuer Herrn Ing. Dipl.-Ing. Harris Gerzic, BSc für seine Unterstützung und seinen stets fachlichen Rat.

KURZFASSUNG

In der modernen Fertigung stellt die Einführung der Predictive Maintenance als Instandhaltungsstrategie einen bedeutenden Fortschritt dar. Diese Methode ermöglicht es Produktionsunternehmen, ihre Wartungsprozesse zu optimieren, indem potenzielle Ausfälle und Wartungsanforderungen vor ihrem Auftreten antizipiert werden. Die Cloud spielt dabei eine entscheidende Rolle als Ressource für die Implementierung, bedingt durch ihre in den letzten Jahren deutlich gestiegene Effizienz. Die Integration von cloudbasierter Predictive Maintenance in Produktionsumgebungen birgt jedoch auch Herausforderungen und Risiken. Diese Masterarbeit zielt darauf ab, diese Probleme zu identifizieren und zu bewältigen, indem Empfehlungen für Produktionsunternehmen zur erfolgreichen Integration von Predictive Maintenance im Kontext der Cloud gegeben werden. Die folgende Forschungsfrage wird behandelt: „Was sind die Handlungsempfehlungen für Produktionsunternehmen, die beabsichtigen, cloudbasierte Predictive Maintenance zu integrieren, um potentielle Herausforderungen und Risiken effektiv adressieren zu können?“ Die Arbeit folgt einem qualitativen und induktiven Forschungsansatz und umfasst eine empirische Untersuchung, die eine Reihe von Expert*inneninterviews in einer Feldstudie beinhaltet. Dieser Ansatz bietet tiefe Einblicke in die praktischen Aspekte der Implementierung von cloudbasierter Predictive Maintenance. Die Ergebnisse zeigen, dass die sorgfältige Auswahl von Cloud-Anbietern, unterstützt durch umfassende Cloud-Assessments und Kriterienkataloge, Bedenken hinsichtlich der Cloud-Technologie minimiert und Partnerschaften gewährleistet, die starke Sicherheitsmaßnahmen und einen guten Ruf haben. Finanziell ist eine frühzeitige und angemessene Budgetplanung unter Berücksichtigung flexibler Finanzierungsmodelle wie Abonnementdiensten entscheidend, um erhebliche Anfangsinvestitionen zu vermeiden und klare Kostenstrukturen zu etablieren. Organisatorisch ist die Integration der Predictive Maintenance in die Unternehmensprozesse entscheidend für den Erfolg, wobei die Schulung des Personals eine wesentliche Rolle spielt, um technisches Verständnis und das Bewusstsein für ihre strategische Bedeutung aufzubauen. Technisch ist eine moderne IT-/OT-Infrastruktur unerlässlich für eine nahtlose Integration und effiziente Datenübertragung. Besonders wichtig sind hierbei ein effektives Datenmanagement und die Nutzung von Edge Devices zur Vorverarbeitung und Einbindung älterer Systeme. Die Ergebnisse betonen die Notwendigkeit eines umfassenden Ansatzes, der technische, organisatorische und finanzielle Faktoren berücksichtigt, um eine nachhaltige und erfolgreiche Implementierung von Predictive Maintenance in der Cloud gewährleisten zu können.

ABSTRACT

In modern manufacturing, the introduction of predictive maintenance as a maintenance strategy represents a significant step forward. This approach enables manufacturing companies to optimise maintenance processes by anticipating potential breakdowns and maintenance needs before they occur. The cloud could play a crucial role as a resource for implementation, owing to its significant increase in efficiency in recent years. However, the integration of cloud-based predictive maintenance into production environments is not without its challenges and risks. This master's thesis aims to identify and address these issues, offering recommendations for manufacturing companies to integrate predictive maintenance more successfully in the context of the cloud. The following research question is addressed: "What are the key recommendations for manufacturing companies looking to integrate cloud-based predictive maintenance into their production facilities to effectively manage potential challenges and risks?" The study adopts a qualitative and inductive research approach and comprises an empirical investigation that includes a series of expert interviews in a field study. This approach provides deep insights into the practical aspects of implementing cloud-based predictive maintenance systems. Key findings suggest that careful selection of cloud service providers, supported by thorough cloud assessments and criteria catalogues, minimises worries towards cloud technology and ensures partnerships with providers having strong security measures and good reputations. Financially, early and appropriate budget planning, considering flexible financing models like subscription services, is crucial to avoid substantial initial investments and to establish clear cost structures. Organisationally, embedding predictive maintenance within company processes is key for success, where staff training plays an essential role in building technical understanding and awareness of its strategic importance. Technically, a modern IT/OT infrastructure is essential for seamless integration and efficient data flow. It is crucial to have effective data management and the use of edge devices for preprocessing and integrating older systems. The findings emphasise the need for a comprehensive approach that addresses technical, organisational, and financial aspects to ensure a sustainable and successful implementation of predictive maintenance in the cloud.

INHALTSVERZEICHNIS

1	EINLEITUNG	1
1.1	Ausgangssituation	2
1.2	Forschungsfrage und Zielsetzung	2
1.3	Methodische Vorgehensweise.....	3
2	THEORETISCHE GRUNDLAGEN	5
2.1	Industrielle Instandhaltung.....	5
2.2	Instandhaltungsstrategien	9
2.3	Instandhaltung im Kontext von Industrie 4.0	12
2.3.1	Industrielle Revolutionen	13
2.3.2	Smart Factory	15
2.3.3	Smart Maintenance	16
2.4	Predictive Maintenance	19
2.4.1	Abweichungen zur zustandsorientierten Instandhaltung und Prognostic Health Management (PHM)	19
2.4.2	Modell und Zusammenspiel.....	20
2.5	Methoden und Technologien der Predictive Maintenance	22
2.5.1	CPS	23
2.5.2	IoT.....	23
2.5.3	Big Data	23
2.5.4	Data Mining.....	24
2.5.5	IoS	25
3	CLOUDBASIERTE PREDICTIVE MAINTAINANCE	26
3.1	Cloud-Computing.....	26
3.1.1	Private-Cloud	27
3.1.2	Public-Cloud	27
3.1.3	Hybrid-Cloud.....	28
3.1.4	Cloud-Dienste	28
3.2	Cloud Manufacturing.....	30
3.3	Potentielle Predictive Maintenance-Lösung in der Fertigung.....	30

4	QUALITATIVER FORSCHUNGSPROZESS	33
4.1	Untersuchungsdesign	33
4.2	Stichprobenziehung	34
4.3	Datenerhebung	36
4.4	Datenaufbereitung	38
4.5	Datenanalyse	39
4.5.1	Phase 1: Initiierende Textarbeit	40
4.5.2	Phase 2: Hauptkategorien entwickeln	40
4.5.3	Phase 3: Daten mit Hauptkategorien codieren (1. Codierprozess)	41
4.5.4	Phase 4: Induktiv Subkategorien bilden	42
4.5.5	Phase 5: Daten mit Subkategorien codieren (2. Codierprozess)	42
4.5.6	Phase 6: Einfache und komplexe Analysen	43
4.5.7	Phase 7: Ergebnisse verschriftlichen und Vorgehen dokumentieren	43
5	DARSTELLUNG DER ERGEBNISSE	44
5.1	Hauptkategorie 1: Industrielle Produktion und Instandhaltung	44
5.1.1	Subkategorie: Instandhaltung als strategischer Erfolgsfaktor	44
5.1.2	Subkategorie: Instandhaltungsstrategie	45
5.1.3	Subkategorie: Zielvision Smart Maintenance	46
5.2	Hauptkategorie 2: Predictive Maintenance	50
5.2.1	Subkategorie: Verständnis	51
5.2.2	Subkategorie: Abgrenzung von Predictive Maintenance zu CBM	52
5.2.3	Subkategorie: Vorteil und Chancen Cloud-Technologie	53
5.2.4	Subkategorie: Integrationsfortschritt und Praxiserfahrung	55
5.3	Hauptkategorie 3: Industrielle Netzwerkinfrastruktur	57
5.3.1	Subkategorie: Digitale Reife	57
5.3.2	Subkategorie: Datenmanagement	59
5.3.3	Subkategorie: Anpassungen der Infrastruktur für Predictive Maintenance	61
5.3.4	Subkategorie: Industrie 4.0	62
5.4	Hauptkategorie 4: Herausforderungen und Risiken zu cloudbasierter Predictive Maintenance	63
5.4.1	Subkategorie: Datenintegrität und Datensicherheit in der Cloud	64
5.4.2	Subkategorie: Abhängigkeit der Cloud-Anbieter	65
5.4.3	Subkategorie: Finanziell	66
5.4.4	Subkategorie: Organisatorisch	68
5.4.5	Subkategorie: Technisch	72

5.5	Hauptkategorie 5: Handlungsempfehlungen	75
5.5.1	Subkategorie: Cloud-Ängste.....	75
5.5.2	Subkategorie: Finanziell	76
5.5.3	Subkategorie: Organisatorisch	77
5.5.4	Subkategorie: Technisch	84
5.6	Hauptkategorie 6: Zukunftsperspektiven	87
6	DISKUSSION	88
6.1	Industrielle Produktion und Instandhaltung	88
6.2	Predictive Maintenance	89
6.3	Industrielle Netzwerkinfrastruktur	90
6.4	Herausforderungen und Risiken.....	91
6.5	Handlungsempfehlungen.....	93
6.6	Beantwortung der Arbeitshypothesen	96
6.7	Hypothesengenerierung	97
7	ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK.....	98
7.1	Limitierungen der Arbeit	100
7.2	Ausblick	100
	ANHANG A - INTERVIEWLEITFADEN FÜR PRODUZIERENDE UNTERNEHMEN	101
	ANHANG B - INTERVIEWLEITFADEN FÜR DIENSTLEISTER ODER SYSTEMLIEFERANTEN	103
	ANHANG C - TRANSKRIPTIONSREGELN IN ANLEHNUNG AN KUCKARTZ & RÄDIKER (2022).....	105
	ANHANG D - MAXQDA KODIERUNG	106
	ANHANG E - TRANSKRIPT INTERVIEW 1 - P1	109
	ANHANG F - TRANSKRIPT INTERVIEW 2 - P2, P3	120
	ANHANG G - TRANSKRIPT INTERVIEW 3 - P4	133
	ANHANG H - TRANSKRIPT INTERVIEW 4 - P5	143
	ANHANG I - TRANSKRIPT INTERVIEW 5 - D1	159
	ANHANG J - TRANSKRIPT INTERVIEW 6 - D2	168
	ANHANG K - TRANSKRIPT INTERVIEW 7 - D3	182
	ANHANG L - TRANSKRIPT INTERVIEW 8 - D4	194

ANHANG M - TRANSKRIPT INTERVIEW 9 - D5	206
ANHANG N - TRANSKRIPT INTERVIEW 10 - D6	224
ANHANG O - TRANSKRIPT INTERVIEW 11 - D7	234
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS.....	248
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	249
TABELLENVERZEICHNIS	250
LITERATURVERZEICHNIS	251

1 EINLEITUNG

Die verstärkte Globalisierung und der damit verbundene Wettbewerb stellen Produktionsunternehmen vor die Herausforderung, ihre Prozesse kontinuierlich zu optimieren und ihre Effizienz zu steigern, um wettbewerbsfähige Preise anbieten zu können. Ein zentrales Anliegen bleibt dabei die pünktliche und fehlerfreie Auslieferung der Produkte an die Kund*innen. Es zeichnet sich jedoch ein Paradigmenwechsel ab: Der Schwerpunkt verlagert sich zunehmend darauf, Fehler von Beginn an zu vermeiden und so den Idealzustand einer Null-Fehler-Produktion anzustreben. Die frühzeitige Identifikation und Eliminierung potenzieller Qualitätsmängel wird damit essentiell. Im Falle von Mängeln ist ein rasches Aussortieren fehlerhafter Teile aus dem Produktionsfluss unerlässlich. Zukünftig werden Ineffizienzen wie überhöhte Lagerbestände, Energie- und Materialverschwendung oder ineffizienter Einsatz von Personal immer weniger toleriert. Gleichzeitig steigt die Nachfrage nach individuell angepassten Produkten, was eine große Produktvielfalt und teilweise sogar die Fertigung in Einzelstückzahl erfordert.

Angesichts dieser Entwicklungen steht die Fertigungsindustrie vor einem bedeutenden Wandel. Flexible Produktionssysteme, die eine Anpassung an die genannten Anforderungen ermöglichen, werden die traditionelle Massenproduktion zunehmend ersetzen. Dies erfordert tiefgreifende strukturelle und organisatorische Veränderungen in den Betrieben (Kletti & Rieger, 2022b).

Gleichzeitig unterstreicht die fortschreitende industrielle Entwicklung die Wichtigkeit anspruchsvoller Produktionsanlagen und Maschinen, die komplexe Wartungsansätze benötigen. Diese Herausforderung resultiert aus dem Bestreben, höchste Zuverlässigkeit, minimale Umweltbelastungen und optimale Sicherheit für die Belegschaft zu erreichen. Vor diesem Hintergrund ist es von essenzieller Bedeutung, Instandhaltungsstrategien zu implementieren, die nicht nur die Anlageneffizienz steigern, sondern auch die Wartungskosten senken. Solche Strategien sollen vorhandene Ressourcen bestmöglich ausnutzen und überflüssige Ausgaben eliminieren, um den Betrieb effizient und nachhaltig zu gestalten (Bink & Zschech, 2018).

In diesem Kontext bietet Predictive Maintenance, also die vorausschauende Wartung, eine vielversprechende Lösung, um Unternehmen durch diesen Wandel zu führen. Die jüngsten Fortschritte in der Cloud-Technologie eröffnen weitreichende Möglichkeiten zur Sammlung und Analyse von Daten aus vielfältigen Quellen, darunter Fabriken, Gebäude und Sensoren. Diese essenziellen Daten tragen nicht nur zur Überwachung von Geräten bei, die mit der Cloud verbunden sind, sondern befähigen auch dazu, mögliche Geräteausfälle vorausschauend zu identifizieren und entsprechende Vorsorgemaßnahmen zu treffen, wodurch die Effizienz und Zuverlässigkeit der Betriebsabläufe signifikant gesteigert werden (Grace & Subhasri, 2022).

1.1 Ausgangssituation

Der aktuelle Forschungsstand zeigt, dass Predictive Maintenance für Industrie 4.0 (Kapitel 2.3.1) und intelligente Fabriken von zentraler Bedeutung ist. Mithilfe von maschinellem Lernen (ML) und der Analyse großer Datenmengen können mögliche Störungen und die verbleibende Nutzungsdauer von Anlagen vorhergesagt werden. Die Cloud-Technologie spielt dabei eine wichtige Rolle als Hosting-Plattform für Data-Mining-Verfahren und ML-Algorithmen. Studien von Fila et al. (2020) und McKinsey&Company (2015) betonen das enorme Potenzial von Predictive Maintenance. Jedoch haben bisher nur etwa 40 % der Unternehmen entsprechende Technologien und Services im Portfolio, während der Großteil der Unternehmen noch in der Entwicklung steckt oder bisher keine Aktivitäten in diesem Bereich unternommen hat (Feldmann et al., 2017). Der aktuelle Forschungsstand bietet eine solide Grundlage für die Untersuchung von Predictive Maintenance in der Cloud.

1.2 Forschungsfrage und Zielsetzung

Der aktuelle Forschungsstand lässt erkennen, dass der Umgang mit Predictive Maintenance in vielen Unternehmen noch am Anfang steht. Vielfach wird diese fortschrittliche Instandhaltungsstrategie in der Nutzung für Maschinen und Anlagen noch nicht vollumfänglich ausgeschöpft. In diesem Zusammenhang kann insbesondere die leistungsstarke Cloud-Technologie einen wesentlichen Beitrag zur Integration leisten. Daraus ergibt sich die essenzielle Forschungsfrage dieser Arbeit:

„Was sind die Handlungsempfehlungen für Produktionsunternehmen, die beabsichtigen, cloudbasierte Predictive Maintenance zu integrieren, um potentielle Herausforderungen und Risiken effektiv adressieren zu können?“

Ziel dieser Arbeit ist es, zu untersuchen, welche Faktoren Unternehmen dazu bewegen, Predictive Maintenance einzusetzen oder davon abzusehen. Ein besonderer Schwerpunkt liegt auf der Nutzung der Cloud-Technologie im Rahmen der Integration und ihrer unterstützenden Funktion. Es soll erörtert werden, welche potenziellen Herausforderungen und Risiken Unternehmen wahrnehmen und wie diese angegangen werden können. Letztlich zielt die Arbeit darauf ab, praxisorientierte Handlungsempfehlungen für Produktionsunternehmen zu formulieren, um den bei der Einführung cloudbasierter Predictive Maintenance auftretenden Herausforderungen und Risiken konstruktiv zu begegnen.

Für diese Arbeit werden gezielt Arbeitshypothesen aufgestellt, die als strukturierender Rahmen dienen, um die Bereitschaft von Produktionsunternehmen zur Implementierung cloudbasierter Predictive Maintenance systematisch untersuchen zu können.

Arbeitshypothese 1: Passende Instandhaltungsstrategie

- In den industriellen Anlagen der Fertigungsindustrie ist die Einführung von Predictive Maintenance als präventive Instandhaltungsstrategie nicht nur sinnvoll, sondern auch erforderlich, um langfristige Betriebseffizienz und Kosteneinsparungen zu gewährleisten.

Arbeitshypothese 2: Industrie 4.0

- Ein umfassendes Verständnis des Konzepts von Industrie 4.0 ist positiv korreliert mit der erfolgreichen Integration und dem effektiven Einsatz von cloudbasierter Predictive Maintenance in Produktionsunternehmen.

Arbeitshypothese 3: Sicherheitsbedenken

- Unternehmen, die Cloud-Systeme für Predictive Maintenance in der Fertigungsindustrie in Betracht ziehen, äußern signifikante Sicherheitsbedenken bezüglich der Datenintegrität und des Datenschutzes.

Arbeitshypothese 4: Ausbildung der Mitarbeiter*innen

- Die Effektivität von Predictive Maintenance-Strategien ist stark abhängig von der Qualifikation und kontinuierlichen Weiterbildung der Mitarbeiter*innen in Bezug auf neue Technologien und Datenanalyseverfahren.

1.3 Methodische Vorgehensweise

In der methodischen Herangehensweise dieser Forschungsarbeit wurde der von Döring (2023d) beschriebene Forschungsprozess, illustriert in Abbildung 1-1, systematisch angewandt. Der Prozess gliedert sich in neun präzise Schritte. Initial erfolgte die Identifikation des Forschungsthemas und der zugehörigen Fragestellung (Kapitel 1.2) auf der Grundlage des gegenwärtigen Forschungsstandes (Kapitel 1.1). Um eine fundierte Basis für die Entwicklung des Untersuchungsdesigns zu schaffen und das Thema sowie die Fragestellung umfassend zu verstehen, wurde anschließend eine umfassende Literaturrecherche durchgeführt. Besondere Aufmerksamkeit wurde darauf verwendet, das Thema und die Fragestellung aufgrund ihres qualitativen Charakters nicht unnötig durch theoretische Vorannahmen zu begrenzen. Anschließend wurde das adäquate Untersuchungsdesign festgelegt. Angesichts des explorativen Charakters des Forschungsthemas wurde ein quantitativer Zugang für die wissenschaftstheoretische Ausrichtung dieser Arbeit als ungeeignet erachtet, weshalb ein qualitativer Ansatz verfolgt wurde.

Auf Basis des erstellten Untersuchungsdesigns wurden die nachfolgenden Schritte – Auswahl der Stichprobe, Datenerhebung, Datenaufbereitung und Datenanalyse – präzise definiert und implementiert. Die Stichprobe wurde gemäß festgelegter Kriterien zusammengestellt, woraufhin mittels eines semistrukturierten Leitfadens Expert*inneninterviews zum Forschungsthema geführt wurden. Diese Gespräche wurden anonymisiert aufgezeichnet und für eine kategorienbasierte qualitative Inhaltsanalyse nach Kuckartz transkribiert. Typischerweise folgt in qualitativen Studien ein zirkulärer Ansatz, bei dem die gesammelten Daten unmittelbar einer ersten Analyse

unterzogen werden. Die aus dieser Analyse hervorgegangenen vorläufigen Ergebnisse bestimmten die weiteren Datenerhebungsschritte, indem sie den Fokus auf neu identifizierte Aspekte lenkten oder das Sample um zusätzliche Fälle erweiterten. Dieser iterative Prozess wurde fortgesetzt, bis keine neuen Erkenntnisse mehr erzielt werden konnten, was den Punkt der theoretischen Sättigung kennzeichnete. Abschließend wurden aus den Analyseergebnissen neue Hypothesen formuliert (Kapitel 6.7) und die Forschungsarbeit zur Veröffentlichung bereitgestellt. Detaillierte methodische Erläuterungen zu den Schritten vier bis sieben sowie zusätzliche Klassifikationskriterien des Untersuchungsdesigns werden in Kapitel 4 ausführlich beleuchtet.

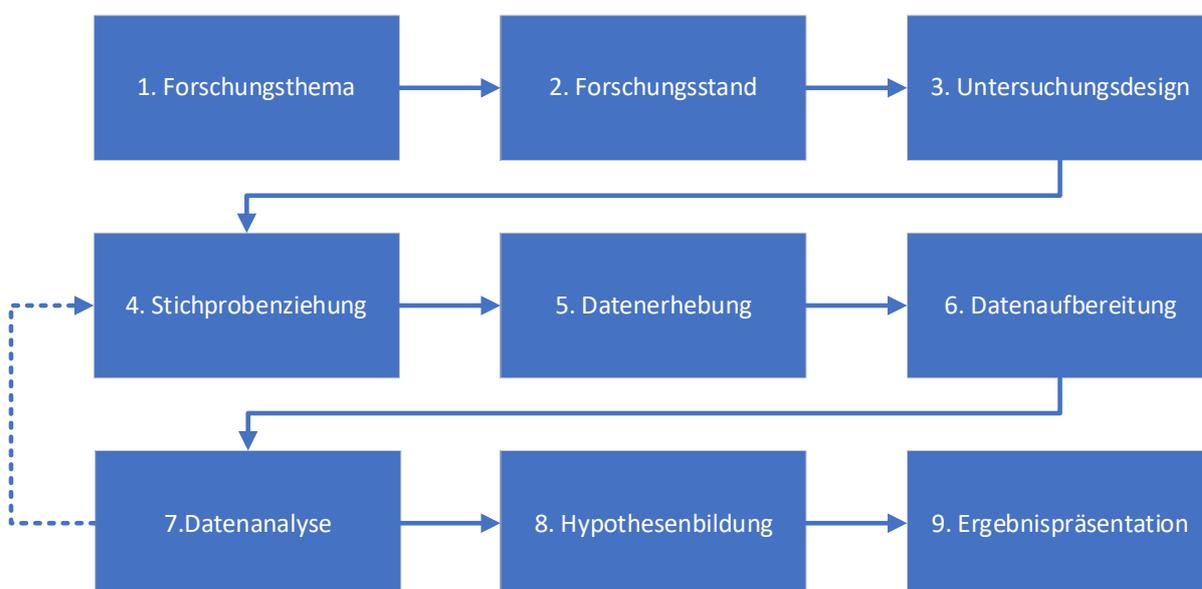


Abbildung 1-1: Qualitativer Forschungsprozess (in Anlehnung an Döring, 2023d)

2 THEORETISCHE GRUNDLAGEN

Das vorliegende Kapitel legt die theoretischen Grundlagen dar, die für die vorliegende Arbeit von entscheidender Bedeutung sind. Es beleuchtet insbesondere die Rolle der industriellen Instandhaltung in Fertigungsbetrieben, indem es die grundlegenden Konzepte und die Bedeutung dieser Praktiken hervorhebt. Des Weiteren werden die vorherrschenden Instandhaltungsstrategien erläutert und die Relevanz der Instandhaltung innerhalb des Rahmens von Industrie 4.0 betrachtet. Ergänzend dazu werden die wesentlichen Technologien und die Architektur hinter Predictive Maintenance detailliert beleuchtet, um deren Einfluss und Möglichkeiten in der modernen Produktionslandschaft zu verdeutlichen.

2.1 Industrielle Instandhaltung

Gemäß DIN EN 13306:2018-02 wird industrielle Instandhaltung wie folgt definiert:

„Kombination aller technischen und administrativen Maßnahmen sowie Maßnahmen des Managements während des Lebenszyklus eines Objekts, die dem Erhalt oder der Wiederherstellung ihres funktionsfähigen Zustands dient, sodass es die geforderte Funktion erfüllen kann“

Diese Definition unterstreicht auch den fundamentalen Zweck der industriellen Instandhaltung. Dieser besteht darin, die Funktionalität, Verfügbarkeit und Verlässlichkeit von Maschinen und Anlagen sicherzustellen und gleichzeitig Optimierungen vorzunehmen. Hierbei sind die Instandhaltungsmaßnahmen wie Inspektion, Wartung, Instandsetzung und Verbesserung von Produktionsanlagen essenziell, um alle technischen und administrativen Prozesse zu planen, zu organisieren, durchzuführen und zu überwachen.

In der heutigen Zeit haben die Optimierung und Verbesserung der Funktionstüchtigkeit und die Analyse von Schwachstellen in Maschinen und Anlagen immer mehr an Bedeutung gewonnen. In der Vergangenheit war die Instandhaltung häufig ein integraler Bestandteil der Produktion und war strukturiert, um hauptsächlich Störungen zu beheben (Eisenmann, 2023).

Nach Eisenmann (2023) befinden sich folgende Ziele der industriellen Instandhaltung für Maschinen und Anlagen im wesentlichen Fokus:

- Erhöhung der Betriebsbereitschaft und der Auslastung
- Verbesserte Wartungspläne
- Geringere Ausfall- und Instandsetzungskosten sowie Minderung der Dauer der Instandsetzung
- Präventive Maßnahmen im Vorfeld um einen Ausfall vermeiden zu können
- Kontinuierliche Verbesserung

Um langfristig wettbewerbsfähig zu bleiben, sind strategische Erfolgsfaktoren entscheidend, die einen nachhaltigen Unternehmenserfolg gewährleisten. In diesem Zusammenhang spielt die Instandhaltung eine bedeutende Rolle, da sie direkten Einfluss auf mehrere dieser Schlüsselfaktoren hat und somit maßgeblich zur Stärkung oder Gefährdung des Unternehmenserfolgs beitragen kann.

Die Beurteilung der Effektivität von Instandhaltungsmaßnahmen lediglich auf der Grundlage von Kosten wäre eine verengte Perspektive. Es bedarf einer breiteren Sichtweise auf die Leistung der Instandhaltung, die weit über die Dimension der Kosteneffizienz hinausreicht. Diverse Studien haben daher eine Palette von Erfolgsfaktoren herausgearbeitet, die direkt durch Instandhaltungsaktivitäten beeinflussbar sind.

Während manche dieser Faktoren spezifische Eigenschaften einzelner Branchen widerspiegeln, gibt es grundlegende Bereiche – nämlich Kosten, Qualität, Zeit und Flexibilität – die universell in allen Branchen durch eine zielgerichtete Instandhaltung gesteuert werden können. Darüber hinaus rücken Faktoren wie Arbeitsschutz, Sicherheit der Anlagen und Umweltschutz immer stärker in den Fokus, denn sie haben eine direkte Rückwirkung auf die Performance und Reputation des Unternehmens.

Ein weiterer entscheidender Erfolgsfaktor, der in der aktuellen, von Unbeständigkeit dominierten Geschäftswelt an Bedeutung gewinnt, ist die Agilität des Unternehmens. Gerade in der Ära von Industrie 4.0 trägt eine vorausschauende Instandhaltung erheblich dazu bei, die Agilität und damit die Anpassungsfähigkeit eines Unternehmens an wechselnde Marktbedingungen zu erhöhen (Biedermann & Kinz, 2021b).

Insgesamt wurden somit sieben Kernfaktoren von Biedermann & Kinz (2021b) eruiert, die den Unternehmenserfolg prägen. Diese werden in den folgenden Abschnitten im Kontext der Instandhaltung ausführlicher erörtert. Durch eine solche umfassende Perspektive wird deutlich, dass die Instandhaltung nicht nur als notwendiger Kostenpunkt, sondern als strategischer Baustein für den langfristigen Erfolg eines Unternehmens zu verstehen ist.

1. **Kosten:** Instandhaltungskosten können in direkte und indirekte Kosten kategorisiert werden. Während direkte Kosten Posten wie Arbeitskraft und Materialien umfassen, beziehen sich indirekte Kosten auf Faktoren wie Anlagenausfallzeiten (Thomas, 2018). Es ist auch wichtig zu betonen, dass die Auswahl von Wartungsstrategien, wie von Behrenbeck (1994) hervorgehoben, ebenfalls zu den direkten Kosten gehört. Die Instandhaltung beeinflusst jedoch nicht nur die direkten und indirekten Kosten, sondern spielt auch eine entscheidende Rolle bei den gesamten Lebenszykluskosten eines Produkts oder einer Anlage. Während in der Planungs- und Beschaffungsphase durch die Einbindung der Instandhaltung zunächst höhere direkte Kosten entstehen können, zeigt sich in der Nutzungs- und Ausscheidungsphase oft eine Kosteneinsparung. Durch lebensdauerverlängernde Maßnahmen in der Nutzungsphase können die Lebenszykluskosten insgesamt reduziert werden (Biedermann & Kinz, 2021a).

2. Qualität: Bei der Betrachtung der Qualität steht im Mittelpunkt, wie signifikant der Anteil nicht-wertschöpfender Ergebnisse, wie beispielsweise fehlerhafte Produkte oder die Notwendigkeit von Nacharbeiten, ist. Nicht nur der reine Materialwert der fehlerhaften Produkte ist von Bedeutung, sondern auch die zusätzliche Belastung der Betriebsmittel durch erneute Produktion oder Korrektur. Durch solche Fehler werden die Betriebsmittel überbeansprucht und verlieren dadurch an verfügbarer Kapazität (Kletti & Rieger, 2022a). Zudem können fehlerhafte Komponenten einer Anlage oder Maschine zu Qualitätsproblemen bei den hergestellten Produkten führen. Wenn diese Produkte nicht den vorgegebenen Qualitätsstandards entsprechen, kann ein Rückruf notwendig werden. Ein solcher Schritt kann das Image des betroffenen Unternehmens erheblich beeinträchtigen (Werner, 2020).
3. Zeit: In Produktionsprozessen ist Zeit oft der entscheidende Faktor. Eine zügige Bearbeitung von Aufträgen kann sowohl finanzielle Vorteile bringen als auch Ressourcen, wie Betriebsmittel und Personal, effizienter nutzen. Dennoch gibt es in der Praxis oft Hindernisse, die die effektive Durchlaufzeit eines Produktes unnötig verlängern, darunter technische Störungen, Maschinenstillstände und organisatorische Herausforderungen (Kletti & Rieger, 2022a). Eine optimierte Durchlaufzeit gilt traditionell als Methode zur Steigerung der Produktivität und Reduzierung der Kosten. Dabei spielt die Instandhaltung eine zentrale Rolle, vor allem wenn es darum geht, ungewollte Stillstandszeiten von Maschinen und Anlagen zu minimieren (Biedermann & Kinz, 2021a).
4. Flexibilität: Die Einbindung von Instandhaltungserfahrungen in die Planungs- und Entwicklungsphase von Neuanlagen kann die Flexibilität der Anlagen steigern, bevor sie überhaupt in Betrieb genommen werden. Eine solche proaktive Anlagengestaltung erweist sich im Vergleich zu nachträglichen Optimierungsmaßnahmen während der Nutzungsphase oft als wirtschaftlicher. Ebenso kann durch die Standardisierung von Ersatzteilen, selbst bei gleichbleibendem oder reduziertem Lagerbestand, eine bessere Verfügbarkeit von Ersatzteilen gewährleistet werden. Diese Verfügbarkeit ist insbesondere wichtig, um die Flexibilität in der Leistungsfähigkeit der Anlagen sicherzustellen (Biedermann & Kinz, 2021a).
5. Arbeits- und Anlagensicherheit: Technische Systeme und deren Steuerungsmechanismen sind stets potenziellen Gefährdungen ausgesetzt, wobei auch menschliche Fehlerquellen berücksichtigt werden müssen. Interessanterweise treten die gravierendsten Risiken für körperliche Schäden nicht während der regulären Produktionszyklen auf, sondern manifestieren sich vorwiegend in Phasen des Umrüstens, der Wartungsarbeiten oder der Fehlerbehebung. Diese Risikomomente können nicht vollständig eliminiert werden, selbst durch umfassendste Sicherheitsvorschriften. Allerdings ist es möglich, die Wahrscheinlichkeit ihres Eintretens signifikant zu reduzieren. Dies wird durch spezialisierte Strategien erreicht, wie die Durchführung detaillierter Risikoanalysen und die Entwicklung darauf abgestimmter Sicherheitskonzepte, die das Gefahrenpotenzial gezielt minimieren (Glück, 2022).

6. Agilität: Der Begriff Agilität ist laut Ramsauer et al. (2017) „die Fähigkeit eines Unternehmens, sich proaktiv auf Unsicherheiten vorzubereiten und sich so in die Lage zu versetzen, innerhalb kürzester Zeit auf Veränderungen über die gesamte Wertschöpfungskette hinweg zu reagieren, um wirtschaftliche Chancen zu realisieren.“ Die Steigerung der Agilität eines Unternehmens erfordert die Aktivierung bestimmter Agilitätshebel in verschiedenen Schlüsselbereichen, darunter auch die Instandhaltung. Durch die Förderung flexibler Arbeitsweisen, den Einsatz anpassungsfähiger Produktionsmittel und die Flexibilisierung der Beschaffungs- und Logistikprozesse kann die Instandhaltung maßgeblich zur Gesamtagilität eines Unternehmens beitragen. Dies wird erreicht, indem eine lernbereite, dynamische und wertschöpfungsorientierte Herangehensweise an die Instandhaltung verfolgt wird, die die Reaktionsfähigkeit und Anpassung an schnelle Veränderungen unterstützt (Biedermann & Kinz, 2021a).
7. Umweltschutz: Der Schutz der Umwelt ist eng mit der Sicherheit von Anlagen verbunden, insbesondere da eine fehlerfreie Funktion der Anlagen dazu beiträgt, mögliche Risiken für die Umwelt zu verringern. Der Bereich des Umweltschutzes basiert auf drei Kernprinzipien:
- Reduzierung des Verbrauchs von Rohstoffen, einschließlich Energie und Materialien.
 - Verminderung von unbrauchbaren Nebenprodukten wie Abfall, Emissionen, Abwasser und überschüssiger Wärme.
 - Förderung der Wiederverwertbarkeit von Produkten durch Recycling.

Innerhalb dieses Rahmens hat die Instandhaltung eine signifikante Rolle, insbesondere in Bezug auf die ersten beiden Prinzipien. Die Effizienz in der Rohstoffnutzung und die Reduktion von unerwünschten Outputs sind besonders dann erreichbar, wenn die Anlagen ordnungsgemäß gewartet werden und sich in einem optimalen Zustand befinden (Schröder, 2010).

In der Betrachtung der strategischen Ausrichtung eines produzierenden Unternehmens nimmt die Instandhaltung somit eine zentrale Stellung ein, insbesondere wenn es darum geht, die zuvor beschriebenen strategischen Erfolgsfaktoren zu gewährleisten. Die Instandhaltung selbst erweist sich somit selbst als ein strategischer Erfolgsfaktor. Daher gebührt der kontinuierlichen Verbesserung und Feinabstimmung der Instandhaltungsprozesse besondere Beachtung, um den langfristigen Erfolg und die Wettbewerbsfähigkeit des Unternehmens nachhaltig zu sichern (Biedermann & Kinz, 2021a). Die nachfolgende Abbildung 2-1 bietet eine klare und vereinfachte Darstellung aller zuvor diskutierten strategischen Erfolgsfaktoren.



Abbildung 2-1: Strategische Erfolgsfaktoren für die industrielle Instandhaltung (in Anlehnung an Biedermann & Kinz, 2021a)

2.2 Instandhaltungsstrategien

Um die im vorherigen Kapitel definierten Instandhaltungsziele und Erfolgsfaktoren zu erreichen ist eine nachhaltige und effiziente Wartung entscheidend für einen ressourceneffizienten Industriebetrieb. Jeder Moment, in dem eine Maschine produktiv ist statt gewartet zu werden, minimiert Verluste und schafft Mehrwert. Daher ist es von Bedeutung, Wartungsbedarfe frühzeitig zu erkennen, zu evaluieren und mit entsprechenden Strategien zu adressieren.

Das Hauptziel einer effektiven Wartungsstrategie liegt in der präzisen Prognose von möglichen Fehlern, um Reparaturen vor deren Eintritt und somit vor einem Ausfall der Maschine durchzuführen. Dies ermöglicht eine strukturierte Planung von Maschinenstillstandszeiten, die vorzeitige Bereitstellung von Werkzeugen und Ersatzteilen und eine rechtzeitige Koordination des Personals (Brose, 2023).

Es existieren prinzipiell zwei Kategorien der Instandhaltungsverfahren: die geplante und die ungeplante Instandhaltung (Abbildung 2-2). Der zentrale Unterschied besteht in der Anwendung eines vordefinierten Wartungsplans. Bei der ungeplanten Instandhaltung fehlt ein solcher, und Maßnahmen werden lediglich als Reaktion auf auftretende Probleme durchgeführt, oft verbunden mit längeren Ausfällen und Frust aufseiten der Anlagenbediener*innen und Unternehmen. Im Gegensatz dazu ist die geplante Instandhaltung systematisch organisiert und reduziert durch klar strukturierte Prozesse das Auftreten von Problemen, um die Effizienz der Anlagen und Maschinen zu maximieren. Die strategische Instandhaltung splittet sich in korrektive, verbessernde und präventive Strategien auf (Ferreira et al., 2023).

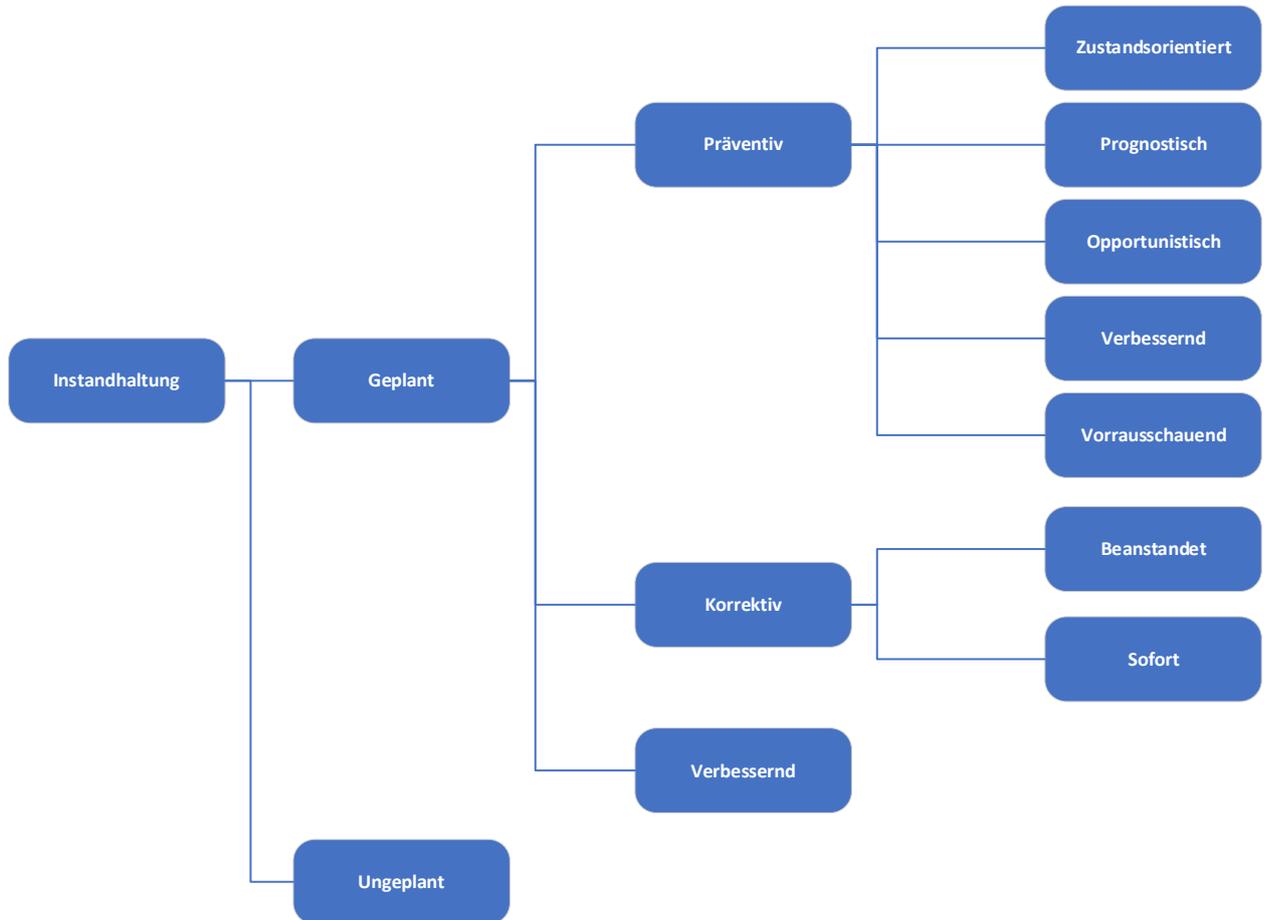


Abbildung 2-2: Allgemeine Instandhaltungsstrategien (in Anlehnung an Ferreira et al., 2023)

Die korrektive Instandhaltung verfolgt einen reaktiven Ansatz, bei welchem Eingriffe erst nach dem unerwarteten Versagen oder einer erheblichen Beeinträchtigung der Leistung der Anlage erfolgen. Generell ermöglicht diese Methode eine vollständige Nutzung der Lebensdauer der Maschine, wobei die Instandhaltungskosten und technischen Herausforderungen während des Betriebs tendenziell geringer sind. Da jedoch die korrektive Wartung erst nach einem Ausfall der Maschineneinheit stattfindet, kann dies zu weiteren Stillstandszeiten führen. Aus diesem Grund ist diese Form der Wartung vor allem für weniger kritische Anlagen prädestiniert, bei denen ein Ausfall nicht schwerwiegend ist (Li et al., 2023).

In der wissenschaftlichen Diskussion, repräsentiert durch Ferreira et al. (2023), gibt es deutliche Unstimmigkeiten, vor allem bei der Einordnung der verbessernden Instandhaltung. Auch wenn die Definitionen übereinstimmen, unterscheiden sich die Klassifikationen je nach Autor*in erheblich. Oft wird die verbessernde Instandhaltung als intensiver, zielorientierter Ansatz gesehen, der darauf abzielt, die Leistung von Gebäudekomponenten zu optimieren und Ausfälle zu reduzieren. Einige argumentieren, dass diese Strategie, da sie eine geplante Instandhaltungsmaßnahme ist, auf der gleichen Ebene wie die präventive und korrigierende Instandhaltung stehen sollte, während andere sie nur als eine Form der präventiven Instandhaltung betrachten.

Präventive Instandhaltung zielt darauf ab, potenzielle Fehlerquellen frühzeitig zu identifizieren und zu beheben. Sie umfasst prognostische, zustandsbasierte, opportunistische und

optimierende Ansätze. Ferreira et al. (2023) zählen auch den vorausschauenden Ansatz zu den präventiven Wartungsstrategien. Dieser unterscheidet sich jedoch dadurch, dass er ermöglicht, Fehler im Vorfeld zu identifizieren und notwendige Instandhaltungsmaßnahmen durchzuführen.

Abbildung 2-3 zeigt die verschiedenen Instandhaltungsmaßnahmen (u. a. präventive, korrektive und vorausschauende Wartung) und den Zeitpunkt des Fehlereintritts.

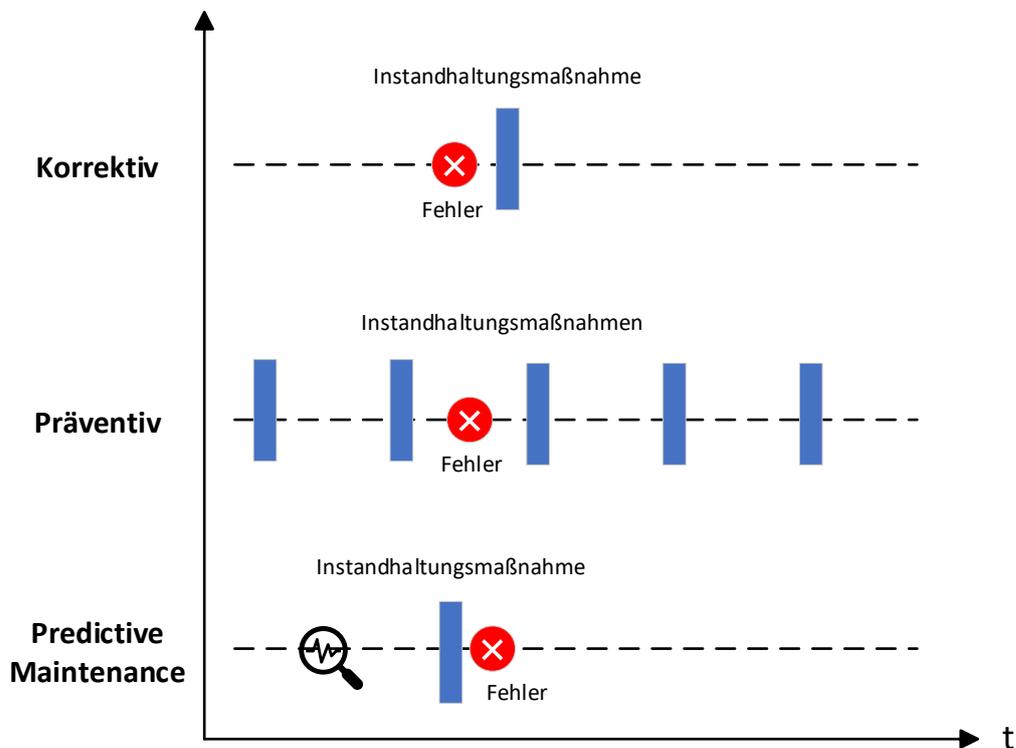


Abbildung 2-3: Fehlereintritt bei den Instandhaltungsstrategien (in Anlehnung an Ran et al., 2019)

Im Folgenden werden die spezifischen Merkmale der zuvor genannten Instandhaltungsstrategien detailliert dargestellt und erläutert, um ein tieferes Verständnis der einzelnen Ansätze und ihrer Anwendungsmöglichkeiten zu ermöglichen.

Obwohl unregelmäßige Wartungsintervalle ökonomisch vorteilhafter sein können, wird in der praktischen Umsetzung oft die regelmäßige, prognostische bzw. periodische Wartung bevorzugt, da sie simpler und leichter zu realisieren ist. In der besprochenen Abhandlung wird daher spezifisch die periodische Wartung erörtert. Bei Anwendung von prognostischer Instandhaltung werden, basierend auf den bekannten Ausfallmustern der Anlage, adäquate Wartungsintervalle bestimmt, um konstante Instandhaltungen zu gewährleisten. Die prognostische Instandhaltung ermöglicht es, einige Mängel der zustandsbasierten Wartung zu kompensieren und die Ausfallwahrscheinlichkeit der Anlage zu verringern (Li et al., 2023). Jedoch gestaltet sich die Steuerung der Kosten bei dieser Instandhaltungsstrategie als komplex. Wenn die Wartungsintervalle zu weit auseinanderliegen, besteht die Gefahr von Unterwartung, sind sie zu kurz, kann Überwartung resultieren, was jeweils zu Ressourcenverschwendung führen kann. Daher eignet sie sich vornehmlich für Maschinen, bei denen die Ausfallmuster relativ gut bekannt sind.

Bei der opportunistischen präventiven Instandhaltung werden sich bietende Wartungsfenster genutzt, um negative Effekte, die durch umfangreiche Wartungsarbeiten an Bauelementen entstehen können, zu minimieren. Dies ermöglicht, vorausschauende Wartungsmaßnahmen an anderen, bereits leicht beschädigten Bauelementen vorzeitig durchzuführen und somit die Gesamtverluste zu reduzieren (Ferreira et al., 2023).

Die zustandsorientierte Instandhaltung, ein zentraler Bestandteil moderner Instandhaltungsstrategien, legt den Fokus auf die ständige Überwachung und Beurteilung der Anlagen, unterstützt durch manuelle Kontrollen oder Sensoren, und basiert stark auf den erfassten Daten und Informationen (Li et al., 2023). Dieser datengetriebene Ansatz ermöglicht durch den Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT) sowie fortschrittlicher Sensortechnik die Generierung von wertvollen Datenbeständen und bietet somit einen idealen Ausgangspunkt für die Identifikation bisher unbekannter Potenziale (Bink & Zschech, 2018). Maßnahmen werden spezifisch dann eingeleitet, wenn Anzeichen von Fehlverhalten der Maschine erkennbar sind, wodurch unnötige Wartungen vermieden und Ressourcen effizienter genutzt werden können. Allerdings erfordert diese Strategie intensive Überwachung und Diagnose und kann mit hohen Anfangsinvestitionen verbunden sein, was die Anwendbarkeit in bestimmten Kontexten einschränken kann (Li et al., 2023). Während die zustandsorientierte Instandhaltung auf Diagnoseverfahren setzt, um eventuelle Störungen frühzeitig zu erkennen und zu klassifizieren, liegt der Fokus von Predictive Maintenance darauf, mittels prognostischer Verfahren den zukünftigen Zustand und die verbleibende Lebensdauer einer Maschine zu bestimmen (Bink & Zschech, 2018).

Um ein tiefgreifendes Verständnis für die Rolle von Predictive Maintenance im Rahmen der industriellen Instandhaltung zu gewinnen, und auch im Hinblick auf die zentrale Forschungsfrage dieser Arbeit, wird in Kapitel 2.4 eine detaillierte Betrachtung dieser spezifischen Wartungsstrategie vorgenommen. Dies ermöglicht eine umfassende Einsicht in die relevanten Mechanismen, Anwendungen und Implementierungsoptionen von Predictive Maintenance und leistet somit einen wesentlichen Beitrag zur Beantwortung der Forschungsfrage.

2.3 Instandhaltung im Kontext von Industrie 4.0

Im Kontext der fortschreitenden Industrialisierung und insbesondere durch den Einzug der Industrie 4.0 hat sich der Produktionssektor vor allem hinsichtlich Produktionsverfahren, Instandhaltung und strategischer Herangehensweisen deutlich gewandelt. Ein verstärkter Fokus auf eine optimierte Produktion, datengetriebene Entscheidungsprozesse und eine intensivere Kommunikation zwischen Maschinen hat diese Entwicklung vorangetrieben. Dabei stechen vor allem die Fähigkeiten der Systeme hervor, eigenständig zu lernen, Prognosen abzuleiten und sich selbst zu organisieren. Es geht nicht mehr nur um reine Interaktion, sondern um Maschinen, die eigeninitiativ handeln und Entscheidungen treffen können (Toumi et al., 2022).

2.3.1 Industrielle Revolutionen

In Abbildung 2-4 wird ein Überblick über die verschiedenen Entwicklungsstadien der industriellen Revolutionen geboten, wobei auch ein Ausblick auf die bevorstehende fünfte industrielle Revolution gegeben wird. Diese Darstellung beleuchtet nicht nur die zeitliche Abfolge, sondern hebt auch die relevantesten Merkmale jeder Phase hervor. Im weiteren Verlauf dieses Abschnitts werden diese charakteristischen Eigenschaften detailliert erörtert und die zentralen Differenzen zwischen den einzelnen Revolutionen verdeutlicht.

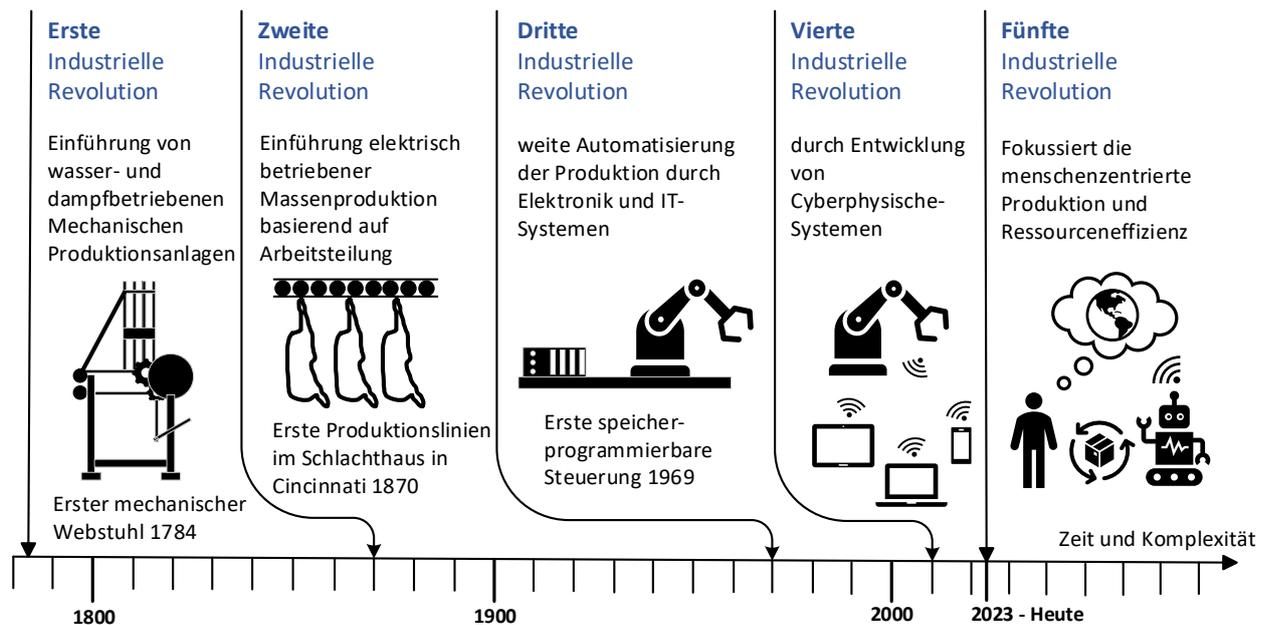


Abbildung 2-4: Industrielle Revolutionen (in Anlehnung an Eisenmann, 2023)

Im späten 18. Jahrhundert erlebte die Textilbranche in Großbritannien durch menschliche und tierische Arbeitskraft einen Produktionsboom. Ein Durchbruch war jedoch die Entwicklung der Dampfmaschine durch James Watt, die die Nutzung von Kohle als Energiequelle einführte. Diese Innovation veränderte die Energiegewinnung radikal und führte zu erheblichen Produktionssteigerungen. Während Kohle in Ländern wie England, Deutschland und den USA an Bedeutung gewann, blieb Wasserkraft in anderen Regionen, wie Frankreich, weiterhin dominant. Die Kombination von Dampftechnologien markierte den Beginn der ersten industriellen Revolution (Goehermann, 2021).

Im Übergang vom 19. zum 20. Jahrhundert markierte die zweite industrielle Revolution eine entscheidende Phase technologischen Wandels, die vor allem in Europa und Amerika Fuß fasste. Diese Periode war geprägt durch Schlüsselinnovationen wie die intensivere Nutzung von Öl, die Entwicklung des Verbrennungsmotors, die Etablierung des Telefons und vor allem die weitreichende Elektrifizierung. Besonders im frühen 20. Jahrhundert erlebten die Fabriken eine Transformation, wobei elektrische Energie die bisher dominante Dampfkraft ersetzte. Dieser Wandel manifestierte sich in einem beachtlichen Produktivitätsschub. Die Automobilbranche wurde durch diese Entwicklungen stark vorangetrieben, wodurch das Auto zum Symbol und Motor dieser industriellen Ära avancierte (Goehermann, 2021).

Seit den 1970er Jahren hat sich die Verschmelzung von Mechanik, Elektronik und Steuerungstechnik als bedeutender Meilenstein in der industriellen Entwicklung etabliert, der oft als Beginn der dritten industriellen Revolution betrachtet wird. Dieser Zeitraum zeichnet sich durch einen Übergang von produktionsbasierten zu datengetriebenen Ansätzen aus. Mit der Einführung des persönlichen Computers in den Alltag und der fortschreitenden Entwicklung von Sensoren und Aktuatoren wird die Produktion immer stärker automatisiert und basiert verstärkt auf speicherprogrammierbaren Steuerungen. Diese Technologien transformieren nicht nur unsere Produktionsmethoden, sondern auch unsere Kommunikationswege, indem sie Botschaften senden, die zur Prozesssteuerung beitragen (Goehermann, 2021).

Die fortschreitende Entwicklung in der Computertechnologie hat den Beginn der vierten industriellen Revolution geprägt. Diese technologische Revolution hat dazu geführt, dass computerbasierte Anwendungen inzwischen nahezu alle Aspekte der Produktion und unseres Alltags durchziehen und miteinander verknüpfen (R. Förster & Förster, 2023a).

Die vierte Phase der Industrialisierung projiziert ein fortschrittliches Szenario, in dem technische Einrichtungen und verschiedene Objekte in der Lage sind, dank moderner Technologien eigenständige Kommunikationen sowohl untereinander als auch mit uns Menschen zu pflegen. Diese Interaktionen werden durch sogenannte Cyberphysische Systeme (CPS) ermöglicht, die ihre Umgebung kontinuierlich über Sensoren überwachen und mittels Aktoren darauf reagieren können. Diese tiefgreifende Vernetzung verkörpert den zentralen Gedanken hinter Industrie 4.0 (Bayhan & Kaiser, 2023).

Im Jahr 2011 prägte die deutsche Bundesregierung erstmals den Terminus Industrie 4.0 und gab damit den Startschuss für ein wegweisendes Vorhaben, nämlich die Zukunftsinitiative – Industrie 4.0 als Hightech-Strategie. Die Initiative zielte darauf ab, die Weichen für eine durchgängige Vernetzung sowohl im Produktionsumfeld als auch im täglichen Leben zu stellen. Dennoch sollte man beachten, dass Begrifflichkeiten wie Industrie 4.0 oder vierte industrielle Revolution vielfältig interpretiert werden und bis heute keine festen Konturen besitzen. Daher begegnet uns eine Vielzahl an Definitionen und Deutungen dieser Begriffe (R. Förster & Förster, 2023b).

Trotz der vielen unterschiedlichen Definitionen hat die nationale Plattform Industrie 4.0 (2015) einen Ansatz formuliert, um Industrie 4.0 klarer zu beschreiben. Ihre Definition lautet:

„Industrie 4.0 steht dabei für die vierte industrielle Revolution, eine neue Stufe der Organisation und Steuerung der gesamten Wertschöpfungskette über den Lebenszyklus von Produkten. Dieser Zyklus orientiert sich an den zunehmend individualisierten Kundenwünschen und erstreckt sich von einer Produktidee, dem Auftrag über die Entwicklung und Fertigung, der Auslieferung an den Kunden, der Nutzung bis hin zum Recycling, einschließlich der damit jeweils verbundenen Dienstleistungen. Grundlage dafür ist die Verfügbarkeit aller relevanten Informationen in Echtzeit durch Vernetzung aller an der Wertschöpfung beteiligten Instanzen.“

Ergänzend zur vorherigen Definition hebt die nationale Plattform Industrie 4.0 die Bedeutung der Daten hervor, um ständig den bestmöglichen Wertschöpfungsverlauf zu ermitteln. Daten werden dabei zum Schlüsselement, um individualisierte Angebote mit flexiblen Produktionsprozessen

zu verknüpfen. Dies wird durch die Vernetzung von Menschen, digitalen Informationen und Maschinen ermöglicht, wodurch agile und in Echtzeit optimierte Wertschöpfungsnetzwerke entstehen, die sich nach verschiedenen Aspekten, wie Kosten oder Energieeffizienz, ausrichten können (Plattform Industrie 4.0 / Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, 2015).

Die fortschreitende Industrialisierung hat, nachdem die vierte Phase weitreichende Entwicklungen und Implementierungen erfahren hat, den Weg für den nächsten evolutionären Schritt geebnet: die Industrie 5.0. Während Unternehmen weiterhin die Vorteile der Industrie 4.0-Technologien nutzen, um Prozesseffizienz und Produktqualität zu erhöhen, wobei insbesondere künstliche Intelligenz (KI) eine zentrale Rolle spielt, rückt nun eine neue Perspektive in den Vordergrund. Die Industrie 5.0 betont die zentrale Rolle des Menschen in den Produktionsprozessen und sieht das Personal nicht nur als Teil, sondern als Kern der Produktion. Es geht um eine Neuorientierung, die das Wohl des Menschen in den Mittelpunkt stellt, während gleichzeitig moderne Technologien genutzt werden, um nachhaltigen Wohlstand zu generieren, ohne dabei die ökologischen Grenzen unseres Planeten zu überschreiten. In dieser Hinsicht definiert sich die Industrie 5.0 als ein menschenzentrierter Ansatz für die moderne Fertigung (Du Nguyen & Tran, 2023).

2.3.2 Smart Factory

Die Bewegung hin zu intelligenterer Fertigung im Rahmen der vierten industriellen Revolution betont die Notwendigkeit, traditionelle Produktionsansätze durch intelligente und vernetzte Systeme zu ersetzen (Kreutzer, 2023). Diese Entwicklung wird durch die Kombination von operativer Technologie (OT) und Informationstechnologie (IT) zu einem integrierten Echtzeitprozess realisiert, der typischerweise Phasen wie Datensammlung, Modellierung, Simulation sowie Steuerungs- und Planungsfunktionen umfasst (Hovanski et al., 2017). Die Integration fortschrittlicher Technologien und Systeme wie speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS), Supervisory Controller and Data Acquisition (SCADA), Enterprise Resource Planning (ERP), Distributed Control System (DCS), Human Machine Interface (HMI), Product Lifecycle Management (PLM) und Manufacturing Execution System (MES) ermöglicht die Echtzeitanalyse und -verarbeitung von Daten. Dies ist essentiell für fundierte Entscheidungen, die Minimierung von Produktionsfehlern, Reduzierung von Ausfallzeiten und effektive Wartungsplanung (Kreutzer, 2023).

Im Herzen von Industrie 4.0 befindet sich das Konzept der Smart Factory, eine revolutionäre Idee, die auf der Selbststeuerung von Produktionssystemen fußt. Diese hochmodernen Fabriken sind in der Lage, sich eigenständig zu organisieren, auf Änderungen in Echtzeit zu reagieren und Anpassungen vorzunehmen. Eine solche Flexibilität ergibt sich aus der perfekten Abstimmung zwischen Kund*innenbedürfnissen, Produktionsabläufen und Lieferketten innerhalb eines integrierten Systems. Dieses Vorgehen steigert nicht nur die Effizienz, sondern eröffnet auch neue Wege für innovative Herstellungsverfahren, darunter die Fertigung maßgeschneiderter Produkte (Zier, 2022).

Ein zentrales Element dieser fortschrittlichen Produktionslandschaften sind die CPS. Diese Systeme stellen eine Verschmelzung von mechanischen und digitalen Aspekten dar (Kreutzer, 2023). Sie sind durch das Internet of Things (IoT) gekennzeichnet, das eine nahtlose Kommunikation und den Datenaustausch zwischen Produkten und Produktionsmitteln (Abbildung 2-5) ermöglicht (Zier, 2022). Die Fähigkeit der CPS, Anpassungen und Reaktionen in Echtzeit zu vollziehen, ist unerlässlich für das dynamische und intelligente Umfeld der Smart Factories. Hierbei spielen verschiedene Aspekte der CPS eine wesentliche Rolle. Einerseits ermöglicht die Sensortechnologie die Erfassung präziser Echtzeitdaten, während fortschrittliche Kommunikationsinfrastrukturen den kontinuierlichen Datenaustausch unterstützen. Datenanalysefähigkeiten helfen, wertvolle Einblicke für proaktive Entscheidungen zu gewinnen, und Cybersecurity-Initiativen sind entscheidend, um die Integrität und Sicherheit des gesamten Systems zu gewährleisten. Zusammen unterstützen diese Komponenten den reibungslosen und sicheren Betrieb von Smart Factories, indem sie eine Umgebung schaffen, die auf Effizienz, Anpassungsfähigkeit und Voraussicht basiert (Kreutzer, 2023).

Zudem beschränkt sich die Vernetzung in Smart Factories nicht nur auf interne Abläufe. Sie umfasst auch eine umfassende Kooperation zwischen verschiedenen intelligenten Fabriken. Diese interoperable Vernetzung, verstärkt durch künstliche Intelligenz, unterstützt einen fortlaufenden Verbesserungsprozess, bei dem Erfahrungen geteilt werden und voneinander gelernt wird, wodurch das Produktionsökosystem als Ganzes profitiert (Kreutzer, 2023).

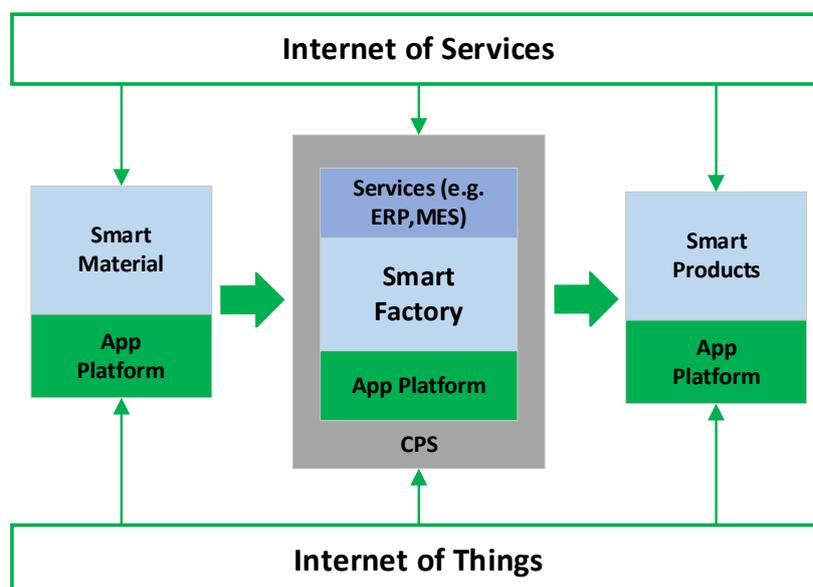


Abbildung 2-5: Smart Factory (in Anlehnung an Hozdić, 2015)

2.3.3 Smart Maintenance

Mit dem Aufkommen der Industrie 4.0 und deren Idee einer Smart Factory erlebt auch die Instandhaltungsbranche eine Neuausrichtung. Durch die zunehmende Vernetzung von Geräten und die Integration von CPS bewegen wir uns von einer klassischen Instandhaltung hin zu einer sogenannten Smart Maintenance (Eisenmann, 2023).

Smart Maintenance zeichnet sich durch einen lernbasierten und selbstgesteuerten Ansatz in der Instandhaltung aus. Hauptziel ist es, mithilfe digitaler Technologien und unter Beachtung des jeweiligen Produktionssystems die Effizienz und Wirtschaftlichkeit der Wartungstätigkeiten zu optimieren. Der Schlüssel dazu ist eine strategische Neuausrichtung, die nicht nur die Instandhaltung, sondern auch die allgemeine Unternehmensführung beeinflusst, um zentrale Faktoren wie Produktionszeit, Kosten und Qualität gezielt zu verbessern. Dabei hebt sich Smart Maintenance insbesondere durch seine umfassende Betrachtung des gesamten Betriebsablaufs von herkömmlichen Instandhaltungsansätzen ab (F. Förster et al., 2019).

Während diese Neuausrichtung zweifellos Fortschritte mit sich bringt, bringt sie auch eine Reihe von Herausforderungen mit sich. Diese umfassen nicht nur die Einführung und Etablierung von CPS, sondern auch den Umgang mit einer stetig wachsenden IT-Infrastruktur und der Bewältigung einer Flut an Daten. Hierbei wird nicht nur technisches Know-how gefragt sein, sondern auch eine ständige Weiterbildung und Anpassung an neue Gegebenheiten. Es ist daher essentiell, Smart Maintenance im Rahmen eines soziotechnischen Gesamtkonzepts zu sehen. Für Instandhaltungsteams, ob intern oder als externe Dienstleister, stellt dies sowohl eine große Chance als auch eine Herausforderung dar (Eisenmann, 2023).

F. Förster (2019) hat im Instandhaltungsbereich von Unternehmen sechs zentrale Handlungsfelder identifiziert, die für die Transformation von einer konventionellen Instandhaltung zur Smart Maintenance entscheidend gestaltet werden müssen (Abbildung 2-6). Der Autor betont, dass Smart Maintenance für viele noch eine Vision darstellt, da einige Schlüsseltechnologien weiterhin in Entwicklung sind. Daher sind die bislang bekannten Handlungsfelder womöglich nicht abschließend. Mit technologischen Fortschritten könnten zusätzliche Bereiche hinzukommen.

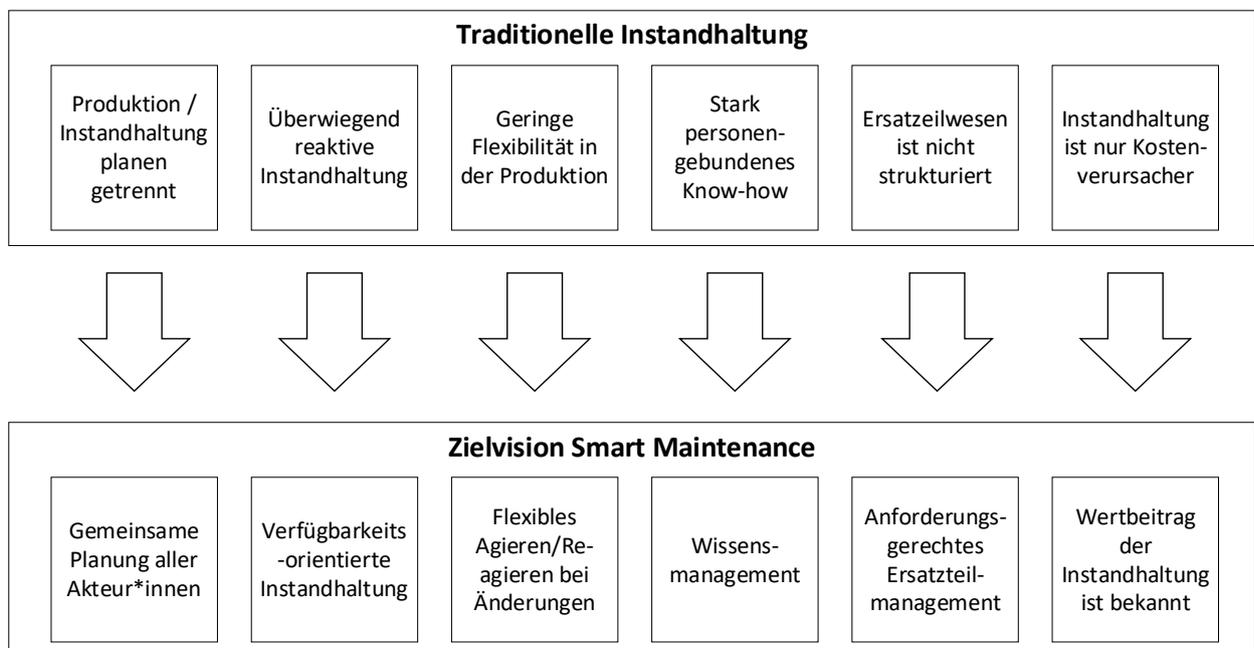


Abbildung 2-6: Von der konventionelle Instandhaltung zur Smart Maintenance (in Anlehnung an Eisenmann, 2023)

Das erste Handlungsfeld „Gemeinsame Planung aller Akteur*innen“ betont die Bedeutung einer integrierten Planung zwischen Produktion und Instandhaltung im Kontext der Industrie 4.0. Durch

diese Zusammenarbeit können Abteilungsgrenzen überwunden und Entscheidungen auf gemeinsamen Zielen basiert werden. Dies unterstützt eine einheitliche, unternehmensweite Strategie.

Die „verfügbarkeitsorientierte Instandhaltung“ strebt nach einer idealen Balance zwischen präventiven und reaktiven Maßnahmen. Dabei steht eine erhöhte Vorbeugung im Vordergrund, angepasst an die wirtschaftlichen Anforderungen der Produktion.

Unternehmen, vor allem in den Bereichen Instandhaltung und Produktion, benötigen trotz umsichtiger Planung die Fähigkeit zum „flexiblen Agieren und Reagieren bei Änderungen“. Dies erfordert dynamische Prozesse, die sich schnell an geänderte Umstände anpassen können. In diesem Zusammenhang gewinnt die Autonomie von CPS an besonderer Bedeutung (F. Förster et al., 2019).

In der Instandhaltung sind die Herausforderungen oft von hoher Komplexität und verlangen fundiertes Fachwissen. Um die Tätigkeiten effizient auszuführen, ist es notwendig, immer aktuell informiert zu sein und ein breites Wissensspektrum zu besitzen. Angesichts der sich ständig ändernden Anforderungen ist ein durchdachtes Wissensmanagement unerlässlich. Es befasst sich damit, Wissen zu identifizieren, anzusammeln, zu teilen und aktuell zu halten. Dieser Ansatz gewinnt insbesondere im Kontext der Industrie 4.0 und der Smart Factory an Bedeutung (Biedermann & Kinz, 2021b). Das „Wissensmanagement“ als viertes Handlungsfeld fokussiert darauf, bestehendes Wissen zu konservieren und neue Erkenntnisse effektiv einzubinden. Obwohl es Parallelen zur herkömmlichen Instandhaltung gibt, zeichnet sich die Smart Maintenance durch ihren digitalen Wissensfundus aus. Dies sorgt dafür, dass digitalisierte Informationen breit zugänglich sind und beeinflusst maßgeblich die Lern- und Fortbildungsansätze (F. Förster et al., 2019). Zur systematischen Handhabung von Wissen im Unternehmen werden diverse Technologien, Tools und Strategien angewendet. Dies verbessert nicht nur die Geschäftseffizienz, sondern trägt auch maßgeblich zur Zielerreichung des Unternehmens bei (Mertins et al., 2009).

„Anforderungsgerechtes Ersatzteilmanagement“ ist in der Smart Maintenance auch wie in der klassischen Instandhaltung von zentraler Bedeutung. Es entwickelt sich in Richtung einer verstärkten Autonomie, insbesondere bei der Bestellung, Erfassung und Lagerung von Ersatzteilen. Für diese Neuausrichtung ist eine datengestützte Kategorisierung der Ersatzteile unerlässlich. Dabei müssen sowohl die Dringlichkeit des Ersatzteils als auch seine Auswirkungen auf die Produktionsprozesse berücksichtigt werden (F. Förster et al., 2019).

Im abschließenden Handlungsfeld „Wertbeitrag der Instandhaltung“ hebt sich die zentrale Rolle der Instandhaltung hervor. Diese moderne, agile und lernende Instandhaltung verfolgt primär das Ziel, den Wertschöpfungsbeitrag im Unternehmen zu maximieren. Dabei geht es nicht nur um reine Kostenoptimierung. Es ist ebenso essenziell, durch gezielte Maßnahmen die Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit der Anlagen sicherzustellen. Diese Strategien und Prozesse tragen direkt dazu bei, Instandhaltungskosten zu senken und somit die gesamte Wertschöpfung zu steigern

(Biedermann & Kinz, 2021a). Ein signifikanter Wandel zeigt sich, wenn man die Smart Maintenance mit traditionellen Instandhaltungsmethoden vergleicht. Moderne Instandhaltung reduziert nicht nur Kosten, sondern trägt aktiv zur Wertschöpfung des Unternehmens bei. Dies beeinflusst die Bewertung von Instandhaltungsmaßnahmen und die Kommunikation dieser Ergebnisse innerhalb des Teams (F. Förster et al., 2019).

2.4 Predictive Maintenance

Predictive Maintenance ist eine innovative Instandhaltungsstrategie, die auf der Prognose von Ausrüstungsausfällen basiert und somit Wartungsarbeiten genau dann ermöglicht, wenn sie wirklich notwendig sind. Dabei steht die effiziente Nutzung und Analyse des aktuellen Betriebszustands von Systemen und Komponenten im Vordergrund. Hierbei sind die durch unterschiedliche Sensoren und Messgeräte erfassten Daten, wie Vibrationsdaten, Nutzungsintensitäten der Anlagen, Stresslevel und Wärmebilder, von zentraler Bedeutung. Diese werden durch prognostische Modelle und Algorithmen verarbeitet, um Trends zu identifizieren und zu bestimmen, wann eine Ausrüstung repariert oder ersetzt werden muss (Ran et al., 2019). Zudem verfolgt Predictive Maintenance das Ziel, durch Verlängerung der Lebensdauer von Ausrüstungen und Optimierung der Effizienz der Produktionsprozesse, ein nachhaltiges Betriebsmanagement zu realisieren. Dies resultiert in einer signifikanten Reduzierung von Ausfallzeiten und der Minimierung unnötiger Stillstände und Reparaturkosten, indem Ausfälle präzise prognostiziert werden können. Obwohl diese Methode sowohl als umweltfreundlich als auch kosteneffizient gilt und sie die Zuverlässigkeit der Ausrüstung substantiell steigert, wird sie erst in jüngster Zeit von Produktionsunternehmen implementiert (Achouch et al., 2022).

2.4.1 Abweichungen zur zustandsorientierten Instandhaltung und Prognostic Health Management (PHM)

Es wird unter anderem von Fernandes et al. (2021) hervorgehoben, dass es keine allgemein gültige Übereinkunft über die Definitionen der zustandsorientierten Instandhaltung und Predictive Maintenance gibt. Einige Autor*innen betrachten die Begriffe als synonym, während viele andere klare Unterscheidungen zwischen den beiden Methoden machen. Mehrheitlich wird die zustandsorientierte Instandhaltung als kurzfristige Maßnahme betrachtet, wohingegen Predictive Maintenance die Berücksichtigung zukünftiger Zustände des Assets ermöglicht, um dessen Lebenszyklus und Komponenten zu maximieren.

In diesem Kontext erweitern Li et al. (2023) die Diskussion, indem sie argumentieren, dass Predictive Maintenance auf dem Konzept der zustandsorientierten Instandhaltung aufbaut. Sie geht über die bloße Überwachung des Anlagenzustands hinaus. Nach Nunes et al. (2023) ist es ein integraler Bestandteil von PHM und nutzt fortschrittliche Prognostik- und Gesundheitsmanagementtechnologien, die innerhalb von PHM entwickelt wurden, um die gesammelten Daten zu analysieren und Entwicklungsrichtungen zu identifizieren. Li et al. (2023) sagen, dass dies die Entwicklung optimierter Wartungspläne ermöglicht und dazu beiträgt, die

Instandhaltung effizienter zu gestalten. Im Vergleich zur zustandsorientierten Instandhaltung ermöglicht Predictive Maintenance eine effektivere Zuteilung von Wartungsressourcen, besonders bei kritischen Anlagen, wo Wartungsressourcen begrenzt sind.

Auch von Siraskar et al. (2023) wird nochmal abschließend zusammengefasst, dass Predictive Maintenance auf der zustandsorientierten Instandhaltung bzw. Condition-Based Monitoring (CBM) aufbaut:

“Predictive maintenance is an industrial science that utilizes condition-based monitoring technology to observe the health of machines, thereby enabling early detection of its deterioration via anomalies or faults; and provides a mechanism to plan and schedule maintenance actions to maximize its remaining useful-life.”

PHM verfolgt primär vier aufeinander aufbauende Phasen, um die Verlässlichkeit und Effizienz von Anlagen und Systemen zu steigern. Zunächst erfolgt die Phase der Datensammlung, in welcher Sensoren diverse Messdaten erheben, die für die Verarbeitung und Gewinnung wichtiger Erkenntnisse benötigt werden. Anschließend wird in der Diagnosephase der festgestellte ungewöhnliche Zustand isoliert und analysiert, um Ort und Ausmaß der Störung festzustellen. In der dritten Phase, der Prognose, wird ermittelt, wie viel Zeit vermutlich bis zum Eintreten der prognostizierten Störung verbleibt. In der abschließenden Phase des Gesundheitsmanagements liegt der Schwerpunkt auf der idealen Organisation von Wartungsabläufen und der logistischen Unterstützung. Besondere Aufmerksamkeit wird dabei der Vorhersage der Betriebszuverlässigkeit unter realen Lebenszyklusbedingungen gewidmet, um die Ausfallzeiten von Systemen oder Komponenten vorherzusagen. Dies bietet dem*der Nutzer*in die Gelegenheit, Risiken auf Systemebene zu minimieren und die Nutzungsdauer der Ausstattung zu maximieren (Liao, 2022).

PHM baut auf der Predictive Maintenance auf und erweitert diese, indem es sowohl fortschrittliche Technologien als auch menschliche Expertise für die Fehleranalyse und das Fehlerverständnis integriert. Dabei wird das Management der gesamten zugehörigen Systeme, einschließlich Personal, Maschinen, Planung und Logistik, berücksichtigt (Siraskar et al., 2023).

2.4.2 Modell und Zusammenspiel

Predictive Maintenance umfasst vier wesentliche Schritte:

1. Datensammlung: Einsatz von IIoT-Sensoren und Analysetools zur Erfassung kritischer Betriebsdaten. Zusätzlich werden relevante Umgebungsbedingungen berücksichtigt, die die Anlagenleistung beeinflussen könnten.
2. Mustererkennung: Verwendung von KI-Algorithmen zur Analyse der gesammelten Daten, Erkennung von Anomalien und Identifizierung potenzieller Fehlermuster, die auf bevorstehende Ausfälle hindeuten.
3. Störungsprognose: Auf Basis der analysierten Daten werden Vorhersagen getroffen, die die Wahrscheinlichkeit von Defekten oder notwendigen Wartungsarbeiten anzeigen.

Automatische Benachrichtigungen informieren das Wartungspersonal über bevorstehende Maßnahmen.

4. **Proaktive Wartung:** Entscheidungen über präventive Maßnahmen, wie den Austausch von Teilen oder geplante Wartungen, werden getroffen, um Ausfallzeiten zu minimieren und die Betriebskontinuität zu gewährleisten (Kreutzer, 2023).

In der vorgelegten Abbildung 2-7 wird ein kompaktes Prognosemodell für die Predictive Maintenance industrieller Anlagen vorgestellt. Dieses Modell beruht auf zwei Säulen: der Analyse der gegenwärtigen Rahmenbedingungen der Anlage und der Abschätzung der Ausfallwahrscheinlichkeit.

1. **Gegenwärtige Rahmenbedingungen:** Erfasst durch dynamische Anlagedaten (z. B. Nutzungsintensität, Vibrationen) und externe Faktoren (z. B. Klimabedingungen), bieten diese Informationen Einblicke in den aktuellen Betriebsstatus der Anlage.
2. **Wahrscheinlichkeit eines Ausfalls:** Durch die Kombination statistischer Anlagedaten (Alter, Typ, Material) mit historischen Daten (frühere Ausfälle, Betriebsbedingungen) und vergleichenden Daten ähnlicher Anlagen werden potenzielle Ausfallrisiken identifiziert.

Das Prognosemodell integriert diese Datenströme, um eine fundierte Vorhersage über mögliche Anlagenausfälle zu treffen, wodurch präventive Maßnahmen ermöglicht werden. Dieser Ansatz optimiert Wartungspläne, minimiert unerwartete Ausfallzeiten und verlängert die Lebensdauer der Anlagen. Die synergetische Analyse verschiedener Datenquellen unterstreicht die Notwendigkeit eines holistischen Ansatzes für effektives Anlagenmanagement.

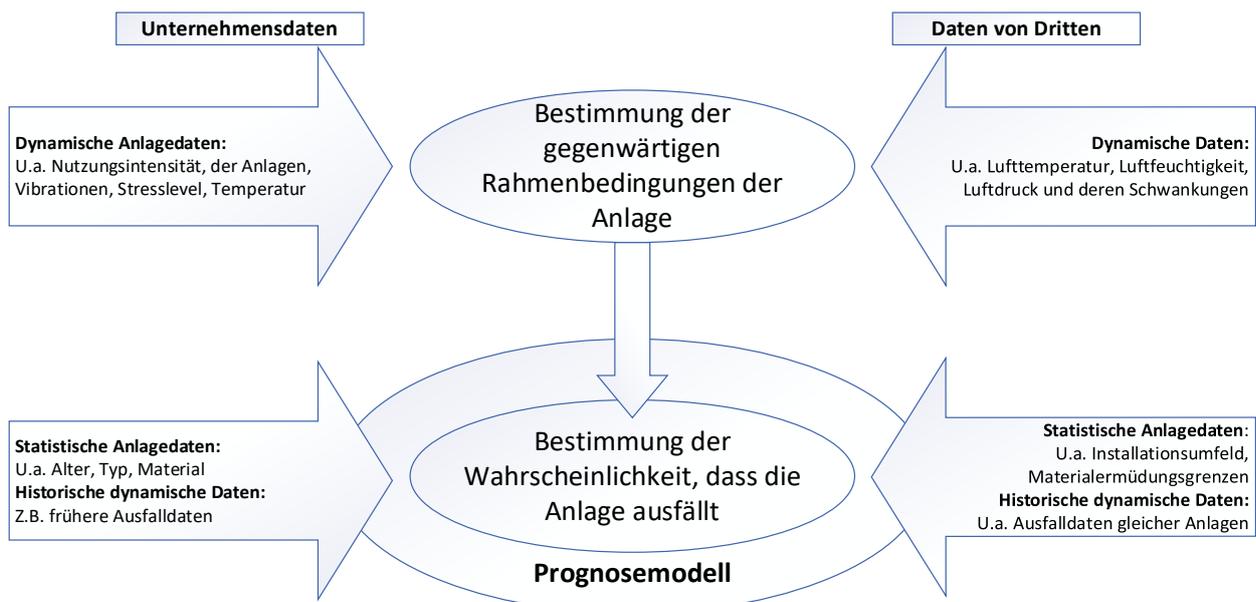


Abbildung 2-7: Prognosemodell der Predictive Maintenance (in Anlehnung an Kreutzer, 2023)

2.5 Methoden und Technologien der Predictive Maintenance

Mit dem Aufkommen der vierten industriellen Revolution sind fortschrittliche Technologien, die auf Berechnung und Visualisierung basieren, zu Schlüsselkomponenten der digitalen Transformation in der Industrie 4.0 geworden. Insbesondere in der vorausschauenden Instandhaltung, auch als Predictive Maintenance 4.0 bekannt, sind diese innovativen Technologien zunehmend im Einsatz (Achouch et al., 2022).

Die dargestellte Systemstruktur (Abbildung 2-8) vereint einige dieser Technologien, um ein effizientes System zu entwickeln, welches intelligente Predictive Maintenance ermöglicht. Alles beginnt mit dem Data Acquisition-Bereich, in dem Daten von diversen Quellen durch ein Wireless Sensor Network erfasst und in einem Datenlager abgelegt werden. Diese Daten werden dann zum Data Preprocessing-Bereich weitergeleitet, wo verschiedene Prozesse wie Datenbereinigung, -integration, -transformation und Feature-Extraktion durchgeführt werden. Die resultierenden Daten werden im Data Analysis-Bereich genutzt, wo durch fortschrittliche Datenanalyse und ML Wissen generiert wird. Im Decision-Support-Bereich werden die Ergebnisse visualisiert und ein optimierter Wartungszeitplan erstellt. Letztlich werden basierend auf diesen Entscheidungen im Maintenance Implementation-Bereich Wartungsmaßnahmen durchgeführt, um spezifische Ziele zu erreichen. In der referenzierten Systemarchitektur integriert Predictive Maintenance 4.0 diverse Technologien und Paradigmen von Smart Factories bzw. Smart Maintenance einschließlich CPS, IoT, Big Data, Data Mining und Internet of Services (IoS) (Ran et al., 2019).

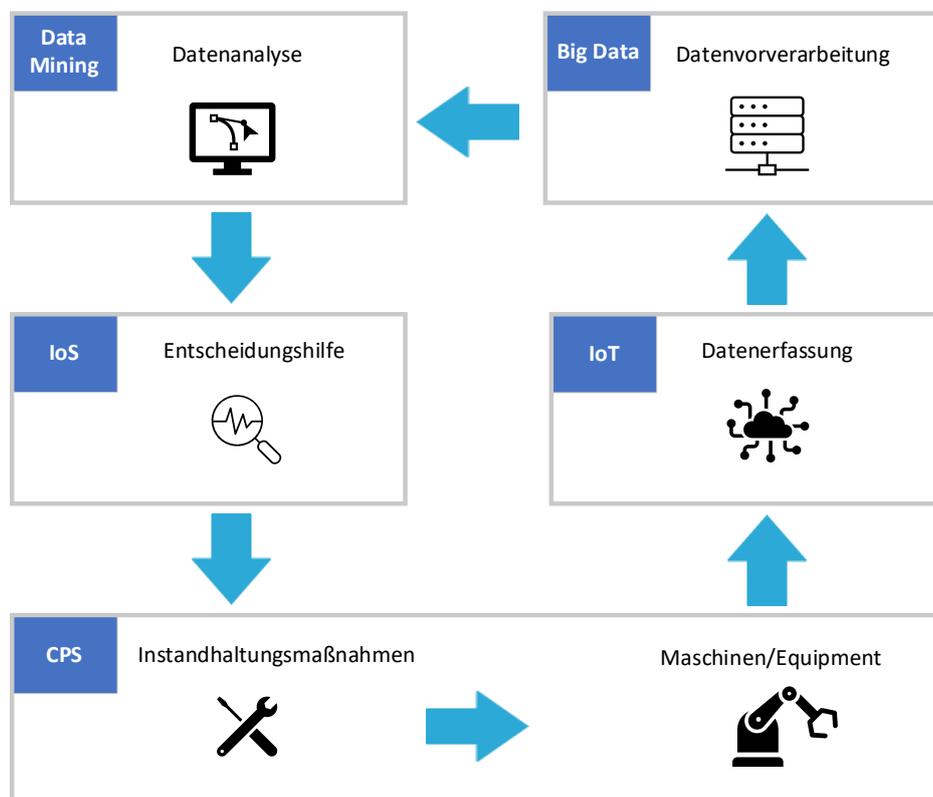


Abbildung 2-8: Systemarchitektur der Predictive Maintenance (in Anlehnung an Ran et al., 2019)

2.5.1 CPS

CPS stellen eine Integration von vernetzten computerbasierten Algorithmen und physischen Prozessen dar. Durch den Einsatz eingebetteter Systeme, die die Fähigkeit zur Kommunikation besitzen, können diese Strukturen – seien es alltägliche Gegenstände, infrastrukturelle Elemente oder sogar komplette Industrieanlagen – Daten über ihre Umgebung sammeln, diese Informationen mit globalen Datenquellen abgleichen und darauf basierend Handlungen in der realen Welt initiieren. Dies geschieht durch Sensoren und Aktoren, die eine direkte Interaktion und Einflussnahme auf die physische Welt ermöglichen. So wird eine Art Verschmelzung von digitalen und physischen Komponenten erzielt, die in direkter Wechselwirkung miteinander stehen.

In einer spezifischen Anwendung, die als Cyberphysische Produktionssysteme (CPPS) bekannt ist, wird dieses Konzept auf Produktionsumgebungen angewendet. Hierbei geht es darum, verschiedene Produktionskomponenten in einem übergeordneten System zu vernetzen, wobei der Schwerpunkt auf einer dezentralisierten Steuerung liegt. Dieser Ansatz revolutioniert die traditionellen Produktionsmethoden, indem er Flexibilität, Effizienz und vor allem Autonomie in den Fertigungsprozess integriert (Bozem & Nagl, 2021).

2.5.2 IoT

IoT, ein Begriff, der von Kevin Ashton im Jahr 1999 geprägt wurde, hat seine Wurzeln weit vor der Entstehung von Industrie 4.0. Es dient als Oberbegriff für die Technologien, die eine weltweite Informationsinfrastruktur ermöglichen, indem sie physische und virtuelle Objekte miteinander vernetzen. Diese Objekte können Maschinen, Computer oder Sensoren sein, die über das Internet kommunizieren, wodurch eine plattformunabhängige Zusammenarbeit durch Informations- und Kommunikationstechnologien ermöglicht wird. Im Kontext von Industrie 4.0 wird dieses Konzept oft als Industrial Internet of Things (IIoT) bezeichnet, eine Weiterentwicklung, die speziell auf industrielle Anwendungen ausgerichtet ist (Babel, 2023).

In der Praxis der vorausschauenden Wartung stellt IIoT eine tragende Säule dar. Es fungiert als kritischer Übersetzer physischer Maschinenaktivitäten in digitale Signale, die für Predictive Maintenance-Ansätze genutzt werden. Das IIoT ist verantwortlich für das kontinuierliche Streamen von Daten von Sensoren, die verschiedene Parameter wie Temperatur, Vibration und andere messen. Diese Daten können auch von einer Vielzahl anderer Quellen stammen, beispielsweise SPS, MES, computergestützten Wartungsmanagementsystemen oder ERP-Systemen. All diese Informationen bilden das Fundament, auf dem Predictive Maintenance aufbaut (Compare et al., 2020).

2.5.3 Big Data

Big Data zeichnet sich durch charakteristische Merkmale aus, die weit über das hinausgehen, was traditionelle Datenverarbeitungssysteme handhaben können. Dies beinhaltet eine enorme Menge (Volume) an Daten, eine breite Vielfalt (Variety) und eine extrem hohe Geschwindigkeit

(Velocity) in der Generierung. In der Welt der Industrie 4.0, wo CPS vorherrschen, werden diese massiven Datenmengen kontinuierlich von einer Vielzahl intelligenter Einheiten, wie Sensoren und Maschinen, generiert. Die daraus resultierende Flut an oft unstrukturierten Daten erfordert innovative Verarbeitungsmethoden, da konventionelle Ansätze weder kosteneffizient noch technisch ausgereift genug sind, um diese Herausforderungen zu bewältigen. Die Bedeutung dieser Daten liegt nicht nur in ihrem Umfang, sondern auch in ihrer Fähigkeit, tiefere Einblicke und Entscheidungsgrundlagen in Echtzeit zu liefern, was für die Effizienz und Weiterentwicklung von Produktionsprozessen unerlässlich ist (Zier, 2022).

Big Data-Anwendungen revolutionieren die industrielle Produktion und dessen Instandhaltung, indem sie nicht nur Daten zusammenführen und analysieren, sondern auch verborgene Muster aufdecken und wertvolle Erkenntnisse für die Prozessoptimierung und die Predictive Maintenance liefern. Diese fortgeschrittenen Analysen gehen über heterogene und komplexe Datenbestände hinaus und können sogar unstrukturierte Informationen interpretieren, was zuvor undenkbar war. Die daraus resultierenden Erkenntnisse, bekannt als Smart Data, sind von unschätzbarem Wert, da sie qualitativ hochwertige Informationen bereitstellen, die für strategische Entscheidungen und Effizienzsteigerungen genutzt werden können. Ohne diese fortschrittlichen Datenanalysen wäre es nahezu unmöglich, das volle Potenzial der in der Industrie 4.0 generierten Daten zu erschließen (Zier, 2022).

Die Komplexität von Big Data in der Instandhaltung ist nicht nur eine Frage des Volumens der Vielfalt und der Geschwindigkeit, sondern bezieht auch den Wert (Value) und die Vertrauenswürdigkeit (Veracity) der Daten mit ein. Diese Aspekte, bekannt als die 5 V von Big Data, betonen die Notwendigkeit einer ausgefeilten Datenverarbeitungsstrategie, um die Herausforderungen in der modernen, technologiegetriebenen Instandhaltung zu bewältigen (Achouch et al., 2022).

2.5.4 Data Mining

Data Mining bezeichnet einen Prozess, bei dem mithilfe computergestützter statistischer Verfahren systematisch durch große Datenmengen navigiert wird, um bisher unerkannte Beziehungen, Muster oder Trends aufzudecken. Diese Technik spielt eine zentrale Rolle bei Big Data-Anwendungen, indem sie das Muster, Beziehungen oder Trends innerhalb umfangreicher Datenbestände, oft gespeichert in Datenbanken, erschließt und nutzt, um fundierte Prognosen für zukünftige Entwicklungen zu ermöglichen.

Ein wesentlicher Aspekt des Data Minings ist die Verwendung fortschrittlicher Analysestrategien, die stark auf Konzepte der künstlichen Intelligenz, insbesondere des ML, angewiesen sind. Diese Methoden ermöglichen es, über die bloße Datensammlung hinauszugehen und stattdessen tiefere Einblicke zu gewinnen, die für Entscheidungsprozesse unerlässlich sind (Zier, 2022).

2.5.5 IoS

Im Kontext der digitalen Transformation repräsentieren Internetdienste eine essenzielle Säule des globalen Informationsnetzwerks. Sie umfassen ein vielfältiges Spektrum an Funktionalitäten, bereitgestellt durch eine Vielzahl von Serviceanbietern, und zeichnen sich durch ihre hohe Integrationsfähigkeit und Verfügbarkeit aus. Innerhalb dieses Rahmens fördert das IoS die dynamische Konfiguration von Wertschöpfungsnetzwerken. Diese Dynamik beruht auf der selektiven Aggregation von Dienstleistungen aus einem gemeinsamen Ressourcenpool, der in diesem vernetzten Paradigma existiert.

Die Bedeutung des IoS wird insbesondere im Bereich der Predictive Maintenance deutlich. Hier fungiert es als integrales Element für die frühzeitige Fehlerdiagnose in der Systemarchitektur. Durch die proaktive Identifizierung potenzieller Störungsursachen ermöglicht das IoS eine zeitnahe Einleitung adäquater Korrekturmaßnahmen. Dieser Ansatz optimiert den Entscheidungsfindungsprozess in der Fehleranalyse von Industrieanlagen und Maschinen, was entscheidend zur Steigerung der betrieblichen Effizienz und Zuverlässigkeit beiträgt (Krason et al., 2019).

3 CLOUDBASIERTE PREDICTIVE MAINTAINANCE

Das Konzept der Cloud geht weit über das herkömmliche Cloud-Computing hinaus, bei dem IT-Ressourcen wie Infrastruktur, Plattformen und Anwendungen als Dienste angeboten werden. Es umfasst eine breitere Perspektive, die sowohl die Ideologien des IoT als auch des Cloud-Manufacturings einbezieht. Die Integration von Predictive Maintenance mit Cloud-Technologien verspricht nicht nur in mehreren Bereichen Vorteile, sondern bietet auch Lösungen für bestehende und zukünftige Herausforderungen. Es ist allerdings wichtig, diesen Prozess nicht als Einbahnstraße zu sehen, bei der lediglich vorhandene Anwendungen in die Cloud überführt und als Dienste bereitgestellt werden. Stattdessen sollten Methoden und Techniken der Predictive Maintenance-Umgebung angepasst werden, um die Vorteile der Cloud-Nutzung voll auszuschöpfen (Schmidt & Wang, 2018).

In den letzten Jahren ist der Trend zu beobachten, dass Cloud-Computing-Modelle zunehmend in der Fertigungsindustrie Anwendung finden. Besonders im Bereich der zustandsbasierten Instandhaltung haben sich bereits mehrere Implementierungen durchgesetzt, und einige Unternehmen bieten kommerzielle Dienste an. Obwohl die Bereitstellung von Predictive Maintenance durch diese Dienste noch nicht weit verbreitet ist, wurde von Schmidt & Wang (2018) betont, dass Cloud-Computing die Aufzeichnung von Daten und den Status von Maschinen über deren gesamten Lebenszyklus hinweg ermöglicht. Dies erlaubt es sowohl dem Maschinenhersteller als auch dem*der Nutzer*in, den Degradationsprozess zu verfolgen. Diese umfassenden Datenaufzeichnungen sind von entscheidender Bedeutung für die Entwicklung und das Training von Predictive-Maintenance-Modellen, indem sie eine solide Datenbasis für präzise Vorhersagen bereitstellen.

Nachfolgend wird in diesem Kapitel zunächst erläutert, was allgemein unter Cloud-Computing verstanden wird, einschließlich der Kategorien und Modelle, die von Cloud-Anbietern bereitgestellt werden. Anschließend werden das Konzept des Cloud Manufacturings betrachtet und eine Lösung der cloudbasierten Predictive Maintenance vorgestellt.

3.1 Cloud-Computing

Cloud-Computing eröffnet die Möglichkeit, IT-Ressourcen, darunter Server und Speichermedien, sowie die darauf basierenden Dienstleistungen effizient über das Internet zur Verfügung zu stellen und zu verwenden. Zu den von den Anbietern angebotenen Services zählen nicht nur Datenspeicher und Netzwerkkomponenten, sondern auch Datenbanken und umfangreiche Softwareapplikationen. Cloud-Computing verfolgt das Ziel, IT-Infrastrukturunterstützung effizient und effektiv bereitzustellen, häufig innerhalb von Minuten bis Stunden, wohingegen der Aufbau einer eigenen IT-Infrastruktur im Unternehmen mehrere Monate in Anspruch nehmen kann. Üblicherweise kommt hierbei ein nutzungsbasiertes Abrechnungsmodell zum Einsatz, bei welchem nur die tatsächlich in Anspruch genommenen Services verrechnet werden. Diese Vorgehensweise erweist sich als besonders effizient, insbesondere für Betriebe, die oftmals nicht in der Lage sind, das volle Potenzial eigener IT-Infrastrukturen auszuschöpfen (Surianarayanan

& Chelliah, 2023). Amazon, als einer der führenden Anbieter im Bereich Cloud-Services, definiert Cloud-Computing wie folgt:

„Cloud-Computing ist die bedarfsabhängige Bereitstellung von IT-Ressourcen über das Internet zu nutzungsabhängigen Preisen. Statt physische Rechenzentren und Server zu erwerben, zu besitzen und zu unterhalten, können Sie über einen Cloud-Anbieter wie Amazon Web Services (AWS) nach Bedarf auf Technologieservices wie beispielsweise Rechenleistung, Speicher und Datenbanken zugreifen.“ (Amazon Web Services, Inc., 2022)

Es ist möglich, Cloud-Computing in drei unterschiedliche Kategorien zu gliedern: Private-Cloud, Public-Cloud und Hybrid-Cloud. Im Folgenden werden diese Kategorien detaillierter beschrieben.

3.1.1 Private-Cloud

Private-Clouds werden vorrangig genutzt, um den Mitarbeiter*innen eines Unternehmens mittels lokal vernetzter Hardware notwendige Rechnerressourcen bereitzustellen. Diese Art der Cloud ermöglicht es, dass benötigtes Equipment und angebotene Dienste über ein internes Netzwerk miteinander verbunden sind, wodurch der Begriff Cloud entsteht. Optimalerweise ist der Zugang zu Daten streng limitiert und befindet sich ausschließlich innerhalb der physischen Räumlichkeiten des Unternehmens, um ein Maximum an Cybersicherheit zu gewährleisten. Dies minimiert Cybersicherheitsrisiken, vorausgesetzt, dass adäquate Sicherheitsmaßnahmen implementiert sind, und das Unternehmen die volle Kontrolle über diese Maßnahmen hat.

Ein Unternehmen könnte sich aufgrund der erhöhten Sicherheitskontrolle und des Schutzes sensibler Daten trotz der vergleichsweise hohen Kosten und der Verantwortung für die Konfiguration und Wartung der Netzwerk- und Computerausrüstung sowie der Cybersicherheitsmaßnahmen für eine Private-Cloud entscheiden. Der hohe Kostenaufwand wird oft als gerechtfertigt angesehen, wenn man ihn mit den potenziellen Kosten eines Sicherheitsvorfalls vergleicht. Auch gehostete Private-Clouds, die nicht in lokalen Rechenzentren angesiedelt sind, gewinnen zunehmend an Beliebtheit, obwohl sie spezielle Herausforderungen in Bezug auf die Kosten und Sicherheit mit sich bringen (Calles, 2020).

3.1.2 Public-Cloud

Anbieter von Public-Cloud-Diensten ermöglichen Unternehmen, Rechenressourcen und Services über das Internet flexibel zu nutzen. Dadurch werden Daten und Applikationen von jedem Gerät mit Internetzugang und den notwendigen Berechtigungen abrufbar. Während diese Lösung Kosteneffizienz und eine erhöhte Verfügbarkeit bietet, besteht ein erhöhtes Risiko in Bezug auf Cybersicherheit, da direkte Kontrolle über Infrastruktur und Sicherheitsmaßnahmen fehlt. Die Verantwortung für die Sicherheit wird zwischen dem Dienstleister und dem Unternehmen geteilt, wobei spezialisiertes Wissen notwendig ist, um adäquaten Schutz zu gewährleisten (Calles, 2020).

3.1.3 Hybrid-Cloud

Die Hybrid-Cloud (Abbildung 3-1) ermöglicht Unternehmen, die Stärken von Private- und Public-Clouds zu vereinen und Daten effektiv zu trennen. Hierbei werden sensible Informationen sicher in der Private-Cloud gespeichert, während andere Daten in der Public-Cloud abgelegt werden. Diese Methode bietet flexible Lösungen, um vielfältigen Anforderungen gerecht zu werden, birgt jedoch auch Risiken durch die Interkonnektivität der Cloud-Modelle. Trotz potenzieller Sicherheitsprobleme kann die Kombination beider Clouds, bei entsprechenden Schutzmechanismen, eine effiziente und flexible Lösung darstellen (Calles, 2020).

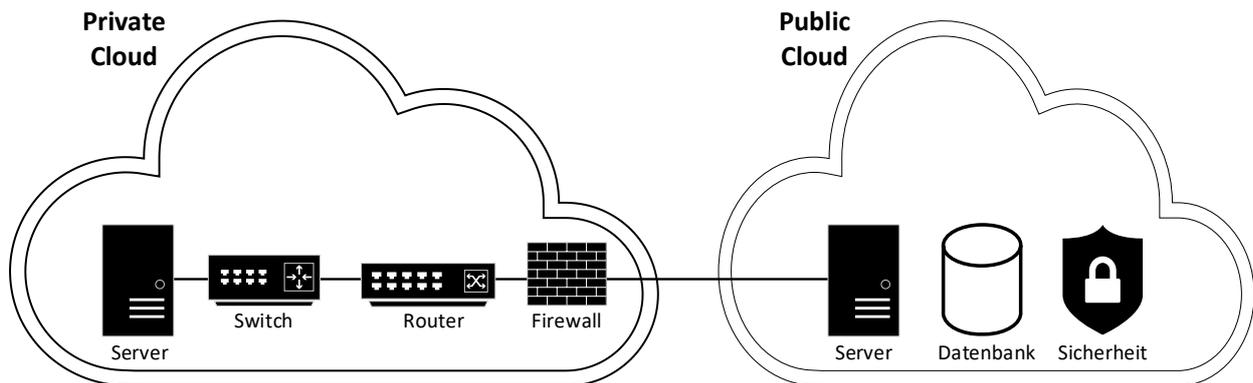


Abbildung 3-1: Hybrid-Cloud (in Anlehnung an Calles, 2020)

3.1.4 Cloud-Dienste

Die von Cloud-Anbietern bereitgestellten Dienste lassen sich in fünf Kategorien gliedern: Infrastructure as a Service (IaaS), Platform as a Service (PaaS), Function as a Service (FaaS), Software as a Service (SaaS) und Container as a Service (CaaS). Jede dieser Kategorien stellt Nutzer*innen diverse Services und Ressourcen zur Verfügung, sodass je nach individuellen Bedürfnissen und Anforderungen das geeignete Modell gewählt werden kann (Abbildung 3-2) (Calles, 2020).

IaaS	CaaS	PaaS	FaaS	SaaS	On-Premise
Daten	Daten	Daten	Daten	Daten	Daten
Funktionen	Funktionen	Funktionen	Funktionen	Funktionen	Funktionen
Anwendungen	Anwendungen	Anwendungen	Anwendungen	Anwendungen	Anwendungen
Runtime	Runtime	Runtime	Runtime	Runtime	Runtime
Container	Container	Container	Container	Container	Container
Betriebssystem	Betriebssystem	Betriebssystem	Betriebssystem	Betriebssystem	Betriebssystem
Infrastruktur	Infrastruktur	Infrastruktur	Infrastruktur	Infrastruktur	Infrastruktur

Cloud-Anbieter

Unternehmen

Abbildung 3-2: Verantwortlichkeiten Cloud-Computing-Services (Quelle: Eigene Darstellung)

Infrastructure as a Service (IaaS) bietet Unternehmen die Möglichkeit, Infrastrukturkomponenten wie Netzwerkausrüstung und Server von Anbietern zu mieten, wodurch die Notwendigkeit entfällt, diese selbst zu kaufen. Kund*innen sind für die Konfiguration zuständig, während Anbieter Wartung und Grundzuverlässigkeit sicherstellen, was eine On-Premises-Alternative mit vereinfachter Verwaltung darstellt.

Container as a Service (CaaS) erleichtert die Erstellung und Orchestrierung von Software-Containern mithilfe von Technologien wie Docker und Kubernetes, wobei Kund*innen die Container konfigurieren und der Anbieter die notwendige Infrastruktur und Wartung übernimmt. Dies ermöglicht eine effiziente Anwendungsverwaltung ohne die Einrichtung eigener Infrastruktur.

Platform as a Service (PaaS) bietet Kund*innen eine vorkonfigurierte Plattform (z. B. Betriebssystem, Datenbank) zur Miete an, ohne dass die zugrundeliegende Infrastruktur selbst eingerichtet werden muss. Kund*innen passen die Plattform an ihre Bedürfnisse an, während der Anbieter für Wartung und Aktualisierungen sorgt, was eine flexible Entwicklungsumgebung schafft.

Function as a Service (FaaS) ermöglicht es, einzelne Softwarefunktionen ohne die Wartung von Software und Hardware auszuführen. Kund*innen entwickeln die Funktionen und orchestrieren sie, während Anbieter die Ausführungsinfrastruktur bereitstellen. Dies unterstützt die Entwicklung von SaaS-Angeboten durch einfache Skalierung und geringen Wartungsaufwand.

Software as a Service (SaaS), als letzte Kategorie, bietet Zugang zu spezifischer Software, wie Webanwendungen, über das Internet, wobei Kund*innen lediglich die Softwareeinstellungen anpassen und Anbieter für Verfügbarkeit und Datensicherheit verantwortlich sind. Dies ermöglicht die Nutzung komplexer Anwendungen ohne Wartungsverpflichtungen (Calles, 2020).

3.2 Cloud Manufacturing

Die Integration von Maschinen auf dem Shopfloor in die Cloud ermöglicht es, in die Vorhersage nicht nur Daten der untersuchten Objekte, sondern auch von der gesamten Gruppe identischer oder ähnlicher Objekte einzubeziehen. Daten können mit minimaler oder ganz ohne menschliche Intervention gesammelt und verarbeitet werden. Darüber hinaus ermöglicht dies eine direkte Rückmeldung an die Maschine, beispielsweise zur Anpassung der Steuerungsparameter, um die Leistung entsprechend der aktuellen Situation und des Zustands der Maschine aufrechtzuerhalten. Die Vernetzung aller Geräte verbessert zudem die Kontextinformationen. In diesem Umfeld können vernetzte Geräte Daten als Dienstleistung (Data as a Service) für die cloudbasierte Predictive Maintenance liefern. Gleichzeitig können sich die Geräte für Prognosedienste (Prognosis as a Service) oder allgemeiner für Instandhaltungsdienste (Maintenance-as-a-Service) anmelden. Das beschriebene Konzept wird auch als Cloud Manufacturing bezeichnet und ist in Abbildung 3-3 ersichtlich (Schmidt & Wang, 2018).

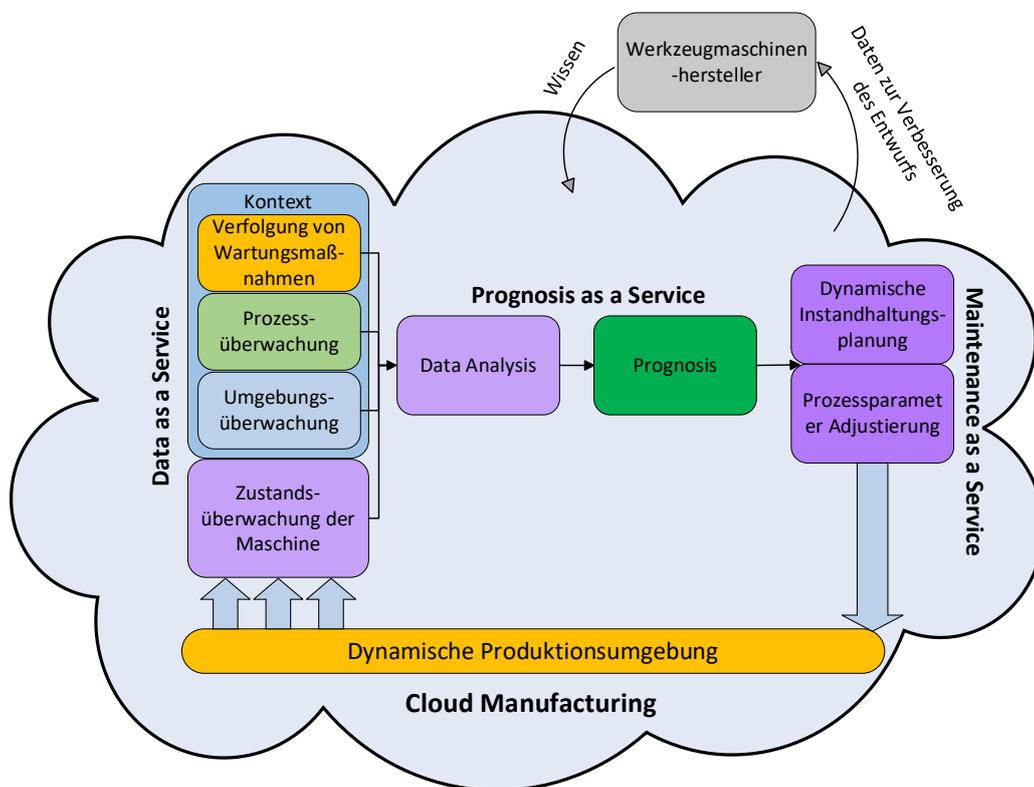


Abbildung 3-3: Cloud Manufacturing für Predictive Maintenance (in Anlehnung an Schmidt & Wang, 2018)

3.3 Potentielle Predictive Maintenance-Lösung in der Fertigung

Der Prozess zur Entwicklung einer Lösung für Predictive Maintenance beginnt grundlegend mit der Sammlung von Daten, die den normalen Betrieb sowie Zustände vor, während und nach dem Auftreten von Fehlern abbilden. Diese Daten können von einer Vielzahl von Quellen stammen, einschließlich Sensoren, Betriebsprotokollen, Ausführungsdetails, Umgebungsinformationen und technischen Spezifikationen der Maschinen. Die Erfassung dieser Informationen kann durch verschiedene Systeme erfolgen, wie MES und ERP. Die gesammelten Daten dienen dann als

Grundlage für umfassende Analysen. Ein erster Schritt in der Entwicklung besteht darin, die spezifischen Fehlerarten zu identifizieren, für die Vorhersagen getroffen werden sollen. Auf Basis dieser Definition werden dann relevante Datenquellen ermittelt, die Informationen über die identifizierten Fehlertypen enthalten. Die Daten werden aus der Produktionsumgebung in das Analysesystem übertragen, wo Datenwissenschaftler*innen mit Hilfe ihrer bevorzugten Werkzeuge für ML die Datenaufbereitung vornehmen. An diesem Punkt beginnen die Erstellung und das Training von Modellen, die darauf ausgelegt sind, verschiedene Arten von Problemen zu identifizieren. Nach ihrer Entwicklung können diese Modelle direkt in der Ausrüstung für Selbstdiagnosen, auf einem Edge-Gerät in der Produktionsumgebung oder in einer Cloud-Umgebung eingesetzt werden.

Die Cloud-Umgebung bietet den Vorteil, die Modelle mit verschiedensten Technologien zu trainieren und zu testen, wobei eine breite Palette von Hardwareressourcen zur Verfügung steht. Die in der Cloud verwendeten Open-Source-Tools für Datenwissenschaft bieten umfassende Unterstützung für diese Prozesse. Die Ergebnisse der Analyse können anschließend in Dashboards oder Berichte integriert werden um Erkenntnisse zugänglich zu machen.

Der Schlüssel zu einem erfolgreichen Predictive Maintenance-System liegt darin, frühzeitig mit der Datensammlung zu beginnen und bei Auftreten von Fehlern Datenanalysen durchzuführen, um Modelle für die Vorhersage zukünftiger Fehler zu entwickeln. Mit wachsendem Verständnis für die Fehlererkennung kann der Übergang zum Vorhersagemodus erfolgen, was eine effiziente Behebung von Problemen während geplanter Stillstandszeiten ermöglicht (Microsoft Corporation, 2024a)

Folgende Architektur (Abbildung 3-4) könnte potenziell für die Fertigungsindustrie eingesetzt werden, um die Früherkennung von defekten Teilen in der Produktion zu ermöglichen. Die Grundlage bildet eine innovative IoT-Lösung, die ursprünglich in einer Kooperation zwischen Microsoft und einem namhaften Bahnunternehmen entwickelt wurde. Diese Lösung zielt darauf ab, Wartungs- und Sicherheitsprozesse durch die Integration modernster Technologien zu optimieren und lässt sich aufgrund ihrer Flexibilität auch ideal für die Qualitätskontrolle, Reparatur und vorausschauende Wartung in Produktionsumgebungen adaptieren. Im Zentrum des Systems steht ein effizienter Datenfluss, der mit der Erfassung und Verarbeitung von Bildern durch spezialisierte Server beginnt. Diese Server analysieren Bilder von Produktkomponenten, um mögliche Mängel zu identifizieren. Fortschrittliche IoT-Geräte spielen dabei eine Schlüsselrolle, indem sie neue Daten zur Verarbeitung signalisieren und die Analyse mittels ML-Modellen unterstützen. Kritische Befunde werden bevorzugt behandelt und in Cloud-Speichern archiviert, wobei relevante Metadaten ergänzt werden.

Die Verwendung von Edge Devices erlaubt die Verarbeitung und Speicherung von Daten direkt an der Quelle, was eine schnelle und zuverlässige Reaktion auf lokale Ereignisse bei minimierter Abhängigkeit von der Cloud ermöglicht. Durch die direkte Implementierung von ML und Geschäftslogik an den Datenquellen können Geräte effizient auf Veränderungen reagieren, selbst bei eingeschränkter Konnektivität. Edge Computing integriert künstliche Intelligenz und ML-Modelle, um intelligente Geräte und Netzwerke zu entwickeln, die eigenständig entscheiden können, welche Daten zur weiteren Analyse an die Cloud gesendet werden sollen. Dies

ermöglicht die Priorisierung dringender Information und fördert eine effizientere Datenkommunikation (Microsoft Corporation, 2024b).

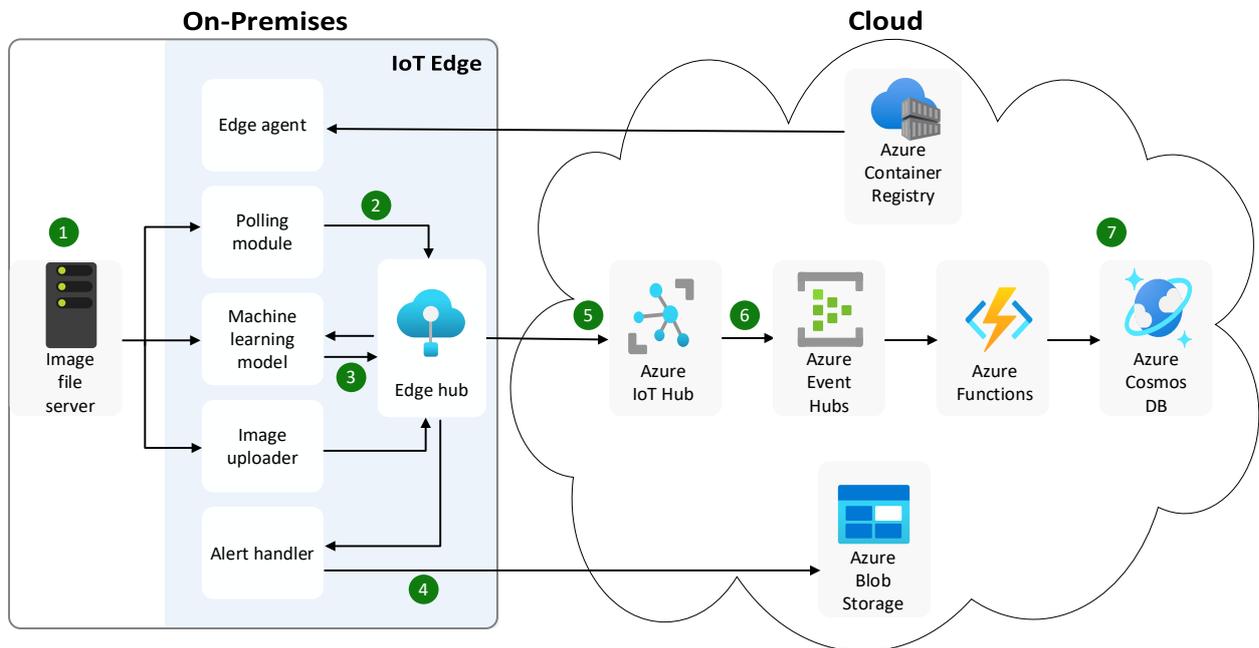


Abbildung 3-4: Potentielle cloudbasierte Predictive Maintenance-Architektur in Azure (in Anlehnung an Microsoft Corporation, 2024b)

4 QUALITATIVER FORSCHUNGSPROZESS

Dieses Kapitel behandelt die Schritte 3 bis 7 des qualitativen Forschungsprozesses nach Döring (Döring, 2023d), beginnend mit dem maßgeschneiderten Untersuchungsdesign. Es skizziert die Wahl des qualitativen Ansatzes zur tiefgreifenden Erforschung der Integration cloudbasierter Predictive Maintenance, unterstützt durch Expert*inneninterviews. Die folgenden Abschnitte erläutern die Schritte von der Stichprobenziehung über die Datenerhebung bis hin zur Analyse, um fundierte Erkenntnisse für das Resümee dieser Arbeit zu gewinnen.

4.1 Untersuchungsdesign

Das Forschungsdesign einer Studie lässt sich durch verschiedene Klassifikationskriterien charakterisieren, die in einem hierarchischen Verhältnis zueinander stehen (Döring, 2023f). Für das vorliegende Untersuchungsdesign werden diese Kriterien sorgfältig geprüft, um zu bestimmen, welche für die Studie als geeignet erachtet werden. Die Klassifikationskriterien umfassen:

1. Wissenschaftstheoretischer Ansatz der Studie
2. Erkenntnisziel der Studie
3. Gegenstand der Studie
4. Datengrundlage bei empirischen Studien
5. Bildung und Behandlung von Untersuchungsgruppen bei explanativen Studien
6. Erkenntnisinteresse bei empirischen Studien
7. Untersuchungsort bei empirischen Studien
8. Anzahl der Untersuchungszeitpunkte bei empirischen Studien
9. Anzahl der Untersuchungsobjekte bei empirischen Studien

Im Rahmen dieser Studie wurde der qualitative Ansatz als wissenschaftstheoretischer Ansatz ausgewählt, mit dem Ziel, durch induktive Forschungslogik neue Einsichten zu gewinnen. Döring (2023d) beschreibt den qualitativen Forschungsansatz wie folgt:

„In der qualitativen Sozialforschung wird in bewusst nicht-standardisierter Weise zu relativ wenig Fällen umfassendes verbales, visuelles und/oder audiovisuelles Datenmaterial erhoben und interpretativ ausgewertet, um auf dieser Basis den Untersuchungsgegenstand im Kontext detailliert zu beschreiben sowie Hypothesen und Theorien zu entwickeln. Der qualitative Forschungsansatz folgt primär einer theorieentdeckenden Forschungslogik, wobei das induktive, datengestützte Vorgehen besonders wichtig ist.“ (Döring, 2023d)

Das Erkenntnisziel dieser Arbeit ist im anwendungswissenschaftlichen Bereich verankert, wobei speziell das Problem der Integration cloudbasierter Predictive Maintenance untersucht wird. Die Forschung verfolgt einen empirischen und explorativen Ansatz, um neue Erkenntnisse zu

generieren, die einen wertvollen Beitrag sowohl für die akademische Forschung als auch für die praktische Anwendung leisten. Darüber hinaus wird eine Querschnittsstudie angewandt, bei der zu einem bestimmten Zeitpunkt Daten durch Interviews mit relevanten Akteur*innen im Feld erhoben werden. Die Auswahl der gesamten Klassifikationskriterien des Untersuchungsdesigns und ihre Anwendung werden detailliert in der nachfolgenden Tabelle 4-1 präsentiert. Das Kriterium „Bildung und Behandlung von Untersuchungsgruppen“ findet in dieser Studie keine Anwendung, da es vorrangig für explanative Studien relevant ist.

Klassifikationskriterium	Ansatz
Wissenschaftstheoretischer Ansatz	Qualitative Studie
Erkenntnisziel der Studie	Unabhängig anwendungswissenschaftliche Studie
Gegenstand der Studie	Original empirische Studie
Datengrundlage bei empirischen Studien	Primäranalyse
Erkenntnisinteresse bei empirischen Studien	Explorative Studie
Untersuchungsort	Feldstudie
Anzahl der Untersuchungszeitpunkte	Querschnittstudie
Anzahl der Untersuchungsobjekte	Stichprobenstudie

Tabelle 4-1: Klassifikationskriterien des Untersuchungsdesigns (in Anlehnung an Döring, 2023f)

4.2 Stichprobenziehung

In der qualitativen Forschung wird aufgrund des umfassenden Umfangs an Material, das für jeden Einzelfall gesammelt wird, typischerweise eine Beschränkung auf kleinere Stichproben vorgenommen. Diese Stichproben werden sorgfältig und bewusst auf Basis ihres potenziellen Informationsgehalts ausgewählt, um sicherzustellen, dass die untersuchten Fälle die relevantesten und aussagekräftigsten Daten liefern. Döring (2023e) beschreibt dies als „bewusste bzw. absichtsvolle Auswahl“. Sie erklärt:

„Damit ist gemeint, dass auf der Basis theoretischer und empirischer Vorkenntnisse gezielt solche Fälle in das Sample aufgenommen werden, die besonders aussagekräftig für die Fragestellung sind.“ (Döring, 2023e)

Für diese Arbeit werden Expert*innen als Stichprobe ausgewählt und danach Interviews durchgeführt, um die notwendigen Daten für die Analyse zu erfassen. Expert*innen sind laut Bogner et al. (2014) folgende Personen:

„Experten lassen sich als Personen verstehen, die sich – ausgehend von einem spezifischen Praxis- oder Erfahrungswissen, das sich auf einen klar begrenzten Problembereich bezieht – die Möglichkeit geschaffen haben, mit ihren Deutungen das konkrete Handlungsfeld sinnhaft und handlungsleitend für Andere zu strukturieren.“ (Bogner et al., 2014)

Um eine korrekte und geeignete Auswahl treffen zu können werden Kriterien definiert, die die Auswahl der Expert*innen erleichtern sollen. Dies ist notwendig, um den Bias bei der Auswahl möglichst gering zu halten. Unter anderem ist es erforderlich, dass die potentiellen Teilnehmer*innen Expertise in den Instandhaltungsstrategien haben. Auch sollte zumindest Erfahrung im Bereich der zustandsorientierten Instandhaltung vorhanden sein, da diese als Grundvoraussetzung für Predictive Maintenance gilt. Auch ist es wichtig, dass sowohl Vertreter*innen von Fertigungsbetrieben als auch Predictive Maintenance-Dienstleister für die Stichprobe berücksichtigt werden. Dies ist relevant, da beide Seiten wertvolle Einblicke für oder gegen die Entscheidung für die cloudbasierte Predictive Maintenance bieten können. Zudem sollten die Experten*innen in entscheidungsfähigen Positionen sein, vor allem bei den produzierenden Unternehmen.

Folgende Kriterien müssen die Expert*innen folgedessen zumindest erfüllen, damit sie für die Stichprobe in Betracht gezogen werden können:

1. Expertise in Instandhaltungsstrategien
2. Branchenzugehörigkeit
3. Erfahrung und Kenntnisse im Bereich der zustandsorientieren Instandhaltung
4. Rolle als Dienstleister oder Vertreter*in eines Fertigungsbetrieb

Um einen weiteren Bias durch eine falsche Auswahl vermeiden zu können, wird den Teilnehmer*innen im Vorfeld ein Handout mit den relevantesten Informationen dieser Forschungsarbeit zur Verfügung gestellt. Durch diese Maßnahme können im Vorfeld schon durch Informationsaustausch per E-Mail oder telefonisch potentielle Teilnehmer*innen von der Studie ausgeschlossen werden, wenn sie die erforderlichen Kriterien nicht erfüllen. Die in nachfolgender Tabelle 4-2 aufgelisteten Interviewpartner*innen konnten schlussendlich für die Studie akquiriert werden. Es ist ein schöner Ausgleich zwischen Dienstleistern und produzierenden Betrieben gelungen. Auch konnten höchstqualifizierte Expert*innen hinsichtlich der Predictive Maintenance und Entscheidungsträger*innen in höheren Position für die Stichprobe aufgenommen werden. In folgender Tabelle 4-2 sind die Interviewteilnehmer*innen aufgeschlüsselt. „P“ steht in diesem Kontext für produzierende Unternehmen und „D“ für Dienstleister.

Identifikation	Jobtitel	Durchführung	Umgebung
P1	Head of Investment and Maintenance	14.12.2023 - 40 min	Microsoft Teams
P2, P3	Teamleader Infrastructure Management, Infrastructure Specialist	14.12.2023 - 48 min	In Präsenz
P4	Head of Investment and Maintenance	15.12.2023 - 38 min	Microsoft Teams
P5	Asset Manager	10.01.2024 - 1h 11min	Microsoft Teams
D1	Geschäftsführer	07.12.2023 - 34 min	In Präsenz
D2	Geschäftsführer	19.12.2023 - 53 min	Microsoft Teams
D3	Teamleader Product Manager	24.01.2024 - 52min	Microsoft Teams

D4	Predictive Maintenance Specialist	14.12.2023 - 45 min	Microsoft Teams
D5	Geschäftsführerin	15.12.2023 - 1h 6 min	Microsoft Teams
D6	Product Manager Data Intelligence	11.12.2023 - 41 min	In Präsenz
D7	Product Manager Software & IT	17.01.2024 - 55 min	Microsoft Teams

Tabelle 4-2: Stichprobe (Quelle: Eigene Darstellung)

4.3 Datenerhebung

Die Phase der Datensammlung stellt einen zentralen Abschnitt innerhalb jeder empirischen Untersuchung dar. Während dieser Phase, die sich über eine variierende Zeitspanne erstrecken kann, erfolgt die systematische Erfassung von Daten, sei es in numerischer oder nicht-numerischer Form. Diese Daten sind für die Beantwortung der im Forschungsprozess aufgeworfenen Fragen oder für die Formulierung von Hypothesen unerlässlich. Die Methoden, die für die Datenerhebung angewandt werden, variieren erheblich in Bezug auf ihre Durchführung, den damit verbundenen Aufwand sowie insbesondere hinsichtlich der Beschaffenheit und des Informationsgehalts der gewonnenen Daten (Döring, 2023c).

Für die Erhebung der Daten in dieser Arbeit wird das wissenschaftliche Interview als empirische Datenerhebungsmethode ausgewählt. Das Interview ist eine Methodik der empirischen Wissenschaft. Es dient dazu, Daten von einer Person, mehreren Personen oder Personengruppen zu erheben. Jedes Interview besteht aus mindestens einer Person, die Fragen stellt (in der Regel ein*e am Projekt beteiligte*r Forscher*in oder Dienstleister) und einer Person, die diese Fragen beantwortet. Die Antworten der befragten Person sind die zu erzielenden Daten. Es wird je nach Ausrichtung der Forschung und der Beschaffenheit der Fragen zwischen folgenden Interviewformen unterschieden:

- Strukturierte Interviews
- Semistrukturierte Interviews
- Unstrukturierte Interviews (MH Scan & Print GmbH, 2023)

Das Interview mit den Teilnehmer*innen wurde semistrukturiert bzw. halbstrukturiert durchgeführt. Das bedeutet, dass die Gespräche basierend auf einem Leitfaden mit offenen Fragen geleitet wurden. Es wird zwar die Reihenfolge der Fragen vorgegeben, jedoch ist es auch erlaubt je nach Interviewsituation individuelle Anpassungen zu treffen, oder Vertiefungen in diversen Gebieten durchzuführen (Döring, 2023c).

In zehn Interviews wurde jeweils eine Person befragt. Bei einem weiteren Interview fand eine Gruppenbefragung statt, an der zwei Personen teilnahmen. Acht Interviews wurden online via Microsoft Teams (MS Teams) durchgeführt und drei in einem persönlichen Gespräch. Die Interviews wurden bei Präsenzterminen mit dem Handy und bei Online-Meetings via OBS Studio 29.1.2 aufgezeichnet.

Die Gliederung des verwendeten Interviewleitfadens basiert sowohl auf deduktiven Überlegungen aus der theoretischen Forschung als auch auf persönlichen Erfahrungen. Die Auswahl und Strukturierung der Themenbereiche wurden gezielt vorgenommen, um einen direkten Beitrag zur Beantwortung der Forschungsfrage zu leisten. Im Folgenden wird ein detaillierter Einblick in die einzelnen Abschnitte des Leitfadens gegeben. Die ausformulierten Interviewfragen, angepasst an die Perspektive der Dienstleister oder die der produzierenden Unternehmen, sind im Anhang A und Anhang B dokumentiert.

1. Einführung und Information

Zu Beginn des Gesprächs erfolgten eine gegenseitige Vorstellung sowie eine detaillierte Erläuterung des Interviewzwecks, einschließlich der angewandten Methodik. Zusätzlich wurde der Prozess der Anonymisierung dargelegt, wobei klargestellt wurde, dass Namen von Teilnehmenden und Unternehmen in der Transkription ungenannt bleiben und die Audioaufnahmen nach der Transkription gelöscht werden.

2. Hintergrund und Erfahrung der Befragten

Dieser Abschnitt zielt darauf ab, tiefergehende Informationen über den beruflichen Hintergrund und die Erfahrungen der interviewten Person zu gewinnen.

3. Produktionsanlagen und deren Wartungsstrategien im Unternehmen

Hier wird untersucht, wie Unternehmen Wartung als strategischen Erfolgsfaktor betrachten und welche Instandhaltungsstrategien aktuell für die Produktionsanlagen eingesetzt werden. Des Weiteren werden die Teilnehmenden über sechs zentrale Handlungsfelder befragt und gebeten, die Positionierung ihres Dienstleisters bzw. ihres produzierenden Unternehmens zu bewerten.

4. Predictive Maintenance und dessen Bezug zu Cloud-Technologien

In diesem Teil des Interviews wird das Verständnis von Predictive Maintenance anhand von Erfahrungen und Kenntnissen erörtert. Es wird auch der Nutzen der Anwendung von Cloud-Technologien für solche Lösungen erforscht.

5. Digitale Infrastruktur

Das Ziel dieses Segments ist es, die Aktualität und Flexibilität der IT- und OT-Infrastrukturen in den Unternehmen aus der Sicht der Expert*innen zu bewerten. Interesse besteht ebenso an bestehenden Datenmanagementlösungen sowie an der Vertrautheit mit den Konzepten der Industrie 4.0 und der Smart Factory.

6. Finanzielle, technische, organisatorische Herausforderungen und Risiken

In diesem Abschnitt werden die technischen, finanziellen und organisatorischen Herausforderungen und Risiken thematisiert, die bei der Einführung von cloudbasierter Predictive Maintenance zu erwarten sind, basierend auf den Einschätzungen der Befragten.

7. Strategien und Lösungsansätze

Hier sollen mögliche Lösungsansätze und Handlungsempfehlungen diskutiert werden, die bei der Implementierung von cloudbasierter Predictive Maintenance unterstützend wirken könnten.

8. Zukunftsperspektiven

Dieser Teil widmet sich den erwarteten Trends und Entwicklungen in den kommenden Jahren und erörtert, wie die Teilnehmenden die Zukunft der cloudbasierten Predictive Maintenance einschätzen.

9. Abschluss

Zum Abschluss haben die Teilnehmenden die Möglichkeit, eigene Anmerkungen oder Gedanken zu teilen. Sie werden auch um Feedback zum Interviewprozess gebeten, um eine kontinuierliche Verbesserung desselben zu fördern.

4.4 Datenaufbereitung

Nach dem Abschluss der Datensammlung können Forschende sich mit einer Vielzahl von Rohdaten konfrontiert sehen, darunter beispielsweise ausgefüllte Fragebögen oder Tonaufnahmen aus Interviews. Diese Rohdaten, die in unterschiedlichen Formen und Formaten vorliegen, weisen oft Lücken und Widersprüche auf und sind insgesamt schwer vollständig zu erfassen. Bevor eine systematische Analyse beginnen kann, ist eine gründliche Vorbereitung dieser Daten notwendig. Dieser Prozess umfasst das sorgfältige Sortieren, Kommentieren, Formatieren, Anonymisieren, Bereinigen und gegebenenfalls Transformieren der Daten. Ziel dieser Vorbereitungsphase ist es, gut strukturierte, mit Metainformationen angereicherte, fehlerfreie und anonymisierte Datensätze zu erhalten, die anschließend mit spezieller Software für qualitative oder quantitative Analysen bearbeitet werden können (Döring, 2023b).

Wenn man eigene Daten gesammelt hat, etwa durch qualitative Interviews oder Fokusgruppen, die als Audio aufgezeichnet wurden, steht man vor der Herausforderung, diese in Textform zu überführen. Früher war die Transkription ein besonders zeitintensiver Teil des Forschungsprozesses in den Sozialwissenschaften. Heutzutage jedoch erleichtern automatische Transkriptionsdienste diese Aufgabe erheblich, indem sie den Zeitaufwand deutlich reduzieren (Kuckartz & Rädiker, 2022).

In dieser Arbeit kam für die Transkription der Audiodateien ein Softwareprogramm zum Einsatz, das unter dem Namen aTrain bekannt ist, wobei aTrain für „Accessible Transcriptions of Interviews“ steht. Die Software wurde in der Version 1.1.0 verwendet. Entwickelt wurde es von Forschenden des Business Analytics und Data Science-Centers an der Universität Graz (Business Analytics and Data Science-Center, 2024). Diese automatisierten vorerstellten Transkripte müssen dann bedingterweise nachbearbeitet werden. Für diese werden dann spezifische, im Voraus definierte Regeln angewandt, die allgemein als Transkriptionsregeln bekannt sind (Kuckartz & Rädiker, 2022). Diese befinden sich im Anhang C. Zusätzlich zu den Transkriptionsregeln wurde bei der Transkription darauf geachtet, dass alle Datensätze anonymisiert wurden. Das bedeutet die „Entfernung/Ersetzung von Informationen, die zur Identifizierung von Untersuchungsteilnehmer*innen führen könnten“ (Döring, 2023b). Die Transkripte der Interviewpartner*innen, in denen die Transkriptionsregeln bereits angewendet wurden, sind in den Anhängen E bis O zu finden.

4.5 Datenanalyse

Der Prozess der Datenanalyse verfolgt das Ziel, die im Kontext des Forschungsproblems aufgestellten Fragen auf Grundlage der gesammelten empirischen Daten systematisch und transparent zu beantworten oder bestehende Forschungshypothesen mit den Daten zu überprüfen bzw. neue Hypothesen zu generieren. Eine grundlegende Voraussetzung für eine effektive Datenanalyse ist die sorgfältige Durchführung der Datensammlung (Kapitel 4.3), gefolgt von einer adäquaten Datenaufbereitung (Kapitel 4.4). Abhängig von der Art des Datenmaterials, ob es sich um qualitative oder quantitative Daten handelt, sind unterschiedliche Analysemethoden erforderlich (Döring, 2023a).

Für diese Arbeit ist aufgrund des nicht numerischen Datenmaterials die qualitative Datenanalyse auszuwählen. Für die Analyse gibt es verschiedene allgemeine qualitative Auswertungsmethoden:

- Objektive Hermeneutik
- Qualitative Inhaltsanalyse
- Dokumentarische Methode
- Grounded-Theory-Methodologie

Für die weitere Auswertung in dieser Forschungsarbeit wird die qualitative Inhaltsanalyse als die geeignetste Methode empfunden, da sie es ermöglicht, Inhalte durch Kategorienbildung aus Textmaterial wie z. B. Transkripten darzustellen und anschließend auswerten zu können (Döring, 2023a). Die qualitative Datenanalyse kann entweder manuell oder computergestützt durchgeführt werden. In dieser Arbeit wird der computergestützte Zugang bevorzugt. Das war auch einer der Gründe, warum das Ablaufmodell der qualitativen Inhaltsanalyse nach Kuckartz & Rädiker, (2022) und nicht nach beispielsweise Mayring & Fenzl (2022) durchgeführt wurde, da das Vorgehen im Vorhinein die Unterstützung von qualitativer Datenanalysesoftware (QDA-Software) beinhaltet. Ein weitere zentraler Grund war, dass die fallorientierte Perspektive oder viel mehr Fallzusammenfassungen über das Gesagte bei Mayring & Fenzl (2022) kaum eine Bedeutung haben (Steigleder, 2008).

Kuckartz & Rädiker (2022) beschreiben die qualitative Inhaltsanalyse wie folgt:

„Unter qualitativer Inhaltsanalyse wird die systematische und methodisch kontrollierte wissenschaftliche Analyse von Texten, Bildern, Filmen und anderen Inhalte von Kommunikation verstanden. Es werden nicht nur manifeste, sondern auch latente Inhalte analysiert. Im Zentrum der qualitativen Analyse stehen Kategorien, mit denen das gesamte für die Forschungsfrage(n) bedeutsame Material codiert wird. Die Kategorienbildung kann deduktiv, induktiv oder deduktiv-induktiv erfolgen. Die Analyse geschieht primär qualitativ, kann aber auch quantitativ-statistische Auswertungen integrieren; sie kann sowohl kategorienorientiert als auch fallorientiert erfolgen.“ (Kuckartz & Rädiker, 2022)

Speziell wurde die inhaltliche strukturierende qualitative Inhaltsanalyse, die in Abbildung 4-1 ersichtlich ist, angewandt. Diese kann als Kernmethode innerhalb qualitativer Forschungsansätze

betrachtet werden. Sie charakterisiert sich durch die Anwendung mehrerer Codierungsdurchgänge, bei denen das Material mithilfe sowohl deduktiv als auch induktiv entwickelter Kategorien codiert wird (Kuckartz & Rädiker, 2022).

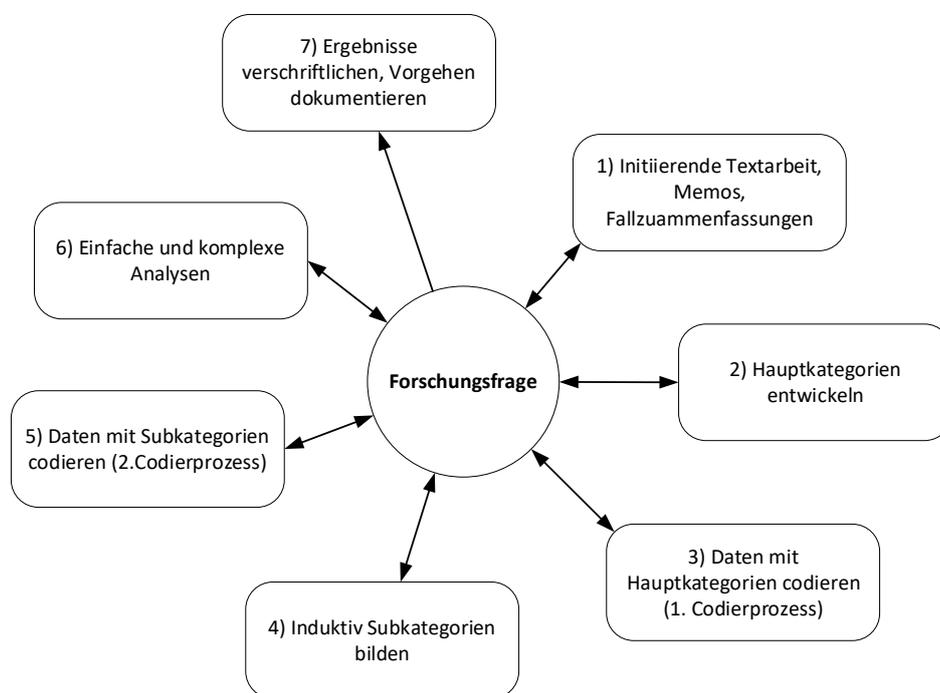


Abbildung 4-1: Ablauf einer inhaltlichen qualitativen Inhaltsanalyse (in Anlehnung an Kuckartz & Rädiker, 2022)

Die inhaltliche strukturierende qualitative Inhaltsanalyse wird in sieben Phasen unterteilt, die in der Arbeit strikt verfolgt wurden. Nachfolgend wird jede dieser Phasen detailliert beschrieben, wobei auch die spezifischen, im Rahmen der Arbeit durchgeführten Schritte und relevanten Informationen näher beleuchtet werden.

4.5.1 Phase 1: Initiierende Textarbeit

In der ersten Phase beginnt die Auswertung mit einem sorgfältigen Erstlesen des Textes, dem Anfertigen von Memos und dem Erstellen kurzer Fallzusammenfassungen, den sogenannten Case Summaries. Dabei werden besonders wichtige Textstellen markiert und Randnotizen mit Beobachtungen oder spontanen Auswertungsideen festgehalten, was den Einstieg in die strukturierte Analyse bildet (Kuckartz & Rädiker, 2022).

4.5.2 Phase 2: Hauptkategorien entwickeln

Bei der qualitativen Inhaltsanalyse wird durch die Anwendung von Kategorien und Subkategorien eine strukturierte Analyse des Inhalts vorgenommen. Diese Methode nutzt Themen und Unterthemen als Analysekatoren, um die Daten systematisch zu organisieren. Die Bildung von Hauptkategorien basiert oft auf den Forschungsfragen, die die Untersuchung angeleitet haben und somit eine direkte Verbindung zu den erhobenen Daten aufweisen. Dieser Ansatz ermöglicht

es, die Daten mit Blick auf die ursprünglichen Forschungsziele gezielt zu strukturieren und zu interpretieren (Kuckartz & Rädiker, 2022).

Die Hauptkategorien, wie in Tabelle 4-3 illustriert, samt ihrer Beschreibungen, wurden deduktiv aus dem Leitfaden der Interviews hergeleitet. Diese Vorgehensweise verstärkt die Qualität des Codierungsprozesses, insbesondere weil in dieser Studie die Codierung ausschließlich vom Verfasser selbst durchgeführt wurde. Kuckartz und Rädiker (2022) erläutern dazu, dass das Codieren durch nur eine Person nicht die ideale Lösung darstellt, es jedoch vertretbar ist, wenn der Interviewleitfaden eine starke Vorstrukturierung bietet. In einem solchen Fall erleichtert die Ableitung der Hauptkategorien aus dem Leitfaden die Entscheidungsfindung bei der ersten Codierung und reduziert die Komplexität bei der korrekten Anwendung einer Kategorie:

„Es lässt sich aber kaum bezweifeln, dass das Codieren durch lediglich eine Person in der Regel keine optimale Lösung darstellen kann. Es ist allenfalls dann unproblematisch, wenn es sich um ein Interview handelt, das durch den Leitfaden stark vorstrukturiert ist. Werden in diesem Fall die Hauptkategorien direkt aus dem Leitfaden hergeleitet, so sind bei einer inhaltlich strukturierenden Analyse im ersten Codierdurchgang weniger schwierige Entscheidungen über die richtige Anwendung einer Kategorie erforderlich.“ (Kuckartz & Rädiker, 2022)

Hauptkategorie	Inhaltliche Beschreibung
Industrielle Instandhaltung	Alle Aussagen, die die Instandhaltung in produzierenden Unternehmen zum Inhalt haben
Cloudbasierte Predictive Maintenance	Themen, die Predictive Maintenance behandeln und den Nutzen der Cloud-Technologie darstellen
IT-/OT-Infrastruktur	Thematiken zur IT-/OT-Infrastruktur und zur Digitalisierung der industriellen Produktion in Zusammenhang mit Predictive Maintenance
Herausforderungen und Risiken	Erfassung und Analyse der verschiedenen Herausforderungen und Risiken, die mit der Einführung und Umsetzung von cloudbasierter Predictive Maintenance in Produktionsunternehmen verbunden sind
Handlungsempfehlungen	Handlungsempfehlungen und Vorschläge, um Predictive Maintenance effektiv in den Unternehmen integrieren zu können
Zukunftsperspektiven	Bedeutung von Predictive Maintenance und relevante Trends in der Zukunft

Tabelle 4-3: Entwickelte Hauptkategorien (Quelle: Eigene Darstellung)

4.5.3 Phase 3: Daten mit Hauptkategorien codieren (1. Codierprozess)

Bei der Durchführung des ersten Codierprozesses ist es ratsam, jeden Text von Anfang bis Ende in einer sequenziellen Weise, also Zeile für Zeile, zu durchlaufen, um Textsegmente entsprechenden Kategorien zuzuordnen. In diesem Schritt muss für jeden Textabschnitt beurteilt werden, welche Kategorien thematisiert werden, um diese dann entsprechend zuzuweisen.

Textstellen, die keine relevante Bedeutung tragen oder für die Forschungsfrage irrelevant sind, werden dabei nicht codiert.

Bei der Kategorienzuweisung wird normalerweise der Grundsatz verfolgt, dass im Falle von Unsicherheiten die Einordnung basierend auf einer Gesamtbetrachtung des Textes erfolgt. Diese Praxis lehnt sich an die hermeneutische Regel an, die besagt, dass das Verständnis des Ganzen durch das Verständnis jedes einzelnen Teils erreicht wird. Da ein Textabschnitt oder sogar ein Satz mehrere Themen beinhalten kann, ist es möglich und manchmal notwendig, denselben Abschnitt mehreren Kategorien zuzuordnen. Diese flexible Herangehensweise ermöglicht eine umfassende und tiefgreifende Analyse des Materials, indem sie die Vielschichtigkeit und Komplexität der Texte berücksichtigt (Kuckartz & Rädiker, 2022).

4.5.4 Phase 4: Induktiv Subkategorien bilden

Für die inhaltlich strukturierende Analyse erfolgt nach dem ersten Codierdurchgang in der Regel eine Verfeinerung der anfänglich breit angelegten Kategorien, besonders für die, die von zentraler Bedeutung für die Studie sind. Dieser Prozess der Ausdifferenzierung und Bestimmung von Subkategorien umfasst die Auswahl einer Hauptkategorie zur weiteren Unterteilung, die Zusammenstellung aller zugehörigen Textstellen und das induktive Bilden von Subkategorien direkt aus dem Material. Anschließend werden diese Subkategorien geordnet, relevante Dimensionen identifiziert und eventuell zu übergeordneten Subkategorien zusammengefasst. Abschließend werden Definitionen für die Subkategorien formuliert (Kuckartz & Rädiker, 2022).

4.5.5 Phase 5: Daten mit Subkategorien codieren (2. Codierprozess)

Nach der initialen Kategorienbildung folgt eine intensive Phase der Analyse, in der ein zweiter Codierprozess stattfindet. Dabei werden die verfeinerten Subkategorien genutzt, um ihnen die bereits unter der Hauptkategorie codierten Textstellen zuzuordnen. Dieser systematische Schritt verlangt einen erneuten Durchgang durch das bereits codierte Material und erfordert eine gründliche Vorbereitung, um sicherzustellen, dass ausreichend Material für eine präzise Ausdifferenzierung vorliegt. Ein zu geringer Datenumfang bei der Bildung von Subkategorien kann später Korrekturen notwendig machen, was zu einem erheblichen zeitlichen Mehraufwand führt. Die Empfehlung lautet, die Anzahl der Subkategorien pragmatisch zu wählen und den Umfang der Stichprobe zu berücksichtigen, um Überdifferenzierungen zu vermeiden, besonders wenn anschließend Typologien gebildet werden sollen. Der Analyseprozess wird typischerweise in Zyklen durchgeführt, wobei die Fokussierung auf bestimmten Hauptkategorien liegt. Neu erhobene Daten können den Subkategorien direkt zugeordnet werden, ohne sie vorab mit Hauptkategorien zu codieren, wenn die Subkategorien bereits definiert wurden. Abschließend kann eine Überarbeitung der zu Beginn erstellten Fallzusammenfassungen unter Berücksichtigung der entwickelten Kategorien und Subkategorien sinnvoll sein, um einen kohärenten und einheitlichen Bericht zu gewährleisten (Kuckartz & Rädiker, 2022).

4.5.6 Phase 6: Einfache und komplexe Analysen

In der sechsten Phase, nach Abschluss des zweiten Codierdurchgangs, werden sowohl einfache als auch komplexe Analysen durchgeführt, die als Grundlage für die Darstellung der Ergebnisse dienen. Die unterschiedlichen Typen dieser Analysen sind in Abbildung 4-2 übersichtlich dargestellt.

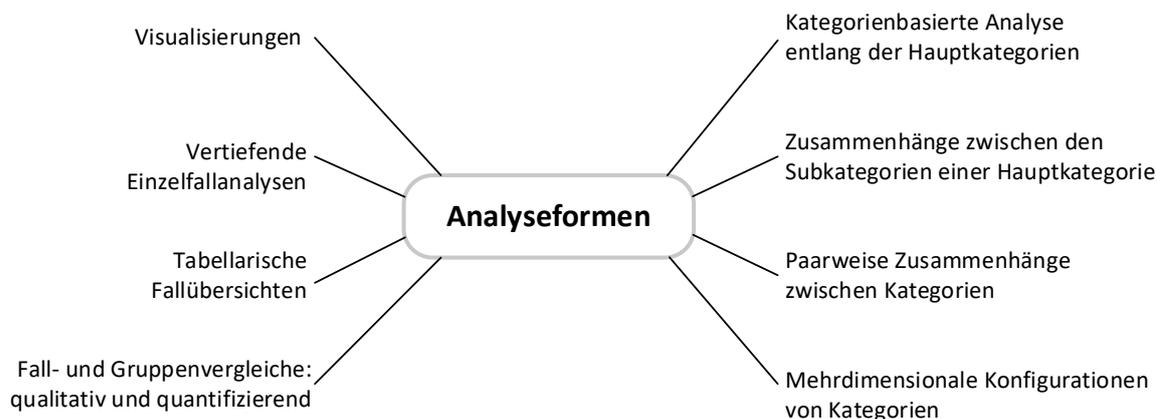


Abbildung 4-2: Verschiedene Formen einfacher und komplexer Analyse nach Abschluss des Codierens (in Anlehnung an Kuckartz & Rädiker, 2022)

Es müssen nicht alle Formen der Analysen durchgeführt werden. Sie stellen nur potentielle Möglichkeiten der Auswertungsformen dar, wie Kuckartz & Rädiker (2022) betonen:

„Es ist wichtig zu betonen, dass es sich bei den hier aufgeführten und im Folgenden erläuterten Analyseformen um Möglichkeiten der Analyse handelt, das heißt, es ist weder notwendig noch vorgeschrieben, in einer Studie alle Auswertungsformen einzusetzen.“ (Kuckartz & Rädiker, 2022)

Für diese Arbeit und die Beantwortung der Forschungsfrage wurde die kategorienbasierte Analyse entlang der Hauptkategorien als geeignet empfunden, da sie eine strukturierte und themenfokussierte Auswertung ermöglicht. Die Ergebnisse der Arbeit werden hierbei nach den Hauptkategorien sinnvoll und logisch in der Reihenfolge gegliedert um dem*der Leser*in einen nachvollziehbaren Aufbau vermitteln zu können. Bei dieser Form der Auswertung ist es wichtig, „inhaltliche Ergebnisse in qualitativer Weise zu präsentieren, wobei durchaus auch Vermutungen geäußert und Präsentationen vorgenommen werden können“ (Kuckartz & Rädiker, 2022).

4.5.7 Phase 7: Ergebnisse verschriftlichen und Vorgehen dokumentieren

Am Ende der Analysephase steht die Aufgabe, die erzielten Ergebnisse, gewonnenen Einsichten und Antworten auf die Forschungsfragen in einem abschließenden Bericht festzuhalten. Dieser Prozess baut auf den vorangegangenen Arbeitsschritten auf, indem frühere Memos, Textentwürfe und Auswertungen zu einem kohärenten Abschlusstext zusammengefasst werden. Die Synthese dieser Elemente ermöglicht eine umfassende Darstellung der Forschungsergebnisse (Kuckartz & Rädiker, 2022). Die Ergebnisse dieses Schrittes werden in Kapitel 5 dargestellt.

5 DARSTELLUNG DER ERGEBNISSE

Im Folgenden werden die Ergebnisse der kategorienbasierten Analyse, strukturiert nach den zuvor definierten Hauptkategorien, dargestellt. Die Erkenntnisse zu den jeweiligen Subkategorien, die deduktiv ermittelt wurden, werden detailliert beschrieben. Um die Aussagekraft der Ergebnisse zu unterstreichen, werden besonders prägnante Zitate aus den Interviews hervorgehoben, die als Belege für die zentralen Erkenntnisse dienen. Aufgrund des Umfangs und der Übersichtlichkeit sind nicht alle spezifischen Unterkategorien innerhalb der Subkategorien im Text detailliert aufgeführt. Eine vollständige Übersicht der Kodierung ist im Anhang D zu finden.

5.1 Hauptkategorie 1: Industrielle Produktion und Instandhaltung

Die erste Hauptkategorie konzentriert sich auf die industrielle Produktion und deren Instandhaltung. Sie zielt darauf ab, die Bedeutung der Instandhaltung innerhalb von Unternehmen hervorzuheben und deren strategischen Stellenwert zu unterstreichen. Weiterhin beleuchtet sie die Vielfalt der Instandhaltungsstrategien, die in den Unternehmen verfolgt werden, und gibt Einblick in die Visionen einer fortschrittlicheren, intelligenteren Instandhaltung. Diese Aspekte bilden zugleich die Subkategorien dieser Hauptkategorie (Tabelle 5-1), die durch einen deduktiven Prozess identifiziert wurden.

Subkategorie	Inhaltliche Beschreibung
Instandhaltung als strategischer Erfolgsfaktor	Betrachtung der Instandhaltung als Erfolgsfaktor für die Produktion
Instandhaltungsstrategien	Instandhaltungsstrategien, die derzeit in Unternehmen im Einsatz sind
Zielvision Smart Maintenance	Betrachtung der sechs zentralen Handlungsfelder in Richtung Zielvision Smart Maintenance Abbildung 2-6

Tabelle 5-1: Definition der Subkategorien zur Hauptkategorie 1 (Quelle: Eigene Darstellung)

5.1.1 Subkategorie: Instandhaltung als strategischer Erfolgsfaktor

Die durchgeführten Interviews mit Dienstleistern und produzierenden Unternehmen verdeutlichten die kritische Bedeutung der Instandhaltung als strategischen Erfolgsfaktor in der heutigen Geschäftswelt. Sie wird nicht mehr nur als notwendige Routineaufgabe angesehen, sondern vielmehr als ein wichtiges Element, das einen maßgeblichen Beitrag zur Produktivität und Qualität leistet (P1, Pos.10). Befragter D1 und D2 hoben die essenzielle Rolle der Instandhaltung hervor:

„Ich glaube, dass die Instandhaltung enorm wichtig ist. Die Instandhaltung ist einer der wichtigsten Abteilungen im Produktionsunternehmen, weil diese Abteilung hält den Laden am Laufen.“ (D1, Pos. 11)

„Das war schon immer ein bedeutender Faktor, wird aber mit der aktuellen Entwicklung, die wir an den Märkten beobachten, tatsächlich ein Schwergewicht für den Unternehmenserfolg.“ (D2, Pos. 13)

Die strategische Bedeutung der Instandhaltung wurde auch im Kontext des Marktumfeldes und der Unternehmensstrategie in den Interviews analysiert. D2 erörterte hierbei, dass die Instandhaltung strategisch eingesetzt wird und zum Unternehmenserfolg beitragen kann, wenn sie gezielt und organisiert genutzt wird:

„Für mich steckt da drin ein ganz wichtiges Wort, das ist das „Strategisch“. Instandhaltung wird überall gemacht, aber nicht überall strategisch eingesetzt. Und ich kriege es dann zu einem Unternehmenserfolg, oder ich sehe es dann mit ganz hohem Nutzen verbunden, wenn ich es sehr strategisch nutze und einsetze. Brauchen tu ich es ja immer, aber es ist die Frage, wie organisiert bin ich da drin, wie strukturiert bin ich da drin. Weiß ich, wo ich quasi hin will mit der Instandhaltung und habe ich dann eben eine Strategie, um diese Ziele zu erreichen. Das ist ganz wichtig.“ (D5, Pos. 11)

Die Herausforderungen der modernen Wirtschaft, wie Preisdruck und Wettbewerb, machen die Instandhaltung zu einem noch kritischeren Erfolgsfaktor. Befragter D3 brachte dabei zum Ausdruck, dass eine effiziente Instandhaltungscrow, die für einen reibungslosen Betrieb der Anlagen sorgt, essentiell für den Unternehmenserfolg ist:

„Wir sehen uns mit immer mehr Preisdruck und immer mehr Wettbewerbsdruck konfrontiert weltweit. Die Luft wird dünner, da oben sagt man. Das ist natürlich, je besser meine Crew ist, die dafür sorgt, dass meine Assets laufen und dass wir an einer sehr hohen Produktivität hängen, desto besser läuft es.“ (D3, Pos. 6)

5.1.2 Subkategorie: Instandhaltungsstrategie

In der Theorie (Kapitel 2.2) werden unterschiedliche Varianten der Instandhaltungsstrategien genauer beschrieben und dargestellt. Im Zuge dessen wurden die Interviewpartner*innen befragt, welche Instandhaltungsstrategien sie in den Unternehmen am häufigsten in deren Alltag integriert sehen. Der Großteil der Befragten sah meist eine Mischform der verschiedenen Instandhaltungsstrategien in den Wartungsabteilungen von den Unternehmen integriert. Folgende Aussagen der Befragten unterstrichen diese These:

„Also ganz klar, es gibt Mischformen von diesen drei großen Strategien.“ (D2, Pos. 17)

„Also die meisten haben aktuell eine Mischung aus korrektiv und präventiv.“ (D4, Pos. 25)

„Das ist ehrlich gesagt noch eine ziemliche Mischform.“ (P4, Pos. 19)

„Also wir haben da sicher eine Mischform.“ (P5, Pos. 21)

Bei den unterkategorisierten Formen der präventiven geplanten Instandhaltung wird meist, wie sich in den Interviews gezeigt hat, die prognostische Strategie in den Unternehmen genutzt. Die Befragten bezeichneten diese im Wesentlichen als periodisch oder als Intervall:

„Und präventiv meistens periodisch oder betriebsstundenabhängig. Das würde ich aber auch noch als periodisch sehen. Es ist nur nicht dann eine Kalenderperiode, sondern eine Betriebsstundenperiode.“ (D4, Pos. 25)

„Die meisten, würde ich sagen, sind immer noch in einer präventiven Instandhaltung, wo nach einer bestimmten Anzahl an Stunden eben das getauscht wird.“ (D3, Pos. 10)

Auch die verbessernde Form wurde laut P5 in den produzierenden Unternehmen genutzt, um die Lebensdauer der Maschinen zu verbessern und damit eventuelle Konstruktionsfehler zukünftig vermeiden zu können:

„Und da sind wir auch immer wieder dran, dass wir immer wieder mit den Mitarbeitern reden, wenn solche Korrekturen, Verbesserungen gemacht werden, die müssen auch dokumentiert werden, die müssen auch wieder in die Konstruktionszeichnungen zurückfließen, damit dieser Fehler nicht noch einmal gemacht wird.“ (P5, Pos. 23)

Bei der Betrachtung der zustandsorientierten Instandhaltung zeigte sich in den Befragungen, dass eine zunehmende Anzahl von Unternehmen diese Form der Wartung integriert. Im Gegensatz dazu wird die Predictive Maintenance, bisher nur in einer geringen Anzahl von Unternehmen strategisch eingesetzt, wie D4 verdeutlichte:

„Es gibt mehr Kunden, die zustandsorientiert arbeiten. Basierend auf meistens Condition Monitoring-Systemen, Vibrationsanalysen und Ähnliches. Aber meistens noch sehr manuell. Echte vorausschauende Wartung bzw. Predictive, prescriptive Technologien noch sehr wenige, aber die Zahl steigt.“ (D4, Pos. 27)

5.1.3 Subkategorie: Zielvision Smart Maintenance

Wie in Kapitel 2.3.3 beschrieben, wird durch die Vernetzung verschiedenster Komponenten in CPS die Zielvision einer intelligenten Instandhaltung geschaffen. Ziel hierbei ist, die Instandhaltung strategisch so in die produzierenden Unternehmen zu integrieren, dass sie langfristig die Effizienz und Qualität in den Anlagen und Maschinen erhöht. Um die aktuelle Situation besser beurteilen zu können, wurden die Expert*innen nach ihrer Einschätzung zu den sechs zentralen Handlungsfeldern befragt und wie sie die Unternehmen bzw. das eigene Unternehmen einordnen würden.

Die Befragten stellten überwiegend fest, dass das Handlungsfeld der gemeinsamen Planung aller Akteur*innen in den Unternehmen im Großen und Ganzen integriert ist. Vor allem wenn größere Wartungstätigkeiten in Anlagen durchzuführen sind, ist dies zwingend notwendig, da eine Koordination mit den verschiedensten Bereichen erforderlich ist, wie P1 betonte:

„Das wird zu einem sehr großen Teil gemeinsam durchgeführt. Zusammen mit unserer Produktionslogistik. Bei großen Anlagen ist das unbedingt erforderlich, weil da spricht man ja dann von Wartungsintervallen von mehreren Tagen bis zu eineinhalb Wochen, wenn es begleitende

Anlagen sind. Da ist es sowieso zwingend erforderlich, dass gemeinsam mit der Produktion, Logistik abzustimmen und einzuplanen.“ (P1, Pos. 27)

Experte D4 führte weiter aus, dass die Umsetzung dieser Wartungsstrategie eng mit der Größe des Unternehmens und der personellen Ausstattung seiner Instandhaltungsabteilung zusammenhänge. Dabei stellte er fest, dass kleinere Betriebe bei der Integration zustandsorientierter Instandhaltungsmaßnahmen oftmals agiler vorgehen können:

„Die Vision ist sehr, sehr stark größenabhängig. Also es gibt Instandhaltungsorganisationen, wo mehrere hundert Leute Instandhaltung machen an einem Standort. Wenn ich jetzt alleine eine Instandhaltungsorganisation hätte, vier, fünfhundert Leute plus, plant nicht mal die ganze Instandhaltung zusammen in einem Meeting. Die haben zwar Abstimmungen, aber nicht nur ein Meeting. In kleinen Unternehmen oder mittleren Unternehmen, wo die Instandhaltungsmannschaft aus zwei, drei Leuten besteht, die sind da meistens weiter, dass sie auch schon mit der Produktion gemeinsam planen, so als generelle Richtlinie.“ (D4, Pos. 35)

Die Einschätzung zur Erreichung des Handlungsfeldes der verfügbarkeitsorientierten Instandhaltung fiel bei den Interviewpartner*innen unterschiedlich aus. Befragter P4 betrachtete sein Unternehmen allerdings als auf dem richtigen Weg befindlich:

„Da muss ich schon sagen, da sind wir schon auf dem Weg verfügbarkeitsorientierte Instandhaltung. Da sind wir schon eher auf dem Weg.“ (P4, Pos. 35)

Auch haben der immer stärker werdende globale Wettbewerb und die steigenden Energiekosten einen wesentlichen Teil dazu beigetragen, dass Unternehmen Richtung verfügbarkeitsorientierte Instandhaltung gehen müssen, wie D4 betonte:

„Ja, aber das wird mehr und mehr. Einfach weil da auch eine höhere Verfügbarkeit und Prävention wird. Aber gerade unter Kostendruck und Energiekosten ist das ein wesentlicher Faktor, dass man sagt, okay, wir müssen da optimieren.“ (D4, Pos. 37)

D3 sah jedoch, dass die Unternehmen aufgrund des vorherrschenden Fachkräftemangels wieder in Richtung ungeplante und reaktive Instandhaltungsstrategie gehen müssen, wenn digitale Lösungen noch nicht gut unterstützend genug für Instandhaltungstätigkeiten eingesetzt werden.

„Und je besser das natürlich softwaregestützt ist, die reaktive Instandhaltung und dann die verfügbarkeitsorientierte Instandhaltung, wenn die gut softwarebasiert ist und wir dann keine unnötigen Sachen austauschen, also unnötige Wartungen machen, weil das Lager würde eigentlich dreimal so lang halten. Der Wartungsplan sagt aber, es müsste jetzt raus. Wir datentechnisch basiert wissen, das hält aber dreimal so lang. Dann können wir diesen Gap natürlich wieder etwas kompensieren. Der ganze Hintergrund hinter den digitalen Lösungen. Wir wollen ja die wenigen Ressourcen bestmöglich mit Wissen ausstatten, dass sie besser arbeiten können. Das tun was wirklich wertschöpft.“ (D3, Pos. 30)

Befragte D5, die als Dienstleister in vielen Unternehmen tätig ist, sagte, dass die reaktive Instandhaltung noch zu einem großen Teil in den Unternehmen integriert ist. Was jedoch nicht zu einem Nachteil führen müsse, wenn die Instandhaltungsform für die durchzuführenden Wartungstätigkeiten geeignet sei.

„Man hat in den letzten Jahren sehr stark zustandsorientiert und vorausschauend gepusht, auch was die Veröffentlichung angeht. Das spiegelt auch nicht die Wirklichkeit wider, weil wir haben trotzdem reaktive Instandhaltung sicher, mindestens noch 50 Prozent ist reaktive Instandhaltung und es spricht nichts gegen reaktive Instandhaltung. Also es ist ein guter Ansatz. Es muss halt in das Gesamtsystem reinpassen.“ (D5, Pos. 19)

Hinsichtlich des flexiblen Agierens/Reagierens bei Änderungen waren die Befragten, egal ob Dienstleister oder produzierendes Unternehmen, bis auf Experten D3 einer Meinung. Die Flexibilität und die Schaffung von Redundanzen in der Produktion und deren Anlagen, wenn Instandhaltungstätigkeiten durchgeführt werden müssen, ist ein Ziel, das Betriebe verfolgen (P1, Pos. 31; D4, Pos.39).

Des Weiteren erwähnte D7 die Bedeutung von Flexibilität in der Instandhaltung im Kontext von Industrie 4.0. Dies sei eine Voraussetzung, um erweiterte präventive Methoden effektiv einsetzen zu können:

„Die Produktion muss generell, wenn man an das Industrie 4.0-Konzept denkt, extrem anpassungsfähig und flexibel sein, mit diesem Lot-Size-One-Konzept. Dementsprechend muss natürlich auch die Instandhaltung extremst flexibel sein, was natürlich mit dem Predictive-beziehungsweise Proactive-Methodiken auf jeden Fall ein großer Schritt in diese Richtung ist, im Vergleich zu dem reaktiven.“ (D7, Pos.36)

Interviewpartner D3 vertrat die Ansicht, dass Unternehmen in der Regel ihre Anlagenkapazitäten voll ausnutzen und daher bei notwendigen Änderungen oder Wartungsarbeiten selten redundante Lösungen bereitstellen können. Es muss jedoch auch erwähnt werden, dass D3 im Dienstleistungsbereich mit hoch spezialisierten Anlagen in Kontakt kommt, wo Ressourcen für die Verarbeitung so effektiv wie möglich genutzt werden müssen:

„Ich glaube, eher nicht. Die meisten Linien, die ich gesehen habe, sind hoch spezialisiert. Bei einem großen Kunden gibt es eine Drahterodieranlage, die ganz kleine Bohrungen in so einen Injektor reinmacht, reinerodiert. Von der Anlage gibt es 52 baugleiche weltweit. Aber die eine ist halt die eine. Die funktioniert ein bisschen anders als die andere. Das Rohmaterial müsste dann von einem Standort zum nächsten, der unter Umständen ein paar hundert Kilometer weg ist, verschifft werden. Aber die Anlage hat auch schon eine Vollausslastung. Man plant ja keine Anlagenkapazitäten, sondern man plant ja das, was man tatsächlich benötigt.“ (D3, Pos. 28)

Die Befragten der produzierenden Unternehmen sahen das Wissen über die notwendigen Instandhaltungstätigkeiten zum Teil noch stark personengebunden. Die Betriebe arbeiten jedoch daran, einen besseren Wissenstransfer zu schaffen:

„Für einzelne komplexe Anlagen kann es durchaus stark personengebunden sein, aber im Großen und Ganzen ist es sehr gut verteilt über das ganze Team, das Wissensmanagements. Und wir versuchen auch, weil durchaus auch Anlagen dabei sind, wo man externe Professionisten benötigt, dass man auch das gemeinsam mit den Externen, dass man da einen Wissenstransfer durchführt.“ (P1, Pos. 35)

„Sowohl als auch. Wir sind auf dem Weg immer mehr Wissen in die Datenbank zu bekommen. Wann was gemacht werden muss und wie gemacht werden muss. Aber es ist schon noch sehr personenabhängig, die dann wirklich über die Anlagen genauer Bescheid wissen. Aber wir

befinden uns auf einem guten Weg. Das dauert. Ich war jetzt auch bei mehreren Instandhaltungskonferenzen und mit dem Thema Daten hat jeder zu kämpfen.“ (P4, Pos. 23)

Produzierende Unternehmen sehen sich auch mit den Herausforderungen des generativen Wandels konfrontiert. Besonders deutlich wird dies beim Transfer von Wissen auf jüngere Angestellte, wenn langjährige Mitarbeiter*innen das Unternehmen verlassen:

„Und du kannst ja nicht alles dokumentieren. Und es liest ja nicht jeder alles dann wieder nach. Und das ist ja gar nicht so möglich. Und somit verliert man natürlich dann immer wieder Know-how, wenn ältere, erfahrene Mitarbeiter dann das Unternehmen verlassen. Also das ist trotzdem, und ich glaube, dass man da auch nicht ganz wegkommen wird, es ist trotzdem immer wieder eine große Herausforderung, wie man den Wissenstransfer von erfahrenen Mitarbeitern zu jüngeren Mitarbeitern, wie man den schafft.“ (P5, Pos. 31)

Bei den Aussagen der befragten Dienstleister sind leichte Abweichungen zu den Aussagen der produzierenden Unternehmen zu erkennen. Sie sehen zwar noch kein konkretes Wissensmanagement für die Instandhaltungsabteilungen und deren Mitarbeiter*innen in den Unternehmen integriert, aber zumindest schon simplere Abwandlungen wie ein Ticketsystem:

„Viele Unternehmen nutzen Ticketsysteme. Und in dem Moment, wo man ein Ticketsystem hat, hat man auch eine Historie der Tickets. Was schon mal eine sehr einfache Variante von Wissensmanagement ist, aber eine durchaus effektive Variante, gerade in der Instandhaltung, weil man dann schauen kann historisch, was wurde in der Vergangenheit dort gemacht. ... gänzlich ohne Wissensmanagement gibt es selten.“ (D4, Pos. 43)

Auch wenn Unternehmen stark digitalisiert sind und gute Automatisierungsprozesse haben, ist ein Befragter der Meinung, dass das Wissen in diesem Kontext dann nicht stark personengebunden sei und die Wartungstätigkeiten unabhängig vom Wissensstand des Instandhaltungspersonals durchgeführt werden können (D1, Pos. 35).

Beim nächsten Handlungsfeld, dem anforderungsgerechten Ersatzteilmanagement, sind sich nahezu alle Befragten einig, dass es in den Unternehmen eine geplante und geregelte Ersatzteilwirtschaft gibt. P1 erläuterte, dass in dem Betrieb, wo er tätig ist, periodisch Analysen durchgeführt werden, um den Bedarf der Ersatzteile und die erforderliche Zeit der Beschaffung eruieren zu können:

„Wir haben in der Instandhaltung ein eigenes Lager mit Standardersatzteilen und mit spezifischen Ersatzteilen. Es werden zeitbasierend im Zeitraum von vier bis fünf Jahren immer wieder Analysen bei den Anlagen durchgeführt, sogenannte MRA-Analysen, wo man dann schaut in Bezug auf Ersatzteile, was kann ich innerhalb von 24 Stunden beschaffen, wie lang sind die Beschaffungszeiten, was muss ich mir wirklich bei uns auf Lager legen, um die Stillstandszeiten kurz zu halten.“ (P1, Pos. 37)

Lediglich D3 glaubte aus eigener Erfahrung im industriellen Umfeld nicht, dass die Ersatzteilbeschaffung immer strukturiert gehandhabt werde. Hierbei werde oft bei wichtigen Produktionslinien, wo Stillstände stattfinden, zu extremen Maßnahmen gegriffen, um die Anlage wieder funktionsfähig machen zu können:

„Ich weiß, dass es bei uns Serviceleistungen gibt. Da schicken wir einen Mitarbeiter mit einem Sensor, mit einem Helikopter und einem Flugzeug zu einem Kunden, wenn es brennt.“ (D3, Pos. 18)

Der Wertbeitrag der Instandhaltung, als letztes Handlungsfeld, war laut P3 im eigenen Unternehmen lange nicht bekannt. Dennoch sieht der Befragte, dass hier ein Wandel stattfindet und die Bedeutung der Instandhaltung immer mehr ersichtlich wird:

„Das war lange Zeit so, aber ich habe das Gefühl, dass sich das verändert hat, weil die Instandhaltung z. B. dazu beiträgt, dass man Kosteneinsparungen erreicht durch diverse Projekte, dadurch den Unternehmensgewinn steigert. Oder proaktiv z. B. bei Umbauten mitarbeitet. Ich habe das Gefühl, dass sich das ein bisschen ins Positive verändert hat. Auf jeden Fall.“ (P3, Pos. 53)

Auch P1 sah in seinem Betrieb, dass sich die Instandhaltung als reiner Kostenverursacher wegentwickelt hat:

„Wir sind von diesem Schritt weit weg mittlerweile, Gott sei Dank, was am obigen Punkt angeführt ist, mit Instandhaltung ist reiner Kostenverursacher.“ (P1, Pos. 39)

P4 wiederum sah den strategischen Wert der Instandhaltung noch nicht wirklich im Management angekommen. Er erwähnte, dass man nur über Transparenz eine Änderung im Unternehmen erreichen kann. Auch sah er, dass Verbesserungsmaßnahmen und das dafür notwendigen Budget oft nicht genug wertgeschätzt werden:

„Wir sind definitiv nur auf dem Weg, muss ich sagen. Das ist natürlich auch eine gewisse Kulturänderung und geht leider nur über Zahlen, Daten, Fakten. Und wir haben eben gesehen, seit wir angefangen haben, in die Richtung etwas anders zu arbeiten, dass wir auch die Kosten reduzieren können. Und seither gilt Instandhaltung nicht mehr nur als Kostenverursacher. Also es ist nicht ganz so einfach. Wenn etwas passiert, dann sind wir kurzzeitig die Helden und ansonsten sind wir eigentlich nur Kostenverursacher.“ (P4, Pos. 21)

Auch D5 stimmte hier im Grunde zu und sagte, dass das wesentliche Ziel der Produktion die Gewinnmaximierung ist und mitunter auch durch die Optimierung der Instandhaltung erreicht werden könne:

„... letztendlich, und so ehrlich muss man auch sein und man muss auch ehrlich drüber schauen, geht es darum, die Instandhaltung zu optimieren. Und optimieren heißt, entweder meine Qualität, meine Leistung zu steigern, die Kosten nach unten zu bringen. Und der beste Fall ist, dass ich das kombiniere und sage, ich habe ein Optimum an Kosten und ein Optimum an Leistung.“ (D5, Pos. 31)

5.2 Hauptkategorie 2: Predictive Maintenance

Die zweite Hauptkategorie konzentriert sich auf die Thematik Predictive Maintenance und deren Einsatz in der industriellen Instandhaltung. Im Fokus steht dabei, ein umfassendes Verständnis von Predictive Maintenance aus der Perspektive der Befragten zu erlangen. Dies umfasst die Definition und klare Abgrenzung zu CBM sowie die Erörterung der Rolle, die Cloud-Technologien spielen. Ferner wird die Eingliederung von Predictive Maintenance-Lösungen in vorhandene

Systemlandschaften sowie die praktischen Erfahrungen von Expert*innen dargelegt. Die definierten Subkategorien dieser Hauptkategorie, die in Tabelle 5-2 ersichtlich sind, verschaffen detaillierte Einblicke in die theoretischen Grundlagen, die technischen Voraussetzungen und die praktische Umsetzung von Predictive Maintenance, gestützt auf die Erkenntnisse und Erfahrungsberichte der interviewten Fachkräfte.

Subkategorie	Inhaltliche Beschreibung
Verständnis/Beschreibung	Generelles Verständnis von Predictive Maintenance
Abgrenzung von Predictive Maintenance zu CBM	Themen, die die Abgrenzung zwischen Predictive Maintenance und CBM behandeln
Cloud-Technologie	Aussagen zu Cloud-Themen hinsichtlich Predictive Maintenance
Integrationsfortschritt und Praxiserfahrung	Potentielle Lösungen und praktische Erfahrungen, die Expert*innen im Umgang mit Predictive Maintenance gemacht haben

Tabelle 5-2: Definition der Subkategorien zur Hauptkategorie 2 (Quelle: Eigene Darstellung)

5.2.1 Subkategorie: Verständnis

Um das aktuelle Wissen der Befragten zu eruieren, wurde im Interview gefragt, wie die Beteiligten Predictive Maintenance aufgrund ihrer Erfahrung und ihres theoretischen Know-hows beschreiben würden:

„Also Predictive Maintenance (.). Für mich ist es so, dass ich wirklich die Wartung dann durchführe, wenn sie notwendig ist und das bereits vorrauschauend, damit ich meine Wartungsintervalle für die Zukunft immer besser anpassen kann.“ (P4, Pos. 41)

„Ich möchte eine vorhersagende Wartung machen, die mir sagt, tausche jetzt dieses Teil aus, weil morgen ist es kaputt.“ (D3, Pos. 32)

„In meinem Verständnis ist Predictive-Maintenance, dass man basierend auf Daten, gesammelt durch Kollektoren, die an den Maschinen angebracht sind, ein Muster erkennt und aus diesen Mustern ableiten kann, wann die maximale Betriebszeit für ein jeweiliges Teil, das einen Verschleiß hat, erreicht worden ist und das dann schon vorsichtig auszutauschen, beispielsweise.“ (D7, Pos. 43)

„Für mich ist das eine vorausschauende Wartung, die eben wirklich nach Anforderungen, wo gerade ein Bauteil ausfällig oder geschädigt ist oder geschädigt sein wird, anhand von Motoren, Modellen und physikalischen Abnutzungen vorausschauend markiert, zu sagen, ich kann die Stehzeit minimieren und die Kosten minimieren und die Ersatzteile habe ich alle parat und kann auch die Fertigung planend darauf auslegen.“ (D6. Pos. 41)

„Ja, bei Predictive Maintenance würde ich wirklich sagen, dass man vorab Fehler erkennt, und nicht erst, wenn es zu spät ist. Und es sollte meiner Meinung nach so sein, dass man überhaupt

nicht mehr abhängig ist von produktionsbasierten Werten. Man sollte wirklich nur noch warten, wenn ich merke, aufgrund von Sensorik etc. irgendwas fängt an kaputt zu werden.“ (D1, Pos. 41)

Ein Befragter betonte die essentielle Rolle einer nahtlos integrierten Predictive Maintenance, die über bloße Technologie hinausgeht und sowohl mit den Mitarbeiter*innen als auch mit der Organisationsstruktur eng abgestimmt sein muss. Er machte deutlich, dass für eine effektive vorbeugende Instandhaltung ein umfassender Plan erforderlich sei, der festlegt, wie auf Anomalien reagiert wird (D5, Pos. 45; D5, Pos. 47). Des Weiteren wurde die Notwendigkeit der zustandsorientierten Instandhaltung als Basis für Predictive Maintenance in den Anlagen gesehen. Zusätzlich dazu sind eine Vielzahl von geeigneten, aufbereiteten Daten sowie jemand, der sich der Aufgabe widmet, damit solch ein System integriert werden kann, erforderlich (P1, Pos. 45).

5.2.2 Subkategorie: Abgrenzung von Predictive Maintenance zu CBM

Wie die Forschenden (Kapitel 2.4.1) sehen auch einige Befragte Schwierigkeiten bei der Abgrenzung von Predictive Maintenance zu CBM-Systemen:

„Es gibt zustandsabhängige, das ist auch sowas Ähnliches, das Präventive oder Predictive wird ab und zu gleichbedeutend benutzt. Ich glaube, es ist nicht ganz klar definiert, wo dann die Grenzen sind zwischen dem einen oder anderen. Also Condition-Based Maintenance, wo ist der Unterschied zwischen predictive und Condition-Based Monitoring? Es ist schon sehr schwimmend, die Übergänge glaube ich.“ (D6, Pos. 43)

„Predictive Maintenance abgrenzen zur zustandsorientierten Instandhaltung? Ach, da tu ich mir schwer jetzt.“ (P5, Pos. 37)

„Es gibt schon Missverständnisse.“ (P1, Pos. 49)

Befragte D5 erläuterte die Unterscheidung zwischen Predictive Maintenance und der zustandsorientierten Instandhaltung, indem sie den Schwerpunkt auf die Entwicklung von Modellen für die Anomalieerkennung legte:

„Die Abgrenzung zum Monitoring ist simpel, wenn ich dann hergehe und sage, ich bilde dann auch schon ein Modell. Ich monitore meine Daten. Sei es, dass ich sie mir kontinuierlich hole oder sage ich auch dann ganz klassisch noch, dass ich alle Monate meine Routen gehe. Ich habe, in welcher Form auch immer, physikalische Werte da und im Condition Monitoring schaut man eher darauf, wo sind die Level, wie schnell sind sie angestiegen, also eher so die Base Analytics und Predictive Maintenance, da fange ich dann an, Modelle zu bilden.“ (D5, Pos. 37)

Wie bereits in der vorherigen Subkategorie von P1 thematisiert, betonte auch Befragter D3, dass die zustandsorientierte Instandhaltung als Fundament diene, auf dem Predictive Maintenance aufbaue. Er sieht den Unterschied zwischen den beiden Formen dahingehend, dass durch die kontinuierliche Datenaufzeichnung mit der zustandsorientierten Instandhaltung über längere Zeiträume hinweg eine solide Basis geschaffen wird, die es ermöglicht, Predictive Maintenance zielgerichtet und nutzungsabhängig für präventive Wartungsmaßnahmen einzusetzen (D3, Pos. 32).

Befragter D4 hob hervor, dass Predictive Maintenance weit über die zustandsbasierte Instandhaltung hinausgeht, insbesondere im Hinblick auf den Automationsgrad. Während bei der zustandsbasierten Instandhaltung ein Teil der Analyse noch manuell erfolgt und damit die Überwachungskapazität auf eine begrenzte Anzahl von Assets beschränkt bleibt, ermöglicht Predictive Maintenance durch den Einsatz von Algorithmen eine erheblich umfangreichere Überwachung. Dies führt zu einer signifikanten Steigerung der Effizienz, da nun Tausende von Assets mit derselben Ressourcenausstattung überwacht werden können. Der Einsatz solcher fortschrittlichen Analysetechniken priorisiert effektiv die Aufmerksamkeit des Wartungspersonals, was eine wesentliche Voraussetzung für die Skalierung von Instandhaltungsprozessen in ganzen Anlagen und Fabriken darstellt (D4, Pos 54).

5.2.3 Subkategorie: Vorteil und Chancen Cloud-Technologie

Auf die Frage nach den Vorteilen von Cloud-Technologien im Zusammenhang mit Predictive Maintenance unterstreicht D4 die entscheidenden Vorteile, die die Cloud-Lösungen bieten. Erstens wird die Notwendigkeit hoher Rechenkapazitäten für KI-basierte Anwendungen hervorgehoben, die in der Cloud-Umgebung effizienter bereitgestellt werden können. Des Weiteren betont D4 die Möglichkeit, durch eine klare Trennung von Datenerfassung und -analyse in der Cloud, die Algorithmen kontinuierlich zu verbessern und zu verfeinern, ohne dabei Sicherheitsrisiken einzugehen. Schließlich wird die Skalierbarkeit als ein zentrales Thema genannt, das zeigt, wie Cloud-Technologien die Flexibilität und Anpassungsfähigkeit von Predictive Maintenance-Systemen erheblich steigern können (D4, Pos 68).

Den Vorteil der Flexibilität und Skalierbarkeit in der Cloud sah auch D5. Zudem sah sie die Möglichkeit, dass auch bereits kleinere Initiativen gestartet werden können:

„Skalierbarkeit, Handelbarkeit. Ich brauche mir nirgends mehr Gedanken im Detail machen, wo schiebe ich meine Daten von A nach B, wie erstelle ich von meinen Riesenmengen an Daten Backups? Über solche Dinge brauche ich mir einfach nicht mehr Gedanken machen und ich kann mich mit sehr kleinen Projekten in das Thema einsteigen.“ (D5, Pos. 39)

Des Weiteren stimmten auch D3 und D5 mit D4 überein, dass die hohe Rechenleistung der Cloud ein wichtiger Faktor für die Integration von Predictive Maintenance und anderen KI-basierten Technologien ist:

„Also das ist das, wo wir jetzt hingehen und wo auch Predictive Maintenance angesiedelt ist oder wo ganz viel getan wird momentan und das passt auch zur Cloud, weil in dem Moment, wo man sagt, diese KI-Modelle ableiten, da fahren wir jetzt auch ganz stark in Clouds, Clouds oder Serverlandschaften, was auch immer, weil ich dann zentral einfach die Rechenpower habe.“ (D5, Pos. 39)

„Wenn ich jetzt anfangen, an einem riesengroßen Datensatz Predictive Maintenance-Algorithmus zu trainieren, welcher dann auf meinen Streaming-Daten angewendet wird, die da kontinuierlich reinfließen, um das eben auszuwerten, ob jetzt was notwendig ist oder nicht. Für das Training sind die natürlich exorbitant gut geeignet, weil sie mal geschwind von 2 Nodes auf 2000 Nodes für Rechenleistung hochskalieren können.“ (D3, Pos. 38)

D3 hob zusätzlich hervor, dass die attraktiven Preismodelle von Cloud-Anbietern, die sich auf Rechenleistung spezialisieren, eine wichtige Rolle spielen und einen wesentlichen Vorteil gegenüber On-Premises-Lösungen darstellen. Er betonte, dass die signifikanten Zeit- und Kostenvorteile, die Public-Cloud-Dienste bieten, vor allem durch ihre Spezialisierung auf CPU-Leistung zu sehr günstigen Preisen realisiert werden können. Im Vergleich dazu beanspruche der lokale Aufbau in den Unternehmen äquivalenter Rechenkapazitäten erheblich mehr Zeit (D3, Pos. 38).

Dienstleister D7 betonte die entscheidende Notwendigkeit, auf externe Cloud-Dienste zurückzugreifen, um effektive Predictive Maintenance-Lösungen für seine Kund*innen anbieten zu können, insbesondere im Hinblick auf die Bedürfnisse seines eigenen Unternehmens. Als Hauptgründe nannte er die umfangreichen Datenvolumen, die für derartige Anwendungen benötigt werden, und die erheblichen Investitionen, die erforderlich wären, um eine vergleichbar effiziente Infrastruktur eigenständig zu entwickeln.

Auch wurden deutliche Vorteile von einem Befragten gesehen, die sich aus der Nutzung einer gemeinsamen Cloud-Plattform innerhalb der gesamten Lieferkette ergeben. Die Zusammenarbeit zwischen den verschiedenen Akteur*innen der Supply Chain – von den Lieferanten der Einzelteile bis hin zu den Produzenten der Endprodukte – wird erheblich vereinfacht, wenn alle Beteiligten Zugang zu denselben Daten haben. Dies ermöglicht eine nahtlose Integration unterschiedlicher Produktionsstufen und fördert eine effizientere Koordination. Insbesondere für die Wartung und den gesamten Fertigungsprozess bietet die Cloud-Technologie einen signifikanten Mehrwert, da sie es ermöglicht, dass alle Akteur*innen, vom Zulieferer des Schraubers bis zum Hersteller des Roboters, auf aktuelle und konsistente Daten zugreifen können. Dadurch lässt sich ein echter Nutzen für die gesamte Fertigungskette realisieren (D6, Pos. 61).

Bei der Überlegung, Predictive Maintenance im produktiven Einsatz zu nutzen, ist eine sorgfältige Abwägung erforderlich, welche Komponenten der Gesamtlösung letztendlich in die Cloud ausgelagert werden und welche Bestandteile vor Ort, also On-Premises, verbleiben:

„Das Training von so einem Modell, den Algorithmus zu trainieren, das macht On-Premises keinen Sinn. Den Trainingsmoment verlege ich gerne in die Cloud. Da habe ich schnell viel Rechenleistung. Wenn ich dann aber den Algorithmus, der hinten rauspurzelt, anbinden will, den will ich On-Premises anwenden. ... der soll ja auf meinen Streaming-Daten angewendet werden. Bei Streaming meine ich die Daten, die die Anlage produziert, in einem 5-Minuten-Snapshot. Darauf wird der Algorithmus angewendet und soll dann reagieren, wenn etwas passiert, bevor es passiert. Das mache ich wiederum On-Premises.“ (D3, Pos. 10)

Die Befragten der produzierenden Unternehmen sehen ebenfalls die Vorteile der Cloud-Technologie für Predictive Maintenance unter anderem durch Schaffung von Transparenz von:

„Ja, da ist es halt auch so. (.) Cloudbasierend. (.) Das kommt aus meiner Sicht auch viel darauf an, was ist der Lieferant bereit zur Verfügung zu stellen für uns. Bei ganz vielen Maschinen würden wir sehr gerne sehr viel weiter hineinschauen können, als was es uns erlaubt ist. Und das in einer Cloud wäre schon sehr von Vorteil.“ (P4, Pos. 51)

Auch den standortunabhängigen Zugriff auf die Daten sah P1 als großen Vorteil der Cloud-Technologie:

„Grundsätzlich ist der große Vorteil einer Cloud-Technologie der Zugriff, ganz egal, wo ich bin, auf die Daten. Das wird nicht nur in diesem Bereich angeboten, sondern mittlerweile auch von unseren externen Professionisten, die dann cloudbasierend ihre Wartungsprotokolle usw. zur Verfügung stellen für die Tätigkeiten, die sie bei uns gemacht haben.“ (P1, Pos. 65)

P3 hob hervor, dass die Auslagerung sämtlicher IT-Systemkomponenten in die Cloud entscheidende Vorteile für das Unternehmensmanagement mit sich bringt, insbesondere durch die Reduktion der Notwendigkeit, Server lokal zu betreiben, was eine deutliche Entlastung darstellt (P3, Pos. 83). Ergänzend dazu zeigte D6 auf, dass die Cloud-Technologie auch den Wissens- und Informationsaustausch zwischen unterschiedlichen Unternehmensstandorten erheblich vereinfacht. So ermöglicht die zentrale Speicherung in der Cloud einen effizienteren Austausch von Erfahrungen und Lösungsstrategien, ohne dass eine direkte Kommunikation zwischen den Mitarbeitenden verschiedener Standorte erforderlich ist. Informationen zu gemeinsamen Herausforderungen können unmittelbar über ein zentrales System abgerufen werden, was den Zugang zu wichtigen Entscheidungshilfen beschleunigt und vereinfacht, ohne dass lange E-Mail-Konversationen durchsucht werden müssen. Diese Aspekte unterstreichen den Mehrwert der Cloud-Technologie für die Optimierung von Unternehmensprozessen und die Förderung einer kollaborativen Arbeitskultur (D6, Pos. 43).

5.2.4 Subkategorie: Integrationsfortschritt und Praxiserfahrung

Die Mehrheit der Befragten aus produzierenden Unternehmen verzeichnete nur geringe praktische oder theoretische Erfahrungen mit der Integration oder Anwendung von Predictive Maintenance-Systemen (P1, Pos. 58–59; P4, Pos. 47; P3, Pos. 56; P5, Pos. 81). Im Gegensatz dazu hatten die aus dem Dienstleistungssektor stammenden Interviewpartner*innen bereits öfter mit Predictive Maintenance zu tun. In der Forschung konnten sich D7 und D5 sowohl theoretisches als auch praktisches Wissen aneignen (D7, Pos. 57; D5, Pos. 27), während D3 durch die Erarbeitung von Architekturen, Lösungsskizzen und Proof of Concepts seinen Kenntnisstand erweiterte (D3, Pos. 36). Weiterhin betonte D5, dass die Technik bei Predictive Maintenance-Lösungen schon sehr weit entwickelt ist, besonders bei Ansätzen rund um Cloud-Lösungen oder Modellierungen:

„Und wir sehen, dass wird in der Technik super weit sind. Also, wenn wir jetzt auch Richtung Predictive Maintenance oder sage ich irgendwo Cloud-Lösungen oder Modelllösungen hergehen, sind wir in der Technik schon sehr weit.“ (D5, Pos. 27)

Hinsichtlich des Integrationsfortschritts von Predictive Maintenance in produzierenden Unternehmen sehen drei befragte Dienstleister erhebliches Potenzial für weitere Entwicklungen. Bis jetzt waren die praktischen Anwendungen überwiegend auf Pilotprojekte, Prototypen und Demonstrationen beschränkt (D3, Pos. 36; D7, Pos. 59; D1, Pos. 55, D6, Pos. 70). Erste Versuche und zaghafte Ansätze bei Kund*innen erwähnte D2. Wobei er es in diesem Sinne noch nicht als prädictiv bezeichnen würde, da nur die Risikoabschätzung zur Verfügung gestellt wird. Die Verantwortung der Entscheidung für die durchzuführende Wartungstätigkeit obliegt hierbei dem*der Kunden*Kundin (D2, Pos. 48). Im Kontrast dazu ist Experte D4 bereits aktiv in die Begleitung mehrerer Unternehmen involviert, die Predictive Maintenance-Lösungen

integrieren, was den fortschreitenden Übergang von der Theorie zur Praxis unterstreicht (D4, Pos. 137).

Die erwähnten Beobachtungen bestätigen den derzeitigen Integrationsstand von Predictive Maintenance in produzierenden Unternehmen. P5 und P3 gaben an, dass sie lediglich erste Schritte in Richtung Integration innerhalb ihrer Instandhaltungsabteilungen unternommen haben und betonten, dass ihre Bemühungen noch ganz am Anfang stehen (P3, Pos. 56; P5, Pos. 81). Im Gegensatz dazu müssen P1 und P4 zuerst ihre Infrastruktur modernisieren, um die notwendigen Voraussetzungen für die Einführung von Predictive Maintenance mittels CBM zu schaffen.

„Bei uns am Standort direkt kann ich das in dieser Form noch nicht einsetzen, wie ich es gerne möchte.“ (P1, Pos. 61)

„Ehrlich gesagt noch nicht, nein. Also wir sind jetzt einmal auf dem Weg, Condition-Based Monitoring-Systeme zu integrieren und dann vielleicht Predictive Maintenance. Aber wir sind noch nicht einmal beim Condition-Based Monitoring.“ (P4, Pos. 49)

P3 hingegen betrachtete sein Unternehmen dank eines effektiven Partnersystems als gut vorbereitet und bereit für die Einführung von Predictive Maintenance-Lösungen.

„Ja, ich würde sagen, dass wir da sehr gut aufgestellt sind. Es gibt ein Condition Monitoring Tool dazu, das werden wir demnächst anschaffen. Es gibt verschiedene Plugins in der Richtung. Ich glaube, dass wir da keinen schlechten Weg gewählt haben. Es gibt sicher andere gute Sachen auch, von denen wir vielleicht nichts wissen.“ (P3, Pos. 107-108)

D1 erwähnte, dass der Zugang über zusätzliche Sensorik in den Anlagen für Predictive Maintenance-Lösungen nicht immer der geeignetste ist. Er hatte die Meinung, dass die vorhandene Sensorik bestmöglich genutzt werden sollte (D1, Pos. 43). Zudem sah er kündbare Softwarepakete, die periodisch bezahlt werden, für Dienstleister und Unternehmen als geeignete Lösung:

„Wie wenn ich sage, das ist ein Softwarepaket, das zahlst du einmal oder monatlich, das kannst du jederzeit kündigen. Ich glaube für diejenigen, die Predictive Maintenance-Lösungen anbieten, ist ein Abo-Modell auch besser, weil du monatlich Einnahmen dafür kriegst. Aber wenn ich initial viel Investment habe, für eine konkrete Auswertung, ist es schwierig.“ (D1, Pos. 83)

D5 erläuterte, dass ihr Unternehmen eigene Cloud-Plattformen betreibt und anbietet, wobei letztendlich entschieden wurde, keine eigene Plattform zu entwickeln, da der Markt bereits ausreichend Anbieter vorweist. Nach einer umfassenden Evaluierung, die im Rahmen von Forschungsprojekten und internen Benchmarks durchgeführt wurde, hat sich das Unternehmen für die Zusammenarbeit mit verschiedenen Anbietern entschieden. Diese Partnerschaften ermöglichen es dem Unternehmen, Monitoring-Lösungen in der Cloud anzubieten, die mit künstlicher Intelligenz arbeiten und bereits eine stabile Anomalie-Detektion bieten (D5, Pos. 41). Auch D4 erwähnte, dass mehrere weiterentwickelte cloudbasierte Lösungen von seinem Unternehmen angeboten werden (D3, Pos. 34).

D6 schilderte den Einsatz von Predictive Maintenance-Technologien in der Praxis. Das Unternehmen setzt Modelle für die Fehlerprädiktion bei großen Fahrzeugflotten ein, um frühzeitig spezifische Fehler identifizieren zu können (D6, Pos. 47). Auf die Frage nach der Umsetzbarkeit von Predictive Maintenance im Fertigungsbereich bestätigte er, dass dies definitiv machbar sei, begünstigt durch das gleichmäßige Betriebsumfeld.

„Ja, davon gehe ich aus. Gerade in der Fertigung habe ich so viele Daten, so ein schönes, gleichmäßiges Umfeld. Das ist fast wie ein Labor, wo ich vertrauenswürdige Messungen habe. Wenn man sich das anschaut, kann man das auf Fertigung ummünzen. Es gibt genug Firmen, die damit Geld verdienen. Und Beispiele aus der Literatur.“ (D6, Pos 49)

5.3 Hauptkategorie 3: Industrielle Netzwerkinfrastruktur

In der dritten Hauptkategorie stehen die infrastrukturellen und organisatorischen Bedingungen im Mittelpunkt, die für eine erfolgreiche Einführung und Nutzung von Predictive Maintenance in industriellen Produktionsumgebungen erforderlich sind. Der Fokus liegt auf der Untersuchung der digitalen Reife von Unternehmensinfrastrukturen und dem aktuellen Stand des Datenmanagements sowie der Datenverarbeitung. Ziel ist es, einen umfassenden Einblick in die Modernität der Infrastruktur und die Effektivität des Datenmanagements in den Unternehmen zu gewähren. Zudem werden notwendige Anpassungen der digitalen Infrastruktur beleuchtet, die für die Implementierung von Predictive Maintenance unerlässlich sind. Ein weiterer wichtiger Aspekt dieser Kategorie sind die Konzepte und Diskussionen rund um Industrie 4.0. Die nachfolgende Tabelle 5-3 präsentiert die Subkategorien, die diese Aspekte ausführlich thematisieren.

Subkategorie	Inhaltliche Beschreibung
Digitale Reife	Themen, die die Modernität und den aktuellen Status der industriellen Netzwerkinfrastruktur zum Inhalt haben
Datenmanagement	Aussagen zu Datenmanagement und Datenverarbeitung in produzierenden Unternehmen
Anpassungen der Infrastruktur für Predictive Maintenance	Adaptierungen der digitalen Infrastruktur um die Integration von Predictive Maintenance ermöglichen zu können
Industrie 4.0	Themen, die Industrie 4.0 und dessen Konzepte zum Inhalt haben

Tabelle 5-3: Definition der Subkategorien zur Hauptkategorie 3 (Quelle: Eigene Darstellung)

5.3.1 Subkategorie: Digitale Reife

Die digitale Reife sowie die Modernität der IT- und OT-Infrastruktur wurden von P1 am eigenen Standort als durchschnittlich bewertet (P1, Pos. 72–73). Im Gegensatz dazu schätzte P4 seine IT-Infrastruktur als sehr fortschrittlich und modern ein. P1 bezeichnete die IT-Infrastruktur des Unternehmens ebenfalls als ausgezeichnet und zukunftsorientiert, sah jedoch bei der OT-Infrastruktur noch Verbesserungspotenzial. Es wurde hervorgehoben, dass an der Vernetzung

der Maschinen gearbeitet wird, um deren Kommunikation untereinander zu optimieren. Derzeit gibt es mehrere Maschinen, die zwar identische Aufgaben erledigen können, jedoch nicht miteinander kommunizieren. P4 unterstrich, dass in diesem Bereich Fortschritte erzielt werden und dass die verbesserte Vernetzung Teil eines neuen Projekts sein wird (P4, Pos. 59). In der Einrichtung, in der P2 beschäftigt ist, wurde die Infrastruktur als modern bewertet (P2, Pos. 97–98). Ferner erläuterte P3, der im gleichen Unternehmen tätig ist, dass kontinuierlich Verbesserungen in diesem Bereich angestrebt werden:

„Wir bauen auch laufend aus, in Richtung Redundanz, was das Netzwerk betrifft. Wir bauen auch sehr intensiv aus in Richtung Sicherheit, Firewall natürlich.“ (P3, Pos. 99)

Weiterhin hob P3 die Bedeutung präziser Auswahlkriterien beim Kauf neuer Maschinen hervor, mit einem besonderen Fokus auf die umfassende Datenerfassung. Dies markiert einen signifikanten Wandel zu früheren Ansätzen, indem nun großer Wert auf die Erfassung aller relevanten Datenpunkte gelegt wird. Diese methodische Herangehensweise, verstärkt durch Konnektivitätstests bei der Maschinenabnahme, ermöglicht es, von Beginn an wertvolle Daten für die Analyse und den Lernprozess zu sammeln, was sich insbesondere bei Gewährleistungsprozessen und Mängelrügen als nützlich erwiesen hat (P3, Pos. 58).

In diesem Kontext reflektierte P5 über die beachtlichen Entwicklungen hinsichtlich der Flexibilität in der Prozessleittechnik innerhalb der Produktionsanlagen. Die Umstellung von starren Systemen, die keine Aktualisierungen zuließen, hin zu flexiblen, modular erweiterbaren Systemen, die sogar während des Betriebs angepasst werden können, stellt einen entscheidenden Fortschritt dar. Diese Entwicklung spiegelt sich nicht nur in der verbesserten Anpassungsfähigkeit wider, sondern auch in der zunehmenden Geschwindigkeit, mit der die IT-Infrastruktur fortschreitet. Eine Herausforderung, die es zu bewältigen gilt, wie P5 anmerkte (P5, Pos. 55).

Auch D5 als Dienstleister stimmte inhaltlich P1 zu und sagte, dass die OT-Infrastruktur nicht auf dem gleichen Level wie die IT-Infrastruktur ist:

„IT-Infrastruktur kann ich gleich sagen ist top! OT-Infrastruktur nicht!“ (D5, Pos. 57)

D2 sah beide Seiten, die IT- und OT-Infrastruktur, noch schlecht aufgestellt:

„...ganz viele Unternehmen, die gerade eben auch im Maschinenbau und so weiter, die sind sowohl von ihrer IT als auch von der anderen Seite noch recht bescheiden aufgestellt.“ (D2, Pos. 28)

D1 merkte ebenfalls an, dass das OT-Netzwerk oft vom übrigen Unternehmensnetzwerk isoliert betrieben wird:

„Was ich manchmal mitkriege, ist einfach, dass das Firmennetzwerk extrem abgeschottet ist. Also das Maschinennetzwerk ist extrem abgeschottet vom Rest vom Netzwerk.“ (D1, Pos. 61)

Darüber hinaus identifizierte D4 Defizite im Management der Netzwerkinfrastruktur, insbesondere das Fehlen von klar definierten Strukturen:

„Industrienetzwerke haben die meisten inzwischen, IT-Infrastruktur haben auch die meisten, immer mehr haben auch irgendwelche Anbindungen, Überblick, eine Struktur und ein klares Management dieser Verbindungen haben aber die wenigsten.“ (D4, Pos. 90)

D5 beleuchtete, wie in den letzten Jahren intensiv in Konzepte investiert wurde, um die IT-Infrastruktur robust und sicher zu gestalten, wobei einige Unternehmen auch harte Lektionen lernen mussten. Trotz der Fortschritte in der IT weist er darauf hin, dass in den Produktionsanlagen eine heterogene Landschaft vorherrscht, in der ältere Systeme neben neueren koexistieren. D5 erwähnte, dass trotz der Präsenz veralteter Steuerungen und analoger Technologien ein schrittweiser Übergang zur Digitalisierung angestrebt wird (D5, Pos 59). Zudem äußerte D5 Bedenken hinsichtlich des aktuellen Übergangsprozesses zur digitalen Infrastruktur in seinem Unternehmen:

„Aber es sind ganz viele so Zwischendinger da drinnen, das Problem. Ich sage, ich bin noch nicht in einer gesicherten Cloud, vielleicht noch so im Testen, im Ausprobieren, tu mir das eine oder andere überbrücken. Da sind wir noch nicht ganz sauber aufgesetzt, was diese digitale Reife angeht und Infrastruktur.“ (D5, Pos. 65)

5.3.2 Subkategorie: Datenmanagement

In Bezug auf das Datenmanagement und insbesondere die Datenweiterleitung zeigen sich in den Unternehmen unterschiedliche Ansätze. P1 und P4 berichteten, dass in ihren Betrieben überwiegend isolierte Datenmanagement-Lösungen für Maschinen zum Einsatz kommen, wobei Daten und Informationen die Anlage nicht verlassen und ausschließlich intern verarbeitet werden (P1, Pos. 91–95; P4, Pos. 61). Dies erfordert, dass das Bedienpersonal der Maschine bei auftretenden Fehlern oder zur Durchführung von Analysen direkt an der Anlage, meist über ein HMI-Panel, eingreifen muss. Lediglich bei besonders kritischen Anlagen werden Daten gegebenenfalls für präventive Wartungszwecke extern weitergeleitet (P1, Pos. 91-95). D2, der seine Erfahrungen aus dem Bereich des Sondermaschinenbaus beisteuerte, teilte diese Meinung und wies zudem darauf hin, dass die mangelnde Standardisierung häufig zu diesen Insellösungen bei der Datenverarbeitung führt, die eine übergreifende Datenintegration erschweren (D2, Pos. 34).

P1 erklärte, dass das Datenmanagement für notwendige Wartungen in seinem Unternehmen hauptsächlich über das Plant Maintenance-Modul von SAP gehandhabt wird. Jede Wartung oder Störung wird über eine spezielle Hotline in SAP erfasst und ist anschließend auswertbar. Aktuell erfolgt die Dateneingabe manuell in SAP, wobei das Unternehmen plant, die Betriebs- und Maschinendatenerfassung zukünftig über das MES abzuwickeln, das bereits über eine Schnittstelle zu SAP verfügt (P1, Pos. 86-89). Auch P4, scheint das gleiche oder ein ähnliches System von SAP zu verwenden (P4, Pos. 81).

D4 erwähnte unter anderem, dass die Maschinendaten mit Automatisierungssystemen oder SCADA Systemen historisch in einer externen Datenbank gespeichert werden (D4, Pos. 92). D1 nannte als Beispiel die Datenweiterleitung an ein Betriebsdatenerfassungssystem (BDE), wo dann mit Dashboards relevante Auswertungen gemacht werden können (D1, Pos. 17). P2

sagte, dass in seinem Unternehmen ein System mit dem Namen IBA verwendet wird, das er als innovativ und flexibel beschreibt. Auch hat sich das System bei ihm im Unternehmen etabliert, da es alle relevanten Datenpunkte von Anlagen sammeln kann und durch die Visualisierung von Relationen Transparenz schafft. Zudem können mit diesem System präventive Instandhaltungsmaßnahmen durchgeführt werden, um größere Schäden im Vorfeld vermeiden zu können (P2, Pos. 81).

Nach der Analyse der Aussagen der Befragten traf es D5, auf die Frage wie aktuell mit Produktionsdaten in den Unternehmen umgegangen wird, auf den Punkt:

„Also, es gibt alles, und es gibt nichts, was es nicht gibt.“ (D5, Pos. 74-75)

Vor der Weiterleitung von Daten an ein Zielsystem oder eine Zielplattform, beispielsweise die Cloud, wird häufig ein wichtiger Schritt der Datenvorverarbeitung vollzogen, den D4 als essenziell und notwendig erachtete (D4, Pos. 75–76). Diese Vorverarbeitung kann direkt am Sensor, auf einem Edge Device oder sogar innerhalb der Cloud stattfinden, wobei laut D5 die Verarbeitung auf Edge Devices in der Regel in geringerem Maße erfolgt (D5, Pos. 70–71). D1 kritisierte, dass der Begriff „Edge“ oftmals als Schlagwort missverstanden wird und in Wirklichkeit für ein Gerät steht, das primär Daten sammelt. Ein Beispiel hierfür ist ein Kamera-PC, der unabhängig vom Unternehmensnetzwerk Bilder langfristig speichert und diese komprimiert bei Bedarf an andere Systeme weitergibt (D1; Pos.71). D5 unterstützte diese Sichtweise und erklärt, dass Edge Devices als Rechner mit vielfältigen Schnittstellen fungieren, um den Datentransfer von A nach B zu erleichtern:

„Im Prinzip ist es ein Datensammler, mit dem ich halt die Schnittstellen geschaffen habe, was auch immer für Plattformen kommen. Also Edge Device sage ich, das ist einfach ein Datensammler mit entsprechenden Schnittstellen, damit ich mir leichter tue, von A nach B Daten zu transferieren.“ (D5, Pos. 67)

In Bezug auf die Kommunikationsprotokolle in der industriellen Automatisierung und Datenübertragung zeigen die Aussagen der Befragten ein breites Spektrum an Perspektiven. P1 hob die Bedeutung von Open Platform Communications Unified Architecture (OPC-UA) und Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) als fast schon standardisierte Protokolle hervor:

„Also OPC-A ist fast schon Standard, das ist super, dann gibt es auch ganz viele Sachen schon mit MQTT. Bei den modernen PC-basierten Steuerungen ist relativ praktisch, dass ich auf einen MQTT-Broker schreiben kann. Ich glaube, sowas ist wichtig. Vor allem, da kann ich ja auch ein wenig chaotischer Sensordaten rausschreiben. Das hat Vorteile zu klassischen SQL-Datenbanken, was für Zeitdaten aber auch nicht sinnvoll ist.“ (D1, Pos. 67)

P3 berichtete von der dominierenden Nutzung von Profinet in seinem Unternehmen und erwähnte die Integration weiterer Protokolle wie Modbus und OPC-UA (P3, Pos. 100–101). D5 thematisierte zusätzlich zu den genannten Protokollen die Herausforderungen, die sich aus einer heterogenen Datenlandschaft ergeben, und unterstrich die Vielfalt der Schnittstellen und Datenformate:

„Aber auch da ist es in der Praxis nach wie vor schwierig, weil wir einfach sehr viele Schnittstellen haben, sehr unterschiedliche Datenformate, von 4 bis 20 Milliampere Analogsensoren bis MQTT, OPC-UA, IO-Link. Da sind aber jetzt eh noch die supergängigen, die schon fast alle, wo sich viele auskennen. Und dann haben wir zig, zig, zig, zig Varianten. Und dann haben wir unsere Bus-Systeme. Also wir haben eine sehr heterogene Datenlandschaft und versuchen die momentan in ein sehr enges Korsett zu pressen.“ (D5, Pos. 67)

In den Unternehmen variieren die Methoden zur Speicherung von Daten, wobei sowohl lokale als auch cloudbasierte Lösungen genutzt werden, einschließlich hybrider Ansätze. P3 erläuterte, dass sein Unternehmen täglich Datenmengen von bis zu 20 GB an den Hauptstandort in Österreich überträgt und strebt dabei eine Entwicklung hin zu dezentraleren Strukturen an. Dabei ist die Nutzung verschiedener Cloud-Dienste geplant, die aktuell jedoch noch nicht für die Verarbeitung sensibler Produktionsdaten vorgesehen sind (P3, Pos. 68; P3, Pos. 78; P3, Pos. 89–92). P5 beschrieb eine ähnliche Vorgehensweise, bei der Daten ebenfalls an einen zentralen Standort in Österreich gesendet werden, was intern als eine Form der Private-Cloud fungiert. Diese Praxis wird auch für die Datenübertragungen von anderen Standorten angewandt (P5, Pos. 46–49; P5, Pos. 50–51; P5, Pos. 60–61).

5.3.3 Subkategorie: Anpassungen der Infrastruktur für Predictive Maintenance

Im Kontext der digitalen Reife und des Datenmanagements in Unternehmen wurde den Befragten die Frage gestellt, welche Anpassungen in ihrer digitalen Infrastruktur erforderlich sind, um Predictive Maintenance zu ermöglichen. P1 betonte die Bedeutung der Auswertbarkeit innerhalb der ERP-Systeme als fundamentale Voraussetzung und identifizierte die Standardisierung von Schnittstellen sowie die Konsolidierung der Daten als wesentliche Anforderungen (P1, Pos. 75). Als Lösungsansatz sah er eigenständige Softwarelösungen, die relevante Daten über eine Schnittstelle an das SAP-System weiterleiten. Zusätzlich erwähnte er die Notwendigkeit von Retrofits und spezifiziert den Bedarf an der Modernisierung bestimmter Anlagen durch die Installation von CBM (P1, Pos. 106; P1, Pos. 108). P4 hob hervor, dass die unzureichende Datenerfassung von Maschinen die größte Herausforderung darstellt, um Predictive Maintenance realisierbar zu machen:

„Wie gesagt, mir liefern die Maschinen noch immer zu wenige Informationen, um jetzt wirklich nützliche Daten für Maintenance und vor allem Predictive Maintenance herauszuziehen. Wir haben eine schöne Visualisierung, könnten wir jetzt schon machen von jeder Maschine, was sie gerade macht und ob sie in Betrieb ist und welche Ventile. Aber wir haben noch keine Informationen, die dann im Endeffekt für Wartung, Instandhaltung und in weiterer Folge vor allem auch Energieeffizienz und so.“ (P4, Pos. 59)

D5 und D6 hoben die Wichtigkeit der Modernisierung von Betriebsanlagen und der Verbesserung des Datenmanagements für die Einführung von Predictive Maintenance hervor (D5, Pos. 61; D6, Pos. 67–68). Insbesondere im Zusammenhang mit den von D7 angebotenen Softwarelösungen werden Kund*innen bezüglich der Netzwerkinfrastruktur und der Sensorik beraten. Dies dient dazu, sowohl CBM-Systeme effizient einsetzen als auch Modelle für

Vorhersagen zuverlässig trainieren zu können. Dadurch wird gewährleistet, dass die Kund*innen die technischen Voraussetzungen für die Nutzung dieser Systeme erfüllen (D7, Pos. 75).

5.3.4 Subkategorie: Industrie 4.0

Wie in Kapitel 2.3.1 beschrieben wird, verkörpert die Industrie 4.0 den zentralen Gedanken hinter der tiefgreifenden Vernetzung der technischen Anlagen und Komponenten, aber auch mit den Mitarbeiter*innen in den Unternehmen. Grundlegendes Ziel ist es hierbei, dass die Organisation der gesamten Wertschöpfungskette auf Grundlage der Verfügbarkeit von relevanten Informationen in Echtzeit verbessert wird. In den Interviews wurden die Teilnehmer*innen gefragt wie sie den Begriff Industrie 4.0 verstehen und wie sie ihn in den Unternehmen für beispielweise die strategische Planung verwenden. P4 bezeichnete Industrie 4.0 als veraltetem aber doch begreiflichen Begriff:

„Also er ist wahrscheinlich etwas veraltet, der Begriff. Ich glaube aber, dass sich schon jeder etwas unter Industrie 4.0 vorstellen kann und es ist auch eine wichtige Sache. Und wie gesagt, jeder schmunzelt darüber, aber im Endeffekt versteht jeder ungefähr, was damit gemeint ist. Also deswegen ist Industrie 4.0 nach wie vor schon ein gebräuchlicher Begriff.“ (P4, Pos. 55)

Industrie 4.0 wurde zudem als Übergriff und Schlagwort bezeichnet und als Weg beschrieben, der von den Unternehmen gegangen werden muss um wettbewerbsfähig bleiben zu können:

„Für mich ist Industrie 4.0 so ein bisschen ein Überbegriff für alle diese Themen in der Fertigung. Und es ist, wie du sagst, da ist man nicht fertig, da gibt es nicht irgendwie eine Deadline oder eine Leistung, jetzt sind wir fertig mit Industrie 4.0, da gibt es immer noch mehr, und das ist der Weg, den wir alle miteinander durchgehen.“ (D6, Pos. 66)

„Grundsätzlich sind es, so wie du es sagst, Buzzwörter. Wir verwenden sie ja auch, so ist es ja nicht. Aber ich nenne es dann auch wirklich Buzzwörter und sage, ja, wir haben in den letzten 100 Jahren nichts anderes gemacht als Industrie 4.0.“ (D5, Pos. 51)

„Ich glaube, das ist sowieso ein Prozess, der sich einfach entwickelt und der was notwendig ist, weil ohne den kommst du sowieso gar nicht mehr weiter... Aber das sind Aufforderungen, nicht weil wir sagen, wir wollen jetzt Industrie 4.0 umsetzen oder einführen, sondern das sind einfach so Erfordernisse, die was aufgrund von Kostendruck und solchen Dingen halt entstehen und wo man einfach überlegen muss, wie kann man das optimieren, damit man da besser wird und wettbewerbsfähiger wird“ (P5, Pos. 53)

Auch P3 nannte Industrie 4.0 ein Schlagwort. Er sagte, dass man konsequent an dem Thema dran sein soll, um Systeme zu schaffen, die möglichst hohe Flexibilität haben:

„Industrie 4.0 ist ein Riesenschlagwort. Wichtig ist es einfach, dass du konsequent an dem Thema dran bist. Dass du bei Neuanschaffungen nichts übersiehst. Weil das kommt dir dann teuer zu stehen. Abrüsten ist meistens sehr kostenintensiv und problematisch. Und dass du auf jeden Fall

die Voraussetzungen schaffst, dass du aufbauen kannst und nichts verbaust. Das heißt, dass du vielleicht Systeme wählst und die Umgebung wählst, wo du möglichst flexibel bist.“ (P3, Pos. 94)

D7 erläuterte, dass das allgemeine Verständnis von Industrie 4.0 primär auf der zentralen Rolle des Datenaustausches beruht. Es geht darum, Daten nicht nur automatisiert zu sammeln, sondern perspektivisch auch den automatisierten Austausch von Daten zwischen Geschäftspartner*innen und innerhalb von Lieferketten zu ermöglichen. Die Vision umfasst Maschinen, die autonom interagieren, sowie Lager und Logistiksysteme, die selbstständig kommunizieren. Obwohl diese Konzepte zukunftsweisend sind, befinden wir uns in ihrer Umsetzung noch ganz am Anfang. Er betonte, dass das Grundverständnis von Industrie 4.0 als Basis dient, während die spezifische Ausgestaltung je nach Industriezweig variiert und angepasst werden muss (D7, Pos. 73).

D4 und D7 hingegen sahen hier ein Problem hinsichtlich des Verständnisses von Industrie 4.0:

„Ich glaube, die meisten Unternehmen haben keine Ahnung, was Industrie 4.0 bedeutet. Auch die Politiker, die das so verbreitet haben, haben keine Ahnung, was es bedeutet und was man damit macht und was tatsächlich gemeint ist. Trotz, dass wir es jetzt zehn Jahre durch die Gegend schieben, ist da noch sehr viel Aufklärungsarbeit notwendig.“ (D3, Pos. 42)

„Wir nutzen es auch kaum mehr, weil dieser Begriff jetzt schon so lange im Markt ist und so unterschiedlich verstanden wird.“ (D4, Pos. 78)

In einem Idealbild von Industrie 4.0 sollten möglichst alle Prozesse digital abgebildet sein, wie D7 abschließend zu diesem Thema erwähnte:

„Industrie 4.0 ist eine Journey. Das ist ein Transformationsweg von einem Digital-First-Unternehmen, wo ich sage, alle meine Prozesse, alle meine Events, alles, was in meinem Unternehmen passiert, ist digital abgebildet.“ (D3, Pos. 42)

5.4 Hauptkategorie 4: Herausforderungen und Risiken zu cloudbasierter Predictive Maintenance

Essentielle Faktoren, die die Einführung neuer Technologien wie cloudbasierter Predictive Maintenance beeinflussen, sind die potenziellen Herausforderungen und Risiken, die mit solchen Innovationen verbunden sind. In der dynamischen Landschaft der industriellen Instandhaltung stehen Unternehmen vor vielfältigen Herausforderungen und Risiken, die von finanziellen Aspekten über technische Hürden bis hin zu organisatorischen und sicherheitsrelevanten Fragen reichen. Diese Hauptkategorie zielt darauf ab, ein breites Spektrum an Herausforderungen und Risiken zu beleuchten, die bei der Einführung und Nutzung cloudbasierter Predictive Maintenance-Systeme entstehen können. Durch die Einblicke der Interviewpartner*innen wird ein umfassendes Verständnis dieser Thematik angestrebt. Die Subkategorien, aufgeführt in Tabelle 5-4, adressieren sowohl die potenziellen Stolpersteine als auch die erforderlichen Anpassungen und Vorbereitungen, die essentiell für eine erfolgreiche Implementierung sind.

Subkategorie	Inhaltliche Beschreibung
Finanziell	Erfasst alle Risiken und Herausforderungen, die bei der Integration von Predictive Maintenance auftreten können
Verständnis von Predictive Maintenance	Bezieht sich auf die Herausforderung über das Wissen von Predictive Maintenance
Datenintegrität und Datensicherheit in der Cloud	Diese Kategorie befasst sich mit allen Aspekten, die die Sicherheit und Integrität der in der Cloud gespeicherten Daten betreffen.
Abhängigkeit von Cloud-Anbietern	Diese Kategorie umfasst die potenziellen Risiken und Herausforderungen, die sich aus der Abhängigkeit zu einem Cloud-Anbieter ergeben.
Schulungen und Weiterbildungen	Betrifft die Herausforderungen bei der Schulung und Weiterbildung der Mitarbeiter*innen im Hinblick auf neue Technologien wie die Predictive Maintenance
Organisatorisch	Bezieht sich auf Herausforderungen und Risiken, die die organisatorische Struktur, Prozesse, Kultur und das Management betreffen
Technisch	Beinhaltet technische Herausforderungen und Risiken, die bei der Implementierung und dem Betrieb von Predictive Maintenance-Systemen auftreten können

Tabelle 5-4: Definition der Subkategorien zur Hauptkategorie 4 (Quelle: Eigene Darstellung)

5.4.1 Subkategorie: Datenintegrität und Datensicherheit in der Cloud

Bei den produzierenden Betrieben konnten unterschiedliche Sichtweisen hinsichtlich der Datensicherheit und Datenintegrität für cloudbasierte Systemlösungen erkannt werden. Bei globalen Unternehmen könnte eine Form der Private-Cloud für eine eigene Service-Lösung genutzt werden, um die Daten nicht an einen Public Anbieter übergeben zu müssen. Da P1 hier auch schon negative Erfahrungen, wie den nicht wiederbringbaren Datenverlust eines größeren Cloud-Anbieters erlebt hat. Allerdings äußerte er auch seine grundsätzliche Überzeugung, speziell im industriellen Sektor, hinsichtlich der Datensicherheit in öffentlichen Clouds (P1, Pos. 112, P1, Pos. 128–132). P2 und P3 haben große Bedenken hinsichtlich der Verlagerung der Daten zu einem öffentlichen Cloud-Anbieter (P2, P3, Pos. 62–64). P3 erwähnte, dass dies derzeit für produktionsrelevante Daten nicht denkbar sei (P3, Pos. 65–66). P4 hatte hingegen eine offenere Einstellung gegenüber Cloud-Lösungen:

„Ich glaube, vor einigen Jahren hat man sich das noch überhaupt nicht vorstellen können, cloudbasierte. Und heute ist es ganz normal, würde ich sagen. Weil selbst mein Desktop ist im Endeffekt in der Cloud. Also dahingehend ist die Zukunft und sehe ich auch keine Probleme mit Datenintegrität.“ (P4, Pos. 95)

P5 äußerte Zuversicht bezüglich der Datensicherheit und Datenintegrität, insbesondere im Kontext der Cloud-Nutzung. Er ging davon aus, dass die Sicherheitsmaßnahmen im Unternehmen robust sind, unterstützt durch regelmäßige Überprüfungen. Erwähnenswert ist ein kürzlich durchgeführter Datencheck, der potenzielle Schwachstellen identifizierte und analysierte.

Obwohl bei dieser Überprüfung einige Punkte zur Bearbeitung aufkamen, waren keine gravierenden Sicherheitsmängel festzustellen. Das globale IT-Team behält die Sicherheit stets im Auge, führt kontinuierlich Überwachungen durch und nimmt notwendige Anpassungen vor. P5 betonte die Wichtigkeit angemessener Standards für IT- und Cloud-Sicherheit, um den Schutz der Daten zu gewährleisten (P5, Pos. 69).

Die Dienstleistungsunternehmen waren der Datenintegrität und Datensicherheit in der Cloud positiver gestimmt. D4 sah bei der richtigen Auswahl der Cloud die Sicherheit höher, als in einer selbst gemanagten IT-Lösung (D4, Pos 102). D5 sah dies ähnlich und betonte, dass er keine Sicherheitsbedenken bei einer gut gemanagten und abgesicherten Cloud-Lösung hat (D5, Pos. 65). Auch D6 stimmte hier zu, dass die Daten bei einem renommierten Cloud-Anbieter sicherer sind wie in einer On-Premises-Lösung:

*„Da habe ich eine ganz klare Einstellung dazu. Ich bin mir sicher, Microsoft hat eine bessere Sicherheit als jeder kleine und mittlere Betrieb. Die Daten sind in der Cloud sicherer als bei uns.“
(D6, Pos. 84)*

Er betonte jedoch auch, dass das Risiko nochmals bewertet werden muss, wenn Unternehmensdaten den europäischen Markt verlassen:

„Was zu der Datensicherheit zu sagen ist, wenn es darum geht, ich will nur europäische Server und solche Geschichten. Wenn jemand Angst davor hat, dass Daten nach China oder USA gehen, dann muss man das Risiko nochmal bewerten.“ (D6, Pos. 100)

5.4.2 Subkategorie: Abhängigkeit der Cloud-Anbieter

Bei der Betrachtung des Risikos Abhängigkeit der Cloud-Anbieter waren sich viele Teilnehmer *innen einig. Der Großteil sah ein großes Risiko der Abhängigkeit:

„Das Risiko der Abhängigkeit schätze ich sehr hoch ein.“ (P4, Pos. 107)

„Das ist natürlich Lock-in. Normalerweise entscheidest du dich für eine.“ (D6, Pos. 96)

„Man hat ein großes Maß an Abhängigkeit, die man mit sich zieht.“ (D7, Pos. 105)

„Die Gefahr sehe ich relativ groß, weil du dem Anbieter voll vertraust.“ (P3, Pos. 146)

„Dann bin ich dann sicher stark abhängig. Wenn ich es auf die Cloud gebe, dann macht es auch viel Sinn, dass ich dann auch die Services nutze für die Auswertung. Natürlich, wenn sich die Kosten dann erhöhen, dann kann es auch sein, dass ich es schwer habe zum Umsteigen. Aber es kann auch sein, dass es leicht ist zum Umstellen, weil der Anbieter daneben relativ ähnliche Interfaces hat. Aber du machst dich da natürlich dann schon abhängig.“ (D1, Pos. 75)

Auch einen einfachen Wechsel hinsichtlich des Datentransfers haben sich die Befragten nicht vorstellen können:

„Einen einfachen Wechsel kann ich mir nicht so wirklich vorstellen. Also ich glaube, das Risiko ist schon nicht unbedingt gering. Wenn ich mich mal für einen Cloud-Anbieter entschieden habe, dass ich da einfach meine Daten transferieren kann, das sehe ich ein bisschen kritisch.“ (P1, Pos. 124)

„Schnell wechseln tun sie bei bestimmten Datenmengen gar nicht mehr. (lacht) Das ist nicht meine Erfahrung. Das heißt, bei jeder geschäftlichen Entscheidung gehen sie Risiken ein.“ (D2, Pos. 46)

D7 sagte hierzu auch, dass die Entscheidung des Wechsels so schwerwiegend ist, dass es dem Vorstand obliegt. Das sind Ausmaße, die nicht auf unterer Ebene entschieden werden können (D7, Pos. 107).

5.4.3 Subkategorie: Finanziell

Eine Herausforderung für die Unternehmen ist auch, dass im Vorfeld womöglich hohe Investitionssummen für eine Predictive Maintenance-Lösung anfallen können. Vor allem, wenn eine Modernisierung der Anlagen notwendig ist, oder neue Hardware gekauft werden muss (D1, Pos. 83). Zusätzlich dachte D1, dass das Überzeugungsargument bei der vorrausschauenden Wartung im Vergleich zum Kauf einer Anlage, wo der anschließend generierte Umsatz durch die verkauften Teile berechnet werden kann, schwieriger ist:

„Ja, es ist leichter, wenn ich jetzt eine Anlage kaufe, und ich habe da eine große Investition, und ich weiß dann, da gehen pro Jahr dann so viele Teile drüber und mit diesem Umsatz kann ich rechnen. Es ist einfach besser planbar wie wenn ich viel Geld in die Hand nehme und vielleicht ist es einmal präventiv und hilft mir. Und wenn dann die Predictive Maintenance dann nicht so gut ist, habe ich dann trotzdem nur einen Schaden oder einen Ausfall. Ich glaube, das Überzeugungsargument ist viel schwieriger.“ (D1, Pos. 63)

Die Bedenken der Befragten bezüglich der Abhängigkeit von einem Cloud-Anbieter und die damit verbundenen Herausforderungen eines möglichen Anbieterwechsels wurden kritisch betrachtet. Ebenso wurden das finanzielle Risiko und die damit verbundenen Kosten hervorgehoben, die entstehen können, wenn ein Wechsel unumgänglich wird (D6, Pos. 98).

D5 betonte, dass die Ausweitung von Predictive Maintenance-Projekten durchaus sinnvoll sein kann, sobald ein konkreter Nutzen erkennbar wird. Er machte jedoch darauf aufmerksam, dass der anfängliche Aufwand und die erforderlichen Investitionen, insbesondere in eine*n Data-Scientisten*Data-Scientistin und in die notwendige Hardwareinfrastruktur, erheblich sind. Dies stellt vor allem in der Anfangsphase eine Herausforderung dar, wenn der genaue Nutzen solcher Maßnahmen noch nicht klar definiert ist (D5, Pos. 93).

P1 hob die Wichtigkeit einer sorgfältigen Abschätzung der Datenmengen hervor, die für eine Predictive Maintenance-Lösung in der Cloud gespeichert werden könnten, um das finanzielle Risiko einer Fehleinschätzung zu minimieren (P1, Pos. 119–120). Eine unzureichende Abschätzung kann dazu führen, dass die Kosten für Cloud-Dienste enorm ansteigen (D1, Pos. 61). P3 äußerte ebenfalls Bedenken für sein Unternehmen hinsichtlich der potenziell hohen laufenden Kosten, die entstehen können, wenn im Vorfeld nicht ausreichend Überlegungen zu den Vertragsmodalitäten angestellt wurden:

„Na ja, es sind halt Nebenkosten, die einfach laufen. Die hast du vielleicht gerade nicht am Schirm. Dann kommt irgendwann die große Rechnung, je nachdem, wie der Vertrag gestaltet wurde.“ (P3, Pos. 144)

Hier sah auch D7 eine Gefahr für Kund*innen und auch den Dienstleister, wenn das Preismodell des Cloud-Anbieters plötzlich erhöht wird:

„Es ist nicht nur finanziell, wie es sich auswirken kann. Wenn z. B. das Preismodell auf einmal erhöht wird und man exorbitante Kosten auf einmal mehr hat.“ (D7, Pos. 105)

Das Fehlen einer geeigneten Systemarchitektur, die eine angemessene Vorverarbeitung und Filterung der notwendigen Daten ermöglicht, kann ebenfalls finanzielle Risiken bergen. Dies kann insbesondere dann der Fall sein, wenn die Datenverarbeitung unüberlegt in die Cloud verlagert wird, um geeignete Daten zu erhalten (D2, Pos. 26).

Die Berechnung des Return on Investment (ROI) für Initiativen zur Predictive Maintenance kann in Unternehmen eine Herausforderung darstellen. Insbesondere die Entwicklung messbarer Kennzahlen, die Transparenz über solche Investitionen schaffen, ist von großer Bedeutung (P4, Pos 117). Diese Kennzahlen sind entscheidend, um fundierte Entscheidungen darüber treffen zu können, ob solch umfangreiche Investitionen gerechtfertigt sind oder ob es möglicherweise kostengünstigere Alternativen gibt. Letztendlich ist der ROI oft die einzige Kennzahl, die für Produktionsleiter*innen bei solchen Investitionen sichtbar und somit entscheidend ist (D1, Pos. 83). Eine weitere Herausforderung sah P5 darin, die Kosten für solche Investitionen nachweisbar zu machen:

„Also es ist natürlich bei den Dingen, bei den technischen Sachen ist es einfacher, weil ich sage, da brauchen wir Energie, da kann ich meine Produktionskosten nicht um so und so viel Cent senken, da kann man es leicht berechnen, aber bei den Dingen ist es natürlich immer schwierig, und da ist sehr viel mit Argumentieren, hat sehr viel mit verbalen Argumentationen zu tun, aber mit Kosten ist das schwer zum Belegen dann.“ (P5, Pos. 83)

Trotz der Schwierigkeiten bei der Quantifizierung solcher Investitionen werden oft pragmatische Entscheidungen getroffen, um Verbesserungen am Unternehmensstandort voranzutreiben:

„Ja, bei so neuen Sachen ist es oft so, dass wir versuchen, eine pragmatische Entscheidung zu treffen, dass wir sagen, wir wissen, wir werden nicht sofort einen Effekt sehen, aber wir wollen ja lernen. Ich habe das Gefühl, dass es sich sehr stark weiterentwickelt hat an dem Standort.“ (P3, Pos. 148)

P1 teilte seine Erfahrungen mit den Kosten konventioneller Wartungsmaßnahmen, die er als gut planbar und berechenbar ansieht, vorausgesetzt, es liegen entsprechende Erfahrungswerte vor. Im Kontrast dazu eröffnet Predictive Maintenance die Möglichkeit, Wartungseinsätze nicht länger nach einem starren Zeitplan, sondern basierend auf dem tatsächlichen Bedarf zu planen. Er betonte, dass bei effizienter Nutzung eines Predictive Maintenance-Systems traditionelle Wartungszyklen, wie quartalsweise Überprüfungen, obsolet werden können. Die Wartung richtet sich dann nach der realen Beanspruchung und dem Zustand der Maschinenteile, was möglicherweise nur halbjährliche oder jährliche Wartungsintervalle nötig macht. Diese bedarfsorientierte Planung ermöglicht eine gezieltere und effizientere Durchführung der Wartungsarbeiten. P1 unterstrich das Potenzial dieses Ansatzes, insbesondere bei bestimmten Anlagentypen, signifikante Kosteneinsparungen zu erzielen und so einen deutlichen ROI zu realisieren (P1, Pos. 136).

5.4.4 Subkategorie: Organisatorisch

Eine der Hauptherausforderungen bei der Integration von Predictive Maintenance liegt in ihrer Interdisziplinarität. Wie D4 hervorhob, ist es entscheidend, dass abteilungsübergreifend das geeignete Personal gefunden wird, das dann auch bei der Integration unterstützend wirkt.

„...die wenigsten Kunden haben jetzt, sage ich mal, eine benannte Einheit, die sowas einführen soll, weil sie brauchen meistens dann jemanden aus der Instandhaltung, sie brauchen jemanden aus der IT, sie brauchen jemanden aus dem übergelagerten Management für die Grundsatzentscheidungen, die dann auch so ein Team formen. Und das kann organisatorisch eine Herausforderung sein, die richtigen Leute zusammenzubekommen.“ (D4, Pos. 98)

Eine weitere wesentliche Herausforderung, die P1 hervor hob war, dass ein signifikanter Nachholbedarf im Verständnis zwischen IT und OT besteht. Er erklärte, dass die IT oft nicht erkennt, dass Maschinennetzwerke mit ihren eigenen Bereichen operieren, was zu isolierten Netzwerken führt. Trotz der Herausforderung, die zahlreichen Datenpunkte dieser Maschinen zu verwalten, liegen hier wertvolle Daten vor, die für die IT nutzbar gemacht werden sollten. Die Schlüsselherausforderung liegt darin, dass IT und Produktionsbereiche lernen müssen, miteinander zu kommunizieren, um diese Daten effektiv zu integrieren. Ein Schritt, den bisher nur wenige Unternehmen erfolgreich umgesetzt haben, wie P1 betonte.

D7, der aus Sicht des Dienstleistungsbereiches sprach, sagte, dass es eine Herausforderung darstellt, dass bei der Integration von Predictive Maintenance auch das Domänenwissen der Mitarbeiter*innen, die täglich mit den Maschinen und Anlagen konfrontiert sind, berücksichtigt werden muss (D7, Pos. 113).

Wie man schon an den vorherigen Aussagen erkennen konnte, ist qualifiziertes Personal notwendig, um solche Initiativen überhaupt umsetzen zu können. D2 nannte hierbei den generativen Umbruch als große Herausforderung für die Unternehmen, um das geeignete Personal in einer passenden Anzahl zu finden, wie D5 betonte (D2, Pos. 72; D5, Pos. 27). In diesem Zusammenhang erwähnte D4, dass „eine ganze Armee an Leuten“ notwendig ist, wenn Predictive Maintenance von Grund auf selbst gemacht wird (D4, Pos. 110).

Bezüglich des geeigneten Personals sah D4 die Herausforderung, in den Unternehmen mit denen er zusammenarbeitet, dass zusätzlich zur Interdisziplinarität trotzdem jemand ein fachübergreifendes Wissen von der Datenanalyse bis hin zum Instandhaltungs-Know-how haben sollte:

„Die wenigsten, mit denen wir zusammenarbeiten, haben eine gute Versorgung mit Datenexperten, die gleichzeitig ein Instandhaltungs-Know-how haben. Wir brauchen ja nicht nur einen Data-Analyst, sondern wir brauchen einen Vibrations-Analyse-Experten für zustandsbasierte Instandhaltung im klassischen Sinne. Auch wenn sie vielleicht eine AI haben, die ihnen das Signal ein bisschen kommentiert oder sowas oder Anomalien kennzeichnet, braucht es jemanden, der sich damit auskennt. Von der Daten, also von der Instandhaltungsperspektive. Und diese Kompetenzen in Kombination sind zumindest derzeit sehr schwierig zu bekommen, in größerer Zahl.“ (D4, Pos. 54)

Dieses Problem der fehlenden Kompetenz und zusätzlich das Fehlen des geeigneten Personals unterstrichen D1 und P3 mit ihren Aussagen:

„...was du auch hast, bei Predictive Maintenance, da bist du ja auch schnell einmal im Machine Learning auch drin, wenn es komplexer wird. Für das Machine Learning haben die Produktionsunternehmen meistens auch keine Mitarbeiter, die schon Erfahrung hätten. Natürlich gibt es Machine Learning schon seit längerer Zeit, aber dass es wirklich groß einsatzfähig ist, ist doch eine sehr neue Sparte. Ich tu mir sicher schwieriger, dass ich einen Mitarbeiter für Predictive Maintenance finde, als dass ich einen Mitarbeiter finde, der mir einfache Daten auf die SPS legt.“ (D1, Pos. 57)

„Du brauchst da auf jeden Fall auch Personal und Wissensträger, die da mal Basisinformationen eingeben, ganz grob gesagt, und das dann intensiv betreuen. Man sieht es bei einem Projekt, was wir gerade haben Richtung Qualitätsoptimierung mit dieser KI-Auswertung, wieviel Ressourcen, dass das bindet bis es zu einer Bestellung von einem System kommt, weil du auf so viel Sachen achten musst.“ (P3, Pos. 120)

P5 sah als Herausforderung, dass es zu keinen Personalkürzungen kommt, wenn Predictive Maintenance-Lösungen in seinem Unternehmen integriert werden. Er argumentierte, dass die Reduzierung der Mitarbeiter*innenkapazität aus Gründen der Kosteneinsparung ein falscher Ansatz sei, da der anfallende Arbeitsumfang bewältigt werden muss, was sich bereits aktuell als schwierig erweist.

Ziel sollte es seiner Meinung nach sein, dass die gewonnene Zeit besser in den Unternehmen für andere notwendige Tätigkeiten genutzt werden kann und nicht, dass durch Verbesserungen Mitarbeiter*innen reduziert werden (P5, Pos. 83).

D3 schloss sich diesem Punkt an und betrachtete ihn aus der Perspektive der Mitarbeitenden. Er betonte, dass es unter keinen Umständen vorkommen darf, dass Mitarbeitende Ängste vor dem Verlust ihres Arbeitsplatzes aufgrund neuer Technologien haben:

„Es gibt immer wieder große Herausforderungen, die nicht nur Showstopper, sondern auch Grund des Abbruchs sein können. Wenn der Mitarbeiter Angst hat, dass sein Arbeitsplatz weg sein könnte, weil jetzt ein Algorithmus den Vorschubregler am Drehfräszentrum übernehmen kann, weil er nach und nach lernt, in welchen Situationen, in welchen Schwingungsfeldern der bisherige Bediener zurückgedreht hat und wann er wieder mehr Gas gegeben hat.“ (D3, Pos. 72)

D5 betonte, dass die größte Herausforderung bei der Implementierung von Predictive Maintenance die Notwendigkeit von engagierten Verantwortlichen im Unternehmen ist. Trotz der Unterstützung durch Dienstleister, wie ihr Unternehmen für viele Firmen anbietet, ist die fehlende grundlegende Kompetenz innerhalb der Unternehmen entscheidend, dass viele Projekte scheitern (D5, Pos. 87).

Um qualifiziertes und geeignetes Personal im Unternehmen für Predictive Maintenance-Initiativen zu haben, sind auch Schulungen und Weiterbildungen für das bereits vorhandene Personal notwendig (D6, Pos. 85–86). P4 glaubte zudem, dass der Aufwand der Schulung für ältere Mitarbeiter*innen in seinem Unternehmen größer ist als für jüngere, da hier die Erfahrung mit neueren Computersystemen fehlt (P4, Pos. 100–101). Auch sagte P3, dass KI-basierte Lösungen

nicht alles abdecken können. Es sind auf jeden Fall gut ausgebildete Fachkräfte notwendig, die das System dann warten, betreuen und weiterentwickeln (P3, Pos. 136). Eine wesentliche Herausforderung in den Unternehmen ist, dass solche Maßnahmen nicht nur als Kostenfaktor betrachtet werden, wie D2 schilderte:

„...es gibt einfach Unternehmen, die einfach auch Schulungs- und Weiterbildungsmaßnahmen nur als Kostenfaktor betrachten. Und das hindert deutlich daran, vernünftige Sachen zu machen.“ (D2, Pos. 44)

Eine weitere Herausforderung stellen Schulungsmaßnahmen für die IT-Security im Unternehmen dar, wenn cloudbasierte Systemlösungen integriert werden. Das IT-Security-Konzept ist nur so gut, wie die Mitarbeiter*innen darauf geschult sind:

„...das IT-Security-Konzept ist nur so gut, wie die Mitarbeiter auch darauf geschult sind. Man darf nicht vergessen, dass der größte Anteil an Cyberangriffen nur deshalb Erfolg hat, weil meistens irgendein Mitarbeiter auf einem Phishing-E-Mail-Link klickt oder so. Also dementsprechend ist das wieder etwas, was direkt ins Organisatorische hineinfließt.“ (D7, Pos. 101)

Die Frage, ob eine Integration von Predictive Maintenance wirklich sinnvoll ist, ist natürlich auch eine Herausforderung, die sich beide Seiten, produzierende Unternehmen und Dienstleister, stellen müssen. Wenn die Anlagen laufen und bereits eine gute Transparenz erzeugt wird, sind Initialprojekte wieder schnell vom Tisch, wenn der Nutzen nicht aufgezeigt werden kann:

„Ja, also, da gehen wir jetzt immer in die Richtung: „Tut Ihnen das schon weh?“ Es tut Ihnen nicht weh. Die Anlagen funktionieren, die Anlagen laufen, sie haben eine gute Transparenz da drinnen, und wenn man sagt, welchen Nutzen hast du denn dafür, dass du jetzt deine Daten zentral kriegst, musst du im ersten Moment sagen (...), und dann rechnest du noch aus, was der kleine Nutzen, ich meine nicht, dass man keinen Nutzen hat, aber was muss ich investieren, um den Nutzen zu heben? In dem Moment sind die potentiellen Projekte wieder vom Tisch.“ (D5, Pos. 77)

Es ist nicht nur eine Herausforderung, den Nutzen neuer Technologien aufzuzeigen, sondern auch sicherzustellen, dass dieser Nutzen durch die richtige Integration in die Organisation tatsächlich realisiert wird:

„...und das dann auch noch richtig in die Organisation mit zu integrieren. Das ist fast das Schwierigste, weil, wie gesagt, es hätten alle gerne Predictive Maintenance, aber du musst sehr verdammt viel tun dafür, dass das dann auch einen Nutzen stiftet.“ (D5, Pos. 35)

Eine wesentliche Herausforderung bei der Implementierung von Predictive Maintenance besteht in der Notwendigkeit einer nahtlosen Integration in die bestehenden Prozesse und Strukturen eines Unternehmens. D5 hob hervor, dass zwar die technischen Grundlagen für das Sammeln von Daten, deren Einspeisung in die Cloud und die Identifizierung von Anomalien bereits weit entwickelt sind, die tatsächliche Hürde jedoch in der praktischen Umsetzung und alltäglichen Nutzung dieser Technologien liegt. Aktuell setzen nur wenige Unternehmen solche fortschrittlichen Datenanalysen im Tagesgeschäft ein, obwohl eine zunehmend positive Entwicklung erkennbar ist. Die Herausforderung bleibt jedoch bestehen, diese neuen Technologien effektiv in die täglichen Abläufe zu integrieren, beispielsweise durch die Automatisierung von Wartungstickets. Trotz der Existenz solcher Systeme in Pilotprojekten ist die

branchenweite Etablierung automatisierter Prozesse für Predictive Maintenance noch nicht erreicht (D5, Pos. 47).

P4 erklärte, dass die generelle Integration neuer IT-Lösungen stets eine große Herausforderung darstellt, insbesondere wenn sie über mehrere Standorte hinweg implementiert werden muss. Bei solchen Entscheidungen sind häufig unterschiedliche Präferenzen von Entscheidungsträger*innen erkennbar, was nicht immer zur Auswahl des optimalen Systems für das Unternehmen führt:

„Das Problem ist so, es gibt sehr schöne, sehr schöne Lösungen am Markt. In einem Unternehmen, wie wir es sind, ist es halt immer sehr schwierig, neue IT-Systeme einzuführen. Sehr, sehr schwierig. Ich hätte schon einige Lösungen gesehen, die mir wirklich sehr gut gefallen, aber die Hürde ist dann immer, dass man eben kein neues Programm einführen kann. Oder wenn, dann muss das für mehrere Standorte ausgerollt werden. Und da hat natürlich jeder seine Wünsche, Vorzüge und dann im Endeffekt kommt man nicht auf das beste System für den jeweiligen Standort.“ (P4, Pos. 75)

Wenn Unternehmen Lösungen von Dienstleistern integrieren möchten, stellt sich natürlich die Frage, welcher Aufwand damit verbunden ist. D7 beleuchtete diesen Punkt. Er sagte, dass eine Plug-and-Play-Lösung im Kontext von Predictive Maintenance keine realistische Erwartung sein kann, da die Implementierung stark von den spezifischen Betriebsweisen der Kund*innenanlagen abhängt. Dies erfordert einen erheblichen Einsatz des Engineering-Teams, das die Systeme direkt bei dem*der Kunden*Kundin vor Ort einrichten muss. Darüber hinaus stellt die Notwendigkeit, den*die Kunden*Kundin von der Bedeutung eines uneingeschränkten und ungefilterten Datenzugangs zu überzeugen, eine weitere Herausforderung dar, da dies häufig auf Skepsis stößt (D7, Pos. 95, D7, Pos.113).

Ebenso herausfordernd für neue technische Systeme können Betriebsvereinbarungen für den Unternehmensstandort sein. Mit solchen Vereinbarungen wird sichergestellt, dass durch aufgezeichnete Merkmale in den Anlagen keine Rückschlüsse auf die Tätigkeiten von Mitarbeiter*innen gezogen werden können. Dabei geht es beispielsweise um Informationen darüber, wie effizient eine Anlage betrieben wurde, oder wie viel Pausen vom zuständigen Personal gemacht wurden (P1, Pos. 49–57). D3 identifizierte ein kritisches Hindernis im Kontext solcher Vereinbarungen, das darin besteht, dass Vereinbarungen den Schutz von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern vorsehen können, indem sie verhindern, dass deren Wissen und Erfahrungen in Algorithmen überführt werden dürfen (D3, Pos 72). D5 sah auch die Problematik solcher Vereinbarungen als Bremsklotz für technische Innovationen bei größeren Unternehmen:

„Ja, das stimmt auch, kommt aus dem Datenschutz heraus. Also das ist eher ein Thema für die großen Unternehmen. Ich muss mal sagen, wenn ich es rein technisch betrachte, ist das sicher ein Bremsklotz, rein technisch. Also in den wenigsten Unternehmen geht es darum, dass sie ihre Mitarbeiter irgendwie kontrollieren wollen oder etwas Böses wollen. Auf der anderen Seite, wenn ich nicht sehe und nicht schaue, was passiert, oder nicht sehe, was richtig oder falsch ist, wie soll ich das verbessern?“ (D5, Pos. 79)

Die Entscheidung der Integration von Predictive Maintenance ist generell aufgrund des präventiven Charakters eine schwierige für die Unternehmen:

„Damit es wirklich eingesetzt wird, ist es halt ein harter Business Case. Alles was präventiv ist, siehst du nicht gleich. Du sparst jetzt im ersten Moment nichts. Das ist meist erst später sichtbar. Das ist halt auch von der Entscheidung her schwierig.“ (D1, Pos. 61)

Auch wenn der Nutzen letztlich aufgezeigt worden ist, bleibt es dennoch eine strategische Managemententscheidung des Unternehmens, ob nun eine Predictive Maintenance-Initiative gestartet wird oder nicht:

„Im Großen und Ganzen ist es eine strategische Managemententscheidung, will ich diesen Weg gehen oder nicht.“ (P1, Pos. 138)

Des Weiteren ist der Weg des Wandels vor allem bei einer restriktiven On-Premises-Politik im Unternehmen zu einer Cloud-Lösung auch von höheren Instanzen zu treffen:

„Ja, das ist eine schwierige Entscheidung, dass muss die IT mit der Geschäftsführung und mit der Konzernleitung entscheiden.“ (P3, Pos. 142)

Wenn dann die Entscheidung getroffen worden ist, dass cloudbasierte Predictive Maintenance integriert wird, müssen sich die Unternehmen die Frage stellen, ob sie selbst eine Lösung generieren oder ob sie mit einem Anbieter ins Rennen gehen. Bei der Entscheidung eines potentiellen Anbieters stehen die Unternehmen vor der Herausforderung, sicherzustellen, dass ihre Entscheidung zukunftsfähig ist und sie den richtigen Anbieter auswählen. D5 warf die Frage auf, wie Unternehmen eine vertrauensvolle Entscheidung treffen können, insbesondere wenn die Möglichkeit besteht, dass sie ihren Kurs ändern müssen, falls anfängliche Bedingungen nicht erfüllt werden. Diese Frage zeigt das Risiko der Abhängigkeit von dem*der gewählten Kooperationspartner*in (D2, Pos. 68).

5.4.5 Subkategorie: Technisch

Auch das Verständnis von cloudbasierter Predictive Maintenance ist eine Herausforderung. Hierbei gilt es zu klären, welche Teile dann On-Premises ausgeführt werden und welche in der Cloud:

„Überhaupt das Verständnis. Was bedeutet cloudbasierte Predictive Maintenance? Welcher Teil ist in der Cloud? Welcher Teil ist On-Premises? Was sind die Voraussetzungen? Was muss ich dafür machen? Was passiert denn relativ konkret mit dem Datensatz? Das sind die Probleme, würde ich sagen, und die Herausforderungen.“ (D3, Pos. 70)

D4 schilderte hierzu, dass die Erwartungshaltung bei den beteiligten Personen hinsichtlich einer Predictive Maintenance-Initiative bei Unternehmen ganz unterschiedlich sein können. Der Grund ist, dass es im Feld viele angebliche Predictive Maintenance-Expert*innen gibt und jede*r hat seine*ihre eigenen Erklärungen und Definitionen für die Lösung einer vorrauschauenden Wartung. Die passende Ansprechperson zu finden, gestaltet sich oft als Herausforderung in diesem Bereich (D4, Pos 58; D4, Pos. 62; D4, Pos. 64).

Eine korrekte und qualitativ hochwertige Implementierung der Predictive Maintenance-Lösung ist auch mit Herausforderungen für Unternehmen verbunden. P1 erläuterte, dass es wichtig ist, im Vorfeld mit der IT an einer gemeinsamen übergreifenden Lösung zu arbeiten, da derzeit durch die isolierten Systemlösungen in den Anlagen eine starke Abgrenzung zum OT-Bereich vorhanden ist (P1, Pos. 98).

Des Weiteren liegt das Ziel darin, die Lösung so gut abzustimmen, dass die Vorhersagen auch wirklich der Wahrheit entsprechen und Vertrauen generieren. Andernfalls hat man keinen Vorteil durch das neue System gewonnen wie D1 und D6 schilderten:

„Und wenn dann die Predictive Maintenance nicht so gut ist, habe ich trotzdem nur einen Schaden oder einen Ausfall.“ (D1, Pos. 63)

„Das Risiko von Predictive Maintenance ist, dass man zu weit das Ding stretcht, dass man so weit rausschiebt, dass dann die Fehler tatsächlich auftreten. Das ist sicher ein Risiko, wenn es den Bogen überzieht, dass dann noch mehr Wartungsstillstände auftreten als beim regelmäßigen Warten. Das ist natürlich ein Vorinvestment. Ich brauche in irgendeiner Art Vertrauen in diese Systeme, dass die auch wirklich funktionieren.“ (D6, Pos. 92)

P3 sah eine Herausforderung in der Datenfütterung von KI-basierten Lösungen:

„Ja, du musst ja das mit Basiswissen füttern. Die Frage ist, wie machst du das? Wie sagst du, dieser KI, was relevant ist? Weil die Standardlösung für alle Maschinen auf der Welt und alle Firmen wird es nicht geben.“ (P3, Pos. 120)

Auf diese Punkt ging D4 auch näher ein und sagte, dass die Wirksamkeit von Predictive Maintenance maßgeblich von der Verfügbarkeit relevanter Daten abhängt. Ohne die Erfassung spezifischer, für die Vorhersage notwendiger Daten, wie Vibrationen, Geräusche oder Temperaturen bei einem mechanischen Getriebe, ist die Identifizierung potenzieller Schäden unmöglich. Selbst der fortschrittlichste Algorithmus kann ohne Zugang zu diesen kritischen Daten keinen mechanischen Fehler vorhersagen (D4, Pos. 92).

Auch der technische Aspekt hinsichtlich der IT-Security darf nicht unterschätzt werden, wenn cloudbasierte Predictive Maintenance integriert wird (D7, Pos. 95). Security Expert*innen, die beratend dafür notwendig wären, sind in den Unternehmen meist nicht verfügbar (D1, Pos. 61). Auch die Datentransferierung an Dienstleister sah D2 durch die immer weiter steigenden Security-Richtlinien als Herausforderung (D2, Pos. 26).

D5 erkannte auch die Schwachstellen nicht in der IT-Security, sondern in der OT-Security:

„Und die Schwachstellen auch Richtung Security sind nicht die IT-Systeme, sondern eher die OT-Systeme. Einfach ein Beispiel: Wenn ich jetzt, wir haben draußen jetzt eine Anlage mit, ich weiß nicht, wie viele zig Steuerungen drin, wenn ich jetzt da komme und die Steuerung aufmache, weil wir irgendwas machen, hindert mich keiner daran, einen USB-Stick anzustecken.“ (D5, Pos. 61)

D4 wies auf das Risiko hin, dass bei unzureichenden Sicherheitsrichtlinien in Unternehmen eine Spaghetti-Architektur entstehen kann, wenn Cloud-Verbindungen von verschiedenen Anbietern mit Produktionsanlagen verknüpft werden. Hierbei sah er ein bedeutendes Risiko (D4, Pos. 88–90).

P1 hob hervor, dass die größte Herausforderung in der Heterogenität der Daten liegt. Verschiedene Roboter und Prüfstände liefern Daten in unterschiedlichen Formaten, ohne erkennbare Standards, was zu einer Ansammlung von Terabytes an Daten führt, aus denen kaum Sinn extrahiert werden kann. Ein weiteres Problem stellen die Erfassung und Bedeutung von Metadaten dar – nicht nur die eigentlichen Messwerte wie Spannung, Strom oder Dimensionen sind relevant, sondern auch der Kontext dieser Messungen, wie Softwareversionen, Materialchargen, Umgebungstemperaturen und die Identität der Bedienenden. Diese Metadaten werden oft unzureichend dokumentiert (D6, Pos. 72). In der Hinsicht der Datenerfassung nannte auch D5 die Herausforderung der unterschiedlichen Schnittstellen von unterschiedlichen Anbietern (D5, Pos. 83-85). P4 betonte ebenfalls die Notwendigkeit, dass eine umfassende Lösung für prädiktive Wartung in der Lage sein muss, notwendige Daten aus den bereits vorhandenen Systemen effizient zu integrieren und zu nutzen (P4, Pos. 79).

Eine weitere Herausforderung sind die Datenanalyse und die Mustererkennung, wie D7 schilderte:

„Herausforderung ist sicher, dass man die Zustandsparameter quasi, die gesammelt werden, dass die auch korrekt erst einmal extrahiert und dann auch analysiert werden. Also nur, wenn man ein Muster herauslesen kann, heißt das ja nicht, dass das Muster jetzt gleich dann irgendwie auch vorhersehend für etwas verwendet werden kann. Das kann auch absoluter Blödsinn sein und nichts miteinander zu tun haben. Also es kommt immer darauf an, was man natürlich miteinander vergleicht.“ (D7, Pos. 113)

P4 sagte, dass für ihn zuvor die Daten in seinem Unternehmen in Ordnung gebracht werden müssen, bevor sie für neue Systeme verwendet werden können. Dies nimmt sehr viel Zeit in Anspruch und wird wenig wertgeschätzt, wie er schilderte (P4, Pos. 117). Auch ist es eine Herausforderung, dass diese bereinigten Daten dann nicht ungefiltert in einer Cloud landen. Andernfalls entsteht ein potenzielles riesiges Datenvolumen in der Cloud, das einerseits nicht gewünscht ist und andererseits auch nicht die richtigen Daten für Predictive Maintenance-Lösungen liefert (D4, Pos. 94). Ein weiteres Problem besteht darin, dass im Maschinennetzwerk unterschiedliche Datenübertragungsraten vorherrschen, was zu Schwierigkeiten führt, insbesondere wenn umfangreiche Datenmengen von einer einzelnen Maschine übermittelt werden (D1, Pos. 61).

Eine weitere technische Herausforderung ist auch das Retrofitting in den Anlagen eines Unternehmens, wenn noch keine Grundbasis für Predictive Maintenance geschaffen wurde:

„Wenn ich unseren Anlagenmaschinenpark ein bisschen im Kopf durchgehe, das ist eher, dass man auch an der Anlage solche Systeme mal integrieren muss. Wir haben zum einen moderne Anlagen und zum anderen aber 20, 30 Jahre alten Anlagen, die in Bezug auf irgendwelche Condition Monitoring-Systeme natürlich so gut wie nichts integriert haben.“ (P1, Pos. 104)

D1 sah das ähnlich und thematisierte die Schwierigkeit, Predictive Maintenance in älteren Produktionsanlagen zu implementieren, die oft seit über 20 Jahren in Betrieb sind und überwiegend veraltete Steuerungssysteme nutzen. Während das Aussenden einfacher Signale von einer alten Siemens-Steuerung noch machbar sein mag, stellt die kontinuierliche Übertragung von Sensordaten in Millisekunden-Abständen in eine Datenbank eine wesentlich größere technische Herausforderung dar.

5.5 Hauptkategorie 5: Handlungsempfehlungen

Im Rahmen der Einführung und Nutzung von cloudbasierter Predictive Maintenance stehen Unternehmen vor vielfältigen Herausforderungen und Entscheidungen, die in Kapitel 5.4 beleuchtet werden. Um diesen begegnen zu können, ist es essenziell, geeignete Handlungsempfehlungen zu formulieren, die auf unterschiedlichen Ebenen – von finanziellen Aspekten über organisatorische Anpassungen bis hin zu technischen Implementierungen – Unterstützung bieten. Diese Hauptkategorie fokussiert sich auf solche Empfehlungen, die darauf abzielen, Skepsis gegenüber der Cloud zu minimieren, finanzielle Überlegungen zu optimieren, organisatorische Strukturen anzupassen und technische Voraussetzungen zu schaffen. Ziel ist es, Unternehmen eine Orientierungshilfe zu geben, um Predictive Maintenance erfolgreich und effizient in ihre Prozesse zu integrieren. Die Subkategorien dieser Hauptkategorie sind in der folgenden Tabelle 5-5 dargestellt.

Subkategorie	Inhaltliche Beschreibung
Cloud-Ängste	Beinhaltet Aussagen mit Empfehlungen, die Unternehmen gegeben werden können, um die Skepsis gegenüber der Cloud nehmen zu können
Finanziell	Aussagen zu finanziellen Handlungsempfehlungen, die für die Integration von cloudbasierter Predictive Maintenance wesentlich sind
Organisatorisch	Diese Subkategorie umfasst Handlungsempfehlungen zu organisatorischen Aspekten in den Unternehmen.
Technisch	Aussagen über technische Handlungsempfehlungen, die Unternehmen bei der Integration von Predictive Maintenance berücksichtigen sollten

Tabelle 5-5: Definition der Subkategorien zur Hauptkategorie 5 (Quelle: Eigene Darstellung)

5.5.1 Subkategorie: Cloud-Ängste

Einige Unternehmen, auch bei den Befragten, haben Bedenken und sehen Risiken, wenn es um die Datenspeicherung in der Cloud geht. In dieser Hinsicht sehen Dienstleister, die solche Cloud-Lösungen anbieten, des Öfteren, dass sogenannte Cloud Assessments von Unternehmen verwendet werden. Dabei handelt es sich um Kriterienkataloge, die von Unternehmen verwendet werden können, um spezifische Anforderungen an Provider zu stellen (D4, Pos.100). Des Weiteren verwies P1 auf weitere unterstützende Ressourcen wie das Grundsatzpapier der Verbands Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (VDMA), das Richtlinien und Empfehlungen für die Industrie bereitstellt. Dieses Dokument bietet praktische Hilfestellungen, um grundlegende Bedenken und Ängste, die oft aus Unwissenheit resultieren, abzubauen und Unternehmen zu ermutigen, sich weiterzuentwickeln, ohne dass die Verantwortlichen befürchten müssen, unkalkulierbare Risiken einzugehen.

Zudem sollte Wert darauf gelegt werden, dass ein renommierter Anbieter für eine Cloud-Lösung ausgewählt wird, um die Unternehmensdaten bestmöglich schützen zu können, wie D5 betonte:

„Also wenn es gut gemacht ist, glaube ich, dass es manchmal sicherer ist. Aber nur wenn es wirklich gut gemacht ist und ich einen ordentlichen Anbieter habe. *Ordentlicher Anbieter heißt, der*

Wert darauf legt. Wir haben eh nicht so viele Anbieter von Cloud. Wir haben viele, die das dann branden und ihre eigenen Dienste drauflaufen lassen. Aber grundsätzlich Anbieter haben wir ja nur ein paar. Für die ist es so wichtig, dass da im Prinzip das nicht hängen bleibt, dass sie im Prinzip die Datenlecks sind.“ (D5, Pos. 89)

Auch Bedenken hinsichtlich Datenintegrität und Datensicherheit sollten Unternehmen langsam beiseitelegen. Vor allem die etablierten Cloud-Anbieter sind in Richtung Datenschutz sehr gut aufgestellt:

„... die Unternehmen machen sehr, sehr viel, damit das sicher ist, dass das sauber läuft im Hintergrund, dass auch diese formalen Sachen alle passen. Sie halten sich an die gesetzlichen Vorgaben, berücksichtigen quasi alles, was Richtung Datenschutz anbelangt. Und das sind wirklich nicht nur Lippenbekenntnisse, sondern sie tun es wirklich. Da finde ich, ist es wichtig, so einen Cloud-Anbieter zu nehmen.“ (D5, Pos. 91)

Auch D7 sah das ähnlich und sagte, dass die Zuverlässigkeit großer Cloud-Anbieter maßgeblich auf ihrem hohen Sicherheitsstandard beruht. Angesichts der begrenzten Anzahl führender Anbieter in diesem Sektor ist deren Reputation stark davon abhängig, ihre Systeme vor Cyberangriffen zu schützen und Kund*innendaten sicher zu verwahren. Ein Vertrauensbruch durch Sicherheitslücken würde deren Geschäft erheblich schädigen. Daher können Kund*innen grundsätzlich ein hohes Maß an Vertrauen in diese Anbieter setzen. Zusätzlich ist es üblich, dass sowohl die Anbieter als auch ihre Kund*innen regelmäßig Sicherheitskonzepte durch Penetrationstests überprüfen, um die Integrität und Sicherheit der Daten und Systeme kontinuierlich zu gewährleisten (D7, Pos. 101). Wichtig hierbei ist es grundsätzlich, dass den Kund*innen die Skepsis genommen wird. Dies kann man einerseits durch klare Kommunikation des gewünschten Sicherheitsbedürfnisses schaffen und andererseits durch die Vorteile, die durch solche Lösungen generiert werden, beispielsweise in Bezug auf die Kosten (D7, Pos. 115). Auch, dass sich Unternehmen mal ein anständiges Rechenzentrum von innen ansehen, könnte viele Bedenken ausmerzen wie D3 betonte (D3, Pos. 78).

D5 verdeutlichte, dass zwar die Bedenken von Unternehmen in Bezug auf die Abhängigkeit von Cloud-Anbietern nicht unbegründet sind, jedoch ist ein Wechsel des Cloud-Anbieters durchaus möglich, sofern man mit den richtigen Partner*innen zusammenarbeitet. Obwohl im Detail Verluste entstehen können, ist es machbar, Daten zu extrahieren und in eine neue Cloud-Umgebung zu überführen, wie sie sagte. Dieser Prozess ist zwar nicht ohne Aufwand und funktioniert nicht bei allen Daten reibungslos, doch ein Ausstieg und Wechsel sind umsetzbar, wenn das Unternehmen dies entscheidet (D5, Pos. 95).

5.5.2 Subkategorie: Finanziell

P3 betonte, dass das Thema Budget für die IT-Infrastruktur im Bereich Predictive Maintenance innerhalb seines Unternehmens einen deutlich höheren Stellenwert einnehmen sollte. Laut seiner Erfahrung wird diesem wichtigen Aspekt leider allzu oft nicht genügend Beachtung geschenkt. Das Problem ist, dass irgendwann ein Investitionsstau aufgrund des fehlenden Budgets entsteht.

Wenn man dieses jedoch gleich zu Beginn höher ansetzt, dann tritt diese Problem nicht auf. Er gab das auch als Handlungsempfehlung an andere Unternehmen mit (P3, Pos. 150). Auch darf eine neue Investition im Verhältnis nicht mehr kosten, als sie an Vorteilen bringt. Ganz oft wird viel Geld in Technik investiert, ohne dass sich grundlegende Gedanken gemacht worden sind, welcher Benefit daraus überhaupt generiert werden kann. Auch wenn das auf der Hand liegt, wie D5 erwähnte, tun dies nicht immer alle. Es ist wichtig, dass dies wirklich von den Unternehmen beachtet wird (D5, Pos. 107).

Hinsichtlich der Kosten müssen produzierende Unternehmen darauf achten, welche Datenmenge wirklich in der Cloud genutzt werden muss und welche Informationen über die einzelnen Anlagen wirklich relevant ist (D7, Pos. 109). Um dies Kosten im Blick zu haben, empfahl D7, dass man pro Menge des Zeilenausmaßes an Daten bezahlt wird. Damit kann man einerseits eine gute Abgrenzung schaffen und andererseits auch dem*der Kunden*Kundin gegenüber eine hohe Transparenz aufzeigen. Er nannte dies ein Fair-Use-Prinzip (D7, Pos. 109).

Auch sah es D1 sinnvoll, dass cloudbasierte Predictive Maintenance-Lösungen über ein Abo-Modell angeboten werden sollten. Dadurch werden Kund*innen nicht dazu gezwungen, anfänglich hohe Investitionen tätigen zu müssen, vorausgesetzt die Infrastruktur ist bereits modernisiert und geeignet für solche Lösungen (D1, Pos. 83).

Wenn dann hohe Investitionen getätigt werden müssen, ist der ROI eine gute Kenngröße um den Nutzen bewerten zu können. P1 erläuterte, dass sein Unternehmen dafür spezielle Templates und Prozesse verfügt, um Kund*innen bei der Bewertung und Reduzierung von Stillständen zu unterstützen. Er unterscheidet zwischen drei Arten von Stillständen: geplante, ungeplante und kurzfristige ungeplante Stillstände. Während geplante Stillstände zur Vermeidung ungeplanter Ausfälle beitragen können, beeinträchtigen sie die Produktion. Ungeplante, längere Stillstände sind meist besonders kostspielig, während kurzfristige Stillstände als weniger kritisch angesehen werden, sich aber in ihren Kosten summieren können. Die Herausforderung liegt darin, alle drei Stillstandsarten zu minimieren, wobei der größte Mehrwert von der Art und Häufigkeit der Stillstände im Unternehmen abhängt. Für die ROI-Berechnung ist entscheidend, wie die Kosten von Stillständen bewertet werden. Die Einbeziehung von Produktionsausfällen hängt von mehreren Faktoren ab und ist branchenabhängig. In der Lebensmittelindustrie können beispielsweise ungeplante Stillstände zu Abfall führen, wenn ein unterbrochener Produktionsprozess Produkte unbrauchbar macht. D5 sagte auch, dass die Overall Equipment Effectiveness (OEE) ein schneller Kennwert ist, um zu sehen, ob sich etwas verbessert oder verschlechtert hat. D6 teilte generell eine Empfehlung, dass echte Wartungskosten und Stillstände über das Jahr gesehen gesenkt werden sollten, wenn vorrausschauende Wartung integriert worden ist (D6, Pos. 94).

5.5.3 Subkategorie: Organisatorisch

Bevor Predictive Maintenance integriert werden kann, muss die derzeitige Instandhaltungsstrategie in den produzierenden Unternehmen betrachtet werden (D5, Pos. 97). Es muss nicht überall in den Anlagen die teuerste Messtechnik integriert werden, wenn sie nicht notwendig ist. Die Empfehlung, die D3 gab, war jene, sich intensiv mit den Prozessen im

Maschinenpark auseinanderzusetzen umso nach dem jeweiligen Erkenntnisstand die richtige Mischung zwischen den verschiedenen Formen der Instandhaltung zu finden (D2, Pos. 17). Auch eine Risikomatrix sieht er in der Hinsicht als notwendig an, um die jeweilige Entscheidung der Wartungsform aufgrund der Kritikalität treffen zu können. Dieselbe Meinung teilte D4:

„Nein, es hängt schon von der Kritikalität ab. Also, Anlagen werden normalerweise Anlagen schon nach Kritikalität sortiert und davon abhängig dann die Wartungsstrategie adaptiert. Und klarerweise, desto kritischer ein Produktionsausfall oder halt ein Ausfall eines Anlagenteils ist, desto mehr investiert man dann in vorausschauend, zustandsorientiert oder ähnliche Technologien. Es gibt diese Dinge, wo sogar eine Run-to-Fail-Strategie einfach die beste ist.“ (D4, Pos. 31)

Auch D5 sah nur einen Mix der Instandhaltungsstrategien als konsequenten Weg für eine Kostenminimierung in den zuständigen Abteilungen:

„... es muss immer ein Mix sein und ist auch immer ein Mix. Es ist halt so: Je besser ich diesen Mix abstimme und je besser der Mix auf meine Produktion angewandt wird, umso besser ist das Ergebnis auch Richtung Kostenminimierung. Letztendlich geht es auch immer um Kostenminimierung.“ (D5, Pos. 17)

„Also ich bin ja überzeugt davon, dass der Wandel von den, so wie wir jetzt sind in der Instandhaltung, dass wir eine klassische Instandhaltungsabteilung haben, dass wir Teams haben, die total übergreifend sind, voll interdisziplinär, dass das der Erfolg wird werden.“ (D5, Pos. 99)

Um den Erfolg interdisziplinärer Projekte, insbesondere im Bereich Predictive Maintenance, zu gewährleisten, ist es essentiell, das richtige Personal zu finden und eine starke Vernetzung zwischen den verschiedenen an der Produktfertigung beteiligten Instanzen zu fördern. Zwischenmenschliche Probleme sollten minimiert und ein gegenseitiger Nutzen angestrebt werden, wie D1 betonte (D1, Pos. 73). Zudem ist es entscheidend, ein gegenseitiges Verständnis und Akzeptanz für die unterschiedlichen Arbeitsweisen und Perspektiven der beteiligten Personen in verschiedenen Rollen zu schaffen, wie D5 erläuterte. Data-Scientist*innen und Instandhalter*innen kommen aus unterschiedlichen Fachbereichen und werden nicht die Expertise des jeweils anderen erreichen, müssen aber eine gemeinsame Basis des Verständnisses finden. Für den*die Instandhalter*in bedeutet dies, die unterschiedliche Denkweise des*der Data-Scientisten*Data-Scientistin zu erkennen und umgekehrt. Diese gegenseitige Anerkennung der verschiedenen Arbeitsweisen ist ein Schlüsselfaktor für den Erfolg solcher Projekte und verhindert, dass sie an mangelnder Zusammenarbeit scheitern (D5, Pos. 97).

Die Notwendigkeit, ein klares Verständnis zwischen den unterschiedlichen technischen und kommunikativen Welten innerhalb eines Unternehmens zu schaffen, wurde auch von D3 betont. Die Herausforderung besteht darin, eine Brücke zwischen Personen, die in Hochsprachen kommunizieren, und jenen, die sich der IEC-Normensprache bedienen, zu bauen. Es geht darum, gemeinsame Grundlagen zu finden und die Perspektiven beider Seiten zu vereinen. Während für die eine Partei die Materie völlig transparent erscheint, bleibt sie für die andere eine undurchsichtige „Blackbox“, obwohl es sich um dasselbe Produkt handelt. Dieses Phänomen

dient als Denkanstoß, um die verschiedenen „Welten“ innerhalb eines Unternehmens enger zusammenzuführen und ein umfassendes gegenseitiges Verständnis zu fördern (D3, Pos. 52).

Als Handlungsempfehlung für Unternehmen, die Predictive Maintenance implementieren möchten, betonte D7 aus der Perspektive des Dienstleistungssektors die Notwendigkeit, das Domänenwissen der Mitarbeiter*innen, die täglich mit den Maschinen und Anlagen arbeiten, in den Integrationsprozess einzubeziehen. Eine enge Abstimmung zwischen dem produzierenden Unternehmen und dem potentiellen Dienstleister ist dabei unerlässlich (D7, Pos. 113).

Um den Nutzen neuer Systeme innerhalb eines Unternehmens voll auszuschöpfen, müssen die Akzeptanz und das Verständnis bei den Mitarbeiter*innen gefördert werden. Dabei liegt der Fokus weniger auf der technischen Implementierung als vielmehr auf der positiven Einstellung und dem Bewusstsein für den Mehrwert dieser Systeme. D5 hob hervor, dass insbesondere Instandhalter*innen von der Wichtigkeit von Predictive Maintenance überzeugt werden müssen, was oftmals an Kommunikations- und Verständnisproblemen scheitert. Es ist essenziell, dass die Organisation die notwendigen Ressourcen bereitstellt und das erforderliche Wissen über neue Technologien, wie Cloud Security und KI, vermittelt, um solche Projekte erfolgreich umzusetzen (D5, Pos. 87). Dafür sollte dem*der Mitarbeiter*in auch die entsprechende Zeit gegeben werden, sich intensiv mit dem neuem System auseinander setzen zu können (D3, Pos. 74).

Darüber hinaus ist es entscheidend, das Stimmungsbild der Mitarbeiter*innen im Auge zu behalten, um Fehlinterpretationen der Systeme und damit einhergehenden Unmut im Team zu verhindern:

„Man muss auch auf das Stimmungsbild der Mitarbeiter schauen, dass man keine Fehlinterpretationen von diesen Systemen herausbekommt. Dass man nicht den Unmut vielleicht im Team irgendwie schürt. Dass man sagt, das System sagt, das ist so. Und den Mitarbeitern vielleicht weniger vertraut. Das könnte ich mir vorstellen, dass das ein Problem darstellen könnte. Dass der persönliche Dialog mit den Mitarbeitern eher in den Hintergrund gerät. Und auch die Mitarbeiter dann kontraproduktiv reagieren und dem System nicht vertrauen oder es ignorieren.“
(P3, Pos. 134)

Damit das Personal eines Unternehmens Wissen und Kompetenz aufbauen kann, sind zwingend Schulungen notwendig (P1, Pos. 97). D4 sagte, dass sich die Unternehmen hinsichtlich der Schulungsmaßnahmen die Frage stellen müssen, welchen Lösungsansatz sie überhaupt verfolgen möchten. Es ist ein wesentlicher Unterschied hinsichtlich des Know-hows und Schulungsbedarfs, ob ich denn die Lösung im Unternehmen von Grund auf neu entwickle, oder ob ich auf bestehende Lösungen von Dienstleistern zurückgreife. Hier muss man sich grundlegend Gedanken darüber machen, was wirklich geschult werden muss (D4, Pos. 56). Dennoch sah D4, egal ob eigene Lösung oder nicht, einen grundlegenden Umschulungsbedarf, wenn von reaktiver Instandhaltung On-Premises auf Predictive Maintenance in der Cloud umgestiegen wird. Vor allem, wenn keine Erfahrung im Datenbereich vorhanden ist (D4, Pos. 106). Den Bedarf einer Schulung bei der Verwendung von Lösungen von Dienstleitern sah er generell in der Verständniserzeugung für das neue System. Die Mitarbeiter*innen müssen verstehen, wie zum Beispiel Tickets zu interpretieren sind. Allerdings müssen sie keine Data-Analyst*innen werden, wie D4 betonte:

„Das hängt da von der Schulung ab. Also ich sage jetzt mal so, sie müssen dem Instandhalter beibringen, dass er dieses Ticket, das er dann vielleicht kriegt, so liest, dass er versteht, dass da jetzt ein ungewöhnlicher Stromanstieg war, als Beispiel. Und daher typische Fehlerbilder, die damit korreliert sind, sofern sie nicht auch schon in dem Ticket drinnen vorgeschlagen werden. Das heißt, dass der dann dorthin schaut und schaut, ob beispielsweise ein Lagerschaden ansteht und das richtig interpretiert. Auch wenn das Interface immer besser wird, muss der das halt korrekt lesen und interpretieren, weil wenn der am Ende nicht hingehet und den Lagerschaden behebt, dann haben sie nichts gewonnen. Heißt nicht, dass jetzt jeder einen Data-Analyst-Kurs machen muss, jeder, der in der Instandhaltungsmannschaft ist.“ (D4, Pos. 108)

Auch das Mindset Richtung IT-Security und Datensicherheit muss geschult werden. Hierbei erläuterte D5, dass beispielsweise ein USB-Stick, der auf einem Parkplatz gefunden wurde, nicht in das Unternehmensnetzwerk angesteckt wird (D5, Pos. 97). D7 sah das auch unabhängig von Predictive Maintenance ähnlich und nennt die Bewusstseinsbildung essenziell und eine dringende Handlungsempfehlung an die Unternehmen (P1, Pos. 103).

Die Einführung von Predictive Maintenance wird oft als einer der letzten Schritte in der digitalen Transformation von Unternehmen gesehen, wie D1 schilderte. Bevor man sich dieser komplexen und herausfordernden Aufgabe widmet, sollte der Fokus auf grundlegenden Digitalisierungsmaßnahmen liegen, wie etwa der Verbesserung der Qualität von Produktionsdaten und der Abkehr von papierbasierten Prozessen hin zur digitalen Datenspeicherung (D1, Pos. 55).

Um nun Predictive Maintenance im Unternehmen integrieren zu können, ist es wichtig, zu Beginn eine Strategie im Unternehmen zu entwickeln:

„... unbedingt am Anfang so etwas wie eine Strategie aufsetzen. Ohne Strategie scheitern die Sachen. Also das ist eine ganz wichtige Strategie. Und zu der Strategie her, dass ich zuerst mir anschau und eine Ist-Analyse mache und sage, wo habe ich denn meine größten Probleme, wo will ich denn hin, welches Problem will ich denn überhaupt mit dem Ansatz erledigen. Und dann habe ich ja eh schon, das ist mein Ausgangspunkt, dort muss ich hin, was brauche ich, damit ich dort hinkomme.“ (D5, Pos. 107)

Zudem sollte mit den notwendigen interdisziplinären Mitarbeiter*innen ein Projekt sauber aufgesetzt werden:

„... das Projekt muss dann wirklich sauber aufgesetzt werden, weil Predictive Maintenance führt man nicht so nebenbei ein, dass man irgendjemandem so gibt, sondern das muss sauber durchdacht und mit einem sauberen Projektteam eingesetzt werden und nicht nur mit Maintenance Mitarbeitern, sondern da müssen auch Fertigungstechnik, Fertigungsmitarbeiter selbst mit dabei sein.“ (P1, Pos. 142)

Es ist entscheidend, gezielt jene Anlagen auszuwählen, für die bereits eine passende Instandhaltungsstrategie festgelegt wurde. Nur so kann ein maßgeschneidertes Modell für effektive Predictive Maintenance entwickelt werden (P3, Pos. 74).

Schaffung von Transparenz gegenüber dem Management ist essenziell um den Wertbeitrag neuer Investitionen rechtfertigen zu können. Hierbei empfiehlt es sich, diesen Weg mit

Partner*innen zu gehen, da in diesem Kontext große Erfahrungswerte hinsichtlich der Datenintegration notwendig sind (D4, Pos. 50).

Die Entscheidung für Predictive Maintenance sollte stets auf einer sorgfältigen Nutzen-Aufwand-Abwägung basieren. Insbesondere kann der Fokus auf spezifische, problembehaftete Bereiche innerhalb der Anlage, wie beispielsweise einen störungsanfälligen Ofentrockner, sinnvoll sein. Durch den Einsatz eines Edge-Devices oder Monitoring-Systems in einem solchen begrenzten Bereich lassen sich Kosten und Aufwand überschaubar halten, während gleichzeitig der Nutzen durch optimierte Produktion und Instandhaltung klar ersichtlich wird (D5, Pos. 77). Des Weiteren empfiehlt sich ein risikobasierter Ansatz, bei dem vorab analysiert wird, welche Anlagenbereiche hohe Kosten verursachen oder häufig ausfallen. Der eigentliche Vorteil von Predictive Maintenance liegt nicht zwangsläufig in der Vermeidung von Schäden, sondern vielmehr in der verbesserten Einsicht und Kontrolle über den Anlagenzustand. Solche Maßnahmen sind oft temporär und dienen dazu, spezifische Ursachen für Probleme zu identifizieren und zu beheben. Nach einer erfolgreichen Optimierung kann das Monitoring an anderer Stelle fortgesetzt werden, um kontinuierliche Verbesserungen zu erzielen und Risikobereiche zu minimieren (D5, Pos. 105).

D5 betonte, dass für die effektive Nutzung von Predictive Maintenance eine nahtlose Integration in bestehende Prozesse unerlässlich ist. Dies erfordert eine enge Abstimmung mit dem Personal und der gesamten Organisationsstruktur.

„Es muss voll im Prozess integriert sein, es muss quasi mit meinen Leuten koordiniert sein, es muss mit der Organisation koordiniert sein.“ (D5, Pos. 47)

Auch D7 sah die organisatorische Verankerung zwingend notwendig:

„Also es muss organisatorisch verankert sein, auf jeden Fall. Reine technische Verankerung bringt ja nichts, weil ich muss ja auch die Leute dazu haben, die dann wissen, was zu tun ist, weil soweit automatisiert sind wir ja nicht. Wir kriegen zwar einen Vorschlag, wann zum Warten wäre, aber das Warten selbst ist ja noch nicht automatisiert, aber in geringem Maße automatisiert. Deswegen ist die organisatorische Implementierung natürlich sehr wichtig.“ (D7, Pos. 45)

Bei der Implementierung von Predictive Maintenance empfiehlt es sich für Unternehmen, insbesondere in großen Firmen, mit gezielten und überschaubaren Projekten zu beginnen, statt sofort eine umfangreiche Infrastruktur aufzubauen. Der Fokus sollte auf Bereichen liegen, in denen durch eine Risikoanalyse ein hohes Risiko oder signifikante Schwachstellen identifiziert wurden. Cloud-Dienstleister bieten Werkzeuge an, die speziell für solche High-Risk-Bereiche geeignet sind, etwa im Rahmen des Monitorings oder des Ersatzteilmanagements. Durch den Einsatz solcher spezifischer cloudbasierter Lösungen lassen sich bereits mit kleinen, gut abgrenzbaren Projekten effektive Ergebnisse erzielen und signifikante Verbesserungen im Betrieb realisieren (D5, Pos. 39).

Einen weiteren wesentlichen Vorteil der Cloud erwähnte D6. Er sagte, dass für global agierende Unternehmen, die über eine Vielzahl von Fertigungsstandorten weltweit verfügen, die Cloud eine effektive Lösung zur Vernetzung ihrer diversen Produktionsstätten anbietet.

Diese Globalisierung und die damit einhergehende Notwendigkeit, Daten zentral zu sammeln und zu analysieren, machen eine On-Premises-Lösung oft unpraktikabel (D6, Pos. 78). Entscheidungsfaktoren für oder gegen die Nutzung der Cloud sind neben der globalen Verteilung und der Dynamik der Unternehmensstrukturen auch der Bedarf an Datenzugriff für verschiedene Stakeholder*innen sowie die IT-Betriebskosten. Die Cloud ermöglicht es, die Herausforderungen der Globalität und der Kostenkontrolle effizient zu managen, indem sie zentrale, skalierbare und kosteneffiziente Datenverarbeitungs- und Speicherlösungen bietet (D6, Pos. 104).

Betriebsvereinbarungen können für Predictive Maintenance-Lösungen ein Problem darstellen, wenn sie das Datenmanagement so beeinflussen, dass keine relevanten Daten mehr bezogen werden können. Deshalb empfahl D5 den Unternehmen die Sinnhaftigkeit klar zu kommunizieren. Es muss für die Mitarbeiter*innen und auch einen eventuellen Betriebsart klar ersichtlich sein, dass das Ziel eine Verbesserung im Unternehmen ist und nicht die Überwachung der Mitarbeiter*innen:

„Also ein KVP beruht auf dem, dass ich weiß, was ich tue, oder was ich falsch mache, um den kontinuierlich zu verbessern. Und damit ich weiß, was nicht richtig läuft, muss ich hinschauen.(...) Ja, es ist dort, wo man so im Fertigungsbetrieb sehr stark schichtgebunden arbeitet, ja, dort ist das ein Thema. Auch dort gibt es solche und solche. Es gibt Unternehmen, die das schon gut gelöst haben, die das über den Betriebsrat gelöst haben, wo das kein Thema ist. Per se darf man den Unternehmen nicht immer unterstellen, dass ihre Leute etwas Böses wollen. Aber es geht um Verbesserung. Und Verbesserung heißt, ich muss hinschauen. Und ich muss ehrlich hinschauen.“ (D5, Pos. 81)

Um eine passende Predictive Maintenance-Lösung im Unternehmen schaffen zu können, raten die Expert*innen den Fertigungsbetrieben, bestehende Lösungen von Dienstleistern zu beziehen und keine eigenen Lösungen zu entwickeln. D7 betonte explizit auch, dass er dies unabhängig von seiner Position als Systemlieferant auch so beurteilen würde:

„Ich glaube, es macht Sinn, da nicht komplett auf Eigenbaulösungen zu setzen oder zu glauben, dass das jeder selber entwickeln muss. Schon gar nicht from scratch. Ich glaube, dass man Kombinationen da oder dort machen kann, dass man sagt, okay, man hat vielleicht für die eine ganz spezielle Maschine, von der das ganze Unternehmens-Know-how abhängt, noch diese Tiefenanalysen, die man selber entwickelt. Aber gerade um zu skalieren, würde ich empfehlen, mit größeren Anbietern auf bestehende Lösungen zu setzen. Mit meinem Bias natürlich von Unternehmen XY. Aber ich glaube, das ist auch wahr, wenn die Lösung von jemand anders kommt.“ (D4, Pos. 125)

Die Auswahl des*der Partners*Partnerin ist sorgfältig zu überlegen, wie D5 mitteilte. Zwar bieten viele Start-ups innovative und technologisch fortschrittliche Lösungen, das Risiko einer langfristigen Zusammenarbeit ist jedoch nicht zu unterschätzen. Die Statistik zeigt, dass ein erheblicher Anteil der Start-ups im Bereich Predictive Maintenance nicht länger als drei Jahre am Markt bleibt. Dies stellt ein signifikantes Risiko für Unternehmen dar, die auf eine dauerhafte und stabile Lösung angewiesen sind. Es ist ratsam, bei der Auswahl eines Anbieters für eine strategische Implementierung nicht nur auf die technologische Kompetenz,

sondern auch auf die Marktposition und die langfristige Verfügbarkeit des Anbieters zu achten. Große und etablierte Unternehmen bieten hierbei eine gewisse Sicherheit, da sie weniger wahrscheinlich vom Markt verschwinden. Dennoch sollte man sich bewusst sein, dass auch bei großen Anbietern strategische Änderungen vorkommen können. Eine ausführliche Risikobewertung und die Berücksichtigung des Lebenszyklus der gewählten Lösung sind daher unerlässlich, um sicherzustellen, dass die gewählte Predictive Maintenance-Lösung den Bedürfnissen des Unternehmens über einen längeren Zeitraum gerecht wird (D5, Pos 91).

D4 sah das gleich und empfiehlt den Unternehmen keine kleineren Anbieter für eine Kooperation zu wählen. Er zieht hier auch einen Vergleich mit Software, die mit einer kleineren Personalstärke entwickelt wird:

„...ich würde da eher auf Partnerschaften setzen, auf langfristige, um das in den Griff zu kriegen, als jetzt mein Heil zu finden in irgendwelchen kleinen Unternehmen, oder abhängig zu machen von zwei Know-how-Trägern im Unternehmen, die dann vielleicht die einzigen sind, die wissen, wie die Software funktioniert im Unternehmen. Also, das ist ja auch eine Abhängigkeit und ein Risiko, wenn sie was selber entwickeln.“ (D4, Pos. 120)

D7 erwähnte ebenfalls, dass er Unternehmen stets empfehlen würde, auf Anbieter von Gesamtlösungen zu setzen:

„Ich würde den Unternehmen sowieso immer empfehlen, dass sie auf Gesamtlösungsanbieter abzielen. Also, dass sie in meinem Fall jetzt, wenn sie eine Intralogistiklösung suchen, sollten sie einen Anbieter suchen, der ihnen dann gleich nicht nur das Lager verkauft, sondern auch die passende Software dazu. Im besten Fall auch die ergänzende Software wie Predictive Maintenance als Instandhaltungssoftware. Das ist wesentlich besser, wenn man das alles aus einer Hand bekommt und aus einer Hand dann auch den Support bekommt, als wenn man zig verschiedene Anbieter in einem Lager hat und dann auch verschiedene Softwareanbieter hat. Also, das ist schon etwas, was ich klar empfehlen würde.“ (D7, Pos. 121)

Bei der Auswahl von Predictive Maintenance-Lösungen ist die Verfügbarkeit offener und standardisierter Schnittstellen essenziell. Diese ermöglichen es, Daten aus proprietären Systemen zu extrahieren und flexibel in anderen Umgebungen zu nutzen. Offene Schnittstellen reduzieren die Abhängigkeit von einem spezifischen Dienstleister und fördern die Interoperabilität zwischen verschiedenen Systemen. Für Unternehmen bedeutet dies, dass sie ihre Daten effizient handhaben und bei Bedarf leichter zwischen verschiedenen Lösungen wechseln können, ohne an proprietäre Formate gebunden zu sein. Solche offenen Schnittstellen tragen maßgeblich dazu bei, das Vertrauen in die gewählte Lösung zu stärken und die langfristige Flexibilität und Anpassungsfähigkeit der digitalen Infrastruktur zu sichern (D2, Pos. 68).

Abschließend riet D1 Dienstleistern die Predictive Maintenance-Lösungen anbieten, dass sie den Einstieg für den*die Kunden*Kundin möglichst unkompliziert halten sollten. Ziel ist es, einen niederschweligen Einstieg für Kund*innen zu ermöglichen, damit dann schlussendlich auch eine langfristige Bindung entstehen kann (D1, Pos. 85).

5.5.4 Subkategorie: Technisch

Bevor Predictive Maintenance in Unternehmen eingeführt werden kann, ist es wesentlich, ein fundamentales Verständnis dafür zu entwickeln, was Predictive Maintenance tatsächlich umfasst. D4 wies darauf hin, dass die Erwartungen hinsichtlich der erforderlichen Technologie und der machbaren Vorhersagen stark divergieren. Es gilt als wichtig, „alle abzuholen und zu klären, was erwartet werden kann und was nicht“ (D4, Pos. 58-60).

Auch D7 teilte die Meinung, dass ein grundlegendes Verständnis vorhanden sein sollte:

„Ja, also man hat ein grundlegendes Verständnis, wie Predictive Maintenance funktioniert, was die notwendigen Schritte, einzelnen Schritte sind, um zu einem Endergebnis zu kommen. Wie man eigentlich zu dieser Empfehlung kommt, wann gewartet werden soll.“ (D7, Pos. 99)

Auch die Infrastruktur in den Unternehmen muss passend und geeignet sein, um cloudbasierte Predictive Maintenance-Lösungen integrieren zu können. D4 nannte hier die Integration einer strukturierten Anbindung der Produktion an die IT-Infrastruktur als wesentlich:

„Eine strukturierte Anbindung heißt, dass sie klare Firewalls haben, eine klare Separierung ihres Produktionswerk von der IT, aber auch eine klare Anbindung sozusagen von der OT an die IT, klare Struktur, wie sie die Daten schieben, wie sie Rückwirkungen auf die OT verhindern, aber auch verhindern, dass OT irregulär ins IT-System wirkt.“ (D4, Pos. 90)

Die Empfehlung und Notwendigkeit einer sauberen Netzwerksegmentierung sah auch D3, damit das Unternehmen Netzwerk bestmöglich geschützt werden kann:

„Isolierungen, eine saubere Netzwerksegmentierung zu haben, Transparenz, Geräte nicht einzubinden, die nie dafür gedacht waren. Also Automatisierungstechnik, Geräte, die meisten waren nie für ein Internet gedacht. Das heißt, sie müssen in einem isolierten Netzwerk, in einem sauber segmentierten Netzwerk betrieben werden.“ (D3, Pos. 52)

Ebenso sind das Datenmanagement und die Datenerfassung ein wesentlicher Erfolgsfaktor für Predictive Maintenance-Initiativen. Nach D1 ist der Einsatz von Feldgeräten wie IoT-Sensoren, die bereits geeignete Schnittstellen bieten, empfehlenswert. Dies ermöglicht eine kosteneffiziente Integration von Predictive Maintenance (D1, Pos. 65).

D2 erwähnte, dass bei der Implementierung von Predictive Maintenance oder CBM-Systemen eine sorgfältige Überlegung, welche Daten an welcher Stelle verarbeitet werden sollen, von entscheidender Bedeutung ist (D2, Pos. 26). Eine effektive Datenvorverarbeitung, insbesondere bei Edge-Lösungen oder IoT-Geräten, ist für den Erfolg solcher Systeme essenziell. Es ist notwendig, dass Edge-Devices nicht nur als einfache Datensammler fungieren, sondern auch die Fähigkeit zur Vorverarbeitung der Daten besitzen. Dies umfasst die Möglichkeit, Rohsignale für eine eventuelle spätere Verarbeitung, die höhere Rechenkapazitäten erfordert, zu bearbeiten. Solche intelligenten Edge-Devices ermöglichen eine effizientere Datenverarbeitung und stellen eine wichtige Komponente im Rahmen von Smart Maintenance-Lösungen dar (D2, Pos. 30).

Die effiziente Handhabung der Datenmenge ist dabei entscheidend, um die Übertragung von Rohdaten in die Cloud zu minimieren und so Datenvolumen und Kosten zu reduzieren (D4, Pos.

68). D4 betonte, dass für eine effektive Datenverarbeitung eine intelligente Vorverarbeitung der Daten notwendig ist, um das Datenvolumen signifikant zu verringern. Dies kann verhindern, dass riesige Datenmengen, die bei der Erfassung aller Sensorikdaten in Millisekunden-Updates entstehen, in die Cloud übertragen werden müssen. Durch die Vorverarbeitung und intelligente Auswahl der zu übertragenden Daten können die Anforderungen an Speicherplatz und Bandbreite wesentlich reduziert und die Effizienz der Cloud-Nutzung gesteigert werden (D4, Pos. 72-74).

Nicht nur das Datenmanagement muss geeignet sein, sondern es müssen auch die richtigen Daten gesammelt werden, um die vom Unternehmen gewünschten Ergebnisse erzielen zu können. D4 empfahl den Unternehmen sich im Vorfeld Gedanken zu machen, welche Daten erfasst werden müssen und welche nicht:

„Und das andere ist, es ist zwar immer weiter verbreitet, aber immer noch nicht flächendeckend, dass man da wirklich auch use-case-basiert hineinschaut, was man überhaupt damit erreichen möchte, um dann sicherzustellen, dass man die richtigen Daten sammelt. Also gerade für Predictive Maintenance hängt es ja sehr stark davon ab, wer was vorhersagen will, welche Daten er braucht, weil der Algorithmus kann noch so intelligent sein, wenn die richtige Information gar nicht in den Daten enthalten ist, können sie auch nicht vorhersagen.“ (D4, Pos. 92)

P4 merkte ebenfalls an, dass die Daten von den Unternehmen vorab aufbereitet und strukturiert werden müssen:

„Noch einmal die Daten in Ordnung bringen, weil jeder sagt, das ist okay, sobald man sich aber intensiver mit dem Ganzen auseinandersetzt, sieht man, da ist nichts okay bei den Daten, nichts. Und Daten muss ich haben, weil sonst kann ich weder einen Use Case noch sonst irgendetwas machen und die Daten sind teilweise vorhanden, teilweise nicht vorhanden, teilweise chaotisch und die Daten in Ordnung bringen vorher, bevor man überhaupt über so etwas nachdenkt. Das ist, glaube ich, der wichtigste Punkt.“ (P4, Pos. 121)

D3 hob hervor, dass bei der Integration von Predictive Maintenance in bestehende Anlagen und Maschinen, insbesondere wenn diese alt sind und gut funktionieren, eine Isolierung der Systeme empfehlenswert ist bzw. ein Parallelsystem aufgebaut werden sollte. Anstatt die bestehende Automatisierungstechnik direkt zu modifizieren, schlug er vor, eine separate Architektur aufzubauen. Mit modernen Geräten lassen sich Grundzustände der Anlage, wie Betriebsstatus, Ausbringungsmenge und Ausschussrate, erfassen, ohne dass die Anlage selbst verändert werden muss. Dies kann durch das Hinzufügen von Sensoren und Kabeln erfolgen, ohne Eingriffe in die Steuerungs- oder Automatisierungssysteme. Die Lösung besteht darin, die Anlage über ein Edge-Device zu abstrahieren, das als Gateway fungiert und eine Netzwerkisolierung zwischen dem internen Maschinennetzwerk und dem externen Netzwerk schafft. Diese Architektur ermöglicht eine sichere und effiziente Datenübertragung und Datenbereitstellung für Predictive Maintenance, ohne die bestehende Infrastruktur zu beeinträchtigen (D3, Pos. 56). Auch sagte er, dass Unternehmen in dieser Hinsicht auch besser vor Angriffen geschützt sind:

„Ich glaube, das Beste ist da dann eine Parallel-IT, also eine Parallel-Infrastruktur auszubauen, welche den Anforderungen von den Geräten eigentlich Rechnung trägt und sich aber so weit von den Systemen trennt, dass es keine Gefahrenherde darstellt. Also es gibt halt nichts Dümmeres als

etliche nicht-IT-konforme Geräte in die Office-IT reinzuziehen und zu hoffen, dass das halt gut geht.“ (D3, Pos. 54)

Auch P1 erörterte, wie Unternehmen aktuell vorgehen sollten, um ihre Systeme für Predictive Maintenance zu rüsten, insbesondere durch klassisches Retrofitting und die schrittweise Integration neuer Sensoren. Sensoren werden entweder in die bestehende Infrastruktur integriert oder, um bestehende Systeme nicht zu stören, mittels eines Bypasses und Edge-Devices angebunden. Diese Vorgehensweise ermöglicht es, spezifische Bereiche mit zusätzlicher Transparenz zu versehen, ohne in die Automatisierungslogik eingreifen zu müssen. Edge-Devices bieten dabei eine flexible Lösung, da sie eine separate, leicht zu integrierende IT-/OT-Infrastruktur schaffen, die als „Insel“ fungiert. Diese Inseln sind nicht direkt produktionsrelevant und dienen hauptsächlich Assistenzsystemen. Im Falle einer Störung des Assistenzsystems bleibt die Hauptproduktion unbeeinträchtigt. Diese Strategie vereinfacht die Datenakquisition und -analyse für Predictive Maintenance, indem sie eine sichere, stabile und problemlose Integration ohne Eingriffe in die Kernsysteme ermöglicht. Die Handlungsempfehlung lautet daher, Retrofitting gezielt einzusetzen und durch die Verwendung von Edge-Devices eine flexible, isolierte Datenerfassungsumgebung zu schaffen, die sich nahtlos in bestehende Prozesse einfügt und erweiterte Analysemöglichkeiten bietet (D5, Pos. 69).

Bei der Auswahl und Implementierung von Datenarchitekturen und Kommunikationssystemen für Predictive Maintenance und andere Industrie 4.0-Anwendungen empfiehlt es sich, auf eine einheitliche und gut strukturierte Lösung zu setzen. Eine solche zentrale Plattform dient als einheitliches Ziel für alle erfassten Daten und Informationen. Dies ermöglicht eine klare und effiziente Datenverwaltung. Ein strukturiertes MQTT-System mit einer sauberen Topic-Struktur, das gut gemappt ist, kann das Verständnis und die Handhabung der Daten erheblich vereinfachen. Jeder Datenpunkt sollte sofort identifizierbar sein, um Verarbeitungs- und Integrationsprozesse zu erleichtern. Die Verwendung von JavaScript Object Notation (JSON)-Objekten anstelle von Extensible Markup Language (XML)-Dateien wird für ihre Logik und Einfachheit bevorzugt. Eine klare und logische Topic-Struktur erhöht die Transparenz und Effizienz der Datenkommunikation. Somit wird von der Nutzung von OPC-UA abgeraten, insbesondere bei umfangreichen Datenmengen, da MQTT besser für skalierbare Anwendungen geeignet ist. Diese Empfehlungen zielen darauf ab, eine robuste und flexible Dateninfrastruktur zu schaffen, die die Basis für erfolgreiche Predictive Maintenance und andere fortschrittliche Anwendungen bildet (D3, Pos. 60; D3, Pos. 62).

Für die Umsetzung von Predictive Maintenance ist eine strategische Datennutzung entscheidend. Während für das anfängliche Training der Algorithmen einmalig eine umfangreiche Datensammlung nötig ist, um Ausfallmuster zu erkennen, basiert der laufende Betrieb auf der effizienten Analyse von Streaming-Daten. Durch den Einsatz intelligenter Edge-Geräte, die direkt an den Datenquellen ansetzen, können Algorithmen in Echtzeit auf relevante Datenmuster reagieren und so nur die Ergebnisse ihrer Analysen weiterleiten. Dieser Ansatz minimiert die Datenmenge, die für die Cloud oder das zentrale IT-System benötigt wird, und konzentriert sich auf die wesentlichen Informationen für die Instandhaltung. Damit wird nicht nur die Infrastruktur entlastet, sondern auch eine schnelle und zielgerichtete Reaktion auf potenzielle Probleme ermöglicht (D3, Pos. 64).

5.6 Hauptkategorie 6: Zukunftsperspektiven

Die Teilnehmer*innen, sei es produzierende Unternehmen oder Dienstleister, waren vom Erfolg der Predictive Maintenance überzeugt (D4, Pos. 127; D1, Pos. 79; P1; Pos. 143-144, P4, Pos. 123, D5, Pos. 109; P5, Pos. 89). D1 glaubte auch, dass sich die Cloud beinahe in jedem Bereich durchsetzen wird:

„Ich glaube, Cloud wird sich fast überall durchsetzen. Trotz der ganzen Nachteile, die ich vorher genannt habe. Wie gesagt, wir haben jetzt nicht Predictive Maintenance, aber sonst schon sehr viel in der Cloud laufen. Wenn ich jetzt eine Riesenfirma bin, dann habe ich vielleicht die IT dafür hat, die was das alles handelt. Aber unter einer gewissen Grenze ist Cloud viel billiger und so viel komfortabler. Und wie sie sich überall durchgesetzt hat, wird sie sich auch hier durchsetzen. Weil auch im Konsumbereich ist ja fast alles in der Cloud. Spotify, andere Apps etc. Ich glaube, dass sie sich auch in der Industrie extrem durchsetzen wird.“ (D1, Pos. 87)

Auch D5 sah, dass die Cloud in den nächsten Jahren ein unumgänglicher Erfolgsfaktor sein wird:

„Ja definitiv. Wir gehen in die Richtung, ich würde sagen, es muss nicht immer Predictive Maintenance sein, aber cloudbasierte Lösungen, wo ich sage, ich habe zentral meine Verrechnungen drinnen, kriege dann so die Ergebnisse wieder aus der Cloud, wird in zehn Jahren keiner mehr darüber nachdenken.“ (D5, Pos. 109)

Auch D7 war der Überzeugung, dass sich Predictive Maintenance als Standard durchsetzen wird. Dies begründet er mit der zunehmenden Verfügbarkeit und Kosteneffizienz von Sensorik sowie der verbesserten IT-Infrastruktur, die es ermöglichen, Rechenmodelle effizienter zu gestalten. Durch fortschrittliche Server- und Rechenkapazitäten können Unternehmen stabile und zuverlässige Modelle entwickeln, die signifikante Einsparungen bei den Instandhaltungskosten ermöglichen. Aus betriebswirtschaftlicher Perspektive sieht er daher einen klaren Trend zur Implementierung von Predictive Maintenance in Unternehmen, da die Vorteile offensichtlich sind. Er rechnet damit, dass sich diese Entwicklung in den kommenden Jahren weiter verstärken und Predictive Maintenance zunehmend zum Einsatz kommen wird (D7, Pos. 125).

Die Zukunftsperspektive, wie sie von D6 skizziert wurde, deutet darauf hin, dass führende Hersteller von Fertigungssystemen zunehmend dazu übergehen werden, ihre Predictive Maintenance-Lösungen in die Cloud zu verlagern. Diese strategische Entscheidung wird wahrscheinlich durch das Ziel motiviert, Daten aus allen Kund*innenanlagen zentral zu sammeln und zu analysieren. D6 erwähnte, dass diese Hersteller Predictive Maintenance-Modelle für ihre eigenen Produkte entwickeln, die dann ausschließlich über ihre Cloud-Dienste bereitgestellt werden. Diese Entwicklung könnte dazu führen, dass Zulieferer im Fertigungsbereich nicht nur die erforderliche Hardware, sondern auch die dazugehörigen Dienstleistungen für Predictive Maintenance direkt aus der Cloud anbieten. Als Konsequenz könnten Unternehmen vor der Entscheidung stehen, diese cloudbasierten Lösungen zu nutzen, was die Möglichkeit einer eigenständigen Implementierung ausschließt (D6, Pos. 108).

6 DISKUSSION

In der folgenden Diskussion werden die aus den kategorienbasierten Analysen gewonnenen Erkenntnisse im Kontext der zuvor definierten Hauptkategorien detailliert betrachtet. Die Diskussion verknüpft die ermittelten Ergebnisse mit den theoretischen Grundlagen und reflektiert deren Bedeutung für die Praxis der industriellen Instandhaltung und die Implementierung von cloudbasierter Predictive Maintenance. Abschließend werden die eingangs gestellten Arbeitshypothesen basierend auf den gewonnenen Erkenntnissen beantwortet und neue Hypothesen induktiv formuliert. Dieses Kapitel strebt danach, ein umfassendes Verständnis der untersuchten Thematik zu schaffen, um die Forschungsfrage abschließend beantworten zu können.

6.1 Industrielle Produktion und Instandhaltung

Die durchgeführten Interviews mit Expert*innen aus dem Dienstleistungsbereich und produzierenden Unternehmen unterstreichen die strategische Bedeutung der Instandhaltung als Erfolgsfaktor in der modernen Geschäftswelt. Es wird deutlich, dass die Instandhaltung über die reine Routineaufgabe hinausgeht und maßgeblich zur Produktivität und Qualität beiträgt. Die Betonung der strategischen Rolle der Instandhaltung durch die Befragten zeigt, dass ein organisierter und zielgerichteter Einsatz nicht nur zur Aufrechterhaltung des Betriebs notwendig ist, sondern auch einen wesentlichen Beitrag zum Unternehmenserfolg leisten kann.

Die Herausforderungen durch Preisdruck und Wettbewerb verstärken die Bedeutung einer effizienten Instandhaltung. Die Fähigkeit, Anlagen reibungslos und effizient zu betreiben, wird als entscheidend für den Erfolg in einem konkurrenzintensiven Markt angesehen. Hieraus ergibt sich die Notwendigkeit, die Instandhaltung als integralen Bestandteil der Unternehmensstrategie zu betrachten und ihr entsprechende Ressourcen und Aufmerksamkeit zu widmen.

Die Aussagen um die Instandhaltungsstrategien zeigen, dass Unternehmen tendenziell eine Mischform aus verschiedenen Strategien anwenden, was die Komplexität und Dynamik der Instandhaltungsanforderungen widerspiegelt. Insbesondere die Hinwendung zu präventiven und zustandsorientierten Strategien deutet auf einen Paradigmenwechsel hin, der stärker auf Daten und Technologie basiert. Jedoch war erkennbar, dass noch die wenigsten Unternehmen Predictive Maintenance integriert haben. Was auch den Forschungsstand in Kapitel 1.1 widerspiegelt.

Die Analyse der Expert*innenmeinungen zur Zielvision Smart Maintenance (Kapitel 2.3.3) in produzierenden Unternehmen offenbart ein vielschichtiges Bild. Während größere Unternehmen bei der Koordination ihrer umfangreichen Instandhaltungsorganisationen vor Herausforderungen stehen, profitieren kleinere Betriebe von flacheren Strukturen und einfacheren Planungsprozessen. Der zunehmende Druck durch globalen Wettbewerb und steigende Energiekosten treibt die Entwicklung hin zu verfügbarkeitsorientierter Instandhaltung voran, trotz Fachkräftemangels und limitierter digitaler Unterstützung, die manche Unternehmen zu

traditionellen, reaktiven Strategien zurückkehren lassen. Die Flexibilität in der Instandhaltung stößt aufgrund spezialisierter Anlagen und Kapazitätsauslastungen an Grenzen, während das Wissensmanagement durch personengebundenes Know-how und die Herausforderungen des Generationswechsels beeinträchtigt wird. Obwohl anforderungsgerechtes Ersatzteilmanagement weit verbreitet ist, zeigen außergewöhnliche Betriebssituationen die Grenzen der Planbarkeit auf. Gleichzeitig unterstreichen sie jedoch die Notwendigkeit strategischer Anpassungen und Innovationen in der Instandhaltung.

6.2 Predictive Maintenance

Die Analyse der Expert*innenaussagen zum Verständnis von Predictive Maintenance zeigt ein konsistentes Bild, das im Wesentlichen mit der Beschreibung aus der Literatur in Kapitel 2.4 übereinstimmt. In diesem Zusammenhang verdeutlicht sich, dass Wartungsaufgaben präzise dann auszuführen sind, wenn sie notwendig werden und dies basierend auf datengetriebenen Prognosen. Darüber hinaus wird die Eingliederung von Predictive Maintenance in vorhandene Betriebs- und Organisationsstrukturen als grundlegend angesehen. Dieser Prozess erfordert nicht nur technische Anpassungen, sondern erfordert auch eine intensive Koordination mit der Belegschaft. Die Notwendigkeit, eine Basis für zustandsorientierte Instandhaltung zu schaffen, wird ebenso hervorgehoben, wie die Bedeutung einer angemessenen Datenqualität und Datenmenge, um solche Systeme erfolgreich implementieren zu können.

Die Aussagen der Teilnehmer*innen um Predictive Maintenance und CBM unterstreichen eine verbreitete Unklarheit bezüglich der genauen Abgrenzung zwischen diesen beiden Instandhaltungsstrategien wie sie auch in Kapitel 2.4.1 erwähnt wird. Während CBM auf dem aktuellen Zustand der Anlagen basiert und Wartungsmaßnahmen anhand festgestellter Anomalien initiiert, fokussiert sich Predictive Maintenance auf die Vorhersage zukünftiger Zustände und potenzieller Fehler, um präventiv agieren zu können. Expert*innen betonen, dass Predictive Maintenance durch den Einsatz von Datenmodellen und Algorithmen zur Anomalieerkennung über CBM hinausgeht und eine weitreichende Automatisierung sowie eine effiziente Überwachung großer Asset-Mengen ermöglicht. Somit dient CBM als Grundlage, auf der Predictive Maintenance aufbaut, wobei letztere durch fortgeschrittene Analysetechniken und die Fähigkeit zur Modellbildung gekennzeichnet ist. Die Aussagen der Teilnehmer*innen verdeutlichen die Notwendigkeit einer klaren Definition und Abgrenzung beider Konzepte, um Missverständnisse zu vermeiden und die Implementierung effektiver Instandhaltungsstrategien zu unterstützen.

Die Expert*innen betonen einhellig die signifikanten Vorteile, die Cloud-Technologien für die Implementierung von Predictive Maintenance bieten. Insbesondere die Bereitstellung hoher Rechenkapazitäten, die für KI-basierte Analysen notwendig sind, sowie die kontinuierliche Verbesserung und Verfeinerung von Algorithmen ohne Sicherheitsrisiken werden hervorgehoben. Ein weiterer entscheidender Vorteil ist die Skalierbarkeit, die Unternehmen die Flexibilität bietet, Projekte jeder Größe effizient umzusetzen. Durch die Cloud werden die Handhabung großer Datenmengen und deren Backups erheblich vereinfacht, was den Einstieg

in Predictive Maintenance-Projekte erleichtert. Zudem ermöglichen attraktive Preismodelle von Cloud-Anbietern eine kostengünstige und zeiteffiziente Alternative zu On-Premises-Lösungen. Die gemeinsame Nutzung einer Cloud-Plattform innerhalb der Lieferkette verbessert die Koordination und Integration verschiedener Produktionsstufen. Die Entscheidung, welche Komponenten der Predictive Maintenance in die Cloud ausgelagert werden sollen, erfordert eine sorgfältige Abwägung, wobei das Training von Algorithmen in der Cloud und deren Anwendung On-Premises als optimaler Ansatz hervorgehoben werden. Standortunabhängiger Zugriff auf Daten, vereinfachter Wissens- und Informationsaustausch zwischen Unternehmensstandorten sowie eine Reduktion der IT-Infrastruktur sind weitere Vorteile, die die Cloud für Predictive Maintenance mit sich bringt.

Die Expert*inneninterviews zeigen ein differenziertes Bild bezüglich des Integrationsfortschritts und der Praxiserfahrung mit Predictive Maintenance. Während produzierende Unternehmen tendenziell am Anfang ihrer Reise mit Predictive Maintenance stehen, verfügen die Dienstleister bereits über praktische Erfahrungen und theoretisches Wissen. Die Technologie hinter Predictive Maintenance, insbesondere im Kontext von Cloud-Lösungen, wird als weit fortgeschritten beschrieben, wobei die Herausforderung eher in der Implementierung und Integration in bestehende Systeme liegt. Es war aus den Aussagen ersichtlich, dass viele produzierende Unternehmen noch in der Pilotphase oder bei der Erprobung von Prototypen für Predictive Maintenance sind. Diese Erkenntnisse konnte man auch so erwarten, da die Erkenntnisse der derzeitig eingesetzten Instandhaltungsstrategien damit übereinstimmen.

Die praktische Umsetzung von Predictive Maintenance in der Fertigung wird als machbar und vielversprechend betrachtet, wobei die Verfügbarkeit von Daten und ein stabiles Betriebsumfeld als wesentliche Erfolgsfaktoren gelten. Beispiele aus der Praxis, wie der Einsatz von Predictive Maintenance-Technologien zur Fehlerprädiktion bei großen Fahrzeugflotten, demonstrieren das Potenzial von Predictive Maintenance, die Effizienz und Zuverlässigkeit von Produktionsprozessen signifikant zu steigern.

6.3 Industrielle Netzwerkinfrastruktur

Die Diskrepanz in der digitalen Reife zwischen IT- und OT-Infrastrukturen innerhalb von Produktionsumgebungen stellt für viele Unternehmen auf dem Weg zur Implementierung von Predictive Maintenance eine erhebliche Herausforderung dar. Während IT-Bereiche häufig modernisiert und gut ausgestattet sind, zeigen OT-Bereiche oft einen signifikanten Bedarf an Modernisierung. Diese Situation betont die Notwendigkeit, bestehende Anlagen nicht nur zu vernetzen, sondern auch zu modernisieren, um Predictive Maintenance effektiv nutzen zu können. Die Fähigkeit, umfassend Daten zu erfassen und zu analysieren, ist unmittelbar mit der digitalen Reife einer Produktionsumgebung verbunden.

Die Analyse des Datenmanagements und der erforderlichen infrastrukturellen Anpassungen für Predictive Maintenance offenbart eine komplexe Herausforderung für produzierende Unternehmen und Dienstleister. Ein kritischer Punkt ist die oft isolierte Datenhaltung innerhalb der Unternehmen, die eine umfassende Nutzung und Analyse der Daten für Predictive

Maintenance erschwert. Diese unterschiedlichen Ansätze reflektieren die Varianz in der digitalen Reife der Unternehmen und heben die Notwendigkeit einer heterogenen Datenlandschaft und einer standardisierten sowie effizienten Datenmanagementstrategie hervor.

Die Rolle von Edge-Geräten als Bindeglied zwischen Datenerfassung und zentraler Verarbeitung betont die Notwendigkeit einer flexiblen Infrastruktur, die lokale Vorverarbeitung sowie cloudbasierte Analysen ermöglicht. In Kapitel 3.3 wird vertiefend auf die Zusammenarbeit zwischen Cloud und Edge-Devices eingegangen, was die entscheidende Rolle dieser Technologien unterstreicht.

Die Notwendigkeit infrastruktureller Anpassungen für die Einführung von Predictive Maintenance verweist auf den Bedarf an modernisierten Anlagen und einer verbesserten Dateninfrastruktur. Die Implementierung von CBM-Systemen und die Schaffung einer nahtlosen Datenkommunikation sind entscheidend, um präventive Wartungsstrategien erfolgreich umsetzen zu können.

Die Analyse der Aussagen von Lösungsanbietern und produzierenden Unternehmen zu Industrie 4.0 zeigt ein facettenreiches Bild: Während einige den Begriff als veraltet oder als Buzzword betrachten, erkennen sie dennoch die Notwendigkeit einer stetigen Entwicklung in Richtung digitaler Transformation an. Die Herausforderung besteht darin, ein gemeinsames Verständnis für Industrie 4.0 zu entwickeln, das über die reine Automatisierung hinausgeht und den Austausch von Daten sowie die Flexibilität in den Vordergrund stellt. Es wird deutlich, dass trotz der verbreiteten Nutzung des Begriffs ein Mangel an Klarheit über seine konkrete Bedeutung und Umsetzung besteht. Dies unterstreicht die Wichtigkeit von Aufklärungsarbeit und einer strategischen Planung, die die spezifischen Bedürfnisse und Möglichkeiten jedes Unternehmens berücksichtigt.

6.4 Herausforderungen und Risiken

In der Diskussion um die Einführung cloudbasierter Predictive Maintenance zeigen sich unterschiedliche Haltungen zwischen produzierenden Unternehmen und Lösungsanbietern, insbesondere in Bezug auf Datensicherheit und Datenintegrität. Produzierende Unternehmen äußern teils Vorbehalte gegenüber der Übertragung sensibler Daten in öffentliche Clouds, getrieben von Bedenken hinsichtlich Datenkontrollverlusts und Sicherheitsrisiken. Demgegenüber steht eine optimistischere Sichtweise der Dienstleistungsunternehmen, die das Potenzial von Cloud-Lösungen für eine verbesserte Sicherheit gegenüber traditionellen IT-Systemen betonen. Die Skepsis einiger Produktionsbetriebe unterstreicht eine allgemeine Zurückhaltung gegenüber neuen Technologien, während Lösungsanbieter die Notwendigkeit der Anpassung an digitale Trends für die Wettbewerbsfähigkeit hervorheben und das Vertrauen in etablierte Cloud-Provider sowie die Wichtigkeit regelmäßiger Sicherheitsaudits unterstreichen.

Die Bedenken hinsichtlich der Abhängigkeit von Cloud-Anbietern, die sowohl von Lösungsanbietern als auch von produzierenden Unternehmen geäußert wurden, unterstreichen ein zentrales Dilemma der digitalen Transformation. Die Furcht vor einem sogenannten Lock-in, also der Bindung an einen spezifischen Anbieter, spiegelt die strategische Sorge wider, die mit

der Auswahl und dem Wechsel von Cloud-Diensten verbunden ist. Diese Abhängigkeit kann Unternehmen in eine prekäre Lage bringen, insbesondere wenn es um Preisgestaltung, Datenzugriff und die Flexibilität der Dienstnutzung geht.

Die finanziellen Aspekte der Implementierung cloudbasierter Predictive Maintenance-Lösungen stehen im Zentrum der Überlegungen vieler Unternehmen. Die Anfangsinvestitionen, die für die Modernisierung der Anlagen und den Kauf neuer Hardware erforderlich sind, stellen eine erhebliche Hürde dar. Dies wird noch verstärkt durch die Schwierigkeit, den ROI für solche Projekte klar zu definieren und zu quantifizieren.

Die Fähigkeit, den Nutzen solcher Investitionen nachweisbar zu machen, wird als entscheidend für die Rechtfertigung der Anfangsausgaben angesehen. Dies verdeutlicht die Bedeutung einer fundierten finanziellen Planung und Analyse, um die langfristigen Vorteile gegenüber den anfänglichen Kosten abzuwägen.

Die organisatorische Eingliederung von Predictive Maintenance in Unternehmen wirft eine Reihe von Herausforderungen auf, die zentrale Aspekte wie Interdisziplinarität, Personalmanagement, Weiterbildung, Integration, Betriebsvereinbarungen und strategische Entscheidungsfindung hervorheben. Die Notwendigkeit einer interdisziplinären Zusammenarbeit unterstreicht die Komplexität des Themas. Eine erfolgreiche Implementierung setzt voraus, dass IT, Instandhaltung und Management stark zusammenarbeiten, um ihre unterschiedlichen Sichtweisen und Fachkenntnisse zu vereinen.

Die Bedeutung von qualifiziertem Personal wird besonders hervorgehoben, vor allem im Hinblick auf Rekrutierung und Weiterbildung. Ein umfassendes Verständnis sowohl der Datenanalyse als auch des Instandhaltungssektors ist erforderlich. Die Schwierigkeit, solch vielseitig talentiertes Personal zu finden und zu entwickeln, stellt eine signifikante Hürde dar. Schulungen und Weiterbildungen sind essenziell, um die Belegschaft auf den Umgang mit den neuen Technologien vorzubereiten, und sollten als Investition für die Zukunft gesehen und nicht bloß als Kostenpunkt betrachtet werden.

Die praktische Umsetzung von Predictive Maintenance in bestehende Unternehmensstrukturen erfordert mehr als nur die Schaffung der technischen Voraussetzungen. Eine reibungslose Integration in tägliche Abläufe ist notwendig, um den vollen Nutzen dieser Technologie zu realisieren. Des Weiteren spielen Betriebsvereinbarungen und Datenschutz, insbesondere im Kontext der Datenerfassung und -analyse, eine entscheidende Rolle. Die Wahrung der Privatsphäre der Mitarbeiter*innen und der Schutz der Daten vor Missbrauch sind dabei zentrale Überlegungen, die bei der Einführung neuer Systeme beachtet werden müssen.

Die Herausforderungen bei der Implementierung von cloudbasierter Predictive Maintenance sind vielschichtig und betreffen sowohl das technische Verständnis und die korrekte Implementierung als auch Sicherheitsaspekte, Datenmanagement, Datenanalyse und Retrofitting älterer Anlagen. Ein grundlegendes Verständnis für die Funktionsweise von Predictive Maintenance ist essentiell, um zu entscheiden, welche Daten On-Premises verarbeitet und welche in die Cloud übertragen werden sollen. Die Erwartungshaltung der Beteiligten und das Finden des*der richtigen Ansprechpartner*in sind aufgrund der Vielzahl selbsternannter Expert*innen eine zusätzliche Herausforderung.

Eine qualitativ hochwertige Implementierung erfordert eine enge Zusammenarbeit zwischen IT und OT, um sicherzustellen, dass die Vorhersagen verlässlich sind und das Vertrauen der Nutzenden gewinnen. Die Sicherstellung der IT-Sicherheit, insbesondere im Hinblick auf die OT-Systeme, ist dabei von entscheidender Bedeutung, um potenzielle Schwachstellen zu minimieren.

Das Datenmanagement stellt eine weitere Hürde dar. Die Heterogenität der Daten, unterschiedliche Schnittstellen und die Notwendigkeit, relevante Daten korrekt zu erfassen und zu analysieren, sind zentrale Punkte. Retrofitting älterer Anlagen, um sie für Predictive Maintenance vorzubereiten, ist sowohl technisch als auch finanziell eine Herausforderung, insbesondere bei Anlagen, die bereits seit Jahrzehnten im Einsatz sind.

6.5 Handlungsempfehlungen

Die Analyse der Expert*inneninterviews offenbart eine facettenreiche Perspektive auf die Integration von cloudbasierter Predictive Maintenance. Die Skepsis gegenüber der Cloud, die von einigen produzierenden Unternehmen geteilt wird, lässt sich durch gezielte Maßnahmen wie Cloud Assessments und die Nutzung von Kriterienkatalogen signifikant reduzieren. Diese Instrumente ermöglichen es, spezifische Anforderungen an Cloud-Anbieter und Dienstleister zu formulieren und grundlegende Bedenken durch fundiertes Wissen zu minimieren. Die Auswahl eines renommierten Cloud-Anbieters, der sich durch seine Reputation sowie strenge Sicherheitsstandards und Datenschutzrichtlinien auszeichnet, wird besonders hervorgehoben. Zudem wird klar, dass ein Anbieterwechsel trotz der Befürchtungen einer Abhängigkeit von einem Cloud-Anbieter durchaus machbar und sinnvoll ist, vorausgesetzt, man wählt die richtigen Partner*innen.

Die Aussagen aus den Expert*inneninterviews unterstreichen, dass ein adäquates Budget für die IT-Infrastruktur und die frühzeitige Budgetierung entscheidende Faktoren für die erfolgreiche Einführung von Predictive Maintenance sind. Es wird betont, wie wichtig es ist, Investitionen sorgfältig zu planen und sicherzustellen, dass der finanzielle Aufwand in einem vernünftigen Verhältnis zum erwarteten Nutzen steht. Ein Überdenken der Finanzierungsmodelle, etwa durch Abo-Modelle, kann als sinnvolle Alternative angesehen werden, um hohe Anfangsinvestitionen zu vermeiden, was eine Verschiebung hin zu flexibleren und transparenteren Kostenstrukturen widerspiegelt.

Darüber hinaus wird die präzise Bewertung des ROI als wesentlich hervorgehoben, um den Wert von Predictive Maintenance konkret erfassen zu können. Spezielle Vorlagen und Prozesse für die ROI-Berechnung bieten eine solide Entscheidungsgrundlage. Unternehmen haben in dieser Hinsicht Schwierigkeiten, weshalb die Empfehlung nahegelegt wird, diesen Prozess gemeinsam mit den Dienstleistern zu durchlaufen oder zumindest die Wartungskosten und Stillstände vor und nach der Einführung solcher Initiativen zu vergleichen.

Die Diskussion um die organisatorischen Aspekte der Implementierung von Predictive Maintenance in Produktionsunternehmen beleuchtet die Notwendigkeit, bestehende Instandhaltungsstrategien anzupassen und die Bedeutung interdisziplinärer Zusammenarbeit

hervorzuheben. Es wird deutlich, dass eine effektive Einführung von Predictive Maintenance eine tiefgreifende Auseinandersetzung mit den vorhandenen Anlagen und Maschinen erfordert, um eine passende Mischung aus verschiedenen Instandhaltungsformen zu ermitteln. Die Auswahl der richtigen Strategie sollte auch basierend auf der Kritikalität der Anlagen erfolgen. Empfehlenswert ist die Erstellung einer Risikomatrix für jede Anlage, um den Kosten-Nutzen-Faktor zu betrachten, da eine teure Investition keinen Mehrwert bringt, wenn die Maschine nicht essenziell für den Unternehmenserfolg ist. Ein passender Mix der Instandhaltungsstrategie, der je nach Unternehmen unterschiedlich sein kann, muss gefunden werden. Auch muss die Entscheidung gegenüber dem Management gerechtfertigt werden, wobei der Wertbeitrag vermittelt werden muss. Die Interviews zeigen, dass es sinnvoll ist, diesen Weg mit der Unterstützung der Dienstleister zu gehen, da eine große Expertise im Zuge der Datenintegration notwendig ist.

Die interdisziplinäre Ausrichtung von Projekten im Bereich der Predictive Maintenance erfordert Teams, die nicht nur fachlich versiert sind, sondern auch über ausgeprägte kommunikative Fähigkeiten verfügen. Dies ist entscheidend, um eine effektive Zusammenarbeit zwischen verschiedenen Fachbereichen wie Data-Scientist*innen und Instandhaltungsmitarbeiter*innen zu gewährleisten. Ein Schlüsselement für den Erfolg solcher Vorhaben ist, das Domänenwissen von Mitarbeitenden, die täglich mit den betreffenden Maschinen oder Anlagen arbeiten, in den Integrationsprozess einzubeziehen. Die Praxis zeigt, dass Entscheidungen oftmals immer noch in einer Top-Down-Manier getroffen werden, ohne die tatsächlichen Expert*innen miteinzubeziehen.

Die Schulung des Personals ist ebenfalls ein kritischer Faktor, der sowohl das Verständnis für neue Systeme als auch die Akzeptanz innerhalb der Belegschaft fördert. Ein grundlegendes Verständnis dessen, was Predictive Maintenance bedeutet, ist hierbei unerlässlich. Es geht darum, nicht nur technische Fähigkeiten zu vermitteln, sondern auch ein Bewusstsein für die strategische Relevanz von Predictive Maintenance und die Bedeutung der Datensicherheit zu schaffen. Transparente Entscheidungen sollen dazu beitragen, Missverständnisse und die Befürchtungen der Mitarbeitenden zu zerstreuen, insbesondere die Angst, durch neue Technologien oder Maschinen ersetzt zu werden. Dies fördert ein besseres Verständnis für den Einsatz neuer Technologien im Unternehmen und wirkt sich positiv auf die Bewältigung von Herausforderungen im Zusammenhang mit Betriebsvereinbarungen aus.

Die Notwendigkeit von Schulungsmaßnahmen variiert je nachdem, ob Lösungen von Grund auf neu entwickelt werden oder auf Dienstleister zurückgegriffen wird. Während im ersten Fall umfassendes Fachwissen erforderlich ist, reicht bei der zweiten Option meist ein grundlegendes Verständnis der zu integrierenden Systeme aus. Besonders betont wird die Wichtigkeit der Schulung im Bereich der IT-Sicherheit, um das Bewusstsein und das Verhalten der Mitarbeiter*innen entsprechend zu schärfen.

Zudem wird die Bedeutung einer klar definierten strategischen Planung und Konzeptentwicklung hervorgehoben, die für die strukturierte Umsetzung der digitalen Transformation hin zur Predictive Maintenance essentiell sind. Ein sorgfältig strukturiertes Projektmanagement und die Einbindung aller relevanten Stakeholder*innen spielen eine zentrale Rolle für eine erfolgreiche

Implementierung. Entscheidungen bezüglich der Nutzung von Cloud-Lösungen sowie die Auswahl des*der richtigen Partners*Partnerin oder Dienstleisters*Dienstleisterin sollten sowohl technische als auch langfristige strategische Aspekte berücksichtigen. Empfehlenswert ist zudem die Auswahl von Anlagen, die bereits eine zustandsorientierte Instandhaltung integrieren, um auf einer soliden Basis aufzubauen. Eine effektive Integration der cloudbasierten Predictive Maintenance erfordert schließlich die organisatorische Verankerung innerhalb der Unternehmensprozesse, um eine nahtlose Einbettung in das Gesamtsystem des Unternehmens zu gewährleisten.

Die erfolgreiche Integration von cloudbasierter Predictive Maintenance in Produktionsunternehmen setzt eine umsichtige Partner*innenwahl voraus. Expert*innen legen nahe, sich auf Anbieter von Gesamtlösungen zu konzentrieren und Eigenentwicklungen zu vermeiden, um Skalierbarkeit und Expertise zu garantieren. Eine sorgfältige Auswahl ist insbesondere bei der Zusammenarbeit mit Start-ups oder kleineren Anbietern geboten, da deren langfristiges Bestehen am Markt nicht immer gesichert ist. Große und etablierte Anbieter versprechen mehr Sicherheit, doch auch hier sind eine gründliche Risikoanalyse und die Beachtung des Lebenszyklus der Lösungen unerlässlich. Die Bedeutung offener und standardisierter Schnittstellen wird besonders hervorgehoben, um Flexibilität und eine geringe Abhängigkeit von einzelnen Dienstleistern zu fördern.

Ein weiterer zentraler Punkt ist die Notwendigkeit, die IT-/OT-Infrastruktur modern zu halten und anzupassen, um eine reibungslose Integration und Kommunikation zwischen den Produktionsanlagen und IT-Systemen zu ermöglichen. Die Implementierung einer strukturierten Verbindung und die Schaffung isolierter Netzwerksegmente schützen nicht nur das Unternehmensnetzwerk, sondern erleichtern auch die effiziente Datenübertragung und -verarbeitung.

Für die erfolgreiche Implementierung von cloudbasierter Predictive Maintenance ist zudem ein effektives Datenmanagement entscheidend, das eine intelligente Vorverarbeitung der Daten einschließt. Die Verwendung von IoT-Sensoren, die über geeignete Schnittstellen verfügen, gilt als grundlegend für eine kosteneffiziente Integration. Die präzise Auswahl der zu verarbeitenden Daten minimiert die Übertragung überflüssiger Rohdaten in die Cloud und reduziert damit Datenvolumen und Kosten. Besonders wichtig ist die Fähigkeit von Edge-Devices zur Vorverarbeitung der Daten, da sie so nicht nur als reine Datensammler fungieren, sondern auch die Datenmenge durch intelligente Auswahl signifikant verringern können. Unternehmen müssen daher im Vorfeld genau definieren, welche Daten für die angestrebten Ergebnisse von Predictive Maintenance erforderlich sind, und sicherstellen, dass die Datenbasis entsprechend aufbereitet ist.

Schließlich erfordert die Integration in bestehende Systeme, insbesondere bei älteren Anlagen, eine durchdachte Planung. Durch den Aufbau eines Parallelsystems mithilfe von Edge-Devices und das gezielte Einsetzen von Retrofitting-Maßnahmen kann Predictive Maintenance risikoarm und flexibel implementiert werden, ohne die bestehende Infrastruktur zu beeinträchtigen.

6.6 Beantwortung der Arbeitshypothesen

Basierend auf den Erkenntnissen aus der Diskussion werden die eingangs formulierten Arbeitshypothesen nun beantwortet, um abschließend ein Fazit zu ziehen und neue Hypothesen zu formulieren.

Arbeitshypothese 1: Passende Instandhaltungsstrategie

- *In den industriellen Anlagen der Fertigungsindustrie ist die Einführung von Predictive Maintenance als präventive Instandhaltungsstrategie nicht nur sinnvoll, sondern auch erforderlich, um langfristige Betriebseffizienz und Kosteneinsparungen zu gewährleisten.*

Die Entscheidung für eine angemessene Instandhaltungsstrategie in der Fertigungsindustrie erfordert eine sorgfältige Abwägung verschiedener Faktoren, wie den Typ und die kritische Bedeutung der Anlagen. Predictive Maintenance bietet zwar erhebliche Vorteile für Betriebseffizienz und Kosteneinsparungen, doch ihre Anwendung ist nicht universell angebracht. Integrationsaufwand und Kosten-Nutzen-Verhältnis limitieren die Eignung präventiver Strategien für bestimmte Anwendungsfälle. Eine sorgfältige Auswahl der Instandhaltungsstrategie, die auf die spezifischen Bedürfnisse und Rahmenbedingungen der Anlagen zugeschnitten ist, bleibt daher essenziell. Diese Hypothese unterstreicht die Notwendigkeit einer differenzierten Betrachtung und kann in bestimmten Kontexten widerlegt werden.

Arbeitshypothese 2: Industrie 4.0

- *Ein umfassendes Verständnis des Konzepts von Industrie 4.0 ist positiv korreliert mit der erfolgreichen Integration und dem effektiven Einsatz von cloudbasierter Predictive Maintenance in Produktionsunternehmen.*

Obwohl der Begriff „Industrie 4.0“ universell bekannt ist, findet er nicht in allen Unternehmen Anwendung. Die digitale Transformation, die durch Industrie 4.0 angestoßen wird, gilt in vielen Unternehmen als unverzichtbar, um im Wettbewerb bestehen zu können. Trotz unterschiedlicher Benennungen und Herangehensweisen ist das Verständnis der zugrunde liegenden Konzepte von Industrie 4.0 entscheidend für die Integration und wirksame Nutzung von cloudbasierter Predictive Maintenance. Diese Beobachtung bestätigt, dass ein tiefgreifendes Verständnis von Industrie 4.0-Konzepten positiv mit der Implementierung innovativer Wartungsstrategien korreliert.

Arbeitshypothese 3: Sicherheitsbedenken

- *Unternehmen, die Cloud-Systeme für Predictive Maintenance in der Fertigungsindustrie integrieren, äußern signifikante Sicherheitsbedenken bezüglich der Datenintegrität und des Datenschutzes.*

Während Sicherheitsbedenken bezüglich Datenintegrität und Datenschutzes in Cloud-Systemen bei einigen Fertigungsunternehmen nach wie vor groß sind, zeigen andere Unternehmen eine offene Haltung gegenüber der Cloud-Technologie. Die Nutzung von Office-Webanwendungen und Cloud-Speichern ist bereits weit verbreitet, und viele Unternehmen erkennen die Notwendigkeit, Cloud-Systeme zu integrieren, um zukunftsfähig zu bleiben. Insbesondere

namhafte Anbieter überzeugen durch hohe Sicherheitsstandards, was die Bedenken einiger Unternehmen mindert. Diese gemischten Reaktionen spiegeln ein differenziertes Bild wider. Während für manche die Sicherheitsbedenken ein ernsthaftes Hindernis darstellen, sehen andere in der Cloud-Technologie einen unvermeidlichen Schritt nach vorn.

Arbeitshypothese 4: Ausbildung der Mitarbeiter*innen

- *Die Effektivität von Predictive Maintenance-Strategien ist stark abhängig von der Qualifikation und kontinuierlichen Weiterbildung der Mitarbeiter*innen in Bezug auf neue Technologien und Datenanalyseverfahren.*

Die Wirksamkeit von Predictive Maintenance-Strategien hängt entscheidend von der Qualifikation und fortlaufenden Weiterbildung der Belegschaft ab, insbesondere im Hinblick auf neue Technologien und Datenanalyseverfahren. Der Umfang der erforderlichen Schulungen variiert allerdings stark mit der gewählten Implementierungsmethode. Während der Aufbau einer Predictive Maintenance-Lösung von Grund auf eine hochqualifizierte Belegschaft erfordert, benötigt die Nutzung einer extern bezogenen Lösung primär Schulungen auf Anwendungsebene. Unabhängig von der Implementierungsform ist es essentiell, dass Mitarbeiter*innen mit fundiertem Wissen und Erfahrung in der Handhabung der Anlagen und ihrer Komponenten im Unternehmen tätig sind.

6.7 Hypothesengenerierung

Basierend auf den detaillierten Analysen und Interpretationen der gesammelten Daten aus dieser Arbeit lassen sich mehrere wichtige Hypothesen formulieren. Diese Vermutungen dienen als Grundlage für zukünftige Forschungen und bieten wertvolle Einblicke in die praktische Umsetzung von Predictive Maintenance in der Fertigungsindustrie:

- *Unternehmen, die Parallelsysteme zur Implementierung von Predictive Maintenance nutzen, erfahren signifikant weniger Betriebsunterbrechungen und zeigen eine höhere Systemresilienz als Unternehmen, die Predictive Maintenance direkt in bestehenden Systemen integrieren.*
- *Eine klar strukturierte Datenanbindung und gezielte Netzwerksegmentierung zwischen OT und IT verringern signifikant das Risiko von Cyberangriffen auf die Unternehmenssysteme.*
- *Existierende Betriebsvereinbarungen wirken sich negativ auf die Wahrscheinlichkeit der Integration von Predictive Maintenance-Systemen in Produktionsunternehmen aus.*

7 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Die vorliegende Arbeit verfolgte das Ziel, umfassende Handlungsempfehlungen für Produktionsunternehmen zu identifizieren, die cloudbasierte Predictive Maintenance als fortschrittliche Instandhaltungsstrategie implementieren möchten. Diese Handlungsempfehlungen sollen es den Unternehmen ermöglichen, effektiv auf die damit verbundenen Herausforderungen und Risiken reagieren zu können.

Zu Beginn wurden das spezifische Forschungsgebiet dieser Studie präzisiert und ein adäquater Forschungsansatz für die methodische Herangehensweise ausgewählt. Hierbei kam der Forschungsprozess nach Döring (2023d) zum Einsatz, der die grundlegende empirische Untersuchung dieser Arbeit steuerte. Im Anschluss daran wurden die erforderlichen theoretischen Grundlagen detailliert erörtert. Dies umfasste unter anderem eine Untersuchung der theoretischen Konzepte industrieller Instandhaltung und deren Rolle im Rahmen von Industrie 4.0. Ebenso wurden die technologischen Grundlagen der Predictive Maintenance beleuchtet und speziell im Kontext der Angebote von Cloud-Dienstleistern betrachtet, etwa durch das Konzept des Cloud Manufacturing.

Für die Gewinnung der notwendigen Erkenntnisse im Rahmen des Forschungsprozesses wurde das Untersuchungsdesign auf eine qualitative Studie mit Fokus auf Expert*inneninterviews ausgerichtet. Die Auswahl der Expert*innen erfolgte anhand festgelegter Kriterien, woraufhin sie mittels eines semistrukturierten Leitfadens interviewt wurden. Anschließend wurden die Interviews nach definierten Regeln transkribiert und dienten als Grundlage für die durchzuführende Datenanalyse. Hierbei kam eine inhaltlich strukturierende qualitative Inhaltsanalyse zum Einsatz, die sich am Ablaufmodell von Kuckartz und Rädiker (2022) orientierte und in sieben Phasen unterteilt war, beginnend von der initialen Textarbeit bis hin zur Verschriftlichung der Ergebnisse. Die Auswertung der finalisierten Codierung erfolgte durch eine detaillierte Betrachtung der ermittelten Haupt- und Subkategorien, deren zentrale Erkenntnisse im Diskussionsteil umfassend erörtert und dargestellt wurden. Basierend auf den gewonnenen Einsichten aus der Diskussion konnte die eingangs formulierte Forschungsfrage abschließend beantwortet werden:

„Was sind die Handlungsempfehlungen für Produktionsunternehmen, die beabsichtigen, cloudbasierte Predictive Maintenance zu integrieren, um potentielle Herausforderungen und Risiken effektiv adressieren zu können?“

Die umfassende Analyse der Expert*inneninterviews lieferte vielschichtige Einblicke in die Integration cloudbasierter Predictive Maintenance in Produktionsunternehmen. Aus diesen Erkenntnissen resultieren praxisorientierte Handlungsempfehlungen, die sich entlang vier zentraler Dimensionen orientieren: Cloud, Finanziell, Organisatorisch und Technisch.

Um Vorbehalte gegenüber der Cloud-Technologie zu minimieren, empfiehlt sich der Einsatz von Cloud Assessments und Kriterienkatalogen, die eine spezifische Anbietersauswahl und eine fundierte Entscheidungsfindung ermöglichen. Auch ein Wechsel zwischen Cloud-Anbietern ist machbar, vorausgesetzt, es erfolgt eine sorgfältige Partner*innenwahl. Die Bedeutung der

Auswahl eines Cloud-Anbieters mit einem starken Sicherheitskonzept und einer guten Reputation wurde von den Expert*innen besonders hervorgehoben.

Unter dem finanziellen Aspekt ist eine frühzeitige und angemessene Budgetplanung entscheidend für die Implementierung von Predictive Maintenance. Dabei sollten Unternehmen flexible Finanzierungsmodelle wie Abo-Modelle in Betracht ziehen, um hohe Anfangsinvestitionen zu vermeiden und transparentere Kostenstrukturen zu schaffen. Die präzise Bewertung des ROI, unterstützt durch spezifische Vorlagen und Prozesse, bildet eine solide Entscheidungsgrundlage und hilft, den wirtschaftlichen Nutzen von Predictive Maintenance zu belegen.

Die organisatorische Verankerung von Predictive Maintenance innerhalb der Unternehmensprozesse ist essentiell für eine erfolgreiche Implementierung. Die Schulung des Personals spielt hierbei eine zentrale Rolle, um nicht nur technisches Verständnis, sondern auch ein Bewusstsein für die strategische Bedeutung und Datensicherheit zu fördern. Dies steigert die Akzeptanz unter den Mitarbeiter*innen und fördert die Transparenz hinsichtlich der Entscheidung zur möglichen Eingliederung dieser Technologie. Die Zustimmung der Belegschaft ist umso wichtiger, da aufgrund des interdisziplinären Charakters des Vorhabens zahlreiche Akteur*innen involviert werden müssen. Besonders Personen, die über spezifisches Wissen bezüglich der Betriebsmittel und Maschinen verfügen, sind hierbei von Bedeutung.

Die Implementierung von Predictive Maintenance verlangt zudem nach einer strategischen Herangehensweise innerhalb des Unternehmens. In der Entwicklungsphase des Konzepts empfiehlt es sich, auf einen Anbieter von Gesamtlösungen zurückzugreifen, der bereits langjährige Markterfahrung hat und offene Schnittstellen bietet. Dies kann den Schulungsaufwand verringern und die Flexibilität steigern. Des Weiteren sollte das Unternehmen seine Instandhaltungsstrategien kritisch überprüfen und gegebenenfalls anpassen. Die Erstellung einer Risikomatrix für jede Anlage kann dabei unterstützen, Entscheidungen auf Grundlage einer Kosten-Nutzen-Analyse zu fällen. Strategien, die höhere Investitionen erfordern, wie die zustandsorientierte Instandhaltung oder Predictive Maintenance selbst, sollten bei jenen Anlagen zur Anwendung kommen, die für den Erfolg des Unternehmens von zentraler Bedeutung sind.

Die Aufrechterhaltung und gegebenenfalls Anpassung der IT-/OT-Infrastruktur sind technisch essentiell, um eine nahtlose Integration von Predictive Maintenance zu gewährleisten. Die strukturierte Anbindung der Produktionsumgebung an die IT-Infrastruktur, einschließlich einer klaren Netzwerksegmentierung, ist entscheidend für die Verbesserung der Sicherheit und effizienten Datenübertragung. Von besonderer Bedeutung ist ebenfalls ein effektives Datenmanagement, welches die intelligente Auswahl und Vorverarbeitung der Daten einschließt. Durch das selektive Filtern der für eine cloudbasierte Predictive Maintenance-Lösung relevanten Daten lassen sich das Datenvolumen und somit die Kosten reduzieren, da unnötige Datenübertragungen in die Cloud vermieden werden. In diesem Zusammenhang spielen Edge-Devices eine Schlüsselrolle, da sie nicht nur bei der intelligenten Datenvorverarbeitung unterstützen, sondern auch das Einbinden von Legacy-Systemen vereinfachen. Die Nutzung von Edge-Devices zur Schaffung von Parallelsystemen ermöglicht eine risikoarme und flexible Implementierung von Predictive Maintenance, insbesondere in älteren Anlagen. Durch gezieltes Retrofitting lassen sich diese Anlagen somit modernisieren, ohne die bestehende Infrastruktur zu

beeinträchtigen, was technische Herausforderungen bewältigt und die Integration in bestehende Systeme erleichtert, ohne umfangreiche Modifikationen zu erfordern.

7.1 Limitierungen der Arbeit

Die methodische Ausrichtung dieser qualitativen Studie unterliegt spezifischen Limitationen, die bei der Interpretation und Bewertung der Ergebnisse zu beachten sind. Insbesondere die bewusste Auswahl der Expert*innen und die begrenzte Stichprobengröße ermöglichen zwar einen tiefgehenden Einblick in das untersuchte Themengebiet, schränken jedoch zugleich die Übertragbarkeit der Erkenntnisse auf eine breitere Grundgesamtheit ein. Diese Konzentration auf eine spezifische Expert*innengruppe birgt zudem die Gefahr einer selektiven Perspektive, die die Objektivität und Vollständigkeit der gewonnenen Einsichten potenziell beeinträchtigen kann. Des Weiteren sollte die Entwicklung des Kategoriensystems durch mehrere Personen erfolgen, um die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse zu sichern. Ein überwiegend deduktiver Ansatz unterstützt zwar die Strukturierung der Analyse, ist jedoch nicht als ideal anzusehen.

Trotz sorgfältiger Bemühungen, einen Auswahlbias zu minimieren, bleibt die Problematik der Teilnehmer*innenselektion ein kritischer Aspekt in der qualitativen Forschung und bei der Durchführung von Expert*inneninterviews. Dieser Aspekt kann die Repräsentativität und somit auch die Aussagekraft der Studienergebnisse beeinträchtigen.

7.2 Ausblick

Die Zukunft von Predictive Maintenance wird von den befragten Expert*innen einstimmig als ein klarer Trend hin zu cloudbasierten Lösungen prognostiziert. Diese Ansicht wird sowohl von Lösungsanbietern als auch von produzierenden Unternehmen geteilt, die alle die Auffassung vertreten, dass der Erfolg von Predictive Maintenance unausweichlich ist. Dabei wird die Cloud-Technologie als zentrales Element für die erfolgreiche Implementierung und den breiten Einsatz von Predictive Maintenance betrachtet. Diese gemeinsame Überzeugung unterstreicht die Bedeutung der Cloud-Technologie nicht nur als technische Grundlage, sondern auch als einen Wegbereiter für die Verbreitung und Effizienzsteigerung von Predictive Maintenance-Ansätzen.

Durch die Nutzung cloudbasierter Lösungen können Unternehmen unterschiedlicher Größe und Branchenzugehörigkeit Predictive Maintenance-Modelle entwickeln und implementieren, die zuvor aufgrund technischer oder finanzieller Beschränkungen nicht realisierbar waren. Somit bildet die zunehmende Verlagerung hin zur Cloud nicht nur einen aktuellen Trend, sondern auch eine zukunftsweisende Antwort darauf, wie Predictive Maintenance effizient und effektiv in die Wartungsstrategien von Unternehmen integriert werden kann.

ANHANG A - Interviewleitfaden für produzierende Unternehmen

1. Hintergrund und Erfahrung der Befragten

In welcher Branche ist Ihr Unternehmen tätig?

Wie viele Mitarbeiter*innen hat das Unternehmen, in dem Sie tätig sind?

Beschreiben Sie bitte Ihren beruflichen Hintergrund und Ihre spezifische Rolle in Ihrem Unternehmen?

Wie lange sind Sie schon im Unternehmen tätig?

2. Produktionsanlagen und deren Wartungsstrategien im Unternehmen

Inwiefern sehen Sie die Instandhaltung als strategischen Erfolgsfaktor für den nachhaltigen Unternehmenserfolg?

Wie viele Produktionsanlagen haben Sie im Unternehmen und welche Produkte werden gefertigt?

Wie sieht die aktuelle Wartungsstrategie bezüglich der Anlagen in Ihrem Unternehmen aus?

Sehen Sie ihr Unternehmen in Richtung Smart Maintenance bewegen?

3. Predictive Maintenance und dessen Bezug zu Cloud-Technologien

Wie würden Sie Predictive Maintenance beschreiben, basierend auf Ihren Erfahrungen und Kenntnissen?

Welche Erfahrungen – theoretische oder praktische – haben Sie im Bereich Predictive Maintenance gemacht?

Welche Vorteile sehen Sie in der Nutzung von Cloud-Technologien im Zusammenhang mit Predictive Maintenance?

4. Digitale Infrastruktur

Ist Ihr Unternehmen mit den Konzepten von Industrie 4.0 vertraut?

Wie würden Sie die aktuelle IT-Infrastruktur Ihres Unternehmens in Bezug auf Modernität, Flexibilität und Integration verschiedener Systeme bewerten?

Welche Anpassungen oder Upgrades der IT-Infrastruktur halten Sie für notwendig, um cloudbasierte Predictive Maintenance-Systeme zu unterstützen?

Wie wird aktuell mit den durch Ihre Anlagen generierten Daten umgegangen, und wie bereit ist Ihr Datenmanagementsystem, große Mengen an Daten für Predictive Maintenance-Lösungen zu verarbeiten?

5. Finanzielle, technische, organisatorische Herausforderungen und Risiken

Welche spezifischen technischen Herausforderungen sind Ihnen begegnet oder erwarten Sie bei der Integration von cloudbasierter Predictive Maintenance?

Gibt es organisatorische oder prozessuale Herausforderungen, die Sie identifiziert haben bzw. identifiziert werden können?

Wie bewerten Sie Bedenken hinsichtlich Datenintegrität und -sicherheit im Kontext von cloudbasierter Predictive Maintenance?

Wie beurteilen Sie die Notwendigkeit von Schulungen und Weiterbildungen für Mitarbeiter*innen im Zusammenhang mit cloudbasierter Predictive Maintenance?

Welche finanziellen Risiken sehen Sie in Verbindung mit der Integration von Predictive Maintenance in der Cloud?

Wie schätzen Sie das Risiko der Abhängigkeit von Cloud-Anbietern ein?

Gibt es weitere Herausforderungen oder Risiken, die Ihrer Meinung nach bei der Integration von cloudbasierter Predictive Maintenance in Produktionsanlagen auftreten können?

6. Strategien und Lösungsansätze

Hat ihr Unternehmen bereits cloudbasierte Predictive Maintenance integriert?

Haben Sie allgemeine Empfehlungen oder Vorschläge für Handlungsempfehlungen, die Fertigungsunternehmen bei der Überlegung oder Implementierung von cloudbasierter Predictive Maintenance unterstützen könnten?

7. Zukunftsperspektiven

Wie sehen Sie die Zukunft der cloudbasierten Predictive Maintenance? Gibt es bestimmte Trends oder Entwicklungen, die Ihrer Meinung nach in den kommenden Jahren prägend sein werden?

8. Abschluss

Gibt es eine Frage, die Sie erwartet hätten, die ich nicht gestellt habe, oder einen Aspekt von Predictive Maintenance, von dem Sie denken, dass er oft übersehen wird, aber wichtig ist?

Haben Sie noch weitere Anmerkungen oder Gedanken, die Sie teilen möchten?

Sonst ein weiteres Feedback zum Interviewprozess?

ANHANG B - Interviewleitfaden für Dienstleister oder Systemlieferanten

1. Hintergrund und Erfahrung der Befragten

In welcher Branche ist Ihr Unternehmen tätig?

Wie viele Mitarbeiter*innen hat das Unternehmen, in dem Sie tätig sind?

Beschreiben Sie bitte Ihren beruflichen Hintergrund und Ihre spezifische Rolle in Ihrem Unternehmen?

Wie lange sind Sie schon im Unternehmen tätig?

2. Produktionsanlagen und deren Wartungsstrategien im Unternehmen

Inwiefern sehen Sie die Instandhaltung als strategischen Erfolgsfaktor für den nachhaltigen Unternehmenserfolg?

Wie viele und welche Arten von Produktionsanlagen sind typischerweise in den Unternehmen vorhanden, mit denen Sie zusammenarbeiten?

Welche Wartungsstrategien sehen Sie in den Unternehmen, mit denen Sie zusammenarbeiten, am häufigsten eingesetzt?

Sehen Sie die Unternehmen in Richtung Smart Maintenance bewegen?

3. Predictive Maintenance und dessen Bezug zu Cloud-Technologien

Wie würden Sie Predictive Maintenance beschreiben, basierend auf Ihren Erfahrungen und Kenntnissen?

Welche Erfahrungen – theoretische oder praktische – haben Sie im Bereich Predictive Maintenance gemacht?

Welche Vorteile sehen Sie in der Nutzung von Cloud-Technologien im Zusammenhang mit Predictive Maintenance?

4. Digitale Infrastruktur

Ist Ihr Unternehmen mit den Konzepten von Industrie 4.0 vertraut? Inwiefern sind Ihre Kunden mit den Konzepten von Industrie 4.0 vertraut?

Wie würden Sie die digitale Reife und IT-Infrastruktur Ihrer Kunden in Bezug auf die Integration von Predictive Maintenance-Lösungen bewerten?

Welche Anpassungen oder Upgrades in der IT-Infrastruktur halten Sie für notwendig, um cloudbasierte Predictive Maintenance-Systeme zu unterstützen?

Wie wird Ihrer Meinung nach aktuell mit den durch Produktionsanlagen generierten Daten umgegangen und wie bereit ist das Datenmanagementsystem Ihrer Kunden, große Mengen an Daten für Predictive Maintenance-Lösungen zu verarbeiten?

5. Finanzielle, technische, organisatorische Herausforderungen und Risiken

Welche spezifischen technischen Herausforderungen begegnen Ihren Kunden bei der Integration von cloudbasierter Predictive Maintenance?

Gibt es organisatorische oder prozessuale Herausforderungen, die Sie bei Ihren Kunden identifiziert haben?

Wie bewerten Sie Bedenken hinsichtlich Datenintegrität und -sicherheit im Kontext von cloudbasierter Predictive Maintenance?

Welche Schulungs- und Weiterbildungsmaßnahmen halten Sie für notwendig im Zusammenhang mit cloudbasierter Predictive Maintenance?

Welche finanziellen Risiken sehen Sie in Verbindung mit der Bereitstellung von Predictive Maintenance-Lösungen?

Wie schätzen Sie das Risiko der Abhängigkeit von Cloud-Anbietern ein?

Gibt es weitere Herausforderungen oder Risiken die Ihrer Meinung nach bei der Integration von cloudbasierter Predictive Maintenance in Produktionsanlagen auftreten können?

6. Strategien und Lösungsansätze

Hat Ihr Unternehmen bereits Erfahrungen mit der Integration von cloudbasierter Predictive Maintenance bei Kunden gemacht?

Haben Sie allgemeine Empfehlungen oder Vorschläge für Handlungsempfehlungen, die Fertigungsunternehmen bei der Überlegung oder Implementierung von cloudbasierter Predictive Maintenance unterstützen könnten?

7. Zukunftsperspektiven

Wie sehen Sie die Zukunft der cloudbasierten Predictive Maintenance? Gibt es bestimmte Trends oder Entwicklungen, die Ihrer Meinung nach in den kommenden Jahren prägend sein werden?

8. Abschluss

Gibt es eine Frage, die Sie erwartet hätten, die ich nicht gestellt habe, oder einen Aspekt von Predictive Maintenance, von dem Sie denken, dass er oft übersehen wird, aber wichtig ist?

Haben Sie noch weitere Anmerkungen oder Gedanken, die Sie teilen möchten?

Sonst ein weiteres Feedback zum Interviewprozess?

ANHANG C - Transkriptionsregeln in Anlehnung an Kuckartz & Rädiker (2022)

1. Jeder Sprechbeitrag wird als eigener Absatz transkribiert, auch kurze Einwürfe anderer Personen wie „Ja“, „Nein“, „Genau“. Zwischen den Sprechbeiträgen wird eine Leerzeile eingefügt, um die Lesbarkeit zu erhöhen.
2. Absätze der interviewenden oder moderierenden Person(en) werden durch „I:“ oder „M:“, die der befragten Person(en) durch eindeutige Kürzel (z. B. „B:“) eingeleitet. Zur Unterscheidung mehrerer Personen in einer Aufnahme werden die Kürzel um Nummern ergänzt („M1:“, „M2:“, „P1:“, „D1:“ etc.). Alternativ zu Kürzeln können Namen oder Pseudonyme verwendet werden. Die Kennzeichnungen der Sprechenden werden zur besseren Erkennbarkeit fett gesetzt.
3. Es wird wörtlich transkribiert, also nicht lautsprachlich oder zusammenfassend. Vorhandene Dialekte werden nicht mit transkribiert, sondern möglichst genau in Hochdeutsch übersetzt, damit die Texte gut durchsucht werden können.
4. Die Sprache wird leicht geglättet, das heißt an das Schriftdeutsch angenähert. Zum Beispiel wird aus „Er hatte noch so'n Buch genannt.“ → „Er hatte noch so ein Buch genannt.“. Die Wortstellung, bestimmte und unbestimmte Artikel etc. werden auch dann beibehalten, wenn sie Fehler enthalten.
5. Deutliche, längere Pausen werden durch in Klammern gesetzte Auslassungspunkte „(…)“ markiert.
6. Besonders betonte Begriffe werden durch Unterstreichungen gekennzeichnet.
7. Sehr lautes Sprechen wird durch Schreiben in Großschrift kenntlich gemacht.
8. Zustimmungde bzw. bestätigende Lautäußerungen („mhm“, „aha“ etc.) werden nicht mit transkribiert, sofern sie den Redefluss der sprechenden Person nicht unterbrechen oder als direkte Antwort auf eine Frage zu verstehen sind.
9. Fülllaute wie „ähm“ werden nur transkribiert, wenn ihnen eine inhaltliche Bedeutung zugemessen wird.
10. Störungen von außen werden unter Angabe der Ursache in Doppelklammern notiert, z. B. „((Handy klingelt))“.
11. Lautäußerungen werden in einfachen Klammern notiert, z. B. „(lacht)“, „(stöhnt)“ und Ähnliches.
12. Bei Videoaufzeichnungen von Interviews und Fokusgruppen: Nonverbale Aktivitäten werden wie Lautäußerungen in einfache Klammern gesetzt, z. B. „(öffnet das Fenster)“, „(wendet sich ab)“ und Ähnliches.
13. Unverständliche Wörter und Passagen werden durch „(unv.)“ kenntlich gemacht. Wörter und Passagen, bei denen der Wortlaut nur vermutet wird, werden eingeklammert und am Ende mit einem Fragezeichen versehen, z. B. „(Kobold ?)“.
14. Zeitmarken werden am Ende jedes Sprechbeitrags eingefügt; bei Bedarf auch bei unverständlichen Passagen in einem längeren Absatz.

ANHANG D - MAXQDA Kodierung

Code System
Hauptkategorie 1: Industrielle Produktion und Instandhaltung
Subkategorie: Instandhaltung als strategischer Erfolgsfaktor
Subkategorie: Aktuelle Instandhaltungsstrategie
Subkategorie: Zielvision Smart Maintenance
Unterkategorie: Gemeinsame Planung aller Akteur*innen
Unterkategorie: Verfügbarkeitsorientierte Instandhaltung
Unterkategorie: Flexibles Agieren bei Änderungen
Unterkategorie: Wissensmanagement
Unterkategorie: Anforderungsgerechtes Ersatzteilmanagement
Unterkategorie: Wertbeitrag der Instandhaltung ist bekannt
Hauptkategorie 2: Predictive Maintenance
Subkategorie: Verständnis
Subkategorie: Abgrenzung von Predictive Maintenance zu CBM
Subkategorie: Vorteile und Chancen der Cloud-Technologie
Subkategorie: Integrationsfortschritt und Praxiserfahrung
Hauptkategorie 3: Industrielle Netzwerkinfrastruktur
Subkategorie: Digitale Reife
Subkategorie: Datenmanagement
Unterkategorie: Kommunikationsprotokolle
Unterkategorie: Lokalität
Subkategorie: Anpassung der Infrastruktur für Predictive Maintenance
Subkategorie: Industrie 4.0
Hauptkategorie 4: Herausforderungen und Risiken zu cloudbasierter Predictive Maintenance
Subkategorie: Datenintegrität und Datensicherheit in Cloud
Subkategorie: Abhängigkeit der Cloud-Anbieter
Subkategorie: Finanziell
Unterkategorie: Investitionsplanung
Unterkategorie: Lizenzmodelle und Kostenstruktur
Unterkategorie: Daten und Datenmenge
Unterkategorie: Return on Investment
Subkategorie: Organisatorisch
Unterkategorie: Interdisziplinarität

Unterkategorie: Personal
Unterkategorie: Generativer Umbruch
Unterkategorie :Arbeitspool
Unterkategorie: Effizienz
Unterkategorie: Mitarbeiter*innenängste und Akzeptanz
Unterkategorie: Richtiges Personal finden
Unterkategorie: Schulungen und Weiterbildungen
Unterkategorie: Integration in Prozesse und Umsetzung
Unterkategorie: Betriebsvereinbarungen
Unterkategorie: Strategische Entscheidung
Subkategorie: Technisch
Unterkategorie: Verständnis von Predictive Maintenance
Unterkategorie: Korrekte Implementierung
Unterkategorie: Sicherheit
Unterkategorie: Datenmanagement
Unterkategorie: Datenübertragung
Unterkategorie: Datenvorverarbeitung
Unterkategorie: Schnittstellen
Unterkategorie: Heterogenität
Unterkategorie: Retrofitting
Hauptkategorie 5: Handlungsempfehlungen
Subkategorie: Cloud
Subkategorie: Finanziell
Unterkategorie: Budget
Unterkategorie: Kosten
Unterkategorie: Return on Investment
Subkategorie: Organisatorisch
Unterkategorie: Anpassung der Instandhaltungsstrategie
Unterkategorie: Interdisziplinarität
Unterkategorie: Akzeptanz
Unterkategorie: Kompetenzentwicklungen und Schulungen
Unterkategorie: Planung und Entscheidungsfindung
Unterkategorie: Konzept
Unterkategorie: Transparenz
Unterkategorie: Prozesse
Unterkategorie: Cloud Ja / Nein

Unterkategorie: Betriebsvereinbarungen
Unterkategorie: Gesamtlösungsanbieter
Unterkategorie: Einstiegshürde
Unterkategorie: Auswahl
Unterkategorie: Kooperation
Unterkategorie: Minderung der Abhängigkeit zu Dienstleistern
Subkategorie: Technisch
Unterkategorie: Verständnis von Predictive Maintenance
Unterkategorie: Modernisierung der IT-/OT Infrastruktur
Unterkategorie: Datenmanagement und Analytik
Unterkategorie: Integration und Lösungen
Unterkategorie: Proof of Concept
Hauptkategorie 6: Zukunftsperspektiven

ANHANG E - Transkript Interview 1 - P1

- 1 **I:** Ich werde mal beginnen mit der Abschnitt Hintergrund der Erfahrungen. In welcher Branche ist Ihr Unternehmen tätig und was sind die Kerntätigkeiten, die für das Unternehmen wesentlich sind um erfolgreich zu sein?
- 2 **P1:** Also übergeordnet sind wir jetzt einmal in der Elektroindustrie und bei uns am Standort werden sowohl Wasserkraftgeneratoren als auch Turbogeneratoren gefertigt.
- 3 **I:** Wie viele Mitarbeiter haben Sie im Unternehmen, wo sie jetzt tätig sind?
- 4 **P1:** Wir haben am Standort in XY mit den beiden Standorten in etwa 950 Mitarbeiter.
- 5 **I:** Was ist Ihr beruflicher Hintergrund und Ihre spezifische Rolle in dem Unternehmen?
- 6 **P1:** Der berufliche Hintergrund ist mehr oder weniger, ich habe Elektrotechnik gelernt, Energie- und Umweltmanagement studiert und meine Rolle jetzt im Unternehmen, ich leite die gesamte Infrastruktur am Standort mit den Gruppen Energiemanagement, Maintenance, Sicherheitstechnik, Gebäudemanagement, Arbeitsmedizin, Werkssicherheit und so weiter.
- 7 **I:** Wie lange sind Sie schon im Unternehmen tätig?
- 8 **P1:** Knapp XY Jahre.
- 9 **I:** Gut, dann würden wir jetzt eben weitergehen zur spezifischeren Fragen vor allem zu Ihren Anlagen und Produktionsmaschinen die Sie im Unternehmen haben. Aber vorweg einmal eine generelle Frage. Inwiefern sehen Sie die Instandhaltung als strategischen Erfolgsfaktor für den nachhaltigen Unternehmenserfolg?
- 10 **P1:** Die Instandhaltung ist ein wichtiger Erfolgsfaktor, weil im Fertigungsbereich sehr viel davon abhängt, was Produktivität betrifft, was die Qualität der produzierten Produkte betrifft.
- 11 **I:** Kosten vermutlich auch so ein Faktor.
- 12 **P1:** Natürlich, ja.
- 13 **I:** Was für Maschinen und Produktionsanlagen haben Sie im Unternehmen? Was für Produkte gefertigt werden habe Sie ja schon erwähnt. Gibt es jedoch wesentliche Unterscheidungen zwischen den Anlagen?
- 14 **P1:** Es gibt auf alle Fälle Unterscheidungen. Von den Produktionsanlagen, wir haben eine Zerspannung für die großen Komponenten, wo sowohl Stator- als auch Rotorteile gefertigt werden. Wir haben dann für die Stator-Bleche, die produziert werden, eine eigene Blechfertigung mit Laserschneidanlagen, automatisierte Stanzanlage und so weiter. Dann Roboter um Kupferstäbe zu fertigen, Isolierroboter, Querbett.
- 15 **I:** Wie wird generell die Effizienz der Anlagen überwacht und bewertet? Gibt es Merkmale wie NIO, IO-Teile oder gibt es andere Merkmale in der Hinsicht? Oder Merkmale zum Ausschuss? Ist eine Unterfrage zu dieser Kategorie. (lacht)
- 16 **P1:** Achso, ok. (lacht) Da geht es jetzt um die produzierten Teile?

- 17 **I:** Genau, um die Produktionsanlagen im Wesentlichen. Wie wird dort die Effizienz bewertet? Ausschuss, IO, NIO oder gibt es eine Betriebsdatenerfassung?
- 18 **P1:** Es gibt diverse KPIs, ja.
- 19 **I:** Ok, gut. Ist die aktuelle Wartungsstrategie, die Sie jetzt für Ihre Anlagen oder Produktionen anwenden, unternehmensweit ähnlich gehandhabt, oder gibt es große Unterschiede? Ich habe eine Grafik aus der Literatur mit verschiedenen Instandhaltungsstrategien wie präventiv, korrektiv und verbessernd. Wo sehen Sie im Wesentlichen die Wartungsstrategie in Ihrem Unternehmen?
- 20 **P1:** Also in unserem Unternehmen ist es noch definitiv die Präventiv Maintenance.
- 21 **I:** Periodisch?
- 22 **P1:** Hauptsächlich periodisch. Wir haben natürlich gewisse Anlagen, die schon ein bisschen weiter gehen, die dann Wartungstermine nach Betriebsstunden vorgeben bzw. nach Anlagenzustand. Aber das hält sich noch in Grenzen. Also mit Predictive Maintenance, da sind wir vielleicht in den Startlöchern, aber bei weitem sind wir nicht ausgerollt.
- 23 **I:** Also Intervalle?
- 24 **P1:** Hauptsächlich intervallbasierende Wartungsstrategie, ja.
- 25 **I:** Okay, danke.
- 26 **I:** Es ist ja der Begriff in der Literatur Smart-Maintenance, den haben Sie sicher auch schon mal gehört. Und da gibt es aus der Literatur sechs zentrale Handlungsfelder, wo sich die Unternehmen hinbewegen sollten um eben Smart Maintenance erreichen zu können. Ich würde nun darum bitten, wie Sie die einzelnen Handlungsfelder derzeit im Unternehmen einschätzen würden. Zum Start: Arbeiten Produktion und die Instandhaltung getrennt oder ist das eine gemeinsame Planung aller Akteure, sodass die beteiligten Personen in der Produktion und in der Instandhaltung die zukünftigen Instandhaltungsaktivitäten zusammen planen?
- 27 **P1:** Das wird zu einem sehr großen Teil gemeinsam durchgeführt. Zusammen mit unserer Produktionslogistik. Bei großen Anlagen ist das unbedingt erforderlich, weil da spricht man ja dann von Wartungsintervallen von mehreren Tagen bis zu eineinhalb Wochen, wenn es begleitende Anlagen sind. Da ist es sowieso zwingend erforderlich, dass gemeinsam mit der Produktion, Logistik abzustimmen und einzuplanen.
- 28 **I:** Der zweite Punkt haben Sie eh schon erwähnt, Sie gehen schon eher schon in Richtung Präventiv z. B. die periodische Planung mit Intervallen etc. Und überwiegend reaktiv ist die Instandhaltung in Ihrem Unternehmen auch nicht mehr.
- 29 **P1:** Nein.
- 30 **I:** Der dritte Punkt ist denke ich ein bisschen schwieriger einzuschätzen. Sind die Instandhaltungstätigkeiten starr an die Produktion gebunden oder kann die Produktion flexibel reagieren wenn Wartungstätigkeiten erforderlich sind?
- 31 **P1:** Es gibt schon eine gewisse Flexibilität in der Fertigung. Auf alle Fälle, ja.
- 32 **I:** Ein wichtiger Punkt ist natürlich ein Wissensmanagement. Wollten Sie noch was sagen?
- 33 **P1:** Nein, ich wollte nur sagen, das ist ein wichtiger Punkt.

- 34 **I:** Wissensmanagement, ist das jetzt personengebunden oder haben Sie da schon ein zentrales System?
- 35 **P1:** Für einzelne komplexe Anlagen kann es durchaus stark personengebunden sein, aber im Großen und Ganzen ist es sehr gut verteilt über das ganze Team, das Wissensmanagements. Und wir versuchen auch, weil durchaus auch Anlagen dabei sind, wo man externe Professionisten benötigt, dass man auch das gemeinsam mit den Externen, dass man da einen Wissenstransfer durchführt.
- 36 **I:** Dann zum Ersatzteilwesen. Also ich gehe mal davon aus, dass Sie schon ein anforderungsgerechtes Ersatzteilmanagement haben, dass Sie die wichtigste Teile auf Lager haben, falls eine Komponente einer Anlage defekt wird.
- 37 **P1:** Ja. Wir haben in der Instandhaltung ein eigenes Lager mit Standard-Ersatzteilen und mit spezifischen Ersatzteilen. Es werden zeitbasierend im Zeitraum von vier bis fünf Jahren immer wieder Analysen bei den Anlagen durchgeführt, sogenannte MRA-Analysen, wo man dann schaut in Bezug auf Ersatzteile, was kann ich innerhalb von 24 Stunden beschaffen, wie lang sind die Beschaffungszeiten, was muss ich mir wirklich bei uns auf Lager legen, um die Stillstandszeiten kurz zu halten. Also das wird sehr intensiv bei uns betrieben.
- 38 **I:** Letzter Punkt, ist einer der wichtigsten, ist bei vielen Unternehmen vielleicht noch nicht der Fall. Ist der Wertbeitrag der Instandhaltung bekannt, oder wird sie noch als reiner Kostenverursacher in ihrem Unternehmen gesehen?
- 39 **P1:** Wir sind von diesem Schritt weit weg mittlerweile, Gott sei Dank, was am obigen Punkt angeführt ist, mit Instandhaltung ist reiner Kostenverursacher.
- 40 **I:** Okay, das ist sehr gut. Also der Wertbeitrag ist bekannt.
- 41 **P1:** Zu Anfangszeiten, wie ich hier im Unternehmen begonnen habe, wurde das durchaus noch so gesehen. Aber da sind wir mittlerweile relativ weit entfernt.
- 42 **I:** Also schon in Richtung Smart Maintenance, wenn ich das jetzt so betrachten würde.
- 43 **P1:** Ja.
- 44 **I:** Nun werde ich zu den Themen Predictive Maintenance und Cloud springen. Wie würden Sie Predictive Maintenance beschreiben? Also basierend auf Ihren Erfahrungen und Kenntnissen, so grob formuliert?
- 45 **P1:** Wenn ich es grob formulieren darf, zum einen habe ich bei den Anlagen, wenn es um Predictive Maintenance geht, auf alle Fälle brauche ich mal Condition Monitoring-Systeme in der Anlage drinnen, die bei neueren Anlagen oder bei den in den letzten Jahren investierten Anlagen teilweise schon inkludiert sind. Ich brauche aber auf alle Fälle auch Daten zu diesen Anlagen und jemand, der sich wirklich dem Thema annimmt, beziehungsweise etwas mit der Fülle von Daten, die da rauskommen, auch wenn es mittlerweile KI-basierende Systeme gibt. Aber ich muss da Werte rausbringen, die mir dann vorhersagen, also wenn ich es ganz simpel sage, dieses Lager wird wahrscheinlich in drei Wochen zu tauschen sein.
- 46 **I:** Das wären also Herausforderungen hinsichtlich der Schulung der Mitarbeiter. Sehen Sie das auch so?

47 **P1:** Auf alle Fälle, ja, ist es auch.

48 **I:** Weil Sie gerade Condition-Based Monitoring gesagt haben. Gibt es oft Missverständnisse bei der Unterscheidung zu Predictive Maintenance?

49 **P1:** Es gibt schon Missverständnisse. Vielleicht noch als Punkt dazu zu diesen ganzen Condition Monitoring-Systemen. Es ist in Unternehmen wie den unseren auch immer wieder das Thema bei diesem Einsatz von diesen Systemen ist eine Betriebsvereinbarung erforderlich, weil ich da schon die Möglichkeit habe, über den Tag zu schauen, wie wird mit der Anlage gearbeitet.

50 **I:** Ich denke ich verstehe was sie meinen. Im Grunde kann man überprüfen wie effektiv die Anlage von den Mitarbeitern betrieben worden ist.

51 **P1:** Ja.

52 **I:** Das ist ein interessanter Punkt.

53 **P1:** Man kann ja im Prinzip, wenn man sich eine Auswertung ansieht, über eine gewisse Schicht für Anlage, kann man ja darauf Rückschlüsse ziehen, wie effektiv, wenn ich dort Mitarbeiter dabei habe, wie effektiv haben die gearbeitet, wie viele Pausen haben sie gemacht. Das ist durchaus immer wieder ein Thema, dass da Betriebsvereinbarungen geben muss.

54 **I:** Die muss jetzt für jede Anlage neu angefordert werden, oder ist das so Produktionslinienabhängig, oder wie ist das allgemein für das Unternehmen?

55 **P1:** Wenn solche Dinge zum Einsatz kommen, auch bei uns in Zukunft, dann war eine Vereinbarung für den gesamten Standort.

56 **I:** Das gibt es bei Ihnen wahrscheinlich, oder?

57 **P1:** Bei uns am Standort noch nicht. Dadurch ist unser Zugang auch zu den Daten, die wir zur Verfügung haben, etwas eingeschränkt.

58 **I:** Nächster Punkt ist, haben Sie eigentlich schon Erfahrung gemacht, theoretisch oder praktisch im Bereich Predictive Maintenance?

59 **P1:** Ja, ansatzweise.

60 **I:** Gibt es ein Beispiel, das Sie nennen können, was da einen konkreten Unterschied machen kann oder machen könnte? Wenn Sie ihre Anlagen im Kopf haben?

61 **P1:** Bei uns am Standort direkt kann ich das in dieser Form noch nicht einsetzen, wie ich es gerne möchte. Aber dadurch, dass ich im MFA-Circuit drinnen bin, das ist dieser Maintenance-Circuit von den großen Industrieunternehmen, da ist das natürlich bei allen Unternehmen mittlerweile ein großes Thema.

62 **I:** Kurz zur Cloud. Was für Vorteile sehen Sie eigentlich zusammen mit Cloud-Technologien mit Predictive Maintenance, wenn Sie jetzt die Cloud betrachten, wenn man sie einsetzen möchte?

63 **P1:** Der Vorteil ist einmal der Datenzugriff. Bei Cloudbasierende Systemen. Den Nachteil sehe ich, wenn solche Cloud-Anbieter dann nicht erreichbar sind.

64 **I:** Ist das schon passiert?

- 65 **P1:** Das ist auch schon passiert, ja. Grundsätzlich ist der große Vorteil einer Cloud-Technologie der Zugriff, ganz egal, wo ich bin, auf die Daten. Das wird nicht nur in diesem Bereich angeboten, sondern mittlerweile auch von unseren externen Professionisten, die dann cloudbasierend ihre Wartungsprotokolle usw. zur Verfügung stellen für die Tätigkeiten, die sie bei uns gemacht haben.
- 66 **I:** Zu den Risiken komme ich später noch. Jetzt ein interessanter Punkt der immer belächelt wird wenn ich das Interview führe. Industrie 4.0 (lacht) , wie stehen Sie zu diesem Begriff und dessen Konzepte? Ich habe gerade zuvor ein Interview mit Unternehmen XY gehabt, und sie haben gesagt, dass sie den Begriff gar nicht mehr verwenden. Wie ist das bei Ihnen? Ist der Begriff auch bei Ihnen schon totgeredet worden?
- 67 **P1:** Industrie 4.0 ist so ein schönes Schlagwort. (lacht)
- 68 **I:** Das stimmt, ja. (lacht) Aber mit dem Konzepten sind Sie natürlich vertraut.
- 69 **P1:** Ja, natürlich.
- 70 **I:** Aber es wird vermutlich schon zu oft verwendet, oder?
- 71 **P1:** Ja.
- 72 **I:** Wie würden Sie die aktuelle Infrastruktur derzeitig bewerten, hinsichtlich Industrie 4.0, cyberphysische Systeme, auf die Modernität und Flexibilität?
- 73 **P1:** Bei unserem Standort eher durchschnittlich.
- 74 **I:** Und was sind Ihrer Meinung nach die größten Herausforderungen, wenn Sie jetzt sagen, Sie wollen Ihre Anlagen oder die Produktionslinien modernisieren? Würde es hierbei in Richtung IoT oder Edge-Lösungen gehen? Damit die Daten gut vorverarbeitet werden können, für z. B. Predictive Maintenance-Lösungen?
- 75 **P1:** Das sind einmal die Anpassungen, damit ich es mit einem EPR-System auswerten kann, die Schnittstellen die entsprechen, die Zusammenführung der Daten, die derzeit schon gesammelt werden, mit unterschiedlichen Softwareprodukten auf unterschiedlichen Servern. Also in der Richtung muss dann einiges passieren, in Richtung IT, IT-Infrastruktur.
- 76 **I:** Also die Anpassung, also richtig Richtung IoT und so weiter. Und wie bewerten Sie die Rolle für die IoT-Geräte, für die Datenerfassung? Ist das bei Ihnen im Unternehmen schon im Einsatz?
- 77 **P1:** Das habe ich akustisch leider nicht verstanden, die ersten Wörter.
- 78 **I:** Wie bewerten Sie die Rolle vom IoT selbst im Unternehmen? Ist das etwas Wichtiges, oder sagen Sie, das ist jetzt nicht so relevant?
- 79 **P1:** Ja, doch. Würde ich schon als wichtig erachten.
- 80 **I:** Sie haben ja schon kurz die Daten und die Datenerfassung erwähnt. Wie wird aktuell mit den Daten umgegangen? Gibt es einen zentralen Speicherpunkt oder wird das auf verschiedene Systeme aufgeteilt? Betriebsdatenerfassung zum Beispiel, MES-Systeme? Welche Lösungen sind bei Ihnen im Unternehmen im Einsatz?
- 81 **P1:** Grundsätzlich wird es in der Maintenance über SAP abgewickelt, über das Plant Maintenance Modul. Ohne direkte Datenanbindung an irgendwelchen Maschinen. Aber es wird jede Anlagenwartung, jede Anlagenstörung mit einer eigenen Hotline ins SAP eingetragen und ist dann

auswertbar. Also es gibt wirklich, jedes Equipment oder Maschine bei uns hat eine eigene Equipment-Nummer, SAP-basierend. Und dahinter kann ich den ganzen Lebenslauf der Anlage mehr oder weniger einsehen.

82 **I:** Und denken Sie, dass das wenn man Ihre Datenmanagementsysteme betrachtet, dass das als Schnittstelle fungieren könnte, für Predictive Maintenance-Lösungen, wo wirklich große Mengen an Daten im Terrabyte anfallen? Oder müsste das dann aktualisiert und modernisiert werden?

83 **P1:** Da müsste dann auf alle Fälle, also meiner Meinung nach, vorher Software zur Verfügung stehen und dass nur mehr grundlegende Daten ans SAP weitergegeben werden über eine Schnittstelle. Aber für das ganze Thema Predictive Maintenance müsste dann eine eigene Softwarelösung da sein.

84 **I:** Okay.

85 **P1:** Wir haben ja auch ein MES-System, das hat mein Kollege leitend eingeführt bei uns am Standort. Und das auch ans SAP angebunden ist, beziehungsweise da werden aber momentan nur Zeitbuchungen von Mitarbeitern erfasst, beziehungsweise im zweiten Schritt dann Planungen durchgeführt, die derzeit noch durch andere Software-Tools durchgeführt werden.

86 **I:** Okay. Ist Ihnen der Begriff Edge-Lösungen, sagt Ihnen das was? So Datensammler sind das im Endeffekt?

87 **P1:** Ja

88 **I:** Haben Sie solche Systeme im Einsatz oder ist das auch noch kein Thema? Oder werden die Daten direkt ans SAP weitergeleitet und nicht jetzt temporär irgendwo zwischengespeichert und vorverarbeitet?

89 **P1:** Momentan werden die Daten rein manuell ins SAP eingetragen. Was jetzt die Maintenance betrifft. MES hat natürlich eine eigene Schnittstelle ins SAP. Grundsätzlich denken wir darüber nach, so eine Betriebsdatenerfassung oder Maschinendatenerfassung dann über das MES-System durchzuführen und dann habe ich auch die Schnittstelle ins SAP schon.

90 **I:** Wie werden dann die Sensordaten wie Temperaturwerte erfasst von den Anlagen oder werden die dann wirklich manuell nachgetragen im Störfall? Wie kann man sich das vorstellen?

91 **P1:** Nein, diese Temperaturwerte und so weiter, also diese Dinge bei Prozessanlagen, wo das eine Rolle spielt, da werden nur bei der präventiven Wartungen werden solche Temperaturwerte ausgelesen, abgeglichen. Ansonsten ist das eine Insellösung direkt an der Anlagensoftware. Da kommt meistens schon die Anlagensoftware mit. Wenn ich eine Laserschneidanlage zum Beispiel anschau, oder unser Stanzautomat, da kriegt dann wirklich der Bediener dort vor Ort seine Fehlermeldungen oder seine Anzeigen und unsere Instandhaltungsmitarbeiter können dann tiefergehende Auswertungen fahren, aber das wird noch nirgends in irgendeine andere Systeme übertragen. Das sind inselbasierende Lösungen.

92 **I:** Also kann man sich das so vorstellen, das ich bei einer Anlage, Maschine etc. ein HMI-Panel und da erscheint im Störfall eine Fehlermeldung?

93 **P1:** Ja, genau.

- 94 **I:** Okay. Und SMS zum Beispiel auf ein Handy von einem Mitarbeiter, gibt es sowas auch schon bei Ihnen?
- 95 **P1:** Auch das gibt es bei gewissen Anlagen, wo dann basierend auf Fehlermeldungen oder auch schon, wenn es zu einem Fehler kommt, wenn die Anlage erkennt, dass in nächster Zeit ein Druck zu hoch wird, dass dann per SMS Mitarbeiter von uns informiert werden.
- 96 **I:** Super, danke.
- 97 **I:** Jetzt würde ich mit Ihnen noch gerne über die Herausforderungen und Risiken von Predictive Maintenance in der Cloud reden. Es ist völlig okay, wenn Sie einfach nur Einschätzungen geben, weil Sie sich eben noch nicht integriert haben. Aber was für Probleme oder Herausforderungen erwarten Sie bei der Integration von Cloud-basierte Predictive Maintenance-Lösungen? Was ist die größte Herausforderung Ihrer Meinung nach technisch gesehen?
- 98 **P1:** Es ist technisch so zu lösen, weil die IT von uns abgegrenzt ist, mehr oder weniger ein eigener Bereich. Das mit der IT zusammen durchzuführen, beziehungsweise zuerst auszuarbeiten.
- 99 **I:** Also vorweg müsste ein Konzept entwickelt werden. Wie wäre das jetzt, wenn z. B. ein externer Lieferant eine Lösung anbieten würde? Müssten Sie das im Vorfeld interdisziplinär abklären? Wie mit Ihnen und dem IT Bereich?
- 100 **P1:** Ja, natürlich.
- 101 **I:** Wenn es integriert werden würde von einem externen Lieferant. Erwarten Sie in gewisser Hinsicht trotzdem eine Komplexität?
- 102 **P1:** Es ist in gewisser Weise komplex, ja.
- 103 **I:** Danke. Das wäre dann schon der nächste Punkt in meinem Interviewleitfaden. Die organisatorischen Problemen, Abgrenzung und Zusammenarbeit mit der IT, vor allem mit unternehmensweiten Konzeptlösungen. Wie sehen sie die prozessualen Herausforderungen? Gibt es da auch irgendwelche Elemente, dass man diese in den Prozess integrieren müsste oder ist man da relativ flexibel im Unternehmen?
- 104 **P1:** Da ist man wieder relativ flexibel. Was vielleicht noch bei den technischen Herausforderungen oben dazugehört. Wenn ich unseren Anlagenmaschinenpark ein bisschen im Kopf durchgehe, das ist eher, dass man auch an der Anlage solche Systeme mal integrieren muss. Wir haben zum einen moderne Anlagen und zum anderen aber 20, 30 Jahre alten Anlagen, die in Bezug auf irgendwelche Condition Monitoring-Systeme natürlich so gut wie nichts integriert haben.
- 105 **I:** Das wäre dann so Retrofitting, oder?
- 106 **P1:** Ja, im Prinzip so Retrofits beziehungsweise Nachrüstungen von solchen Condition Monitoring-Systemen.
- 107 **I:** Würden Sie das für die Anlagen zukünftig als notwendig sehen oder sagen Sie, für das, was die Anlage macht, ist es okay, wie es jetzt ist?
- 108 **P1:** Ich würde es bei gewissen Anlagen auf alle Fälle für notwendig sehen, oder für notwendig erachten.

- 109 **I:** Das wäre mit in Zusammenarbeit mit der IT und der Organisation eine schwierige Herausforderung, dass man das wirklich Retrofitting durchführt in den Anlagen, oder? Das wäre dann ein riesengroßes Projekt, denke ich?
- 110 **P1:** Ja, wir führen Retrofitting steuerungstechnisch bei unseren älteren Anlagen natürlich auch gezwungener Weise durch die Ersatzteilverfügbarkeit schon immer wieder durch. Wir versuchen dann auch solche Systeme mit einzuplanen, mit zu integrieren, weil es durchaus Sinn macht, wenn ich anschau, so eine Schwerdrehbank, was wir haben, wo ich bis zu 60 Tonnen bearbeiten kann mit einer Spitzenweite von 16 Metern, die mechanisch noch völlig in Ordnung ist, aber natürlich durch das Alter der Softwaresteuerung bin ich gezwungen, die völlig mit neuen Antrieben zu versehen und so weiter, da bin ich dann schon mit inkludiert.
- 111 **I:** So, das Nächste wäre dann, wie bewerten Sie eigentlich die die Datensicherheit und die Datenintegrität in der Cloud? Glauben Sie, die Daten sind dort sicher, oder denken Sie, es wäre besser, wenn man eine eigene Lösung liefert im Unternehmen für die Speicherung der Daten. Zum Beispiel für Predictive Maintenance-Lösungen.
- 112 **P1:** Schwierige Frage. Weil cloudbasierende Systeme, das kann ja durchaus ein eigenes Service System im Unternehmen sein, wenn man ein globales Unternehmen ist, wo man das betreibt. Ansonsten solche Anbieter von diesen cloudbasierenden Systemen, in dem Bereich sucht man sich dann schon aus, dass die doch relativ zuverlässig sind. Natürlich gibt es auch Cloud-Anbieter, und man hört das auch immer wieder, wo die Datensicherheit nicht ganz so gegeben ist. Aber im Industriebereich bin ich eigentlich davon überzeugt, dass die relativ sicher sind.
- 113 **I:** Okay, gut. Sie haben es schon angesprochen. Was glauben Sie, sind notwendige Schulungen und Weiterbildungen für die Mitarbeiter, wenn Sie Predictive Maintenance-Lösungen im Unternehmen im Instandhaltungsbereich integrieren möchten?
- 114 **P1:** Es gibt so definitiv auch über diesen vorher angesprochenen Circle, wo ich dabei bin, gibt es eigene Kurse, Schulungen, Weiterbildungen, Tagungen in der Richtung, die sind normal sicher notwendig. Dadurch, dass wir vom Bereich, den der Kollege leitet, von der Maintenance-Abteilung, dass da durchaus die Mitarbeiter schon relativ weit sind, was diese Dinge betrifft. Und wir aber auch immer wieder viel in die Richtung investieren.
- 115 **I:** Glauben Sie, es ist notwendig, dass jetzt wirklich ein tiefes Wissen, zum Beispiel über künstliche Intelligenz oder Algorithmen notwendig ist?
- 116 **P1:** Nein!
- 117 **I:** Ok! Also rein anwendungsbasiertes Wissen?
- 118 **P1:** Ja.
- 119 **I:** Danke. Sehen Sie eigentlich finanzielle Risiken, wenn ich ein System in die Cloud bringe, oder eine Anwendung wie Predictive Maintenance in der Cloud nutze? (...) Beispielsweise durch die große Datenmengen?
- 120 **P1:** Wenn man das im Vorfeld schon sauber ausarbeitet und abschätzt, das ist dann sehe ich kein großes finanzielles Risiko.
- 121 **I:** Also es müsste im Vorfeld schon definiert werden, was für Kosten auf mich zukommen könnten, was für Datenmenge erwartbar sind?

- 122 **P1:** Natürlich, ja. Da muss man achten, ob ich jegliche Daten irgendwo in eine Cloud bringe, oder was ist bei der jeweiligen Anlage wirklich wichtig in der Hinsicht.
- 123 **I:** Okay, guter Punkt, ja. Wenn man jetzt so eine Cloud betrachtet, und ich hoste so eine Anwendung in der Cloud, also Predictive Maintenance ist eine Anwendung, die mit viel Aufwand verbunden ist denke ich und auch großen Datenmengen vorhanden sind. Inwiefern glauben Sie eigentlich, dass hier ein Lock-in herrscht, also Abhängigkeit von den Cloud-Anbietern? Oder glauben Sie, dass die Wechselmöglichkeiten einfach sind?
- 124 **P1:** Einen einfachen Wechsel kann ich mir nicht so wirklich vorstellen. Also ich glaube, das Risiko ist schon nicht unbedingt gering. Wenn ich mich mal für einen Cloud-Anbieter entschieden habe, dass ich da einfach meine Daten transferieren kann, das sehe ich ein bisschen kritisch.
- 125 **I:** Würden Sie das als Punkt sehen, wo Sie sagen, das wäre so ein Showstopper, dass ich sage, ich bin jetzt komplett abhängig von dem Cloud-Anbieter?
- 126 **P1:** Nicht unbedingt ein Showstopper. Aber man muss das durchaus kritisch betrachten.
- 127 **I:** Gut. Gibt es irgendwelche weitere Herausforderungen oder Risiken, die bei der Integration von Predictive Maintenance-Lösungen auftreten könnten, die Ihnen jetzt einfallen? Infrastruktur haben wir schon angesprochen, die Cloud-Anbieter-Abhängigkeit, die Risiken, Datenmengen, wie die Daten verarbeitet werden eventuell, oder irgendwelche anderen Herausforderungen oder Risiken?
- 128 **P1:** Was passiert wirklich, wenn ein Cloud-Anbieter, so wie es, ich glaube, voriges Jahr in Frankreich war, wenn wirklich einmal so eine komplette Anlage, da war es, glaube ich, ein großer Brand, wo Daten unwiederbringlich verloren gegangen sind. Vor allem bei seriösen, großen Cloud-Anbietern.
- 129 **I:** Den Fall hab ich noch nicht gehört, muss ich nach dem Interview recherchieren. Sind die Daten wirklich verloren gewesen?
- 130 **P1:** Da hat es zum Teil wirklich Datenverlust gegeben. Das ist medial nie irgendwie groß in Erscheinung getreten, weil natürlich jeder versucht, das so unter der Decke wie möglich zu halten. (lacht) Bei Cloud-Anbietern geht es sehr um Vertrauen und um Datensicherheit. Aber es hat dann gewisse Datenverluste, unwiederbringliche gegeben.
- 131 **I:** War das ein größerer Cloud-Anbieter?
- 132 **P1:** Das war ein größerer Cloud-Anbieter, ja.
- 133 **I:** Das schaue ich mir mal an. Danke. Ja, ist sicher ein schwerwiegender Fall der dem Vertrauen schadet gegenüber Cloud-Anbieter. Wenn das passiert, ist das natürlich ein Super-GAU. Vor allem wenn es da kein Backup-Konzept gibt. Noch zu einem anderen Punkt. Sie haben ja schon Überlegungen vor allem im Condition-Based Monitoring getroffen, dass Sie hier investieren möchten und dass Sie bereit wären für eine Integration. Ich denke, dass in den nächsten Jahren Predictive Maintenance ein Thema für Sie sein könnte, oder?
- 134 **P1:** Ja, auf jeden Fall.
- 135 **I:** Wie schätzen Sie eigentlich den Return on Investment ein bei solchen Initiativen? Wie kann so eine Applikation oder Anwendung Ihrer Meinung nach vernünftig berechnet werden vor allem wenn man Predictive Maintenance betrachtet? Weil es doch länger dauert, bis ich meinen Vorteil von der Vorinvestition wirklich sehe, oder?

- 136 **P1:** Ja. Preventive Maintenance, das sind planbare Kosten. Wenn man mal die Erfahrung hat. Bei Predictive Maintenance kann es ja dann durchaus auch sein, dass immer, aber das kann man sich ja auch noch über längere Zeitperiode ansehen, weil da brauche ich dann nicht mehr zeitbasierend hingehen. Da sagt man irgendwann, wenn das System wirklich sauber reglementiert und schlaue genug ist, wenn vorher der Wartungsintervall vom Jahresquartal mäßig war, das ist nicht mehr notwendig, weil das reicht auch aufgrund der Auslastung bzw. aufgrund der Eile, die da drinnen sind, dass die noch gut sind, funktionieren, dass ich nur mehr alle halben Jahr oder alle Jahre an die Anlage muss und dort aber wirklich dann gezielt und geplant Tätigkeiten durchzuführen. Da kann man sich durchaus vorstellen, dass das bei gewissen Anlagen einiges an Return on Investment bringt.
- 137 **I:** Und die Berechnung selbst. Stellen Sie sich die Berechnung schwierig vor?
- 138 **P1:** Schwierig, ja. Im Großen und Ganzen ist es eine strategische Managemententscheidung, will ich diesen Weg gehen oder nicht.
- 139 **I:** Jetzt würde ich noch gern ein Beispiel erwähnen welches ich zuvor gesehen habe. Es gibt Lösungen für Predictive Maintenance und Condition Monitoring-Systeme die mit einem Ticketsystem interagieren. Ein Instandhalter kriegt von einer Maschine oder Anlage ein Ticket, das relevante Informationen zum derzeitigen Status enthält. Das ist jetzt zum Beispiel grün. Und grün heißt, ok, da sind leichte Auffälligkeiten, aber es ist noch alles in Ordnung. Dann gibt es orange und dann gibt es rote Tickets. Und das wären Ticketsystem mit KI-basierte Lösungen die im Hintergrund laufen. Und diese Tickets würden dann die Mitarbeiter erhalten und im Grunde dann wissen, ok, die Anlage ist jetzt orange, es ist noch nicht dringend aber ich muss aufpassen und bei einem roten Ticket muss ich handeln. Sempel formuliert. Was halten Sie von solchen Lösungen?
- 140 **P1:** Kann durchaus funktionieren. Könnte ich mir vorstellen, ja.
- 141 **I:** Dann noch abschließend. Haben Sie irgendwelche allgemeinen Empfehlungen oder Vorschläge für Handlungsempfehlungen, damit Unternehmen jetzt Predictive Maintenance-Lösungen einsetzen könnten oder integrieren könnten? Sie haben schon einige Punkte erwähnt, Infrastruktur aktualisieren, Mitarbeiterschulungen etc. Noch andere Punkte?
- 142 **P1:** Auf alle Fälle muss man, wenn man diesen Weg geht und das Projekt muss dann wirklich sauber aufgesetzt werden, weil Predictive Maintenance führt man nicht so nebenbei ein, dass man irgendjemandem so gibt, sondern das muss sauber durchdacht und mit einem sauberen Projektteam eingesetzt werden und nicht nur mit Maintenance Mitarbeitern, sondern müssen auch Fertigungstechnik, Fertigungsmitarbeiter selbst mit dabei sein.
- 143 **I:** Glauben Sie auf jeden Fall, dass Predictive Maintenance in der Zukunft wichtig sein wird?
- 144 **P1:** Ja, auf jeden Fall.
- 145 **I:** Gibt es irgendwelche Trends oder Entwicklungen, die in den nächsten Jahren, jetzt unabhängig von Predictive Maintenance, prägend sein könnten? Zum Beispiel KI, wenn man ChatGPT als Sprachmodell betrachtet dass für die normale Bevölkerung einfach nutzbar ist. Aber sehe Sie noch andere Technologien, die in den nächsten Jahren relevant sein werden?
- 146 **P1:** Also wir sind auf alle Fälle dabei, einen intensiven Automatisierungsprozess durchzuführen bei uns. Schauen, was ist mit Robotertechnik möglich, sei es Cobots oder wirklich Industrieroboter, teilweise auch schon KI-basierend. Wenn man sich vorstellen, bei uns im Fertigungsbereich, wir

sprechen nach wie vor von 70% manueller Tätigkeiten an den Anlagen. Und dass ich das jetzt mit KI, mit diesen relativ einfach mittlerweile zu programmieren, kann man gar nicht mehr sagen, Cobots und so weiter lösen lässt, das wird in den nächsten Jahren ein sehr großes Thema bei uns am Standort sein. Da geht es wirklich darum, dann diverse Arbeitsprozesse, die derzeit manuell von Mitarbeitern durchgeführt werden, schaut, dass man die mit Robotern, intelligenten Robotern zum Teil ersetzen kann. Beziehungsweise es muss nicht unbedingt der Ersatz von Mitarbeitern sein, aber es gibt Tätigkeiten, die auch von Mitarbeitern nicht unbedingt die angenehmsten sind, wenn der ganzen Schutzanzug mit Schutzmasken irgendwelchen Schleiftätigkeiten durchführen kann. Und das kann ein Roboter ebenso gut machen, dann ist der Mitarbeiter nur mehr gefordert, die entsprechende Programmierung beziehungsweise Überwachung durchzuführen, aber die Tätigkeit selbst macht der Roboter.

147 **I:** Also dass der Automatisierungsgrad im Unternehmen erhöht wird?

148 **P1:** Ja.

149 **I:** Gut. Das war so die allgemeinen Fragen im Interviewprozess. Nun würde ich Sie um Ihre Einschätzung zum Interviewprozess bitten. Seien Sie bitte ehrlich. Nicht zu ehrlich vielleicht. (lacht) Gibt es irgendeine Frage, die ich vergessen habe zu stellen, wo sie sagen, diese wäre wichtig gewesen? Oder die oft übersehen wird, wenn man Predictive Maintenance betrachtet?

150 **P1:** Nein, nicht unbedingt, nein.

151 **I:** Sonst irgendwelche Anmeldungen oder Feedback zum Interviewprozess?

152 **P1:** Hat schon gepasst, war wunderbar.

153 **I:** Ich sage Dankeschön.

ANHANG F - Transkript Interview 2 - P2, P3

- 1 **I:** Nun würde ich mit dem Interview starten!
- 2 **I:** Danke für die Zeit für das Interview. Das Anonymisieren, hatte ich erklärt, wie das funktioniert und jetzt fangen wir mal kurz mit dem Hintergrund an. Also in welcher Branche ist dein Unternehmen tätig?
- 3 **P2:** Im Stahl, im Prinzip, wir tun Drahtziehen, wir stellen für die Autoindustrie und gewisse andere Firmen, dann das Rohmaterial her, wir kriegen von unserem Partner, das Rohmaterial angeliefert und das wird dann weiterverarbeitet.
- 4 **I:** Wie viele Mitarbeiter hat das Unternehmen, in dem du tätig bist?
- 5 **P2:** Ca. 300 Mitarbeiter, davon sind ca. 90 Angestellte.
- 6 **I:** Beruflicher Hintergrund und die spezifische Rolle in dem Unternehmen?
- 7 **P2:** Also ich habe XY gelernt, bin seit 2020 Meister im Werkzeugmanagement, bin verantwortlich für das Werkzeug, für die Anlage und vertrete zudem auch die mechanische Instandhaltung.
- 8 **I:** Wie lange bist Du tätig im Unternehmen?
- 9 **P2:** Seit 2010, habe in der Instandhaltung angefangen, hab dann XY meine Meisterausbildung gemacht und seit XY führe ich das Werkzeugmanagement.
- 10 **I:** Was ist Deine Rolle im Unternehmen?
- 11 **P3:** Ich bin seit 12 Jahren im Unternehmen tätig, bin verantwortlich für 7 Mitarbeiter im Bereich Engineering und Infrastrukturmanagement. Wir sind vornehmlich verantwortlich für den Werksausbau, strategischen Werksausbau, Anlagengestaltung und auch Daten und Instandhaltungsmanagement natürlich. Bin stellvertretender Instandhaltungsleiter und Energiebeauftragter. So weit.
- 12 **I:** Wie lange bist Du schon im Unternehmen tätig?
- 13 **P3:** Seit 2011.
- 14 **I:** Danke, das war kurz die Einleitung. Jetzt gehen wir in Richtung eure Produktion und die Wartungsstrategie. Es ist zu Beginn eine allgemeine Frage welche ich stelle. Inwiefern seht ihr die Instandhaltung als strategischen Erfolgsfaktor für den nachhaltigen Unternehmenserfolg im Unternehmen?
- 15 **P3:** Ich sehe die Instandhaltung als sehr wesentlichen Partner für das strategische Themen, weil in der Instandhaltung sehr viele Informationen zusammenlaufen. Einerseits was die Anlagenbuchhaltung betrifft, die Anlagenführung, den Anlagenbetrieb, das Dokumentenmanagement, das Wissensmanagement. Wir nutzen ja das SAP sehr intensiv. Man merkt eigentlich, dass das Wissen oder das Know-how auch sehr stark in der Instandhaltung aufkonzentriert ist. Dementsprechend glaube ich, dass das die Instandhaltung für das Unternehmen schon einen strategischen Standpunkt hat.
- 16 **P2:** Einen wertvollen.

- 17 **I:** Welche Produktionsanlagen und wie viele haben Sie im Unternehmen? Gibt es verschiedene Arten?
- 18 **P3:** Ich schätze, wir haben jetzt ca. 30 Anlagen.
- 19 **P2:** 45 Anlagen sind es.
- 20 **P3:** Echt? Danke. Wir haben unterschiedlichste Anwendungen damit. Wir ziehen Draht, im Kaltverfahren bis 200 Grad, ca. Prozesstemperatur. Wir walzen, das ist ein sehr wichtiges Kompetenzthema, auch im kalten Verfahren. Wir haben Temperaturanwendungen, sprich Ofenanwendungen für diverse Gefüge-Veränderungen, sprich Weichglühen, Patentieren und auch eine Beizerei. (**P2:** verlässt kurz den Raum)
- 21 **P2:** Wir haben im Prinzip auch noch Oberflächenbeschichtungen, eine Mantelungslinie, wo unser Produkt im Prinzip auch beschichtet wird. Die Produkte, die gefertigt werden, sind hauptsächlich für die Autoindustrie. Im Prinzip Drahtziehen, da werden Coils hergestellt.
- 22 **P3:** Halbfertigfabrikate, ja. In der Bauindustrie sind wir auch tätig und in der Energieindustrie sind wir relativ stark diversifiziert. Das ist ein großer Vorteil aus wirtschaftlicher Sicht.
- 23 **I:** Und die Effizienz für die ganzen Anlagen, gibt es irgendwelche KPIs?
- 24 **P3:** Ja, wir haben ein relativ umfangreiches Kennzahlbild, wo man schaut, die Fertigungsleistung pro Stunde, die Instandhaltungsrate, ID-Störungen, Reparaturen, das sind alles auf den Chargen oder Stückzahl bezogene Kennzahlen, die wir führen. Auch im Energie- und Umweltbereich haben wir relativ viel Kennzahlen.
- 25 **P2:** Stillstandszeiten.
- 26 **P3:** Genau, Warten auf Stillstände.
- 27 **P2:** Warten auf das Werkzeug.
- 28 **I:** Jetzt kurz zu den Wartungsstrategien. Wie schaut das bei euch aus? Es gibt ja aus der Literatur so Normen bzw. Formen der Wartungsstrategien? Wie würdet ihr das einschätzen?
- 29 **P2:** Wir haben im Prinzip genau das Schema. Im Prinzip Instandhaltung, geplant und ungeplant, Reparaturen mit präventiv und korrektiv. Zustandsorientiert, sofort und solche Sachen, die im Prinzip sind. Und bei dem Intervall, z. B. alle zwei Monate werden die Anlagen überprüft vom Mitarbeiter, je nachdem, was für Intervalle vorgegeben sind. Und gewisse Reparaturen gleich erledigt oder vielleicht noch ein bisschen aufgeschoben.
- 30 **P3:** Das Ziel ist eine Mischung aus präventiv und korrektiv, wobei wir eine Zielvorgabe von 60% präventiv anstreben, 40% korrektiv, das ist auch eine Kennzahl. Beim präventiven Thema arbeiten wir sehr stark mit IT-Systemen zusammen und auch mit Datensammelsystemen.
- 31 **I:** Okay, dann habt ihr so eine Mischform?
- 32 **P3:** Genau, wir haben eine Mischform.
- 33 **I:** Danke. Und dann gibt es noch den Begriff Smart Maintenance. Intelligente Instandhaltung ist der Überbegriff. Und da gibt es sechs zentrale Handlungsfelder um das Zielvision Smart Maintenance erreichen zu können. Ich würde euch jetzt kurz bitten, dass ihr das einschätzt, wo ihr da jetzt liegt,

oder wie ihr das einschätzen würdet in eurem Unternehmen. Wenn wir jetzt sagen, Produktion Instandhaltung, planen die wirklich getrennt? Oder wird das gemeinsam gehandhabt?

34 **P2:** Gemeinsame Planung.

35 **P3:** Das ist schon ein übergreifender Bereich.

36 **I:** Ich meine, da haben wir eigentlich schon geredet, euer Ziel ist so 60-40, also gehen ihr geht schon Richtung verfügbarkeitsorientierte Instandhaltung?

37 **P3:** Das ist natürlich abhängig auch von den Anlagen, die wir haben, wie wir da jetzt reagieren, ob wir jetzt wirklich da korrekt ist, oder auch zum Beispiel die Möglichkeit haben, dass wir ein Ausweichaggregat haben, wenn wir auch parallele Maschinen, die wir vielleicht nutzen können, wenn eine ausfällt, dann realisiert man diese Instandhaltungstätigkeit halt anders, weil man weiß, man kann auf die Anlage B ausweichen. Das spielt auch eine Rolle.

38 **P2:** Sonst haben wir die meisten, sehr viele Ersatzteile im Prinzip auf Lager, das heißt, wenn wir was sehen dann können wir es gleich tauschen.

39 **I:** Also ist das Ersatzteilweisen auch strukturiert bei euch, oder?

40 **P3:** Ja. Wir haben auch gemerkt, dass wir da unbedingt nachbessern müssen, weil die Lieferketten Probleme gemacht haben. Das war aus meiner Sicht auch ein großes Problem vor allem zu Zeiten von Corona. Wir haben uns strategisch dazu entschieden, dass wir unsere Ersatzteilhaltung noch weiter ausbauen und mehr auf Lager legen als vorher.

41 **P2:** Wir haben eine Ersatzteilwirtschaft im Prinzip, wo es alles automatisch nachbestellt wird, wenn es ausgerüstet wird. Wie mein Kollege auch schon gesagt hat. Durch die Corona-Zeit hat sich das viel mehr intensiviert.

42 **P3:** Das haben wir ganz klar, deutlich gemerkt, auch im Hinblick auf die Partner, die externen, wir haben viel mehr externe Partner jetzt akquiriert, weil wir einfach gemerkt haben, wir müssen da flexibler werden und dadurch auch mehr Partner an der Hand haben, eben durch die Corona-Geschichte. Das hat so viel ausgelöst, das war ein Wahnsinn.

43 **P2:** Auch haben wir sogar Sachen selbst fertigen lassen im eigenen Unternehmen.

44 **P3:** Genau, um die Flexibilität zu wahren.

45 **P2:** Genau, dass wir selbst flexibler sind.

46 **P3:** Sonst bist du gelähmt, wenn du nur abhängig bist von externen Lieferanten.

47 **I:** Der nächste Punkt ist die geringe Flexibilität in der Produktion. Seid ihr da eher flexibel beim Agieren und Reagieren bei Änderungen, falls z. B. irgendein Teil ausfällt? Könnt ihr dann trotzdem weiterproduzieren?

48 **P2:** Da agieren wir sehr schnell. Die Instandhaltungsmitarbeiter sind da wirklich sehr flexibel und haben auch super Ideen für die Problembehebung. Da sind wir eigentlich ziemlich vorne dabei.

49 **P3:** Und auch das betriebliche Vorschlagswesen, das wir haben, mit der Möglichkeit, dass man einen Verbesserungsvorschlag erreicht, wo man eine Prämie praktisch kriegt, das trägt sicher auch dazu bei, dass da die Innovation nicht zu kurz kommt. Das ist tief verankert bei uns.

- 50 **I:** Super. Ein wichtiger Punkt ist natürlich das Wissensmanagement. Wie betreibt ihr das in eurem Standort? Ist es stark personengebunden oder gibt es zentrale Strukturen oder Systeme?
- 51 **P3:** Es ist stark personengebunden. Wir arbeiten daran, dass wir z. B. irgendwelche Prüfungsberichte in die SAP ablegen. SAP ist eigentlich unsere Instandhaltungsdatenbank, wo wir auch Wissensdokumente ablegen. Da passiert das noch nicht durchgängig, weil das einfach auch sehr viel Zeit in Anspruch nimmt, die ganze Dokumentenpflege, die uns teilweise einfach fehlt. Das sollte natürlich korrekt niedergeschrieben werden, was aber sehr viel Zeit in Anspruch nimmt.
- 52 **I:** Ein wichtiger Punkt noch zum Schluss. Wird die Instandhaltung in eurem Unternehmen als Kostenverursacher betrachtet?
- 53 **P3:** Das war lange Zeit so, aber ich habe das Gefühl, dass sich das verändert hat, weil die Instandhaltung z. B. dazu beiträgt, dass man Kosteneinsparungen erreicht durch diverse Projekte, dadurch den Unternehmensgewinn steigert. Oder proaktiv z. B. bei Umbauten mitarbeitet. Ich habe das Gefühl, dass sich das ein bisschen ins Positive verändert hat. Auf jeden Fall.
- 54 **P2:** Die Instandhaltung verursacht ja nicht nur Kosten. Wenn die Anlage einen Ausfall hat sind die Kosten meist höher. Im Endeffekt glaube ich, dass sich das schon rechnet mit der Instandhaltung.
- 55 **I:** Wie würdet ihr Predictive Maintenance beschreiben aufgrund von euren Erfahrungen und Kenntnissen?
- 56 **P3:** Ja, das Thema ist noch nicht sehr weit fortgeschritten bei uns, aber es gibt Themen, wo wir das durchaus so lösen. Da denke ich z. B. an die Beizerei, wo es um die Laufbahnverschleißsituation geht, wo wir Messungen machen und einen Forecast berechnen, wie sich der Verschleiß vermutlich entwickeln wird. Oder auch bei sehr kritischen Anlagen wie unseren Wasserkraftwerken. Wir betreiben ja auch selbst zwei Wasserkraftwerke. Sprich, im Infrastrukturbereich erzeugen wir bis zu 40% des Strombedarfs selbst. Das ist ein wirtschaftlich sehr wichtiger Faktor für den Standort. Und da haben wir z. B. schon die Strategie, dass wir mit unserem IBA-System, das ist die Mutter der Systeme, wo wirklich alle Daten der Maschinen und Anlagen zusammenlaufen, z. B. wenn man sich den Schwingungswert vom Lager anschaut, dann eine Hüllkurve drauflegt und schaut, wie wird sich dieser Messwert entwickeln. Das ist ein typisches Predictive Maintenance Thema z. B. oder irgendwelche Druckverluste, irgendwelche Filter. Das sind typische Themen, die wir mit unserem IBA-System darstellen und dann auch ableiten. Aber sehr, sehr viele Anwendungen haben wir da noch nicht, was das angeht.
- 57 **P2:** Wir sind dabei. Was natürlich auch wirklich gut läuft, was schon integriert ist. Man kann als Instandhalter direkt auf die Anlage schauen. Man kann vorher schon mal schauen, wo es Grenzen oder Grenzwerte überschritten werden. Fakto, wir haben wahrscheinlich dieses Problem und dann muss man auf die Anlage.
- 58 **P3:** Was wir als sehr wesentlich erachten, nachdem wir auch für Werksausbau zuständig sind ist, wenn wir z. B. eine neue Maschine beschaffen, dass wir wirklich penibelst darauf achten, dass wir jedes Bit und Byte dieser Maschine auch abgreifen können. Früher war es z. B. so, was interessiert mich dieser Endschalter da drüben. Jetzt ist es so dass wir das vorgeben in unserem Kriterienkatalog, wenn wir Maschinen kaufen z. B., dass dieser Datenpunkt unbedingt auch abgreifbar sein muss. Dass wir bei einer Maschinenabnahme auch das Kriterium haben, dass wir den Konnektivitätstest machen und auch Daten schon auflegen, d.h. aufzeichnen. Warum? Das hat einen wichtigen Einfluss auf die Abnahme der Maschine, weil ich genau dann, wenn die Maschine

startet, wenn der entsprechende Lebenszyklus betrieben beginnt, die Möglichkeit habe, sofort Daten aufzuzeichnen und zu lernen. Wir haben es schon ein paar Mal gehabt, dass wir für einen Gewährleistungsprozess z. B. oder eine Mängelrüge von Lieferanten gegenüber ein super Nachweistool gehabt haben. Da sieht man sehr klar, dass der Lager von Anfang an zu warm geworden ist. Darum haben wir extrem nachgeschärft, dass wir bei der Beschaffung der Maschinen wirklich intensiv auf das schauen, dass wir auch für kleine Anlagen und deren Teile wie z. B. Absaugung ein Netzkabel hinziehen und dass es klar ist, dass wir auf der Simatic 1200 im letzten Winkel Zugriff haben wollen. Das ist ganz wichtig, dass man das große ganze Bild in Form von Daten auch haben und so etwas entwickeln können wie für eine Predictive Maintenance-Maßnahme.

59 **P2:** Ich kann da z. B. ein Beispiel nennen, das muss jetzt vor kurzem war. Wir sind darauf gekommen, dass wir vor 2 Jahren ca. ungefähr 60 Liter Substanz beigefügt haben. Und jetzt vor 3 Tagen sind wir darauf gekommen, dass wir nur noch 45 Liter in den letzten 2 Jahren hinzufügen, statt knapp 60. Da muss irgendwas sein, entweder fördert die Pumpe zu wenig oder es muss irgendwas verlegt sein. Genauso war es. Im Endeffekt war in der Rohrleitung ein Stück Kunststoff drin und hat es verlegt. Durch die Datenerfassung sind wir eigentlich darauf gekommen, dass etwas nicht in Ordnung ist. Sonst wären wir gar nicht draufgekommen.

60 **I:** Wo seht ihr denn den Unterschied zwischen einer zustandsorientierten Instandhaltung und Predictive Maintenance?

61 **P3:** Bei der Predictive Maintenance-Geschichte müsstest du ein Algorithmus dahinter haben oder eine Berechnungsmethodik, die immer wieder dazulernt. Da kommt dann die KI ins Spiel. Nachdem die KI noch in den Kinderschuhen steckt, sage ich jetzt einmal, tun wir uns da schwer. Es gibt natürlich externe Partner, die vorstellig werden ab und zu und sagen, schaut euch das an, das berechnet euch das. Dahingehend sind wir aber noch sehr konservativ unterwegs, weil du natürlich diesen Algorithmus mit sehr vielen Informationen füttern musst. Wenn du das nicht tust, dann bringt es nichts. Dann geht es aber meistens auch in Richtung Cloud-Lösungen, wenn die KI ins Spiel kommt. Da sind wir sehr, sehr vorsichtig, wenn man sieht, was die letzten Monate passiert ist mit diesen Hacker-Aktionen bei großen Konzernen und Unternehmen. Darum haben wir oft auch das Thema, dass die IT-Security-Geschichte oft dieses Thema bremst, ganz klar. Wir wissen zum Beispiel, wenn der Lieferant von einem Sonderventil sagt, dass er hat eine gute Cloud-Lösung die euch dies und jenes berechnet und voraussagt. Dann wird es sehr wahrscheinlich zu Problemen kommen, wenn wir zur IT gehen und sagen, wir wollen das testen. Das ist ganz klar ein Hemmschuh, sage ich jetzt einmal, diese Cyber-Security-Thematik mit diesen Cloud-Geschichten und mit diesen KI-Themen.

62 **I:** Würdet Ihr dann auch Bedenken hinsichtlich Daten-Integrität und Datensicherheit in der Cloud haben?

63 **P3:** Ja.

64 **P2:** Ja.

65 **I:** Das wäre derzeit nicht vereinbar in eurem Unternehmen, oder?

66 **P3:** Nein, das können wir ganz klar sagen, glaube ich.

- 67 **I:** Also kommt für das Unternehmen dann eigentlich nur eine On-Premises Lösung infrage? Dass die Server selber verwaltet werden?
- 68 **P3:** Ja, wir verarbeiten und speichern unsere Daten lokal am Standort, das heißt im Unternehmens-Netzwerk österreichweit, in Linz. Und ja, die ganzen Anlagen-Daten, sagen wir jetzt einmal, wir haben ja sehr viele Daten die am Tag entstehen ca. 20 Gigabyte Daten aufgrund unseres Sensorik die wir da aufzeichnen. Teilweise haben wir bis zu 10 Millisekunden Abtastrate. Da reden wir z. B. von sämtlichen Energiewerten, Spannungswerten, Stromwerten, von Kraftwerk, da haben wir sehr, sehr hohe Aufzeichnungsraten, sage ich jetzt einmal, und diese Daten werden lokal gespeichert.
- 69 **I:** Und das ist das IBAP-System?
- 70 **P3:** Ida, Berta, Anton. IBA. Das hat sich wirklich etabliert bei uns, das System, muss man sagen. Warum ist das so erfolgreich bei uns? Weil man es wirklich schafft, verschiedenste Anlagen, sei es jetzt der SQL-Datenbank, sei es eine SIMATIC-S7-1500, sei es irgendeine SAP-Geschichte, dieses Tool schafft es, praktisch alle Datenpunkte anzuzapfen und dann, und das ist das wesentliche, zeitsynchron auf einer Zeitbasis darzustellen. Du schaffst es damit, z. B. irgendeinen lächerlichen Sensor, der die Außenluftfeuchtigkeit misst, in eine Relation zu stellen mit irgendeinem anderen Wert, z. B. wie hell ist es in der Halle. Hat vielleicht keinen Sinn, was ich gesagt habe, aber wenn du dich mit diesen Daten beschäftigst, das habe ich sehr intensiv gemacht die letzten Jahre, dann findest du immer wieder einen Zusammenhang, wo du ansetzen kannst. Insbesondere bei der Infrastruktur, keine Ahnung, das Wasserventil im letzten Eck einer Maschine macht auf und was passiert dann mit dem zweiten Ventil? Du hast eine Laufzeitberechnung, du weißt, du hast 300 Meter, 10 Meter pro Sekunde, und durch diese Themen kannst du sehr viel erkennen. Also das IBA-System ist bei uns etabliert.
- 71 **I:** Und du sagst, das Datenmanagement-System, das IBA, ist auch bereit für Predictive Maintenance-Lösungen theoretisch?
- 72 **P3:** Ja, das wird konsequent weiterentwickelt, und da sind wir in engem Kontakt mit dem Portfolio-Manager, der informiert uns eigentlich laufend über die Weiterentwicklungen, und da ist schon was im Busch in die Richtung. Nur, wie gesagt, sind wir da sehr restriktiv unterwegs, weil man das einfach intensiv pflegen muss, es wird dir erst was bringen, wenn man viel investiert hat, und die ganzen Lernerfolge, die Lernfaktoren, die du brauchst, reinbringst.
- 73 **I:** Und wenn der derjenige der das IBA-System managt sagt, dass er eine Cloud-Lösung hat? Wäre für euch solch eine Lösung denkbar?
- 74 **P3:** Nein, noch nicht. Ich weiß nicht, was in der IT parallel läuft. Das will ich vielleicht auch gar nicht wissen. Ob solche Systeme vielleicht in naher Zukunft akzeptiert werden, das weiß ich nicht. Ich weiß nur, dass das ein Problem darstellt, und ich weiß auch, dass es für den Standort ganz besonders schwierig ist, weil wir sehr dezentral organisiert sind. Wenn wir z. B. bei unserem Hochofen wo wir eine große Anlage haben einen Digital Twin hinstellt der dann lokal läuft, das ist bei uns sehr, sehr schwierig, weil wir 45 Anlagen haben, und je mehr Anlagen du hast, desto mehr Aufwand hast du, und der Aufwand potenziert sich nachher auch. Das ist sicher ein Hemmschuh bei uns, da müssten wir wirklich einzelne Anlagen rauspicken, und sagen, das sind die Anlagen wo wir ein Modell entwickeln bzw. weiterentwickeln möchten.

- 75 **P2:** Ich glaube auch nicht, dass es überall notwendig ist. Bei kleineren Anlagen würde sich das gar nicht rentieren. Den Vorteil sehe ich eher bei größeren Anlagen, wie bei Wärmebehandlungsbetriebe.
- 76 **P3:** Ein Projekt haben wird das in Richtung Qualitätsmanagement geht, das ist ein KI-Projekt, da darf ich zwar nicht so viel sagen drüber, aber da wird aktuell daran gearbeitet, dass wir unser Qualitätsmanagement in Richtung KI ertüchtigen, aber auch mit lokalen Geschichten. Keine Cloud, alles lokal. Mit High-Speed-Kameras usw. und dann einer KI-basierten Entscheidung. Z. B. Ist das jetzt eine Drahtverletzung, die wesentlich ist, die vom Kunden nicht akzeptiert ist, oder ist es eine oberflächliche Geschichte, was ein Schmutz ist. Da tüfteln wir schon dran, dass wir da eine Erkennung machen, weil man sieht, dass da relativ viel Potenzial drin liegt. Aber alles lokal, das ist die Prämisse.
- 77 **I:** Und wie steht ihr zu einer Private-Cloud Lösung? Wäre das für euer Unternehmen eine Möglichkeit dass ihr die Applikationen in eurem Rechenzentrum nutzt?
- 78 **P3:** Es ist schon so das man nicht so viel zentral macht, und sich eher dezentral entwickelt, das sind wir schon dabei, nur im Detail kann ich das nicht beantworten.
- 79 **I:** Wie werden die Daten generell erfasst bei den Systemen, was für Kommunikationsprotokolle werden verwendet, gibt es IT-Lösungen, gibt es Edge-Lösungen?
- 80 **P3:** Es ist so, dass wir ein PPS ein Produktionsplanungssystem haben, wir haben ein SAP, wir haben das IBA, und überall liegt zugrunde, dass ich die Daten aus der Maschine abgreife, und das machen wir mittels Profinet zumeist, direkt aus der S7-Steuerung, meistens haben wir S7, wir sind sehr stark Siemens lastig unterwegs. Dort uns dann mit Datenbausteinern die relevanten Daten abholen, sprich produktionsrelevante Daten, Meter, Anzahl, Kilogramm, welche Taktzeit habe ich, wie viel wird produziert, das sind die Basics, dann haben wir das BDE-System, das die Mitarbeiter anmelden, das Material wird produziert, die Stahlsorte usw. Das sind die Basic-Informationen, die für die Produktion umgänglich sind, und die Zusatzinformationen holen wir ins IBA-System, und alles greift auf diese Thematik zu, das IBA-System hat die Aufgabe, zusätzliche Informationen aufzugreifen, z. B. Interessiert mich wie warm der Motor dahinten wird, ich möchte die Motortemperatur konstant aufgezeichnet haben, ich möchte wissen, wie viel Druck in der Druckluftleitung vorherrscht, vielleicht haben wir eine Störung aufgrund eines Druckschlages, und diese Daten im Bauch der Maschine, die holen wir mit einer Profinet-Verbindung von den Steuerungen, von fast allen Steuerungen, und die werden dann in einem History-Data-Server von diesem IBA-System gespeichert, man kann dann auch ein eigenes orientiertes Gehör suchen, in diesem IBA-System, sprich, zeigen wir den Zeitraum, wann dieses Signal diesen Wert überschritten hat, das ist möglich, man kann aber einfach nur sagen, zeig mir die letzten Tage, das letzte Jahr, die letzten 10 Jahre, wir speichern alles ab weil wir oft die Situation haben, bei besonderen Anlagen, wie war das denn vor 5 Jahren. Haben wir auch schon gehabt, bei einem Kraftwerk z. B., das ist eine Maschine, da entwickelt sich vielleicht über lange Zeit ein Schaden, oder ein Verschleiß, das siehst du nicht, wenn du nur einen Tag anschaust oder eine Woche, das läuft alles über das IBA-System.
- 81 **P2:** Das siehst du nicht wenn du gewisse Anlagen visuell und präventiv in der Instandhaltung überprüfst. Gewisse Sachen siehst du nur im Nachhinein über das IBA-System. Also präventiv schaut man ob irgendwelche Schäden sich bei der Maschine anbahnen könnten. Hier hat das IBA-System den Vorteil, dass es bei weitem früher erkennbar. Du kannst da eigentlich schon größere Schäden ausschließen, oder vorab reduzieren.

- 82 **I:** Danke. Jetzt gehen wir noch kurz zurück. Auch wenn es derzeit vielleicht kein Thema ist, aber seht ihr eigentlich Vorteile in der Nutzung von Cloud-Technologien im Zusammenhang mit Predictive Maintenance?
- 83 **P3:** Naja, grundsätzlich, was die Betriebsführung der IT-Systeme betrifft, wenn du alles auslagerst, würde man meinen, dass du dich fast um nichts kümmern musst, weil du den Server nicht lokal betreibst, das würde ich jetzt mal als einen kleinen Vorteil sehen.
- 84 **I:** Skalierbarkeit vielleicht?
- 85 **P3:** Ja, vielleicht auch, sicher. Ich tue mir bei dem Thema ein bisschen schwer mit Cloud. Das ist eine Wolke, die da oben schwebt.(lacht)
- 86 **I:** So ist es auch. Keine private Wolke für euch zumindest. (lacht)
- 87 **P2:** Bei solche Sachen bin ich auch immer generell vorsichtig, muss ich sagen. Ich selbst z. B. lege auch keine privaten Fotos auf die Cloud. Mache ich nicht. Eben, genau solche Hacker-Sachen z. B.
- 88 **P3:** Ich meine wir nutzen es schon in der Firma, das OneDrive, das ist schon eine Cloud-Lösung, die genutzt wird, muss man schon ehrlicherweise sagen. Das nutzen wir, ist auch zugelassen.
- 89 **I:** Für Produktionsdaten aber nicht?
- 90 **P3:** Genau. Für diese Daten eben nicht. Das ist aber trotzdem eine Cloud-Lösung, die wir nutzen. Aber nichts, was Maschinen betrifft.
- 91 **I:** Keine Maschinendaten?
- 92 **P3:** Nein, keine sensible Sachen.
- 93 **I:** Das ist eine wichtige Frage in meiner Arbeit hinsichtlich Datenintegrität und Datensicherheit. Und zwar der Begriff Industrie 4.0. Mit den Konzepten seid ihr vertraut?
- 94 **P3:** Industrie 4.0 ist ein Riesenschlagwort. Wichtig ist es einfach, dass du konsequent an dem Thema dran bist. Dass du bei Neuanschaffungen nichts übersiehst. Weil das kommt dir dann teuer zu stehen. Abrüsten ist meistens sehr kostenintensiv und problematisch. Und dass du auf jeden Fall die Voraussetzungen schaffst, dass du aufbauen kannst und nichts verbaust. Das heißt, dass du vielleicht Systeme wählst und die Umgebung wählst, wo du möglichst flexibel bist.
- 95 **P2:** Was du jetzt vielleicht nicht benötigst, aber vielleicht in 5 Jahren relevant sind.
- 96 **P3:** Sehr vorausschauend ist in der Hinsicht sehr wichtig, was das Thema betrifft.
- 97 **I:** Ihr würdet eure Infrastruktur schon relativ modern bewerten, oder?
- 98 **P2:** Ja.
- 99 **P3:** Wir bauen auch laufend aus, in Richtung Redundanz, was das Netzwerk betrifft. Wir bauen auch sehr intensiv aus in Richtung Sicherheit, Firewall natürlich.
- 100 **I:** Und die meisten Daten werden wirklich über Profinet geschickt?
- 101 **P3:** Sehr viel, ja. OPC-UA ist ein Thema, Motobus-RTU ist teilweise ein Thema, wir haben verschiedenste Bussysteme. Primär ist der Profinet-Bus, vorherrschend bei uns.

- 102 **I:** Was ist eigentlich eurer Meinung nach die größte Herausforderung bei der Modernisierung eurer IT-Infrastruktur?
- 103 **P3:** Bei der Weiterentwicklung, meinst du?
- 104 **I:** Ja.
- 105 **P2:** Ja, generell das Ganze zu integrieren, oder?
- 106 **P3:** Es ist sicher ein Spannungsfeld hinsichtlich Kosten. Weil sehr viele Unternehmen und Führungskräfte das nicht am Schirm haben, dass die IT-Infrastruktur immer kostenintensiver wird. Weil die IT ist eh da. Sowie der Strom aus der Steckdose. Das ist sicher ein Spannungsfeld in einer Firma, weil ich glaube, dass der Aufwand, den wir betreiben werden müssen für die IT-Betriebsführung, stark steigen wird. Eben aufgrund der Cyber-Security-Geschichte. Da sehe ich ein großes Thema. Diverse Standards und Ersatzteilstandardisierungen von den Switches z. B. Da gibt es auch immer wieder Themen, dass man auf einmal von einem Schlag von einem Switch tauschen muss usw. Eben wo einer das eine Protokoll nicht unterstützt. Was ich wahnsinnig finde, aus der Sicht der Nachhaltigkeit.
- 107 **I:** Kurz zum IBA-System. Eigentlich sagt ihr, dass euer System bereit ist für solche Predictive Maintenance-Lösungen?
- 108 **P3:** Ja, ich würde sagen, dass wir da sehr gut aufgestellt sind. Es gibt ein Condition Monitoring-Tool dazu, das werden wir demnächst anschaffen. Es gibt verschiedene Plugins in der Richtung. Ich glaube, dass wir da keinen schlechten Weg gewählt haben. Es gibt sicher andere gute Sachen auch, von denen wir vielleicht nichts wissen.
- 109 **P2:** Aber ich glaube, dass wir da schon einen großen Schritt gemacht haben dorthin.
- 110 **I:** Und wie bewertet ihr dann die Rolle des Internet der Dinge, also des IoT In der Hinsicht? Oder sagt ihr, es ist nicht so Wesentlich?
- 111 **P3:** Es ist schon einiges drin, man sieht es ja.
- 112 **I:** Vor allem für die Datenerfassung, dass alles connected ist, Connectivity usw.
- 113 **P3:** Das ist auch eine schwierige Geschichte, weil wir in der Industrie sehr konservativ unterwegs sind. Dass die Daten sicher intern ankommen, da sind wir noch sehr stark auf kabelgebundenen Lösungen unterwegs. Weil die Funk- und WLAN-Geschichten die funktionieren zwar, aber die ganzen Funk-Systeme sind aus unserer Sicht gefährlich. Da könnte sich beispielweise jemand rein hacken. Und durch die kabelgebundene Geschichte ist das IoT-Thema auch ein bisschen gebremst. Ja, gar so viel IoT-Erfahrung haben wir da nicht.
- 114 **I:** Danke, guter Punkt. Einfach, dass die Bedenken hinsichtlich der Cyber-Security einfach da sind.
- 115 **P3:** Ja, das ist auch angebracht, was da passiert ist in den letzten Monaten in den großen Unternehmen.
- 116 **I:** Was erwartet ihr für Herausforderungen erwartet ihr wenn ihr Predictive Maintenance Systeme integriert? (..) Was glaubt ihr sind die größten technischen Herausforderungen?
- 117 **P3:** Bei was jetzt?
- 118 **I:** Bei der Integration.

- 119 **P2:** Ja, das Ganze einzubinden, oder?
- 120 **P3:** Ja, du musst ja das mit Basiswissen füttern. Die Frage ist, wie machst du das? Wie sagst du, dieser KI, was relevant ist? Weil die Standardlösung für alle Maschinen auf der Welt und alle Firmen wird es nicht geben. Du brauchst da auf jeden Fall auch Personal und Wissensträger, die da mal Basisinformationen eingeben, ganz grob gesagt, und das dann intensiv betreuen. Man sieht es bei einem Projekt, was wir gerade haben Richtung Qualitätsoptimierung mit dieser KI-Auswertung, wieviel Ressourcen, dass das bindet bis es zu einer Bestellung von einem System kommt, weil du auf so viel Sachen achten musst.
- 121 **I:** Wie beurteilt ihr dann die Notwendigkeit der Schulung und Weiterbildung von Mitarbeitern hinsichtlich Predictive Maintenance?
- 122 **P3:** Das ist sehr wichtig, aber das Security Thema ist ja auch sehr wichtig, dass da mehr passiert.
- 123 **I:** Okay, also meinst du jetzt Richtung...?
- 124 **P3:** Ja, aufpassen, Awareness schärfen. Die Regulatorien von der EU sind da auch entwickelt worden, die letzten Tage habe ich gehört, dass ist es um die KI-Regeln gegangen. Diese Regeln sind sehr wichtig, dass da nicht irgendwelche biometrischen Geschichten kommen, das ist das Industrie und nicht die Öffentlichkeit, aber die EU-Regulatorien werden sicher auch eine Rolle spielen, das ist eine wichtige Basis für solche Thematiken.
- 125 **I:** Weil ich das auch in anderen Interviews gehört habe. Müsst ihr Betriebsvereinbarungen einhalten, damit ihr z. B. Condition-Based Monitoring integrieren könnt?
- 126 **P3:** Interessant, dass du das sagst, ich habe mich schon ein paar Mal gewundert, dass das kein Thema bei uns ist.
- 127 **I:** Eigentlich kannst du ja nachweisen, wie effektiv die Leute arbeiten.
- 128 **P3:** Das ist so, ja. Aber aktuell ist mir nicht bekannt, dass wir da etwas hätten. Weil eigentlich sehen wir alles. Nachdem wir keine Mitarbeiterinformationen mit den technischen Informationen abgleichen und in der Hinsicht keine Daten zusammenführen, haben wir kein Problem. Sobald du Daten zusammenführst aus unterschiedlichen Quellen und einen Rückschluss ziehen kannst auf die Mitarbeiter und die Mitarbeiterin, dann wird es problematisch. Vermutlich haben wir aus dem Grund auch noch kein Thema gehabt, weil halt nicht im IBA System steht: Schichtstart 14:00 es bedient Max Mustermann die Anlage. Davon gehe ich aus. Wenn wir Kurven anschauen in den Verbrauchskurven, und da stehen die Namen der Mitarbeiter dabei, dann wird es problematisch.
- 129 **I:** Aber man könnte theoretisch Rückschlüsse ziehen mit den Daten?
- 130 **P3:** Natürlich.
- 131 **P2:** Theoretisch könnte man da Rückschlüsse ziehen, ja.
- 132 **I:** Okay. Aber ich habe es natürlich auch interessant gefunden. Denkt ihr, dass es sonst noch irgendwelche organisatorische oder prozessuale Herausforderungen gibt, hinsichtlich Predictive Maintenance? Dass sie sich Prozesse ändern müssen, oder dass da andere Organisationen mit eingebunden werden müssen? Oder denkt ihr das es relativ einfach zu integrieren ist?
- 133 **P2:** Nein, ich denke, dass es nicht so einfach ist. Auch kostenintensiv.

- 134 **P3:** Man muss auch auf das Stimmungsbild der Mitarbeiter schauen, dass man keine Fehlinterpretationen von diesen Systemen herausbekommt. Dass man nicht den Unmut vielleicht im Team irgendwie schürt. Dass man sagt, das System sagt, das ist so. Und den Mitarbeitern vielleicht weniger vertraut. Das könnte ich mir vorstellen, dass das ein Problem darstellen könnte. Dass der persönliche Dialog mit den Mitarbeitern eher in den Hintergrund gerät. Und auch die Mitarbeiter dann kontraproduktiv reagieren und dem System nicht vertrauen oder es ignorieren.
- 135 **P2:** Die Mitarbeiter können selbst auch sehr gut mitdenken und in einigen Situationen ist vermutlich ein Mensch für die Erkennung besser geeignet als eine KI.
- 136 **P3:** Ja, und alles kann eine KI nicht abdecken. Du brauchst auf jeden Fall gut ausgebildete Fachkräfte, die die ganzen Systeme betreuen, warten und weiterentwickeln. Das ist sicher ein Thema.
- 137 **I:** Danke. Weil mir es gerade eingefallen ist. Wenn euer IBA System eine Predictive Maintenance-Lösung anbieten würde, wo würde das dann gehostet werden? Würde der IBA Anbieter das Verwalten für euch, oder würdet ihr die Serverlandschaft bei euch im Unternehmen haben? Predictive Maintenance bräuchte ja größere Ressourcen, im Speicherbereich, Rechenleistung etc. vor allem bei eurer Datenmenge in der Produktion.
- 138 **P3:** Aus aktueller Sicht denke ich schon selbst noch. (...) Wir haben schon teilweise kleine Versuche gemacht, wo wir z. B. beim großen Generator Sensoren montiert haben, die mit einem GSM-Modul ausgestattet sind und wo dann das Monitoring-Center in Schweden, alle 5 Stunden abrufft, wie es aussieht, und sich dann anschaut, wie sich das entwickeln könnte. Das haben wir schon gehabt. Aber wie gesagt, das steckt immer noch voll in den Kinderschuhen. Wir machen das meistens wirklich, dass wir Wartungspläne haben. Und dieser Wartungsplan fordert uns Techniker auf, im Büro, das IBA System zu öffnen, und sich gewisse Daten anzusehen. Da steht dann drin: Kontrolliere den Verlauf von Schwingungssensor 10. Und der Mitarbeiter schaut sich dann diese Hüllkurve an, die er drüberlegt, und diskutiert das dann intern mit den Kollegen. Und dann wird entschieden, wie man handelt. Das ist eigentlich vornehmlich die Lösung, die wir haben. Und nicht, dass ein Automatismus permanent schaut, da geht es in die Richtung, das haben wir nicht. Noch nicht.
- 139 **I:** Ich wollte eigentlich auf etwas anderes hinaus, und zwar auf diejenigen, die das IBA System warten. Die Server verwaltet er und hat auch auf die Daten Zugriff oder?
- 140 **P3:** Nein. Jeder hat die Möglichkeit, auf das IBA-System zuzugreifen, auf die Daten zuzugreifen, wenn wir ihm den Zugriff geben. Wir sind bedacht darauf, dass wirklich nur das passende Personal den Zugriff hat. Die Instandhaltungstruppe, die Elektriker vor Ort, mechanische Instandhaltung etc. Und wenn nun jemand von diesen genannten kommt und einen Zugriff fordert dann bekommt er ihn auch. Weil er dadurch, gleich eine Rückmeldung von seiner Arbeit sieht. Er sieht gleich, wie effektiv war der Lagertausch. Zum Beispiel, wenn er sich die Schwingungen von dem Lager vorher und nachher ansieht.
- 141 **I:** Also wenn beispielsweise in den nächsten 10 Jahren eine Predictive Maintenance-Lösung von einem Anbieter zur Verfügung steht und euch das anbietet dann kommt für euch nur in Frage, dass er seine 10 benötigten Server in eurem Unternehmen On-Premises aufbaut?
- 142 **P3:** Ja, das ist eine schwierige Entscheidung, dass muss die IT mit der Geschäftsführung und mit der Konzernleitung entscheiden.

- 143 **I:** Seht ihr noch andere Risiken in der Cloud außer Datensicherheit und Datenintegrität? Finanzielle Risiken?
- 144 **P3:** Na ja, es sind halt Nebenkosten, die einfach laufen. Die hast du vielleicht gerade nicht am Schirm. Dann kommt irgendwann die große Rechnung, je nachdem, wie der Vertrag gestaltet wurde. Ja, da tu ich mir auch etwas schwer das einzuschätzen.
- 145 **I:** Wie seht ihr die Gefahr von einem Lock-in zu einem Cloud-Anbieter?
- 146 **P3:** Die Gefahr sehe ich relativ groß, weil du dem Anbieter voll vertraust. Wenn ein Insolvenzverfahren am Laufen ist und nicht erfolgreich abgeschlossen wird hast du ein Problem. Dann sind deine Daten weg.
- 147 **I:** Ein interessanter Punkt ist auch immer, wenn ihr Investitionen tätigt, wie würdet ihr jetzt einen Return-on-Investment bei Predictive Maintenance-Lösungen berechnen? Habt ihr euch schon mal Gedanken darüber gemacht?
- 148 **P3:** Ja, bei so neuen Sachen ist es oft so, dass wir versuchen, eine pragmatische Entscheidung zu treffen, dass wir sagen, wir wissen, wir werden nicht sofort einen Effekt sehen, aber wir wollen ja lernen. Ich habe das Gefühl, dass es sich sehr stark weiterentwickelt hat an dem Standort. Wenn einer eine Idee hat und ein super Produkt gesehen hat, dass wir uns dieses Produkt mitanbieten lassen, wenn es überschaubar ist, dann probieren wir es halt einmal. Auch wenn es nicht sofort den Nutzen abwirft. Aber du lernst die Maschinen besser kennen. Das muss ja nicht nur für die Instandhaltung sein, sondern auch für den Betrieb, für die Produktion.
- 149 **I:** Danke. Gibt es sonst noch irgendwelche allgemeinen Empfehlungen wo ihr denkt die sind notwendig sind für die Integration von Predictive Maintenance? Allgemeine Vorschläge oder Empfehlungen?
- 150 **P3:** Auf jeden Fall die budgetäre Geschichte, dass im internen Finanzplan und im Budget das Thema IT-Infrastruktur auf jeden Fall einen viel höheren Stellungswert haben sollte, weil das eben, glaube ich, so wie ich das vernehme, gern vernachlässigt wird, und du dich dann einschränkst, oder du auf einmal eine Riesenlawine hast, die du nie geplant hast, weil du zum Beispiel einen Investitionsstau hast, in Richtung Infrastruktur-IT, und wenn du jetzt die laufenden Kosten etwas höher ansetzt, und du immer etwas tust, dann hast du das Thema nicht. Das ist vielleicht ein Thema, oder bei uns ist es ein Thema, zumindest.
- 151 **I:** Wie seht ihr eigentlich die cloudbasierten Predictive Maintenance? Glaubt ihr, das könnte zukünftig öfter ein im Einsatz sein? Oder sagt ihr, wir brauchen das jetzt nicht unbedingt?
- 152 **P3:** Ich glaube, dass sich noch extrem viel tun wird auf dem Gebiet. Gerade diese EU-Regulierung, die zeigt ja auch, dass man bedacht ist Regulatorien in der Hinsicht schaffen. Was dürfen wir und was dürfen wir nicht. Da muss man aufpassen, Menschenrechte mit eingenommen. Das ist sicher ein extremes Gebiet, wo sich noch sehr viel tun wird, wo es sehr viele Start-ups gibt, einige vielleicht sehr erfolgreich sind, manche vielleicht eher nur kurzfristig. Aber sicher wird es ein Thema werden, aber nicht so schnell.
- 153 **P2:** Ich glaube, in 15 Jahren vielleicht, dass das dann integriert ist. Vielleicht auch schneller und wir täuschen uns.

- 154 **I:** Okay, dann sonst, welche Trends und Entwicklungen die in den nächsten Jahren prägend sein werden, was glaub ihr? Wahrscheinlich künstliche Intelligenz?
- 155 **P3:** Ich glaube im Bereich Umwelt- und Energietechnik wird einiges passieren, bei uns ist auch schon sehr viel passiert in diese Richtung, weil wir z. B. Energieverbräuche aufzeichnen, die wir früher nicht hatten. Du hattest früher einen Zähler, diesen bist du einmal im Monat abgelesen gegangen und das war es. Und dann hast du den Monatsverbrauch gehabt. Jetzt haben wir z. B., wenn die Maschine anfährt, was haben wir jetzt für einen Zyklus? Wie viel bringt mir das Einsparungen? Ich glaube im Energie-, Umwelt- und Nachhaltigkeitssektor hat diese IT-Geschichte und Cloud-Geschichte und Daten-Geschichte sehr hohe Präsenz und wird es auch zukünftig haben, weil gerade wir mit den CO2-Emissionen ein großes Thema haben mit dem Boardersystem, was da entwickelt worden ist mit den Grenzkosten und du einfach das Problem hast, dass du sonst nicht mehr wettbewerbsfähig bist aufgrund der CO2-Bepreisung usw. Darum haben wir das sehr hoch priorisiert das Thema für uns und darum tun wir da auch sehr viel auf dem Gebiet. In Richtung Energieeinsparung und Nachhaltigkeit da sind wir sehr aktiv, weil man einfach auch mit den Kosten letzten Endes runterkommen muss. Und man merkt es ja, die Kunden haben da sehr hohe Awareness auf dem Gebiet und fragen immer mehr nach, was macht ihr in diese Richtung. Da glaube ich, dass es sehr, sehr wichtig ist, das Thema. Auch um Ressourcen zu sparen.
- 156 **I:** Nachhaltigkeit ist so das Buzzword.
- 157 **I:** Gut, das war es dann eigentlich schon. Gibt es irgendeine Frage, was ihr erwartet seht, was ich nächstes Mal gestellt habe?
- 158 **P3:** Ich glaube es war eh sehr umfangreich.
- 159 **P2:** Nein. Mir fällt nichts ein.
- 160 **I:** Anmerkungen, Feedback? war etwas zu lang, war etwas zu viel?
- 161 **P3:** Hat gut gepasst, finde ich. Interessante Fragen.
- 162 **P2:** Finde ich auch. Zeit war ausreichend.
- 163 **I:** Danke für eure Zeit.

ANHANG G - Transkript Interview 3 - P4

- 1 Transkription für **P4**:
- 2 **I**: Und zwar, dann sage ich einmal Danke. Das mit Anonymisieren, das habe ich bereits schon erwähnt, wie das funktioniert und danke einmal vorweg für Ihre Zeit. Und ja, dann starten wir mal mit der der Kategorie Hintergrund und Erfahrung. In welcher Branche ist Ihr Unternehmen tätig und was sind die Kerntätigkeiten für den Unternehmenserfolg?
- 3 **P4**: Okay! Also wir erzeugen Leistungstransformatoren und verteilt Transformatoren jetzt bei uns hier am Standort. Den Standort gibt es eben schon über XY Jahre. Da wurde eigentlich alles, was für die Energieerzeugung und Übertragung benötigt wird, wurde hier an dem Standort erzeugt. Also von Generatoren, Motoren, Transformatoren. Das Ganze wurde dann zersplittert, kann man sagen. Und jetzt, wo ich noch tätig bin, also das ist der Transformatorenbau jetzt bei Verteiltransformatoren.
- 4 **I**: Wie viele Mitarbeiter hat das Unternehmen, in dem Sie jetzt tätig sind?
- 5 **P4**: Es sind zwei Teilbereiche, Large Power Transformers, 1100 Mitarbeiter und Verteiltransformatoren sind, glaube ich, 350 Mitarbeiter.
- 6 **I**: Wenn Sie jetzt kurz noch den beruflichen Hintergrund beschreiben und Ihre Rolle im Unternehmen.
- 7 **P4**: Ich komme eigentlich aus dem XY, war der Abteilungsleiter für Erection und Commissioning, also für die komplette Montageabteilung. Habe jetzt im XY in diese Position gewechselt, bin jetzt verantwortlich für die Investitionen in die Maschinen, in den Standort und Wartung und Instandhaltung.
- 8 **I**: Wie heißt die neue Rolle dann?
- 9 **P4**: Head of Invest and Maintenance.
- 10 **I**: Und wie lange sind Sie schon im Unternehmen tätig?
- 11 **P4**: Seit ca. 25 Jahren.
- 12 **I**: Dann würde ich zu der Kategorie Produktionsanlagen gehen. Sie haben ja schon gesagt, Sie machen Leistungsverteilertransformatoren, schon seit längerer Zeit. Aber kurz vorweg, inwiefern sehen Sie die Instandhaltung als strategischen Erfolgsfaktor für den nachhaltigen Unternehmenserfolg?
- 13 **P4**: Also wir haben drei wirkliche Schlüsselanlagen in unserem Unternehmen und wenn eine von diesen drei Anlagen ausfällt, dann haben wir definitiv einen Produktionsverlust.
- 14 **I**: Also ein wesentlicher Faktor für den Unternehmenserfolg?
- 15 **P4**: Ja, sehr wesentlicher Faktor. Es sind sehr große Anlagen, sehr viel Vakuum- und Öltechnologie inklusive Hochspannungsprüffelder und wenn da etwas ausfällt, dann haben wir definitiv einen Produktionsausfall.
- 16 **I**: Und wie viele Produktionsanlagen haben Sie im Unternehmen?
- 17 **P4**: Allgemeine Produktionsanlagen würde ich sagen 50 und 8 Schlüsselanlagen.

- 18 **I:** Und wie sieht die Wartungsstrategie in Ihrem Unternehmen aus?(...). Es gibt aus der Literatur fest definierte Wartungsstrategien, es gibt die geplante und die ungeplant Strategie Und dann gibt in diesem Zusammenhang noch untergeordnet präventiv, korrektiv und verbessernd. Welche haben Sie hier im Wesentlichen im Einsatz? Haben Sie eine Mischform? Oder kommt es speziell auf den Anlagentyp drauf an?
- 19 **P4:** Das ist ehrlich gesagt noch eine ziemliche Mischform, aber was jetzt schon geplant ist von unserer Seite ist, dass wir wirklich vorausschauend werden. Also im Moment ist es so, dass für gewisse Anlagen gewisse Zeitspannen definiert sind, wo die Wartungen wiederholt werden. Und wir wollen aber definitiv in die Richtung gehen, Condition Monitoring und dann auch wirklich die Wartungen dann durchführen, wenn sie benötigt werden. Weil wir sind schon bei einigen Anlagen so dabei, wo wir dann Öl-Proben nehmen und dann sehen, dass unsere Wartungsintervalle eigentlich zu kurz gesetzt sind, wo wir uns dann eigentlich Geld ersparen können. Bei anderen Anlagen, wo wir bereits so Informationen gesammelt haben, sehen wir, wir sollten unsere Wartungsintervalle wahrscheinlich verkürzen. In weiterer Folge dann auch Einsatz von dementsprechenden Sensoren, die uns dann auch Vibrationen, ungewöhnliche Vibrationen aufzeichnen, damit wir dann frühzeitig reagieren können, wenn es einer Anlage nicht gut geht. Also das Wichtigste aus unserer Sicht ist, wir müssen mal wissen, wie es unseren Anlagen eigentlich geht, um zu definieren, wann wir sie warten.
- 20 **I:** Okay, danke. Zu dem Begriff komme ich dann eh noch zu vorausschauend und zustandsorientiert. Aber vorweg gibt es dann noch so Begriffe wie Smart Maintenance Smart Factory und etc. Und da gibt es eine Zielvision für Smart Maintenance aus der Literatur. Aus anderen Interviews ist auch schon gekommen, das man pauschal nicht die Handlungsfelder für alle Unternehmen gleich notwendig sehen darf. Hier gibt es natürlich wie überall unterschiedliche Abwandlungen in den verschiedensten Literaturübersichten. Aber wie sehen Sie das? Wenn Sie sich da jetzt einschätzen würden und Ihr Unternehmen? Hat ihr Unternehmen die einzelnen Handlungsfelder schon erreicht oder sind Sie auf dem Weg dorthin?
- 21 **P4:** Wir sind definitiv nur auf dem Weg, muss ich sagen. Das ist natürlich auch eine gewisse Kulturänderung und geht leider nur über Zahlen, Daten, Fakten. Und wir haben eben gesehen, seit wir angefangen haben, in die Richtung etwas anders zu arbeiten, dass wir auch die Kosten reduzieren können. Und seither gilt Instandhaltung nicht mehr nur als Kostenverursacher. Also es ist nicht ganz so einfach. Wenn etwas passiert, dann sind wir kurzzeitig die Helden und ansonsten sind wir eigentlich nur Kostenverursacher.
- 22 **I:** Ist das Know-how noch stark personengebunden oder haben Sie da schon ein zentrales Wissensmanagementsystem, wo jetzt zum Beispiel notwendige Wartungstätigkeiten dokumentiert und archiviert werden? Oder ist das wirklich noch so, dass wenn die Anlage ausfällt nur spezielle Personen der Instandhaltung wissen was zu tun ist?
- 23 **P4:** Sowohl als auch. Wir sind auf dem Weg immer mehr Wissen in die Datenbank zu bekommen. Wann was gemacht werden muss und wie gemacht werden muss. Aber es ist schon noch sehr personenabhängig, die dann wirklich über die Anlagen genauer Bescheid wissen. Aber wir befinden uns auf einem guten Weg. Das dauert. Ich war jetzt auch bei mehreren Instandhaltungskonferenzen und mit dem Thema Daten hat jeder zu kämpfen.
- 24 **I:** Waren Sie in Linz?
- 25 **P4:** Ja, war ich.

- 26 **I:** Dann kennen Sie die Kollegin XY, oder?
- 27 **P4:** Ja.
- 28 **I:** Okay, mit der habe ich vorher gesprochen. Also die Welt ist wirklich klein in dem Bereich scheinbar.
(lacht)
- 29 **P4:** Ja, auf zwei war ich sogar. Einmal war ich in XY und einmal in XY und da trifft man einen ähnlichen Personenkreis.
- 30 **I:** Mit Herrn Kollegen XY, das habe ich auch gehabt gestern. Den kennen Sie, glaube ich, auch oder?
- 31 **P4:** Ja.
- 32 **P4:** Das waren recht interessante Gespräche. Super. Okay, zurück. Wollte nur kurz unterbrechen, weil ich es gerade gehört habe. Zum Ersatzteilwesen. Ist das bei Ihnen strukturiert oder ist es anforderungsgerecht, dass Sie jetzt wirklich ein Lager mit den notwendigen Ersatzteilen haben und mit den Ausfällen rechnen? Oder bestellen Sie erst die Teile, wenn es soweit ist?
- 33 **P4:** Wie ich vor sieben Monaten in diese Abteilung gekommen bin, gab es noch nahezu nichts. Und mittlerweile haben wir wirklich dann Analysen durchgeführt für jede Anlage. Was wird wirklich benötigt? Wie oft war das in der Vergangenheit kaputt? Und sind gerade beim Aufbau eines Ersatzteillagers. Das funktioniert mittlerweile schon ziemlich gut, muss ich sagen. Für jede Anlage sind die Ersatzteile, die öfters brechen oder die eine lange Lieferzeit haben, wo die Wahrscheinlichkeit, dass sie kaputt gehen, hoch ist. Die haben wir uns auf Lager gelegt.
- 34 **I:** Super. Die überwiegend reaktive Instandhaltung, haben Sie gesagt, sind Sie schon im Weg Richtung eher verfügbarkeitsorientierte, oder ist das noch so in der Mitte?
- 35 **P4:** Da muss ich schon sagen, da sind wir schon auf dem Weg verfügbarkeitsorientierte Instandhaltung. Da sind wir schon eher auf dem Weg.
- 36 **I:** Und wenn Sie jetzt die Produktion betrachten, also als Bereich und die Instandhaltung, planen die getrennt ihre Aufgaben, oder ist das eine gemeinsame Planung?
- 37 **P4:** Das ist gemeinsam.
- 38 **I:** Gemeinsam, super. Und hinsichtlich der Flexibilität von Instandhaltungstätigkeiten in der laufenden Produktion?
- 39 **P4:** Das ist der Vorteil, was ich diesbezüglich habe. Ich bin in der Abteilung Operational Excellence und da gehört LEAN Invest, Wartung und Instandhaltung und die Planung der Factory dazu. Wir planen auch dann, wann wir die Wartungsarbeiten durchführen können, ohne dass es irgendwie Einflüsse hat auf die Produktion.
- 40 **I:** Okay, danke. Dann hätten wir das eingeschätzt. Bezüglich der Wartungsstrategien. Wie würden Sie Predictive Maintenance beschreiben? Aufgrund Ihrer Erfahrungen und Kenntnissen. Wie würden Sie das grob formulieren? Oder wenn Sie es einem Laien z. B. erklären müssten.
- 41 **P4:** Also Predictive Maintenance (.) Für mich ist es so, dass ich wirklich die Wartung dann durchführe, wenn sie notwendig ist und das bereits vorausschauend, damit ich meine

Wartungsintervalle für die Zukunft immer besser anpassen kann. Das ist es im Grunde genommen für mich.

42 **I:** Und wie würden Sie das abgrenzen zur zustandsorientierten Wartung?

43 **P4:** Für alle Anlagen gibt es kein Condition-Based Monitoring. Das ist schwierig, weil ich den Zustand der Maschine so in der Form bei manchen Anlagen gar nicht kenne. Ein Frequenzumformer oder so. Wie soll ich den Zustand dieser Anlage ermitteln? Ich weiß das nicht so genau. Ich kann dann nur Daten schauen. Wann hatten wir einen Ausfall davon? Und wann kann ich einen weiteren Ausfall vermuten? Und wie kann ich jetzt meine Wartungsstrategie dementsprechend anlegen, dass ich dem zuvorkomme? Dem Ausfall.

44 **I:** Wenn man jetzt zustandsorientiert genauer betrachtet. Wenn man z. B. Sensorik integrieren würde, man könnte notwendige Daten und Informationen abgreifen von einem Umrichter um eine zustandsorientierte Wartung machen zu können. Irgendeine Temperatur ist überschritten. Ich sehe jetzt grafisch, historisch gesehen, die Temperatur steigt immer weiter, weiter, weiter. Und irgendwann müsste ich in diesem Kontext dann ja eingreifen. Und das würden Sie aber auch abgrenzen zu Predictive Maintenance, oder? Das wäre dann für Sie zustandsorientiert?

45 **P4:** Genau, würde ich abgrenzen. Im Moment sehe ich noch eher hier den Vorteil. Zustandsorientiert.

46 **I:** Ein großer Teil der Unternehmen geht eher noch in die Richtung zustandsorientiert. Welche Erfahrungen haben Sie eigentlich schon gemacht mit Predictive Maintenance, sei es theoretisch oder praktisch? Oder haben Sie es schon in einem Bereich integriert?

47 **P4:** Also Predictive Maintenance, wie gesagt, jetzt nur über zwei Konferenzen gehört. Wirklich weitere Erfahrungen noch nicht.

48 **I:** Gibt es irgendein Beispiel, wo Sie sagen, das könnte wirklich einen konkreten Unterschied machen in Ihren Unternehmen? Wo Sie wirklich einen Vorteil sehen?

49 **P4:** Ehrlich gesagt noch nicht, nein. Also wir sind jetzt einmal auf dem Weg, Condition-Based Monitoring System zu integrieren und dann vielleicht Predictive Maintenance. Aber wir sind noch nicht einmal beim Condition-Based Monitoring.

50 **I:** Okay, danke. Welche Vorteile würden Sie sehen, wenn Sie so Cloud-Technologien im Zusammenhang mit Predictive Maintenance? Wenn sie es nutzen oder einsetzen könnten? Oder wenn Lieferanten die Cloud beispielweise für Ihre Predictive Maintenance-Lösungen nutzen? Was für Vorteile sehen Sie da in der Hinsicht?

51 **P4:** Ja, da ist es halt auch so. (.) Cloudbasierend. (.) Das kommt aus meiner Sicht auch viel darauf an, was ist der Lieferant bereit zur Verfügung zu stellen für uns. Bei ganz vielen Maschinen würden wir sehr gerne sehr viel weiter hineinschauen können, als was es uns erlaubt ist. Und das in einer Cloud wäre schon sehr von Vorteil.

52 **I:** Okay, also hinsichtlich der Datenauswertung und den vielen weiteren Features sehen sie hier den Vorteil?

53 **P4:** Ja.

- 54 **I:** Das Buzzword Industrie 4.0. (lacht) Ich glaube, den Begriff kennt jeder oder hat ihn zumindest schon einmal gehört, vor allem, wenn man im Industriebereich arbeitet. Wie sehen Sie diesen Begriff und die Konzepte dahinter? Denken Sie, dass es jetzt relevant für Unternehmen ist, dass man die Konzepte kennt? Oder denken Sie, dass es ist generell ein Grundverständnis vorhanden, dass die Systeme simpel ausgedrückt besser vernetzt werden müssen, Daten gesammelt, intelligenter werden, also dass die IT modernisiert werden muss? Oder denken Sie, dass es ein strikter Begriff der den Unternehmen vertraut sein muss?
- 55 **P4:** Also er ist wahrscheinlich etwas veraltet, der Begriff. Ich glaube aber, dass sich schon jeder etwas unter Industrie 4.0 vorstellen kann und es ist auch eine wichtige Sache. Und wie gesagt, jeder schmunzelt darüber, aber im Endeffekt versteht jeder ungefähr, was damit gemeint ist. Also deswegen ist Industrie 4.0 nach wie vor schon ein gebräuchlicher Begriff.
- 56 **I:** Beeinflusst so ein Konzept irgendwelche Wartungsstrategien oder verwenden Sie den Begriff öfter, wenn Sie jetzt eine Strategie formulieren oder wenn Sie Ihre Anlagen modernisieren?
- 57 **P4:** Intern nicht.
- 58 **I:** Wenn man jetzt den IT und OT Bereich betrachtet. Inwiefern würden Sie jetzt die Modernität und die Flexibilität der verschiedenen Systeme bewerten?
- 59 **P4:** Ich würde sagen, die IT-Infrastruktur ist sehr gut und modern. OT sind wir noch nicht dort, wo wir gerne wären. Und daran wird aber gearbeitet, also die Maschinen werden immer besser vernetzt, auch untereinander. Wir haben doch einige Maschinen, die im Moment das Gleiche können, die gleiche Aufgabe erfüllen, aber nicht miteinander kommunizieren. In dem Bereich wird gearbeitet und wird sicher dann mit unserem neuen Projekt auch umgesetzt werden. Wie gesagt, mir liefern die Maschinen noch immer zu wenige Informationen, um jetzt wirklich nützliche Daten für Maintenance und vor allem Predictive Maintenance herauszuziehen. Wir haben eine schöne Visualisierung, könnten wir jetzt schon machen von jeder Maschine, was sie gerade macht und ob sie in Betrieb ist und welche Ventile. Aber wir haben noch keine Informationen, die dann im Endeffekt für Wartung, Instandhaltung und in weiterer Folge vor allem auch Energieeffizienz und so. Das wird im Moment noch gar nicht gemonitort, aber Ökoeffizienz wird in Zukunft sicher noch wichtiger werden. Wir gehen jetzt einmal sehr stark in die Richtung, dass wir die ganzen Leistungsaufzeichnungen haben. Wie oft geht eine Maschine in Überlast, welche Stromaufnahmen hat die Maschine tatsächlich, das wissen wir im Moment nicht. Also wir kennen den Verbrauch von einem Bundle an Maschinen, den kennen wir, aber explizit pro Maschine nicht. Wir hoffen uns natürlich auch da dann Informationen herauszuholen, wie oft geht eine Maschine in Überlast, haben wir überhaupt die richtige Maschine diesbezüglich oder sollten wir die nächste größer auslegen und was bedeutet das auf die Lebensdauer von der Maschine.
- 60 **I:** Interessanter Punkt, ja. Sie haben es eh schon gesagt, also sind das dann so Insellösungen, wahrscheinlich Großteils, oder?
- 61 **P4:** Das sind im Moment Insellösungen, ja.
- 62 **I:** Okay, dann sind das schon vermutlich der Großteil der Anpassungen, wo Sie dann auch für notwendig halten, das Upgrade der IT-Infrastruktur und vor allem der OT-Infrastruktur damit so ein System überhaupt integriert werden kann. Sei es jetzt Condition Monitoring oder Predictive Maintenance-Lösungen, oder? Also dass die Daten effizient verarbeitet werden können und transparent gemacht werden können.

63 **P4:** Ja.

64 **I:** Wie bewerten Sie in der Hinsicht IoT-Geräte? Der Begriff ist ja auch weitläufig bekannt, für die Datenerfassung? Wenn Sie sagen, Sie müssten die Anlage modernisieren.

65 **P4:** Hm, das ist eine schwierige Frage. (lacht)

66 **I:** Oder sagen Sie, das ist jetzt nicht notwendig, oder ich komme mit meine analogen Daten und Informationen auch aus und ich müsste die nur noch weiterleiten. Ich schätze mal, dass der Großteil, so wie es bei Ihnen vermutlich auch ist im Unternehmen, älteren Anlagen hat und wo Retrofitting dann notwendig ist, das hat der meiste Teil, also beispielsweise noch 4 bis 20 mA oder 0 bis 10 Volt Sensoren im Einsatz. Sehen Sie, dass das dann ausreichen müsste, oder sagen Sie, die Daten müssten dann, oder Sie sagen die Sensorik und Datenerfassung müsste ersetzt werden durch IoT-Geräte? Oder reicht das weiterleiten der Daten über Netzwerke aus für eine intelligente Datenerfassung?

67 **P4:** Ja, also bei unseren Anlagen würde ich sagen, dass das dann das Weiterleiten genügen würde, ja.

68 **I:** Okay.

69 **P4:** Ja.

70 **I:** Sind Ihnen der Begriff Edge-Lösungen bekannt?, Sind im Grunde eigenständige PCs die als Datensammler agieren. Darauf können dann im Endeffekt die Daten verschiedener Anlagenkomponenten zwischengespeichert und auch vorverarbeitet werden. Kennen Sie solche Lösungen, oder sind Ihnen solche Lösungen bekannt?

71 **P4:** Nein, muss ich ganz ehrlich gesagt sagen, nein.

72 **I:** Sie haben ja schon erwähnt, dass sie Großteils Insellösungen im Einsatz haben. Wie wird dennoch mit den anderen Daten umgegangen? Werden diese an ein zentrales System, ein SAP, MES, BED-System weitergeleitet, oder wo werden die Daten zwischengespeichert und verarbeitet?

73 **P4:** Werden ins SAP weitergeleitet.

74 **I:** Danke. Und, ich glaube, den Punkt brauche ich jetzt dann eh nicht fragen. Glauben Sie, ein Datenmanagement-System, also das SAP, wäre wahrscheinlich nicht das richtige System für Predictive Maintenance-Lösungen.

75 **P4:** Nein.(..) Das Problem ist so, es gibt sehr schöne, sehr schöne Lösungen am Markt. In einem Unternehmen, wie wir es sind, ist es halt immer sehr schwierig, neue IT-Systeme einzuführen. Sehr, sehr schwierig. Ich hätte schon einige Lösungen gesehen, die mir wirklich sehr gut gefallen, aber die Hürde ist dann immer, dass man eben kein neues Programm einführen kann. Oder wenn, dann muss das für mehrere Standorte ausgerollt werden. Und da hat natürlich jeder seine Wünsche, Vorzüge und dann im Endeffekt kommt man nicht auf das beste System für den jeweiligen Standort.

76 **I:** Okay, also das müsste dann wirklich ausgerollt werden für die anderen Standorte theoretisch.

77 **P4:** Ja, genau.

78 **I:** Auch wenn das System unabhängig von dem jetzigen arbeitet, also dass man sagt, man macht so ein System, wo man einfach abkapselt, so eigene Edge-Lösungen, wo die Daten gesammelt

werden und z. B. in der Cloud zwischengespeichert werden, müsste das dann auch auf andere Standorte ausgerollt werden?

79 **P4:** Aber wie schaut das dann mit den Schnittstellen aus? Z. B. Lagerverwaltung, also wenn, dann hätte ich gerne ein gesamtes System, das mir meine Ersatzteile, meine Daten sammelt, ein Ticketsystem für meine Monteure habe, eine Betriebsmittelverwaltung drinnen habe, noch dazu dann die ganzen Überprüfungen, Wartungen, die ganze Strategie. Wenn dann ein System, das dann alles abdeckt und auch die Daten sammelt, und da gibt es schon Lösungen diesbezüglich, nur die müssen dann halt zugreifen auf andere Systeme meistens und dann wird es schwierig.

80 **I:** Okay, danke! Das ist so ein Punkt, der öfters angesprochen wird. Natürlich verstehe ich Unternehmen dann auch, dass sie sagen, ich will jetzt nicht für alle Applikationen verschiedenste Systeme. Die Mitarbeiter muss man dann natürlich auch für jedes System schulen, weil keiner kennt sich dann aus, wie die einzelnen Systeme funktionieren.

81 **P4:** Im Moment ist es so, das Ersatzteil ist im SAP-Lager und wir verwenden aber ein Maintenance-Programm. Wenn er jetzt ein Ersatzteil aus dem Lager nimmt, muss er dann noch jemanden anderen darüber informieren, dass er jetzt ein Ersatzteil ausgebucht hat und das wieder nachbestellt werden sollte. Das sind eh mit Lagerbeständen, aber es sind immer zwei Leute und das sollte halt vereinfacht gemacht werden, aber das hat eben keinen Zugriff auf das SAP-Lager, das Maintenance-Programm, mit dem wir arbeiten.

82 **I:** Das wären jetzt dann eh so die technischen Herausforderungen, die Sie schon erwähnt haben. Daten sammeln, dass ich sage, ich muss neue Anwendungen integrieren in meine bereits existierten Systeme. Das sind eh so Standard-Themen. Organisatorisch haben Sie eigentlich schon gesagt, dass das neue Systeme unternehmensweit eingeführt werden müssen, das ist natürlich organisatorisch die größte Hürde.

83 **P4:** So ist es.

84 **I:** Prozessual wahrscheinlich dann auch, dass ich in den Prozess integriert werden muss, die Anwendung, und dass es auch verwendet wird, weil sonst, wenn ich es nicht verwende, dann bringt es mir nichts.

85 **P4:** Ja genau.

86 **I:** Oder sehen Sie da noch andere Punkte?

87 **P4:** Nein. Also das sind unsere größten Probleme.

88 **I:** Inwiefern bewerten Sie jetzt, wenn Sie das so einschätzen würden, die Datenintegrität und Datensicherheit von so Cloud-basierten Systemen, wie Predictive Maintenance denn jetzt was dann genutzt werden könnte?

89 **P4:** Entschuldigung, darf ich eine Sekunde unterbrechen? Sicher, bitte. (telefoniert gerade) Entschuldigung, aber das war jetzt gerade ein Wartungseinsatz. Wartungseinsatz, der nichts mit Predictive und zu tun hat. (lacht)

90 **I:** Jetzt funktioniert es wieder? (lacht)

91 **P4:** Ja, zumindest kümmern sie sich darum.

92 **I:** Passt gut zum Thema. (lacht)

93 **P4:** Ja. (lacht)

94 **I:** Bei Datenintegrität und Sicherheit, wie bewerten Sie das im Kontext der Cloud, wenn man Predictive Maintenance denn jetzt in die Cloud bringen würde oder Teile davon?

95 **P4:** Ich glaube, vor einigen Jahren hat man sich das noch überhaupt nicht vorstellen können, Cloud-basierte. Und heute ist es ganz normal, würde ich sagen. Weil selbst mein Desktop ist im Endeffekt in der Cloud. Also dahingehend ist die Zukunft und sehe ich auch keine Probleme mit Datenintegrität.

96 **I:** Auch, mit Unternehmen die dann Daten dann in die Cloud transferieren?

97 **P4:** Ja.

98 **I:** Wie beurteilen Sie dann also die Notwendigkeit für Schulungen und Weiterbildungen für Mitarbeiter, wenn jetzt so Condition-Based Monitoring-Systeme eingeführt werden oder Predictive Maintenance Systeme?

99 **P4:** Ja, die älteren Mitarbeiter, da haben wir ordentlich Schulungsbedarf. Aber unsere jüngeren Mitarbeiter, die sind mit solchen Dingen ja schon ziemlich gut vertraut. Das ist dann meistens nicht so groß der Aufwand.

100 **I:** Was für Kenntnisse glauben Sie sind notwendigen Fähigkeiten für solch ein System notwendig sind? Oder inwiefern glauben Sie, dass der Lieferant das dann abdeckt? Oder wo ist dann im Endeffekt die Schnittstelle, wo Sie glauben, hier muss Wissen im Unternehmen aufgebaut werden?

101 **P4:** Hm, das ist auch wieder eine gute Frage, weil das Thema haben wir gerade. Weiterbildung der Mitarbeiter und speziell eben mit Computersystemen. (...)

102 **I:** Nein, es ist okay, wenn Sie sagen, dass sie es jetzt gerade nicht einschätzen können.

103 **P4:** Ja, ist schwierig einzuschätzen.

104 **I:** Danke. Sehen Sie eigentlich finanzielle Risiken, wenn Sie jetzt so ein Cloud-System kaufen oder zukaufen? Oder sehen Sie andere Risiken?

105 **P4:** Sehe ich eigentlich nicht.

106 **I:** Wie schätzen Sie die Abhängigkeit von Cloud-Anbietern ein?

107 **P4:** Das Risiko der Abhängigkeit schätze ich sehr hoch ein.

108 **I:** Und da würden ja extreme Wechselkosten wahrscheinlich auf Unternehmen zukommen?

109 **P4:** Ja.

110 **I:** Und wenn man jetzt betrachtet, Lieferant bietet Ihnen so eine Cloud-Lösung an, mit Predictive Maintenance, denken Sie, dass der hat jetzt eine Cloud-Lösung ausgesucht und den Cloud-Anbieter, dass der die Kosten dann vermutlich weitergeben würde, oder?

111 **I:** Ja.

112 **P4:** Okay, und das ist wahrscheinlich ein Risiko, was im Vorfeld dann abgeklärt werden muss, denke ich mal. Ich glaube, über die Risiken und Herausforderungen haben wir dann genug gesprochen. Sie haben Predictive Maintenance noch nicht integriert, haben Sie gesagt?

113 **P4:** Nein.

- 114 **I:** Haben Sie irgendwelche Überlegungen, dass Sie Richtung Condition-Based Monitoring-Systeme und Predictive Maintenance-Lösungen ins Unternehmen integrieren? Zumindest in den nächsten Jahren?
- 115 **P4:** Ja.
- 116 **I:** Ein interessanter Punkt ist auch immer, wie würden Sie so Investitionen hinsichtlich des Return-on-Investment berechnen, oder wie würden Sie Investitionen wie Predictive Maintenance Systeme dann rechtfertigen im Unternehmen? Es braucht ja eine längere Zeit, dass man solch ein Investition wirklich sieht, wenn sie überhaupt messbar gemacht werden kann.
- 117 **P4:** Da ist gerade das Richtige gesagt worden. Wenn man das überhaupt sichtbar machen kann. Jetzt in sechs Monaten ist es mir nur gelungen, dass wir eben aufzeigen konnten, dass mit dieser Idee, in die Richtung, wo ich gehe, wir eben schon gewisse Kosten reduzieren konnten. Dazu mussten wir aber mal über längere Zeit wirklich unsere Daten in Ordnung bringen, weil die Daten, und wir sind bei weitem noch nicht fertig, aber die Daten, dass man die in Ordnung bringt vorher, das ist Arbeit, die keiner sieht, die keiner wertschätzen kann, und da hat es sehr viel Überzeugungsarbeit gebraucht, bis unsere Geschäftsführung das auch verstanden hat, dass das was bringt. Weil wie gesagt, wenn was passiert, dann sind wir die Helden, und sonst verursacht man nur Kosten. So etwas abzudecken ist immer, oder es aufzuzeigen, was bringt es wirklich, ist immer eine schwierige Sache. Hätten wir dann diesen Ausfall wirklich vorher erkannt oder günstiger gelöst, oder wäre das ohnehin passiert. Diese Frage muss ich mir dann halt anhören, ist schwierig.
- 118 **I:** Die Kosten-Nutzen-Relation ist, glaube ich, das Schwierigste in der Hinsicht. Okay, danke.
- 119 **P4:** Aber bei uns ist dann immer, was hilft, ist Digitalisierung, das ist ungefähr so ein geflügeltes Wort wie Industrie 4.0, und da kann man dann meistens irgendwelche, weil dann hat man nicht nur die gläserne Fertigung, sondern auch die gläserne Factory, wenn man alles so schön überall mit eingebunden hat und visualisieren kann. Dann mit sowas hat man dann meistens mehr Erfolg, als wie mit dem, das ist ein Randprodukt von dem, was man vorhat.
- 120 **I:** Danke. Jetzt sind wir dann eh schon in Richtung Abschluss. Ich habe es ja schon zu Beginn erwähnt, wenn Sie jetzt so allgemeine Empfehlungen oder Vorschläge, was glauben Sie, was sind so Handlungsempfehlungen, die notwendig sind, damit jetzt zum Beispiel Ihr Unternehmen, so eine cloudbasierte Predictive Maintenance-Lösung integriert? Sei es das Sie es selber implementieren oder von einen Lieferanten beziehen. Was wären da jetzt die Dinge, die in Betracht gezogen werden müssen?
- 121 **P4:** Noch einmal die Daten in Ordnung bringen, weil jeder sagt, das ist okay, sobald man sich aber intensiver mit dem Ganzen auseinandersetzt, sieht man, da ist nichts okay bei den Daten, nichts. Und Daten muss ich haben, weil sonst kann ich weder einen Use Case noch sonst irgendetwas machen und die Daten sind teilweise vorhanden, teilweise nicht vorhanden, teilweise chaotisch und die Daten in Ordnung bringen vorher, bevor man überhaupt über so etwas nachdenkt. Das ist, glaube ich, der wichtigste Punkt.
- 122 **I:** Okay, Dankeschön. Wie sehen Sie die Zukunft jetzt von der Cloud-basierten Predictive Maintenance in den nächsten Jahren? Ist das so ein Technologielösung, was kommen wird oder denken Sie, es wird eher mal so ein Condition Monitoring System geben und dann vielleicht mal in 20 Jahren so eine Predictive Maintenance-Lösung?

- 123 **P4:** Ich glaube, das geht einher für mich. Ich glaube, Predictive Maintenance braucht Condition-Based Monitoring, sonst wird das nicht funktionieren, aber ich glaube, das geht einher über die nächsten Jahre und ist sicher die Zukunft. Also davon gehe ich jetzt aus und ich glaube nicht, dass das 20 Jahre dauern wird, sondern das geht im Moment alles sehr rasend schnell. KI wird sicher über kurz oder lang Einzug halten in das Ganze und ich sehe das eher zeitlich die nächsten 5 Jahre.
- 124 **I:** Und so weitere Trends und Entwicklungen, Sie sagen, dass jetzt Cloud eigentlich in Zukunft nicht mehr wegzudenken ist oder die KI. Auch im industriellen Umfeld?
- 125 **P4:** Ja genau! Vor allem die KI wird hier eine wesentliche Rolle spielen in der Zukunft.
- 126 **I:** Gut, dann war es das schon. Abschließend, haben Sie eine Frage erwartet, die nicht gestellt worden ist, oder wurde etwas vergessen im Interviewprozess?
- 127 **P4:** Eigentlich nicht.
- 128 **I:** Okay, danke. Sonst irgendwelche Anmerkungen? Weil es ist ja natürlich auch bei mir ein kontinuierlicher Verbesserungsprozess.
- 129 **P4:** Nein, ich finde es sehr gut, wenn man das den Leitfaden vorab hat. Zwar habe ich sehr wenig Zeit gehabt, dass ich mich ein bisschen vorbereite, aber zumindest habe ich ziemlich gut gewusst, um was es gehen wird. Finde ich gut. Vor allem auch, dass sich jemand mit sowas auseinandersetzt, finde ich sehr, sehr gut.
- 130 **I:** Ja, danke, danke. Das ist ein interessantes Thema.
- 131 **P4:** Man kann sich verlieren darin. Das Thema ist riesengroß und man könnte da so viel machen und wie gesagt, in den Unternehmen ist nach wie vor das Thema Maintenance sowieso nicht. Das ist eine Kostenverursacher. Ich glaube schon, dass wir nach wie vor noch immer dort sind, dass das die Instandhaltung ein Kostenverursacher ist und alle Themen, die mit dem ganzen zusammenhängen, werden dann eher als notwendiges Übel gesehen.
- 132 **I:** Danke. Jetzt stoppe ich mal die Aufnahme, dann können wir noch plaudern. Dankeschön.

ANHANG H - Transkript Interview 4 - P5

- 1 Transkription für **P5**:
- 2 **I**: Genau, super. Danke für deine Zeit. Das mit dem Anonymisieren haben wir abgeklärt und danke für das Einverständnis. Dann würden wir jetzt kurz starten mit dem Interview und zwar mit dem Abschnitt Hintergrund und Erfahrungsbereiche. Die erste Frage ist also: In welcher Branche ist dein Unternehmen tätig?
- 3 **P5**: Also unser Unternehmen ist jetzt, also wir sind Textilfasererzeuger. Wir gehören branchenmäßig zur chemischen Industrie. Und wir erzeugen aufgrund, also unser Grundwerkstoff ist Holz. Das heißt, aus Holz wird Zellstoff gewonnen. Und Zellstoff, den kaufen wir zu. Also die XY macht eigentlich selber auch Zellstoffproduktion. Aber ein Großteil vom Zellstoff wird extern zugekauft. Der wird bei uns in Form von Kartonplatten und auch Kartonrollen angeliefert. Und das Material ist quasi unser Ausgangsstoff bei uns da im Werk. Das heißt, wir kriegen einen Karton angeliefert. Der wird bei uns einmal zwischengelagert. Und dann geht der Produktionsschritt los mit Zerkleinerung von dem ganzen Zellstoff. Der wird gemahlen. Dann wird er quasi in eine Pulverform gebracht. Und dann wird er mit einem organischen Lösungsmittel versetzt. Wird Suspension draus gemacht. Aus der Suspension, die wird dann umgewandelt in eine Spinnmasse. Das ist eine dickflüssig honigförmige Masse. Die auf Temperatur gehalten werden muss. Der muss eine gewisse Temperatur haben, damit es auch zäh und dickflüssig bleibt. Wenn es abgekühlt wird, wird es komplett fest. Und diese Spinnmasse wird dann gefiltert, gereinigt. Wird dann durch Spinn Düsen gedrückt. Da entstehen dann Fäden, die quasi über ein Spinnband abgezogen werden. Und diese Fäden werden dann geschnitten. Werden dann wieder aufgelöst, wieder aufgelockert. Werden gewaschen. Mit verschiedenen Mitteln imprägniert, nachbehandelt. Und dann zum Schluss getrocknet. Läuft das Ganze über ein Trockner drüber. Und wird dann als Textilfaser in eine Verpackungsanlage geformt. Und in so 300 kg, viereckige 300 kg Ballen verpackt. Und das wird dann an die Textilfirmen, an die Textilindustrie ausgeliefert zur Weiterverarbeitung. Und unser Endprodukt schaut dann aus wie Watte. Also das Endprodukt ist wie Watte. Das dann quasi in 300 kg Ballen verpresst, verpackt ist. Und dann an die Textilfirmen geschickt wird. Und dort wird das dann weiterverarbeitet. Zu allen Arten von Textilien, Kleidungsstücken oder Bettdecken. Und solche Dinge.
- 4 **I**: Okay, danke. Wie viele Mitarbeiter hat das Unternehmen, wo du tätig bist?
- 5 **P5**: Das Unternehmen, wir sind ja am Standort XY. Da haben wir jetzt ungefähr um die 350 Mitarbeiter. Das gesamte Werk. Und wir gehören ja zum XY Konzern. Weil unser Stammwerk, also unser Mutterwerk ist in XY. Und dort in XY sind aktuell, glaube ich, über die 2600 oder 2300 Mitarbeiter. Und der gesamte Konzern sind wir über 6000 Mitarbeiter.
- 6 **I**: Danke. Jetzt noch kurz zu deiner Rolle im Unternehmen. Also was du machst und zu deinem beruflichen Hintergrund.
- 7 **P5**: Also ich habe da in der, also 1996 ist das Werk in XY da gebaut worden. Das ist komplett neu auf die grüne Wiese gebaut worden. Und mit dem Start dieses Werks da, also 1996, bin ich zum Unternehmen XY gewechselt. Ich habe ursprünglich Maschinenschlosser gelernt. Habe dann im zweiten Bildungsweg dann Werkmeisterschule, Maschinenbaubetriebstechnik. Dann die Abend-HTL in XY in Maschinenbaubetriebstechnik gemacht. Und da in der Zeit war ich eben bei der Firma, beim Verdichter in XY, beim Kompressoren-Werk. Habe dann quasi zur XY gewechselt. Habe da

gleich begonnen in der Verantwortung für die Instandhaltung. Habe da den ganzen Instandhaltungsprozess, die Instandhaltungsorganisation, das alles einmal aufgebaut. Habe geschaut, die Instandhaltungsstrategie entwickelt. Habe geschaut, wie viele Mitarbeiter wir brauchen. Wie wollen wir die Instandhaltung aufziehen. Was brauchen wir für Ausrüstung, Ausstattung, weil das ja alles erst komplett neu erbaut worden ist. Die Werkstätten ausgerüstet, Mechanik-Werkstätten, Elektrowerkstätten. Und habe dann quasi von Anfang an am Standort die Instandhaltung und den technischen Bereich aufgebaut. War die ersten sechs Monate in XY oben, wo ich dann am Stammwerk schon mal mit der Instandhaltungs- oder Bedarfsanalyse gestartet habe. Aufgrund von den Anlagen-Schemas und so. Und habe dann quasi das am Standort eingeführt und umgesetzt. Und dann, weil es um einen beruflichen Hintergrund geht, habe ich dann jetzt, seit ich da bin, im Werk in XY, da habe ich auch noch einmal berufsbegleitend, dann auch ein Studium gemacht, also ein Fachhochschulstudium gemacht. Mit Wirtschaftsingenieurwesen habe ich noch zusätzlich ein FH-Studium absolviert. Ich habe jetzt quasi das Ganze aufgebaut und bin jetzt für die gesamte Technik verantwortlich am Standort. Bei uns nennt sich jetzt diese Funktion oder die Rolle, die ich jetzt habe, Asset Manager. Und quasi alle Bereiche, das ganze technische, was da am Standort ist, ist mein Verantwortungsbereich. Und zu mir gehören auch jetzt dazu die Werkstätten, also die Instandhaltung. Wobei das aufgeteilt ist, wir haben eine mechanische Instandhaltung, wir haben eine Elektro-Instandhaltung, wir betreuen, wir haben ein Team, das die ganze Prozessleittechnik betreut, die ganze Messregelungstechnik. Und das machen wir quasi mit eigenem Personal. Wir haben ein Engineering-Team, das dann für Projekte eingesetzt wird. Und das läuft jetzt in meinen Verantwortungsbereich.

8 I: Wie lange bist du jetzt schon im Unternehmen?

9 P5: Ich bin Unternehmensingenieur seit 1996.

10 L

11 I: Okay, also wirklich von Anfang an dabei, 27 Jahre.

12 P5: Genau, von Anfang an dabei, ja. 1996 gestartet da in XY. Also beim Bau quasi schon dabei gewesen. Und die erste Phase bei uns ist am XY ist die erste Faser bei unseren Produktionsanlage hergestellt worden. Das heißt, XY bis XY Bau und Errichtung vom Werk und von XY weg dann eben der Start der Produktion.

13 I: Okay, also XY-Jähriges hast du eigentlich letztes Jahr gehabt.

14 P5: Genau.

15 I: Schön, super. Gut, super, danke mal für den ausführlichen Input und den ersten Einblick. Jetzt werden ich die nächste Frage ein bisschen anders gestalten, weil du schon einiges erzählt hast. Du hast ja zuvor den Instandhaltungsprozess erwähnt, wie dieser abläuft usw. Jetzt würde ich dich kurz bitten, inwiefern schätzt du jetzt die Instandhaltung als strategischen Erfolgsfaktor für den nachhaltigen Unternehmenserfolg ein? Also wie wichtig würdest du die Instandhaltung einschätzen?

16 P5: So wie unser Produktionsprozess ist, wie ich vorher schon erwähnt habe, wir haben einen kontinuierlichen Prozess. Das heißt, wir haben Aggregate, die man natürlich jetzt klassifizieren muss. Es gibt einen Hauptprozess, wo quasi das direkt ineinander greift, wo wenn da in dem Bereich eine Anlage oder ein Anlagenteil ausfällt, dann steht die ganze Produktionslinie. Das heißt, wir haben quasi einen kritischen Pfad, den wir betreuen müssen. Dann gibt es Nebenanlagen und

Nebenbereiche, die wir da betreuen, wo wir dann auch die Instandhaltungsstrategie unterschiedlich anlegen. Aber das heißt, wenn die Anlage, die technische Verfügbarkeit und die technische Anlage nicht gewährleistet ist, dann steht und fällt der gesamte Erfolg von Unternehmen. Weil wenn die Produktion steht, dann ist nichts da. Dann kann man keine Faser produzieren und kann auch nichts verdienen. Das heißt, die technische Anlagenverfügbarkeit hat bei uns einen sehr hohen Stellenwert, weil da ist das um und auf. Natürlich gibt es die Prozesse auch noch, die einen Einfluss haben, wie chemische Prozesse und das Ganze. Aber die technische Anlage muss einmal funktionieren. Wenn da irgendein Glied auslässt inzwischen drinnen, dann steht eine ganze Anlage und da sind gleich mal 100.000 Euro im Tag Verlust weg, nur wenn eine Linie im Tag einmal steht.

17 **I:** Also extrem wichtig für den Unternehmenserfolg.

18 **P5:** Das ist ein extrem wichtiger Faktor, dass die technische Anlage aufrechterhalten wird.

19 **I:** Du hast ja schon den Prozess erwähnt, wie die Produktion der Faser geschieht. Vom Karton, vom Zerkleinern, Pulverisieren und bis zum Ende, wo die Faser bzw. Watte rauskommt. Wie viele Produktionsanlagen sind in dem Prozess dann wirklich involviert?

20 **P5:** Wir haben jetzt aktuell drei Produktionslinien, die komplett eigenständig betrieben werden können. Und dann gibt es natürlich hunderte von Pumpen und verschiedene Aggregate, die über Rohrleitungssysteme zusammengeführt werden, die den ganzen Prozess bilden. Aber grundsätzlich seilen wir die Anlage auf in Anlagenbereiche, die genau nach diesen Arbeitsschritten bezeichnet sind. Das erste Anlagenteil 1 ist die Zellstoff-Mahlung. Da wird der Zellstoff aufgegeben, wird gemahlen, wird zerkleinert, wird in einen Pufferbehälter geblasen und dort wird es dann quasi rausdosiert. Der zweite Teilabschnitt, wo Dosierwagen drinnen sind, wo Rührmischer und solche Dinge sind, Pumpen sind, das ist der Teil Suspensionsherstellung. Suspensionsherstellung, das ist der Teil, wo der Zellstoff das erste Mal mit Lösungsmitteln in Verbindung kommt. Das ist ein organisches Lösungsmittel und dort entsteht einmal eine Suspension. Das ist dann eine weiße, breiige Masse und diese breiige Masse wird dann dem nächsten Produktionsschritt zugeführt, das ist die Spinnmasseerzeugung. Spinnmasseerzeugung, das ist wiederum ein Aggregat, da fährt die ganze Suspension in einen Dünnschichtverdampfer rein. Das ist ein ganz großer Rührer, der senkrecht über drei, vier Stockwerke runter geht. Da wird quasi die Suspension reingefahren, der Rührer dreht, da wird ein Vakuum angelegt, da wird das Wasser abgedampft und wird quasi aus dieser Brei, aus dieser Suspension, eine Spinnmasse, also dickflüssige Masse, Honigmasse, und die wird dann ausgetragen. Und dann ist der nächste Anlagenschritt die Filtration. Da wird das filtriert und wird dann quasi einmal gereinigt, wenn noch ungelöste Teile drin sind, dass das rauskommt. Und nach der Filtration geht es in die Spinnerei. Da wird in den Spinnstraßen Spinnmaschinen zugeführt, wo dann quasi diese Spinnmasse über so ein Kleiderbügelsystem auf die verschiedenen Spinnstellen, weil da gibt es dann 64 oder die Linie 1 hat zum Beispiel 128 Spinnstellen, zugeführt wird, wo dann die Fäden gesponnen werden. Nach dem Spinnen geht es in die, da ist das Kabel dann, da geht es zu den Schneidmaschinen, da wird dann quasi dieses Kabel geschnitten und geht in die Nachbehandlung. In der Nachbehandlung wird das Ganze, die geschnittene Faser aufgeschwemmt, das ist eine Nachbehandlungsstraße, wo quasi mit einem Transportgurt das ganze Faservlies aufgetragen wird. Da wird das Vlies dann mit Wasser besprüht und aufgeschwemmt, dann wird es wieder abgepresst, aufgeschwemmt, abgepresst. Das geht quasi durch eine ganze Linie durch, wo viele Presswerke, Getriebe und solche Dinge oben sind, wo der Gurt fährt und wo dann quasi über Rückstromwäsche diese Faser mal ausgewaschen wird. Und dann gibt es dort drinnen auch die verschiedenen Embriliefelder, wo dann verschiedene Chemikalien oder

verschiedene Stoffe dann zur Qualitätsverbesserung, Optimierung von der Faser dann zugeführt werden. Diese Stoffe werden beim Nebenanlagen wieder angesetzt, werden da wieder gerührt, werden über Pumpen zugeführt, werden da aufbereitet, also das sind so Nebenanlagen. Nach der Wäsche geht es in den Trockner, da haben wir zwei Systeme, bei der Linie 1 haben wir einen Trommeltrockner, wo quasi große Trommeln sind, sechs, sieben Trommeln hintereinander, wo das Vlies, also diese Faser aufgebracht wird auf die Trommel, das läuft rüber, da wird aus den Trommeln die heiße Luft rausgesaugt, durch das saugt sich auch dieses Vlies an der Trommel an und wird quasi getrocknet. Und dann übergibt es dann die nächste Trommel und wieder die nächste, das geht so schlangenförmig durch und am Ende fällt es dann getrocknet raus. Dort wird es dann über Förderbänder, über Ventilatoren, über Leitungen dann in die Packerei Verpackungsanlagen geblasen und in die Verpackungsanlagen wird es dann in Container reinblasen, wird gepresst, wird befüllt und wird quasi mit Qualitätskontrollen etikettiert, also mit Nylon verpackt und etikettiert und dann gewogen und Qualitätsdaten sind da drauf und dann wird es zur Auslieferung bereitgestellt. Also das sind gerade die Schritte, wo dann immer viele unterschiedliche Aggregate sind, also sehr viel sind Pumpen, sehr viel sind Rohrleitungen, auch Hochdruckrohrleitungen, Wickwandige, die Leitungen, alles was im Spinnbad oder im Spinnmassebereich ist, muss beheizt werden, das sind dann Doppelmantelrohrleitungen, die beheizt werden, weil sonst die dürfen nicht abkühlen, sondern sind die Masse fest und dann ist halt alles gesteuert über Prozessleittechnik, über Frequenzumformer, es gibt hunderte, tausende Vermessungen, die im gesamten Projektionsbereich drinnen sind und so wird das alles über Prozessleittechnik von einer Schaltplatte aus gesteuert. Wie gesagt, das haben wir jetzt dreimal, also drei Linien, wobei eine Linie diesen Trommeltrockner hat und zwei Linien haben wir einen Bandtrockner, wo die Trocknung auch über den Bandförderer vor sich geht. Aber der Großteil oder sehr viel sind halt wirklich Pumpen, Rührwerke, Behälter, viel Messtechnik dabei und das alles halt über Prozessleittechnik gesteuert.

- 21 **I:** Das ist eine sehr gute Überleitung, es gibt da nämlich in der Literatur so Wartungsstrategien, weil wenn ihr viele Pumpen und Komponenten von Anlagen habt, dann müssen die ja auch gewartet werden. Und da gibt es in der Literatur verschiedene Formen wie z. B. geplant, ungeplant, präventiv, korrektiv, verbessernd und da gibt es verschiedene Strategien. Wie würdest du die Instandhaltungsstrategien in deinem Unternehmen sehen? Müssen gewisse Anlagen periodisch gewartet werden, also man weiß schon im Vorhinein, dass da etwas ausfällt? Oder wird Unternehmen eher korrektiv agiert? Erst wenn etwas passiert dann wird eingegriffen? Oder gibt es bei euch eine Mischform?
- 22 **P5:** Also wir haben da sicher eine Mischform und zwar die kritischen, wie ich vorher schon gesagt habe, es gibt einen kritischen Pfad, wenn ein Teil ausfällt, dann steht eine ganze Produktionslinie. Dann gibt es Nebenaggregate, die die zweite Priorität haben, die sind redundant ausgeführt. Da haben wir zum Beispiel, wenn unser SpinBot, unser Lösungsmittel hinzufügen, da sind alle Pumpsysteme und alle Sachen redundant ausgeführt. Das heißt, wenn eine Pumpe ausfällt, schaltet es automatisch auf die zweite um und die können die andere reparieren. Und dann gibt es Nebenaggregate, die kein Problem machen, wenn ein Teil ausfällt, wo man auch Zeit hat. Da haben wir auch Themen drin, wo man auf korrektive Reparaturen eingeht. Wenn man sagt, wenn das kaputt ist, dann machen wir es und dann macht man jetzt keine großartigen vorbeugenden Wartungen. Beim kritischen Pfad, dort haben wir die Strategie auch drinnen, dort haben wir Online-Messungen, Online-Überwachungen drauf, zum Beispiel Schwingungsanalysen. Zum Beispiel dieser Dünnschichtverdampfer, das große Rührregler, wo die Spinnmasse erzeugt wird, da ist alles mit Sensoren angebracht, wo man über SKF Schwingungsanalyse System, werden online die

Schwingungsdaten abgenommen und das wird zentral über einen Computer, da haben wir einen Mitarbeiter, der diese Daten auswertet. Und wo man dann sieht, wann bahnt sich irgendwo zum Beispiel ein Lagerschaden an. Und von dort aus, von dem aus, werden dann auch quasi Meldungen ausgelöst, wenn man sagt, wenn der Mitarbeiter, der Schwingungstechniker dann sagt, aha, da steigen jetzt die Schwingungen. Entweder ist es schon so kritisch, dass man schnell kurzfristig eine Reparatur einleiten muss. Oder idealerweise sehen wir es so früh und so rechtzeitig, dass man es quasi in den nächsten Planstillstand einplanen können. Also wir haben auch für jede Produktionslinie einen Wochenplanstillstand eingeplant, das heißt dort tun wir alle Arbeiten rein, wo wir geplant eine ganze Linie abstellen und dann alle Arbeiten machen, die man halt nur machen kann, wenn die Linie steht. Also das heißt, von dort her wird das vorbereitet, dann andere Bereiche sind dann sehr wohl auch, wenn wir sagen, das wäre eine zustandsorientierte Instandhaltung, weil das fällt dann da rein mit der ganzen Schwingungsanalyse. Dann, was wir auch machen, sind zustandsorientierte, wir machen auch Ölanalysen, das heißt, es werden auch periodisch bei wichtigen Aggregaten Ölanalysen gezogen, die kann man selber nicht machen, also die Proben ziehen wir selber, die Analysen werden aber eingeschickt, dort kriegen wir dann eine Analyse befunden, ob da schon ein Metallabrieb drin ist, ob da irgendwelche Metalle drin sind, die da nicht drin sein dürfen, die auf die Alterung schließen lassen und auf Gebrechen. Und auch aufgrund dieser Analysedaten werden dann beurteilt durch den Techniker, wenn er die Ergebnisse zurückkriegt und bei Bedarf werden Reparaturen und Servicearbeiten ausgelöst. Und dann machen wir auch noch Temperaturmessungen, gibt es auch verschiedene Temperaturmessungen, die online sind, die wir beobachten, weil es läuft alles über so ein "PI", Plant Information System, da haben wir auch die ganzen Aufzeichnungen, sämtliche Produktionsparameter mit Temperaturen, Drücke und Durchflussmengen und alles, das wird da kontinuierlich mit aufgezeichnet, wo wir dann auch bei der Fehlersuche das dann verwenden können. Und von dort her quasi dann entsprechende Maßnahmen ableiten können. Das ist einmal das Vorbeugende und das Zustandsorientierte und dann gibt es natürlich auch Bereiche, wo wir sagen, da arbeiten wir periodisch. Also wir haben auch Schicht-Schlosser zum Beispiel, die die Aufgaben haben Wartungspläne abzuarbeiten. In diesen sind dann Tätigkeiten enthalten wie zum Beispiel Schmierarbeiten, da haben wir verschiedene Schmierzyklen, die wir da einhalten müssen, das Durchschmieren, dann auch verschiedene Aggregate, wo wir sagen, da machen wir Lagerwechsel oder solche Dinge vorbeugend, weil dort rentiert es sich gar nicht, dass man da Schwingungssysteme aufbaut und solche Sachen. Oder zum Beispiel die Schichtschlosser haben auch die Aufgabe, optische Kontrollen zu machen, den Anlagenzustand optisch zu beurteilen und von dort her dann auch quasi Reparaturen oder Maßnahmen einzuleiten oder auszulösen. Und im Prinzip das Vorausschauend ist eh, wenn man sagt Zustandsorientiert und auch dann mit den optischen Kontrollen, was wir haben, durch Anlagen gehen und auch durch Geräusche. Wir haben auch zum Beispiel, was wir mit Ultraschallkontrollen machen, das ist dann im Prinzip eh, geht eh in die Richtung Vorausschauend, damit man schon rechtzeitig erkennt, wenn sich irgendwo etwas anbahnt.

- 23 **I:** Zu dem Punkt komme ich dann nachher noch. Das war super, danke. Die meisten Unternehmen bevorzugen eine Mischform.
- 24 **P5:** Vorausschauend oder verbessernd, hast du da noch drauf? (Handout über Teams wird geteilt) Bei verbessernd, was wir natürlich auch machen, wenn jetzt zum Beispiel Reparaturen oder speziell ungeplante Störungen oder so auftauchen, dann machen wir auch 5W-Analysen und solche Sachen. Da tun wir analysieren, also wir tun nicht nur einfach nur reparieren, sondern wir analysieren dann auch, warum ist das gebrochen, ist das jetzt einfach ein ganz normaler Verschleiß, der

aufgrund der Lebensdauer einfach normal ist, dann wird es wieder hergestellt, wie es war. Oder wenn da irgendwas anderes ist, dann wird eine Analyse gemacht und dann werden auch von diesen Analysen Verbesserungen abgeleitet. Und da werden sukzessive dann auch Anlagenbereiche oder Schwachstellen dann beseitigt, dass man sagt, da ändert man ein Bauteil ab oder da braucht man eine bessere Verschleiß-Beschichtung oder irgendwas. Das kommt bei diesen Analysen raus und dann werden auch natürlich laufend immer wieder so verbessernde Maßnahmen dann umgesetzt, die man dann einplant und fürs nächste Mal dann schon berücksichtigt. Und die müssen natürlich auch in unsere Konstruktionspläne und so einfließen, in die Zeichnungen, weil das ist auch immer wieder eine Schwachstelle, dass Verbesserungen, die laufend kontinuierlich gemacht werden, dass die nicht in die Konstruktionszeichnungen zurückfinden. Und dann, wenn die Anlage das nächste Mal gebaut wird, wird es mit dem gleichen Fehler wieder gebaut, nur weil diese Verbesserung nicht eingeflossen ist. Und da sind wir auch immer wieder dran, dass wir immer wieder mit den Mitarbeitern reden, wenn solche Korrekturen, Verbesserungen gemacht werden, die müssen auch dokumentiert werden, die müssen auch wieder in die Konstruktionszeichnungen zurückfließen, damit dieser Fehler nicht noch einmal gemacht wird. Damit man das das nächste Mal schon von Haus aus fertigt, wie wir es jetzt schon korrigiert haben.

25 **I:** Perfekt, wie lange hast denn du heute Zeit eigentlich? Weit bin ich noch nicht gekommen. (lacht)

26 **P5:** Dauert schon ziemlich lange. (lacht) Ich bin anscheinend zu ausführlich.

27 **I:** Passt schon, passt schon. Ich muss nur ca. wissen welche Fragen ich noch stellen kann in der vorhandenen Zeit.

28 **P5:** Ja.

29 **I:** Sonst machen wir weiter. Aber das Verbessern ist jetzt ein guter Punkt, es gibt nämlich aus der Literatur auch den Begriff Smart Maintenance. Das Ziel ist eigentlich, dass man von der klassischen Instandhaltung mit einer Zielvision Richtung Smart Maintenance geht. Und da gibt es sechs Handlungsfelder, es gibt natürlich andere Abwandlungen in verschiedenen Literaturformen. Aber du hast eh schon gesagt, bei euch zum Beispiel, wenn ihr es euch anschaut, es ist relativ klar, bei euch ist die Instandhaltung kein reiner Kostenverursacher. Der Wertbeitrag sollte dem Unternehmen bekannt sein. Also ohne Instandhaltung geht es bei euch nicht. Wie sieht es jetzt aus bei dem Ersatzteilwesen? Ist das bei euch strukturiert und anforderungsgerecht? Wisst ihr im Vorfeld, welche Teile ihr bestellen müsst?

30 **P5:** Ersatzteile, da ist es so, wir haben ein Ersatzteillager vor Ort. Das heißt, wir haben ein Lager, die sich im Laufe der Zeit entwickelt hat, wo wir sagen, das brauchen wir, das sind die Teile. Und das wird auch über SAP der Bestand geführt. Das heißt, wenn ein Mechaniker jetzt irgendeine Ersatzteile braucht, dann wird das ausgefasst. Das wird dann hinterlegt mit Meldebestand und Bestellbestand. Und dann wird automatisch, wenn diese Bestände unterschritten werden, wird eine automatische Bestellung ausgelöst. Aber da sind sehr viele Sachen drinnen. Und das andere ist natürlich in der Verantwortung von entsprechenden Technikern, der für gewisse Reparaturen zuständig ist, dass er das im Vorfeld schon abklärt. Gibt es diese Teile im Ersatzteillager, die ihr da braucht? Dann haben wir noch den Vorteil im Mutterwerk in XY in Oberösterreich. Das ist ja jetzt nicht mal drei Autostunden von uns da entfernt. Dass wir sagen, gibt es diese Teile eventuell im Lager in XY in Oberösterreich? Dann kann man sie einfach dort herunterholen, wenn man die entsprechende Zeit hat. Oder sonst muss er dann eine Bestellung auslösen und muss das auch anfragen. Und das machen wir wieder über unseren Einkauf. Da haben wir auch eine

Einkaufsabteilung. Dann wird es bestellt, wenn man es braucht. Aber es ist grundsätzlich schon strukturiert und schon überlegt, was wir auf Lager haben. Und wo wir einen Lagerbedarf brauchen und wo wir eher keinen brauchen. Das muss immer wieder nachgebessert werden und weiterentwickelt werden. Aber grundsätzlich ist es schon strukturiert.

31 **I:** Wie ist das mit dem Personen-Know-how bei euch? Ist das wirklich personengebunden? Oder habt ihr dann wirklich Anleitungen, wie was repariert oder gewartet gehört? Also Richtung Wissensmanagement. Wie ist das bei euch?

32 **P5:** Wir entwickeln die gesamte Installation alles über SAP. Dort ist unsere gesamte Anlagenstruktur abgebildet. Die komplette Anlagenstruktur ist dort drinnen. Dort sind auch alle technischen Daten für die Equipments drinnen. Motor, Drehzahl, Antriebsleistung und das ganze Zeug. Baugrößen und alles. Alle Anforderungen über die Instandhaltung laufen über das SAP-Meldesystem. Und aus dem Meldesystem wird ein Auftrag gemacht. Und wenn der Auftrag abgearbeitet wird, von unsere Mechaniker, Handwerker oder Elektriker, dann wird dort auf den Auftrag die Arbeitszeit drauf gebucht. Dann wird auf den Auftrag zurückgemeldet, was gemacht wurde. Also auch ein bisschen eine verbale Beschreibung. Es werden die Ersatzteile drauf gebucht. Also das heißt, kostenmäßig ist alles erfasst dort drinnen. Und dann gibt es auch noch die Klassifizierung, mit Schadensart, Schadensgrund, Schadensursache mit Codes, die auch ausgefüllt werden, damit man auch strukturierte Auswertungen machen kann. Welche Aggregate werden wie oft kaputt und welche Fehler treten auf. Wie gesagt, das läuft noch nicht hundertprozentig. Also da sind wir gerade im Aufbau und da wollen wir weiterentwickeln, damit man da auch ausreichend kräftige Daten rauskriegt. Und somit ist einmal sehr viel ins System abgebildet. Und es gibt auch Arbeitsanleitungen, Reparaturanleitungen. Die Wartungstätigkeiten werden sowieso alle über Wartungspläne und über Wartungsaufträge abgeordnet, wo die Tätigkeiten drin stehen was zu machen sind. Zum Beispiel für einen Ölwechsel, welches Öl ist zu verwenden, wie viel Liter Öl gehört da rein, all die ganzen Sachen. Und trotzdem ist es natürlich so, dass sehr viel in den Köpfen der Mitarbeiter natürlich abspielt. Und dass die Erfahrung, du kannst nicht alles über das System abbilden und über das System dokumentieren. Und man merkt schon, wenn alte Mitarbeiter, die sehr viel Erfahrung haben und dann in Pension gehen oder uns aus einem anderen Grund verlassen, merkt man immer wieder, dass dann trotzdem ein bisschen Know-how verloren geht. Und die jungen Mitarbeiter, dass die wieder müssen, man lernt ja auch sehr viel aus Fehlern und so. Und du kannst ja nicht alles dokumentieren. Und es liest ja nicht jeder alles dann wieder nach. Und das ist ja gar nicht so möglich. Und somit verliert man natürlich dann immer wieder Know-how, wenn ältere, erfahrene Mitarbeiter dann das Unternehmen verlassen. Also das ist trotzdem, und ich glaube, dass man da auch nicht ganz wegkommen wird, es ist trotzdem immer wieder eine große Herausforderung, wie man den Wissenstransfer von erfahrenen Mitarbeitern zu jüngeren Mitarbeitern, wie man den schafft.

33 **I:** Okay, die Transformation vom Wissen. Und so wie das jetzt aussieht, ist dein Unternehmen und die Instandhaltung schon auf dem Weg Richtung Smart Maintenance. Du hast ja erzählt, dass die ganze Produktion eigentlich immer mit den Standorten zusammen plant. Es wird eigentlich alles geplant mit der Instandhaltung auch, oder? Also gemeinsame Planung aller Akteure.

34 **P5:** Wir versuchen alles zu planen, das ist richtig, aber trotzdem treten natürlich immer wieder ungeplante Störungen auf. Aber das geht alles immer nur in Zusammenarbeit mit der Produktion. Also ohne dem geht es gar nicht. Das fließt in den Produktionsplan ein, also die Planung. Das heißt, es werden auch unsere geplanten Stillstände im Produktionsplan abgebildet. Und es müssen auch

verschiedene Arbeiten miteinander geplant werden. Zum Beispiel die Produktion hat in der Zeit, wo eine Produktionslinie steht, tun wir Reparaturen, Wartungsarbeiten und Verbesserungsmaßnahmen umsetzen. Aber die Produktion tut gleichzeitig auch in den Bereichen dann Reinigungsarbeiten durchführen, weil die Anlagen müssen ja Grundreinigung gemacht werden. Es müssen verschiedene produktionsbedingte Tätigkeiten gemacht werden. Und das muss alles immer parallel und gleichzeitig laufen. Da muss es auch immer gut abgestimmt sein miteinander.

35 **I:** Perfekt, auch das mit den Reaktiven Instandhaltung, das haben wir schon geklärt mit den Mischformen. Und mit der Agilität, dass du vorher gesagt hast, da habt ihr immer Redundanzen geschaffen, weil das reagieren bei Änderungen auch in der Produktion flexibel ist, so wie du das jetzt auch erwähnt hast vorher.

36 **P5:** Ja.

37 **I:** Perfekt, danke. Dann würden wir jetzt zu dem Bereich der Strategien im Unternehmen gehen. Im Zuge meiner Arbeit baut folgendes Thema natürlich immer auf der Instandhaltung auf. Wie würdest du Predictive Maintenance beschreiben? Und wie würdest du den Begriff abgrenzen zur zustandsorientierten Instandhaltung?

38 **P5:** Predictive Maintenance abgrenzen zur zustandsorientierten Instandhaltung? Ach, da tu ich mir schwer jetzt.

39 **I:** Ich würde dich nur, im, Zusammenhang meiner Arbeit, um eine Einschätzung bitten. Es gibt in der Literatur Beispiele, dass KI und Modelle zwingend notwendig sind. Auch muss Predictive Maintenance direkt in den Prozess integriert werden im Unternehmen, mit beispielweise Tickets, dass es automatisch ausgelöst wird, für die Instandhaltung und deren Mitarbeiter etc.

40 **P5:** Ja, also ich sage einmal, das automatische Auslösen, da sind wir noch weit weg. Wir haben es nicht integriert jetzt noch, aber zum Beispiel in der Anlage, aufgrund von verschiedenen Anlagenzuständen, da automatisiert sich ein Ticket, also eine Meldung für die Instandhaltung ausgelöst wird. Das wird alles jetzt noch händisch gemacht, von den Mitarbeitern aus quasi. Sobald etwas auftaucht, dann melden sie das. Wo es automatisiert ist, sind die Wartungspläne, das läuft einfach, die kommen zyklisch raus, da gibt es die Perioden, das wird automatisiert gemacht. Ich sage, im Prinzip sind wir sehr viel zustandsorientiert unterwegs. Und was wir jetzt einführen wollen oder werden, da sind wir jetzt gerade dabei, ist, dass wir das quasi zumindest einmal automatisieren, in Form, dass wir von der Zettelwirtschaft wegkommen. Also wir wollen, wir haben jetzt einmal, werden die Aufträge alle als Auftrag ausgedruckt, werden den Mitarbeitern gegeben, und aufgrund von dem arbeitet er das ab. Und jetzt, dass man quasi mit Tablets dann arbeitet, dass man dann direkt, dass jeder Handwerker ein Tablet hat, über das, was er seinen Auftrag kriegt, dass er aufgrund von dem dann auch zum Beispiel auf Maschinendaten zugreifen kann, Stückliste und solche Dinge, die er braucht, dass er über das Tablet gleich direkt im Ersatzteillager Ersatzteile abfragen kann. Wo man sieht was das ist, wo man sieht was nicht da ist, dass er, wenn er etwas zusätzliches feststellt, ein Ticket oder eine Meldung auslösen kann, da sind wir gerade dabei, dass wir das automatisieren, und das quasi, da erwarten wir uns sehr viel Einsparung, in Form von, dass wir dort Zeiten, unnütze Zeiten wegbringen, mit Rückmeldung zum Computer setzen und solche Dinge. Und ins Lager fragen gehen, haben wir das da, haben wir es nicht da, und für unnötige Gehwege sparen wollen. Und sonst, ja, im Prinzip, die Möglichkeit ist da, von unseren Daten, von dem ganzen Aufbau, von der Prozessleittechnik, vom PI-System her, das was wir dort nutzen, dass wir auch intelligente Messungen und so nutzen könnten, und das machen wir aber derzeit nicht

noch. Wird noch nicht umgesetzt, dass man da wirklich etwas auslöst von dem her. Aber das könnte einer für die nächsten Schritte sein, wo wir uns weiterentwickeln können.

- 41 **I:** Ich komme dann eh noch zur Infrastruktur. Ok, und würdest du jetzt ein Beispiel finden, wenn wir sagen, Predictive Maintenance mit künstlicher Intelligenz mit mathematischen Modellen im Hintergrund könnte im Unternehmen eingesetzt werden. Gibt es irgendwelche Beispiele, die dir jetzt einfallen, wo die Technologie wirklich einen konkreten Unterschied machen könnte, in deinem Unternehmen wo du jetzt tätig bist?
- 42 **P5:** Ich sage mal, bei Anlagenerweiterung, oder wenn man zum Beispiel Verbesserungen macht, wo es schon auf der Stützung ist, dass zum Beispiel das mit der Datenwolke, mit den Aufnahmen für die Anlagenbereiche, wo man Maschinenanlagen zum Beispiel mit Kameras erfasst, wo man nicht alles ausmessen muss, und das, dass man so etwas nutzen kann. Es gibt auch schon Systeme, also im Konzern, auf ausländischen Standorten, wo sie schon gestartet haben, sogar mit so Drohnen und solche Dingen, wo so Drohnen nutzen für verschiedene Inspektionsarbeiten und solche Dinge. Das haben wir aber da jetzt auch noch nicht. Im Kanalwesen, also da haben wir Dienstleister, wo wir auch mit Robotern zum Beispiel die Kanalinspektionen und solche Dinge machen, und aufgrund von dem, aber ich sage, zusätzlich hätte ich da jetzt im Moment nichts, und auch nichts, was wir jetzt nutzen.
- 43 **I:** Danke! Wenn man jetzt die Cloud betrachtet. Siehst du Vorteile, wenn man Cloud-Nutzung im Unternehmen einführen würde, also für Daten, für Modelle, Auswertungen, oder was für Vorteile würdest du sehen, wenn man Cloud nutzen würde, für beispielsweise zustandsorientierten Instandhaltung oder Predictiv Maintenance Modelle?
- 44 **P5:** Das Unternehmen XY nutzt ja Cloud, aber für generell alle Management-Prozesse wird das eingesetzt. Was natürlich ein Nutzen wäre, wenn man zum Beispiel sagt, wir können z. B. voneinander lernen, unterschiedliche Standorte, wir haben in XY ein Werk, das auch diese Faser da erzeugt und die ähnliche Anlage hat, wir haben in XY ein Werk in XY, wir haben in XY ein Werk in XY, das auch so eine Faser erzeugt und ähnliche Produktionsanlagen hat, ganz gleich sind sie nicht, aber wie könnte man z. B. das in der Richtung nutzen, dass man sagt, wie können wir das voneinander lernen und das besser zusammenführen und einfacher zusammenführen, indem, dass ich nicht brauche, der Kollege von XY z. B. ruft mich an, wir haben das und das Problem, habt ihr das auch schon gehabt und so, sondern wie könnte man das so verbinden und verknüpfen, dass man einfach, dass das automatisch irgendwo in einem System drinnen ist und ich schaue mir einfach von meinem Computer, schaue mir das in Mobil oder in XY an und schaue mir da durch, gibt es dort auch solche Themen, die ich da habe und dass man dieses System das raus sucht oder was, also in der Richtung könnte man vorstellen, wäre das natürlich ein großer Nutzen und ein großer Vorteil, einfach zum Informationen liefern, den man braucht, um Entscheidungen zu treffen, dass man einfacher zu gewissen oder wichtigen Informationen leichter dazukommen oder schneller, ohne, dass man da x-E-Mails durchsuchen muss und solche Dinge.
- 45 **I:** Super! Und dann auch mit den ganzen Wartungsstrategien oder beispielweise Predictive Maintenance-Lösungen. Das Wissen und die Erfahrungen könnte man dann auch in anderen Standorten nutzen als Informationsbeschaffung und um erste Einschätzungen treffen zu können?
- 46 **P5:** Kann man auch nutzen, wenn man sagt, man hat und es gibt ja gewisse Aggregate, die ähnlich sind und die auch ähnlich verhalten, wenn man sagt, man kann auf beides zugreifen, dass jeder das, die Erfahrung nutzen kann, für einen anderen Standort.

- 47 **I:** Hab ihr die ganzen Daten, also die ganzen Server, On-Premises also bei euch am Standort, läuft das alles bei euch irgendwo extern?
- 48 **P5:** Nein, das ist alles in Oberösterreich. Ich meine, auf der einen Seite ist es wieder, ja, tut man das halt zentralisieren, auf der anderen Seite haben wir halt gesehen, wir haben eine eigene IT-Abteilung auch da, wir haben zwei Mitarbeiter und wir haben sehr viele Programme und solche Sachen zuerst selber gehabt da, das ist aber von unseren Mitarbeitern da betreut worden und jetzt ist es so, dass es immer mehr in das übergeht, dass es zentral in XY gesteuert wird und von XY aus gesteuert wird und dadurch auch die Tickets, wenn da irgendwas nicht passt oder irgendwas zu melden ist, nach XY dann gemeldet werden muss und dass das System dadurch Träger wird, dass wir nicht so schnell reagieren, wie wenn das unsere Mitarbeiter da vor Ort gleich gemacht haben und ich sehe das, vielleicht nutzen wir das auch noch nicht so richtig oder gibt es da eh andere Möglichkeiten auch noch, aber da haben wir schon, habe ich schon in der letzten Zeit jetzt wahrgenommen, dass man uns da das Leben durch das sogar ein bisschen schwerer gemacht hat, aber auf der anderen Seite ist es so gut, wenn man das auch zentral hat und überall dann dieselbe Struktur nutzt und jetzt ist es halt so, dass wahrscheinlich, ich sehe nur eher ein Berechtigungsthema, dass halt jetzt das haben sie erst in den letzten zwei Jahren jetzt umgestellt oder sind auch dabei, wenn man umstellt, dass da jetzt quasi unsere Mitarbeiter auch die entsprechende Berechtigung, gar nicht alle haben das selber zugreifen können auch und da auch korrigierend eingreifen können, wenn wir da Themen haben.
- 49 **I:** Okay, das ganze Serverzentrum ist dann in Oberösterreich und ihr verbindet euch bei Bedarf?
- 50 **P5:** Genau, das ist alles in Oberösterreich Okay.
- 51 **I:** Alles klar. Und okay, die Nebenstandorte müssen dann auch alles nach Oberösterreich melden?
- 52 **P5:** Ja, also wir da und XY sind auf jeden Fall da verbunden und was ich weiß, müsste auch XY, Mobil, also die anderen Standorte, die genauso, das läuft sicher auch über die Cloud, also das läuft alles über das selbe Netzwerk, das selbe System.
- 53 **I:** Alles klar. Gut. Also das ist so eine klassische Frage, da lachen dann meistens alle. Industrie 4.0, ich glaube, der Begriff ist schon ziemlich zu Tode geredet worden, oder? Ist das bei euch auch so? Die ganzen Konzepte, die dahinter stehen, oder ist es einfach nur ein Begriff, den man eh automatisch irgendwie immer berücksichtigt, damit man am Stand der Dinge bleibt, also beispielweise die Vernetzung der Maschine, dass die Daten gesammelt werden, dass die Daten weitergeleitet werden?
- 54 **P5:** Ich glaube, das ist sowieso ein Prozess, der sich einfach entwickelt und der was notwendig ist, weil ohne den kommst du sowieso gar nicht mehr weiter. Und da zum Beispiel, wir sind ja jetzt auch dabei, zum Beispiel auch das mit autonomen Fahrzeuge und zum Beispiel Stapler, da werden wir jetzt ein Projekt starten, zum Beispiel. Verschiedene Sachen ergeben sich natürlich auch aufgrund von Einsparungserfordernissen und von Kostendruck her, dass man sagt, wir können Prozesse und Dinge noch effizienter und noch günstiger machen und einfacher machen, damit wir einfach Kosten sparen. Und im Prinzip hat es ja auch nur dann einen Nutzen, wenn man sich Kosten spart. Und zum Beispiel jetzt sind wir auch dabei, oder starten wir jetzt gerade, ein Projekt, wo wir wollen, zum Beispiel im Zellstofflager, wo der Zellstoff gemahlen wird, durch diesen Transport von Zellstoff mit autonomen Staplern zum Beispiel automatisieren. Man kann dort zum Beispiel Mitarbeiter reduzieren, einsparen dann und die Mitarbeiter wo anders einsetzen, aber dass man sagt, wie kann man das zum Beispiel, dass der Stapler dann die ganzen Daten für die Zellstoffe hat, mit den

Qualitäten, was wir eingehen müssen jetzt händisch, dass das irgendwo zwischengelagert wird, dass aufgrund vom Produktionsprozess, dann auch der Stapler alleine dann den richtigen Zellstoff holt und die Maschinen bestückt mit dem richtigen Zellstoff. Das kann man alles automatisieren, kann man alles dann ja quasi in Form von Industrie 4.0 da ausbauen. Aber das sind Anforderungen, nicht weil wir sagen, wir wollen jetzt Industrie 4.0 umsetzen oder einführen, sondern das sind einfach so Erfordernisse, die was aufgrund von Kostendruck und solchen Dingen halt entstehen und wo man einfach überlegen muss, wie kann man das optimieren, damit man da besser wird und wettbewerbsfähiger wird.

55 **I:** Perfekt, danke. Jetzt hast du ja schon kurz erwähnt, wie würdest du jetzt zum IT und den OT-Bereich, also da gibt es ja den Unterschied, IT und OT ist eher so in Richtung mehr Produktionsanlagen usw. und IT wirklich die ganze Netzwerkinfrastruktur, die Programme dahinter. Inwiefern würdest du die Modernität und die Flexibilität von den IT und OT beurteilen hinsichtlich Integration verschiedener Systeme beurteilen?

56 **P5:** Ja, ich sage jetzt zum Beispiel in der Produktionsanlage draußen die ganze Prozessleittechnik und so, da hat sich da schon einiges getan in der letzten Zeit von der Flexibilität her. Das erste System, das wir dort eingeführt haben, dort hat es keine Möglichkeit gegeben, die nächste Generation aufzusetzen, wir mussten alte Systeme komplett demontieren, damit wir auf ein neues System oder auf eine neue Generation umrüsten. Das hat sich wesentlich verbessert. Da sind die Systeme schon so flexibel geworden, dass das aufbauend ist und dass du das modular erweitern kannst und zum Teil sogar im Betrieb erweitern kannst und ergänzen kannst, weil früher mussten Anlagen abstellen, wenn du jetzt irgendeine Steuerung gewechselt oder erweitert hast. Jetzt kannst du das alles im Betrieb machen. Da hat sich schon sehr viel getan und ich glaube, da wird sich auch noch mehr getan. Da hat sich sehr viel weiterentwickelt. Die IT Infrastruktur ja, ich sage, entwickelt sich auch immer weiter, was wir halt auch die Erfahrung machen, dass manche Systeme fast zu schnell weiterentwickeln. Wenn man ein System einführt, zum Beispiel ein Dokumenten Management System oder zum Beispiel unsere CapEx, unsere Investitionsprojekte, Steuerungsprogramme und so, wenn man das einführt, bevor man richtig arbeiten kann und umgehen kann mit dem System, kommt schon wieder etwas Neues und dann wird es schon wieder umgedreht. Die ganz jungen Mitarbeiter, die tun sich da vielleicht leichter, weil das schon mehr aber ältere Mitarbeiter und so, die tun sich da dann nicht so leicht, weil das fast schon zu schnell geht. Der Wechsel oder der Umstieg in neue Systeme. Da hören wir auch immer wieder in der Mannschaft draußen, jetzt haben wir erst angefangen mit dem, jetzt lassen sie uns mit dem mal arbeiten und dann kommt schon wieder etwas Neues. Das sind halt die Dinge, nur natürlich hat jedes neue Programm, jedes neue System hat wieder seine Vorteile und wenn man es dann herausfinden muss, bis man es richtig beherrscht und wieder richtig nutzen kann, kommt dann schon wieder etwas Neues.

57 **I:** Danke. Die zustandsorientierte Instandhaltung habt ihr augenscheinlich ja schon im Griff. Wenn man jetzt aber cloudbasierte Predictive Maintenance-Lösungen betrachtet. Was denkst du, was glaubst du ist notwendig, damit solche Systeme integriert werden können? Oder sagst du, IT-Infrastruktur, IT- und der OT-Bereich ist für die ganzen Anpassungen schon aktuell und passend? Wenn man zum Beispiel die Datensammler wie IoT Edge Devices betrachtet. Edge Devices sind quasi nur PC'S, was Daten sammeln und bei Bedarf vorverarbeiten und schon kleinere Berechnungen durchführen. Bei euch werden ja viele Daten generiert, was du schon erwähnt hast, die dann in ein Leitsystem transferiert werden. Dashboards habt ihr ja vermutlich auch.

- 58 **P5:** Ich meine, es ist überhaupt draußen in der Produktion, die gesamte Anlage, da ist ja ein kompletter Raum, da sitzen 6, 8 Mitarbeiter drinnen, jeder Mitarbeiter hat glaube ich 4 oder 5 Monitore, wo die gesamte Anlage überwacht wird und von dort aus steuert er ja das Ganze und dann haben wir natürlich auch dieses Plant Information System heißt das, wo auch die gesamte und da sind alle Daten drinnen, alle Prozessdaten drinnen und da ist die ganzen Grafiken und die Kurven und die Auswertungen und da siehst du auch alles analysieren, wenn jetzt irgendeine Störung ist, was ist zu dem Zeitpunkt gewesen, ist irgendein Druck angestiegen, Temperatur angestiegen und solche Dinge, die Drehzahlen und ich sag von dem her, glaube ich, sind wir schon sehr gut vorbereitet und ausgerüstet und uns stehen sehr viele Daten zur Verfügung, da geht es bei uns, sag ich eher in die Richtung, diese Daten auch wirklich jetzt dann richtig zu nutzen und wirklich diese Datenmenge, die man da hat, auch entsprechend und dort fällt dann natürlich auch die künstliche Intelligenz, glaube ich, rein, weil du kannst ja nicht alles, sondern wie schaffe ich es, dass ich das so filtere, dass ich genau nur die wichtigsten Informationen kriege, die ich brauche und welche Informationen brauche ich tatsächlich von der ganzen Datenfülle, was da ist. Also ich glaube, datenmäßig beim Erfassen und dass wir es einmal haben, haben wir sehr viel da, das haben wir sehr gut aufgestellt, wo wir ein Schwächen haben, ist die Nutzung von dem Ganzen.
- 59 **I:** Und die großen Mengen, werden die wirklich bei euch gespeichert, oder werden die zum Hauptstandort auch schon transferiert?
- 60 **P5:** Wir haben schon Server da gehabt, da weiß ich jetzt gar nicht genau den Letztstand, ob jetzt mittlerweile schon alles auf den Hauptstandort transferiert wird. Wir haben noch einen Serverraum drin, das weiß ich, da laufen wir auch Server drin und was jetzt da, da müsste ich mit der IT jetzt mal reden, aber sonst grundsätzlich ist schon zentral das über den Hauptstandort geregelt, also der Großteil geht auf jeden Fall zum Hauptstandort.
- 61 **I:** Also eine eigene selbst gemanagte Private-Cloud habt ihr dann wirklich, also eine eigene Serverlandschaft, wo alle darauf zugreifen und die Daten gespeichert werden.
- 62 **P5:** Ja.
- 63 **I:** Alles klar. Dann kurz zur Organisation, also du hast eh schon, da kommen wir dann eh da kurz dazu, siehst du da irgendwelche anderen technischen Herausforderungen, wenn man jetzt so cloudbasierte Anwendungen wie Predictive Maintenance integriert bei euch ins System? Also du hast schon gesagt, dass das unternehmensweit integriert werden müsste.
- 64 **P5:** Ja, genau. Also dafür zum Beispiel jetzt das mit der mobilen Instandhaltung, die Tablets und so, ist ein globales Projekt, das wird bei uns jetzt als Pilotprojekt jetzt mal umgesetzt und wird geschaut, dass man es bei uns jetzt mal einführt und dann soll es quasi ausgerollt werden auf alle anderen Bereiche. Warte, jetzt ruft mich eh schon der Techniker an. Wie lange werden wir denn noch brauchen?
- 65 **I:** Viertelstunde.
- 66 **P5:** Viertelstunde? Warte, ich rufe da schnell zurück. (...) Ja. Wir haben eigentlich um 14 Uhr für die nächste Besprechung gestartet, aber ich habe jetzt eben gesagt, ich brauche noch Viertelstunde.
- 67 **I:** Danke, dann beeile ich mich mit den restlichen Fragen. Organisatorisch hast du eh schon gesagt. Das Lösungen wie Predictive Maintenance in den Prozess integriert wird bei euch, das ist denke ich relativ schwierig, oder? Also wenn es jetzt Predictive Maintenance System oder etwas anderes

Neues integrieren möchte in der Cloud, dass das auf die Server im Hauptstandort läuft, ich glaube das ist relativ schwierig, oder, dass ihr das jetzt nur bei euch integriert?

68 **P5:** Die größte Herausforderung ist da immer wieder dann einfach die Überzeugung, ich sage als einzelner Standort, so wie wir da sind in XY, eigentlich haben wir in XY ein kleiner Standort, da haben wir halt nicht sehr viel Gewicht und da muss man schon sehr viel Argumente bringen, damit dann global dann bereit sind, diese Sachen umzusetzen. Auch das mit der mobilen Instandhaltung, jetzt damit den Tablets und so, haben wir ja schon 2012 angesetzt gehabt, sind wir nicht durchgedrungen, haben wir es endlich geschafft und da sind eher das die Herausforderungen, dass man dann wirklich sagt, dass man wirklich sagt, man ist bereit das zu machen und umzusetzen. Wir da alleine können da sehr wenig jetzt selbstständig machen.

69 **I:** Alles klar, ja, danke. Wie bewertest du jetzt so Datensicherheit und die Datenintegrität, wenn jetzt so Daten wie bei euch in die Cloud kommen, oder wenn die jetzt transferiert werden zum Hauptstandort? Glaubst du das ist beides sicher?

70 **P5:** Da gehe ich jetzt einmal davon aus, dass wir da relativ sicher sein, es werden auch immer wieder so Checks gemacht, also da gibt es ja letztes Jahr hat es erst wieder so ein Datencheck, ein Blicks, ein Check geführt worden, wo das analysiert ist geworden, wo haben wir Schwachstellen oder wo, da ist ja jeder Standort angeschaut worden und da hat es, soweit ich jetzt weiß, natürlich ein paar Punkte, ein paar Themen gegeben, die bearbeitet werden, aber da war, was ich jetzt Informationen gehabt habe, nichts dramatisches dabei und da wird an dem auch immer wieder gearbeitet, aber da hat unser globales IT-Team oben schon im Fokus und kontinuierlich ständig immer wieder überwacht und angeschaut. Und da sind es auch sehr heikel, wir dürfen auch nur zertifizierte Geräte einsetzen. Also wir, das ist angeschaut beim Kopierer oder Drucker und wir kriegen auch alle Geräte, so wie Laptop und Monitore und das ganze Zeug ist auch wieder vom Standort intern vergeben, und das sind alle zertifiziert, also ich kann nicht jetzt einfach von daheim, oder auch mein Handy, ich kann nicht einfach von daheim meine Handy mitnehmen und mit meinen Handy da firmenmäßige Verbindungen herstellen mit dem Privaten, sondern da wird sehr genau geschaut drauf. Ist natürlich nicht günstig, weil die Gerätschaften, es müssen alle Geräte zertifiziert sein und es gäbe günstigere Drucker, die wir einsetzen, und auch das, was wir brauchen, wir brauchen gar nicht den hohen Standard vom Arbeiten her, aber für die IT-Sicherheit und für die Cloud-Sicherheit ist verstehe ich auch das es natürlich notwendig ist, dass das alles einen entsprechenden Standard haben muss.

71 **I:** Habt ihr Public-Cloud-Anbieter, habt ihr z. B. Office 365 im Einsatz? Wahrscheinlich schon, oder?

72 **P5:** Ja.

73 **I:** Google oder habt ihr irgendwelche anderen Cloud-Lösungen?

74 **P5:** Google, Office 365, und dann haben wir die ganzen MS-Office-Programme halt. Das haben wir schon alles. Mozilla haben wir da drauf.

75 **I:** Wenn wir das jetzt so betrachten würden, z. B. das ist ja eine Public-Cloud, also es ist ja Google, Amazon und Microsoft, das ist so Public-Cloud Geschichten. Inwiefern würdest du jetzt beurteilen, sind da finanzielle Risiken, und glaubst du ist die Abhängigkeit groß, wenn ich so jetzt Predictive Maintenance-Lösungen in die Cloud, weil es gibt fix fertige Lösungen auch schon, wo du die Daten reingibst in die Cloud in so eine Public Lösung, und dann kriegst du wieder Auswertungen

zurückgeschickt, auch mit so einem Ticketsystem, wie ich es am Anfang schon erwähnt habe. Glaubst du ist das finanzielle Risiko hoch in der Hinsicht, oder das Risiko der Abhängigkeit?

76 **P5:** Tja, was haben ich mich jetzt eigentlich gar nicht beschäftigt. Da kann ich jetzt gar nichts sagen dazu, das weiß ich jetzt nicht. Ich weiß jetzt auch nicht, was da jetzt die Möglichkeit oder der Nutzen wäre von dem. Weiß ich jetzt nicht.

77 **I:** Passt. Gut. Es ist halt einfach so eine allgemeine Frage, wie ihr damit umgeht, und dann sehe ich euch eher Richtung Private-Cloud-Lösungen gehen, vor allem wenn es um Daten geht. Das mit den Mitarbeitern, hast eh schon gesagt, dass die Schulungen einfach notwendig sind in der Hinsicht, also wenn neue Systeme reinkommen, vor allem bei älteren Mitarbeitern.

78 **P5:** Ja.

79 **I:** Kommen wir zum Abschluss jetzt. Jetzt habt ihr eher so zustandsorientiert im Einsatz, aber so richtig cloudbasierte Predictive Maintenance-Lösungen, dann nein, oder?

80 **P5:** Also wenn, dann in kleinen Bruchteilen oder Bruchstücken. Aber das ist auf keinen Fall so richtig umgesetzt.

81 **I:** Du hast ja schon gesagt, es gibt so Überlegungen, Ansätze, in der Hinsicht, oder, dass ihr in diese Richtung gehen möchtet, dass die Systeme intelligenter werden?

82 **P5:** Ja, genau. Ansätze gibt es, aber wie gesagt, da sind wir wirklich ganz am Anfang.

83 **I:** Und wenn ihr solche Initiativen macht, wie wird der so den Return of Investment dann berechnet bei euch, wenn ihr so Investitionen tätigt? Weil ich denke mir, das ist relativ schwierig, oder? Vor allem im Kontext der Instandhaltung, das ist eher eine langfristige Geschichte und der Return of Investment ist eher schwierig zu beurteilen, oder?

84 **P5:** Wir haben da ein eigenes, also für alle Projekte, egal in welche Richtung das geht, da gibt es unsere standardisierten CapEx-Anträge, wo wir quasi diese Beschreibungen machen, wo wir es auch verbal einmal beschreiben müssen, was der Nutzen und der Sinn, der Zweck und das Ganze ist. Und dann müssen wir es natürlich auch mit Kosten hinterlegen. Und dann geht es halt in Richtung, wenn man sagt, wie bei der mobilen Instandhaltung, da geht es in Richtung Arbeitszeiteinsparung, Arbeitszeitreduktionen. Und da tun wir uns ja trotzdem wieder schwer, wir wollen ja nicht dann durch diese Verbesserung jetzt Mitarbeiter reduzieren. Ich kann es nicht begründen, wenn ich das einführe, dann sparen wir drei Mitarbeiter oder fünf Mitarbeiter und dann, ja, was kostet mich der Mitarbeiter und was ist mein Potenzial, sondern wir haben ja jetzt einen großen Arbeitspool, der muss man von uns her schieben, was wir zum Teil gar nicht bewältigen können. Der Sinn und Zweck soll ja eigentlich sein, dass wir Zeit, diese wertvolle Zeit besser nutzen können. Dass ich sage, er soll nicht da hin und her laufen, und schauen, ins Lager laufen, fragen, ob wir eine Ersatzteil da haben, und dann hört er, nein, das haben wir nicht da, und dann läuft er wieder zurück, sondern, dass man einfach die Zeit dann für sinnvollere Arbeiten nutzen kann. Und dann ist es natürlich nicht so einfach, wir begründen es, oder wie bringt man dann Zahlen dahinter, weil dann muss ich sagen, ja, dann kann er dadurch fünf Aufträge am Tag mehr abarbeiten, oder so in die Richtung. Also es ist natürlich bei den Dingen, bei den technischen Sachen ist es einfacher, weil ich sage, da brauchen wir Energie, da kann ich meine Produktionskosten nicht um so und so viel Cent senken, da kann man es leicht berechnen, aber bei den Dingen ist es natürlich immer

schwierig, und da ist sehr viel mit Argumentieren, hat sehr viel mit verbalen Argumentationen zu tun, aber mit Kosten ist das schwer zum Belegen dann.

85 **I:** Wenn wir jetzt sagen, Cloud-Basierte Predictive Maintenance habt ihr noch nicht im Einsatz, wenn wir jetzt den Cloud-Faktor ein bisschen mit berücksichtigen, und wenn wir jetzt aber ein bisschen Low-Level gehen, also ihr habt ja zustandsorientierte Instandhaltung ja schon im Einsatz, das funktioniert ja alles, und Predictive Maintenance ist ja noch einmal Stufen drüber. Wenn man das jetzt im Kontext sieht, was sind so Empfehlungen oder Vorschläge, damit sich solche Systeme ins Unternehmen integriert werden können, oder was müssen Produktions- oder Fertigungsanlagen wirklich haben und können, also was ist das wichtigste, was sind so Handlungsempfehlungen, damit die zumindest einmal zustandsorientierte Instandhaltung erreicht werden kann.

86 **P5:** Was man braucht, um zustandsorientierte Instandhaltung machen zu können?

87 **I:** Genau, oder Predictive Maintenance?

88 **P5:** Vorschläge. Ja, was muss man machen, also es müssen natürlich einmal die Systeme dahingehend ausgerichtet sein, man braucht die entsprechenden Werkzeuge, Tools dazu, du brauchst die kontinuierliche Datenerfassung, das muss automatisiert laufen, dann natürlich geht es in Richtung die Auswertung, wie kann ich diese Daten sinnvoll nutzen, wie kann ich die richtige Information rausziehen, was mir hier weiterhelfen, dann geht es natürlich um die Mitarbeiter, es ändert sich auch für die Mitarbeiter ein bisschen was, du hast immer wieder, gerade im handwerklichen Bereich, dann Mitarbeiter drinnen und speziell dann ältere, die dann auch nicht so affin sind mit irgendwelchen Messgeräten oder mit Laptop und mit irgendwelchen Programmen und so, auch mit Rückmeldungen und so für die Aufträge mit den Daten, wo man immer wieder Themen, das heißt, da ist die Herausforderung auch, die Schulung der Mitarbeiter und dass man die Mitarbeiter auch den Nutzen und den Sinn dahinter vermittelt, dass er das auch nicht nur macht, weil der Chef ihm das anschafft, sondern dass er weiß, dass er wirklich einen Wert hat, wenn diese Daten da drin sind und wenn er das sauber zurückmeldet und das System mit guten Daten befüllt, weil dann kann man gewisse Sachen ableiten und dann kann man einen positiven Effekt für die Betreuung der Anlage herausziehen. Das heißt, auch die Mitarbeiterschulung und auch das, das ist ein ganz wichtiger Faktor und das wird natürlich immer besser, weil die jüngere Generationen, die wachsen automatisch mit dem auf, aber trotzdem haben wir jetzt immer Mitarbeiter drinnen, die das nicht noch so drinnen haben. Wir haben auch immer wieder Schwierigkeiten gehabt damals, wie wir angefangen haben, mit Reparaturanleitungen zu schreiben und das wirklich genau zu dokumentieren, mit Fotos, mit Beschreibung. Da haben zuerst die älteren Mitarbeiter, die Meinung gehabt, ja, ich will nur alles dokumentiert haben und zusammengeschrieben haben, damit das Unternehmen mich nicht mehr braucht, damit das auch quasi ein Hilfsarbeiter auch machen kann, weil der braucht nur mehr nach der Anleitung dann abarbeiten und dass man das klar macht, nein, das ist nicht so, sondern es ist einfach, dass man das Know-how schützt, dass man das Know-how festhält, damit man, wenn der Mitarbeiter einmal nicht da ist, länger krank ist, dass er andere auch machen kann und dass man nicht einfach das verliert und das sind auch die Herausforderungen, die man in Bezug auf die Mitarbeiter dann immer wieder hat.

89 **I:** Gut, danke für das Interview hat lange gedauert, sorry. (lacht) Eine kurze Frage noch zu den Zukunftsperspektiven. Glaubst du, das Predictive Maintenance vor allem mit KI und in der Cloud die Zukunft ist, oder denkst du eher, dass es wirklich lokal bleibt?

- 90 **P5:** Ich glaube dass es auf jeden Fall die Zukunft ist und der Fortschritt, sag ich mal, der ist nicht zu aufhalten. Das heißt, wenn man was erreichen will, dann muss man da einfach mit, da gibt es aus meiner Sicht gar kein zurück und da kriegt es auch nichts, da irgendwie zu einem Querlängen zu sagen, nein, das ist mir wurscht, das ist in Ordnung nicht mehr und das brauchen wir. Der, was das nicht will, der bleibt hinten dann, der wird irgendwann einmal weg sein vom Fenster, das heißt, da muss man und das wird sich immer weiter entwickeln. Es wird irgendwann, ich meine, es wird eh schon geredet, von der mitarbeiterlosen, oder wie heißt das, also von der Fertigungs- oder Produktionsanlage, wo gar keine Mitarbeiter mehr drin sind, wo alles vollautomatisiert wird, da sind wir sicher noch weg oder noch weit weg, aber die Entwicklung in die Richtung, die kommt einfach und der ist da und ich glaube, das können wir auch nicht aufhalten und ist auch nicht sinnvoll zu aufhalten. Es werden sich einfach nur die Aufgabenfelder ändern, die einfachen Tätigkeiten, die werden automatisiert werden, es muss immer mehr, man muss immer mehr mit Automatisierung, mit höherwertigen Sachen auseinandersetzen und ich sage auch Roboter, selbst wenn ich jetzt sage, draußen im Zellstofflager fahren ab nächstem Jahr zum Beispiel anstatt drei Mitarbeiter sind drei Roboter draußen, die Roboter brauchen auch Betreuung, die brauchen auch was, da muss auch irgendwer was machen, das heißt nur, es ist eine andere Art von Arbeit, das heißt, dann brauche ich halt nicht einen Handwerker, der dann Zellstoff hin und her führt, aber ich brauche jemanden, der was die Wartung für die Roboter macht, der was den Roboter programmiert, der was dem Roboter sagt, was er zu tun hat und den denke ich alle. Also das heißt, weil dann ist es ja nicht, dass man arbeitslos wird, nur man muss bereit sein, sich weiterzuentwickeln.
- 91 **I:** Alles klar, danke. Abschließend noch, bei mir ist es natürlich auch ein kontinuierlicher Verbesserungsprozess, hast du irgendein Feedback für mich, hat irgendeine Frage gefällt oder hättest du das Interview oder irgendwas, dass du was anderes erwartet hättest? Oder hat es so gepasst?
- 92 **P5:** Nein, von dem her passt es schon. Wie gesagt, ich habe das jetzt nicht, ich weiß nicht, ob es irgendwo runtergegangen ist, auf jeden Fall habe ich es nicht aufgefunden, für mich wäre es vielleicht ein bisschen einfacher gewesen, wenn ich es schon vorher gewusst hätte, hätte ich ein bisschen mehr schon durchdenken können, aber es ist auch nicht schlecht, jetzt einfach aus dem Stehgreif heraus, die Themen zu beantworten, aber sonst vom Ablauf her hat es schon gepasst.
- 93 **I:** Ja, dann ist irgendwas schiefgegangen, ich schicke eigentlich alle immer das Handout durch, dann tut es mir leid.
- 94 **P5:** Ich meine, ich weiß jetzt auch nicht, vielleicht ist es auch bei mir irgendwann gegangen, nur der E-Mail, den ich für dich aufgemacht habe, da war es nicht dabei.
- 95 **I:** Ja, jetzt ist es eh schon passiert. Perfekt, dann beende ich die Aufnahme.

ANHANG I - Transkript Interview 5 - D1

- 1 Transkription für **D1**:
- 2 **I**: Danke vorweg für deine Zeit heute. In was für einer Branche ist dein Unternehmen tätig und was sind eure Kerntätigkeiten?
- 3 **D1**: Automatisierungstechnik und da liegt der Fokus vor allem auf der Softwareentwicklung. Das heißt im Kern ist bei uns eigentlich immer die SPS-Programmierung. Da mittlerweile TIA-Portal und Steuerungen basierend auf Beckhoff. Und was bei uns dann dazugehört, wir haben eher den Fokus auf Inspektionen bei End-of-Line Prüfungen. Da bist du eigentlich dann immer auch im Bereich Datenhandling Zuhause. Von einer BDE-Schnittstelle, wo man ein Strukturen auflegt für die Steuerungen. Oder auch, dass man selber in der Datenbank schaut. Was dann immer auch dazugehört bei Prüfsystem sind zu integrierende Komponenten. In unserem Fall Kammerprüfungen. Dann natürlich auch SPS-Programmierung. Meistens sind dann auch Roboter im Einsatz mit klassisch Pick-and-Place Funktionalitäten. Des Weiteren haben wir Digital Twin und auch Predictive Maintenance-Lösungen im Einsatz.
- 4 **I**: Wie viele Mitarbeiter habt ihr jetzt?
- 5 **D1**: Sieben. Mit Teilzeit.
- 6 **I**: Und was ist deine Rolle im Unternehmen?
- 7 **D1**: Ich bin Geschäftsführer.
- 8 **I**: Und wie lange gibt es das Unternehmen?
- 9 **D1**: Datum XY. Über 2 Jahre.
- 10 **I**: Gut, dann kommen wir jetzt zu den spezifischeren Fragen. Ich starte mal Fragen in Richtung Instandhaltung. Inwiefern siehst du eigentlich die Instandhaltung als strategischen Erfolgsfaktor für den nachhaltigen Unternehmenserfolg?
- 11 **D1**: Ich glaube, dass die Instandhaltung enorm wichtig ist. Die Instandhaltung ist einer der wichtigsten Abteilungen im Produktionsunternehmen, weil diese Abteilung hält den Laden am Laufen. Und was ja auch ist, je nach Branche unterschiedlich natürlich. Aber meistens hast du einen gewaltigen Kosten-, Zeit- und Lieferdruck. Und wenn dann mal eine Anlage steht, dann ist auch die Instandhaltung an vorderster Front. Und das sind auch dann diejenigen die am Samstag oder Sonntag angerufen werden wenn es Probleme gibt. Darum ist es ja auch sinnvoll, dass man Stillstände vorab vermeidet. Aber ich glaube, das ist die Instandhaltung einer der essentiellen Abteilungen von einem Produktionsunternehmen ist.
- 12 **I**: Gut, perfekt. Und was für Arten von Produktionsunternehmen sind typischerweise in den Unternehmen vorhanden mit denen du zusammenarbeitest?
- 13 **D1**: Ganz viel Automobilindustrie, also Automotive. Und da haben wir meistens Projekte im Spritzguss-Bereich. Das heißt, Kunststoff-, Stecker und Steckverbindungen. Das heißt, irgendwelche Kontakte werden abgespritzt und haben dann das Gehäuse für einen Regensensor, haben das Gehäuse für einen Park-Sensor, haben das Gehäuse für einen Airbag. Also das ist das, wo wir die meisten Projekte haben, wo wir dann auch mit den Themen in Berührung kommen.

- 14 **I:** Und wie wird von den Anlagen, dann die Effizienz zum Beispiel zu überwacht?
- 15 **D1:** Ja, das ist dann meistens stark digitalisiert. Weil bei den Projekten die wir im End-Of-Line Bereich haben werden zig Teile produziert. Das heißt, du kannst eigentlich von jedem Aktor oder von jeder Station zumindest die Zykluszeiten tracken. Also wie lange waren deine Verfahwege? Und du wirst dann eigentlich auch auf dein BDE System hinschreiben wie viel Gutteile du hast, wenn es keine Gutteile waren, was war schlecht, war es optisch schlecht, war es elektrisch schlecht, war die Dichtheit schlecht etc.. Und dann hast du halt gewisse Faktoren wie Ausprägung oder so, wie viel Prozent von der und der Anlage weil das ist dann eigentlich der Performance-Faktor von der Ausprägung. Und ein anderes Thema ist natürlich dann Stillstandszeit, also ob du längere Stillstände hast, das ist ein Performance-Faktor. Und auch Ausschuss. Wobei wo wir jetzt tätig sind haben wir nicht direkt Einfluss auf den Ausschuss. Das eher dann die vorgelagerten Fertigungsprozesse. Wir müssen dann meistens sicherstellen, dass auf bei einem gewissen Ausschuss-Prozentsatz dann Meldungen gibt, ans Bedienpersonal die das dann quittieren müssen. Ab einer gewissen Häufigkeit muss dann jemand anders mit einem anderen Benutzer-Level agieren der das erst quittieren kann.
- 16 **I:** Und du kannst dann auch die effektive Stückzahl und die Effektivität der Anlage über beispielsweise das BDE-System erfassen?
- 17 **D1:** Ja genau. Also wir schicken die Daten zum BDE System und dort wird dann alles zusammengefasst. Und dann gibt es meistens irgendwelche Dashboards, was ich jetzt oft gesehen habe, wo man dann die Möglichkeit für einen Quick-View hat, wo man sich dann die KPIs von einer Anlage reinzieht und über seinen Anlagenpark ein Dashboard macht wo ich dann auf einen Blick die Ausbringung, Ausschuss etc. sehe.
- 18 **I:** Und wie sieht dann typischerweise die Wartungsstrategie bei den Anlagen aus?
- 19 **D1:** Also die Wartungsstrategie in dem Fall ist geplant und präventiv, aber in dem Sinne auf, also es ist nicht eine Wartungsstrategie, mit den Unternehmen wo ich zu tun hatte, die sich nicht auf alle sechs Monate so bezieht, sondern auf die konkreten Stückzahlen der Anlage, das heißt, weil hier ist ja sehr viel mit Spritzguss zu tun haben, da wird wirklich, das ist dann unsere Aufgabe meistens, wir müssen dem BED-System mitgeben, wie viel Schuss die Spritzgussmaschine gefahren ist, und dann basierend auf der Schusszahl von der Spritzgussmaschine wird dann die Wartung an getriggert. Weil da hast du den Kostenvorteil, dass du jetzt nicht alle sechs Monate mit einem Zeitintervall warten musst, sondern alle zig Teile. Wenn du dann weniger produzierst, hast du weniger Wartungskosten. Das ist quasi der Schritt vom präventiven, wo ich zumindest geplant oder auf konkrete Stückzahlen der Anlage agiere und nicht einfach nur zeitbasierend Wartungstätigkeiten durchführe. Und dann wird auch geschaut, zum Beispiel, wenn der Hersteller sagt, alle 400.000 Schuss musst du warten, wird dann auch nochmal geschaut, ob man es nicht bei gewissen Werkzeugen verlängern kann. Das ist halt mit dem BDE-System praktisch, weil ich wirklich weiß, ob das Werkzeug jetzt bereits z. B. 10 Mal gewartet worden ist, und bei jeder Wartung das Werkzeug top ausgeschaut hat dann kann ich eigentlich ein bisschen raufgehen mit dem Wartungsintervall.
- 20 **I:** Also wirklich nach der Anzahl von der Spritzgussmaschine?
- 21 **D1:** Genau! Oder auch die Stanzen. Wirklich auf die Anzahl der Arbeitszyklen, auf die Anzahl, und dann halt das Feedback, aber das ist ein menschliches, kein automatisiertes Feedback, ob man nicht bei gewissen Werkzeugen das Intervall ob man es nicht sogar verlängern kann, weil ich gesehen habe, es hat immer super mit 400.000 Zyklen funktioniert. Jetzt probiere es mal mit 450.000 Zyklen. Aber das Intervall ist genau hinterlegt, und das wird immer mit dem Ist der Anlage verglichen.

- 22 **I:** Gibt es irgendwelche Vorfälle, warum das zum Beispiel nach Taktzyklen gewartet wird? Würde es andere Möglichkeiten, das hier Wartungen durchgeführt werden könnten?
- 23 **D1:** Würde gehen, wird aber nicht gemacht in dem Fall. Bei den Projekten, wo es gemacht wird, das habe ich vorher vergessen zu erwähnen. Bei den Robotern mit denen wir zu tun haben wer es so, dass sie immer wieder kaputt gegangen sind. Da ist dann eingeführt worden, dass auf die Temperatur geschaut wird. Also da haben wir einen prädiktiven Bereich. Aber bei den Spritzgussmaschinen ist es normalerweise Schuss passiert, und nicht nach Sensorik. Bei den Roboter auf Temperatursensor, weil meistens jeder Roboter einen Temperatursensor hat, dann ist es relativ easy, dass er das kontrolliert, ob der schon zu viel auf Überlast ist.
- 24 **I:** Das wäre dann eine Form der zustandsorientierten Instandhaltung?
- 25 **D1:** Ja, genau.
- 26 **I:** Okay, wenn man das betrachtet, was für Trends gehen in den Unternehmen, wenn man z. B. die sechs zentralen Handlungsfelder betrachtet, die die Zielvision der Smart Maintenance veranschaulichen sollen? Ich würde dich um deine Einschätzung hierzu bitten. Zu Beginn. Ist die Produktionsgestaltung mit der Instandhaltung getrennt? Oder ist es eine gemeinsame Planung aller Akteure?
- 27 **D1:** Nein, das ist schon zentral über die Produktionsdaten gemanagt, und da hat dann auch wirklich der Instandhalter die Aufgabe, dass er sich auf diese Daten bezieht. Also das ist in dem Fall zentral geplant, wo wirklich Instandhalter und Produktionsleitungen sich abstimmen.
- 28 **I:** Und so wie du das zuvor erzählt hast, siehst du eher präventive Wartungsstrategien in den Unternehmen integriert und nicht reaktiv?
- 29 **D1:** Ja, genau.
- 30 **I:** Geringe Flexibilität in der Produktion, oder sind flexible Reaktionen in der Produktion bei Änderungen möglich?
- 31 **D1:** Wie ist das genau gemeint?
- 32 **I:** Also wenn Wartungstätigkeiten durchgeführt werden müssen, ob sich die Produktion anpassen kann? Also in eurem Fall dann eher nicht, da die Anlage ja abhängig ist von der Spritzgussmaschine und nicht wirklich Redundanzen vorhanden sind?
- 33 **D1:** Ja, genau.
- 34 **I:** Da ist ein interessanter Punkt. Ist das Wartungswissen eher stark personengebunden? Oder ist ein zentral Wissensmanagement in der Art vorhanden?
- 35 **D1:** Es ist nicht stark personengebunden. Weil es ist so stark automatisiert und digitalisiert, dass die notwendigen Informationen für die Wartung für jeden leicht verfügbar sind.
- 36 **I:** Okay, das ist gut. Ist das Ersatzteilwesen strukturiert und anforderungsgerecht?
- 37 **D1:** In den Unternehmen wo ich zusammenarbeite ist es auf jeden Fall anforderungsgerecht und strukturiert.
- 38 **I:** Und wird die Instandhaltung noch immer als reiner Kostenverursacher gesehen, oder ist der Wert den Unternehmen der Wert bekannt?

- 39 **D1:** Also ich denke, dass die Unternehmen ganz stark den Wertbeitrag sehen. Ja, ja. Also mit dem Einblick, was ich jetzt habe, ist die Instandhaltung einer der wesentlichen Abteilungen, was das Rad am Laufen hält.
- 40 **I:** Okay. So jetzt gehen wir zu den Fragen zu Predictive Maintenance. Wie würdest du Predictive Maintenance beschreiben?
- 41 **D1:** Ja, bei Predictive Maintenance würde ich wirklich sagen, dass man vorab Fehler erkennt, und nicht erst, wenn es zu spät ist. Und es sollte meiner Meinung nach so sein, dass man überhaupt nicht mehr abhängig ist von produktionsbasierten Werten. Man sollte wirklich nur noch warten, wenn ich merke, aufgrund von Sensorik etc. irgendwas fängt an kaputt zu werden. Und dann kann es ja auch sein, wie in dem Beispiel, wo wir vorher waren, wo alle 400.000 Schüsse gewartet wird, wenn ich es rein prädiktiv mache, kann es auch sein, dass ich 2 Millionen Schüsse fahren kann, und dann erst mehr merke das das System gewartet werden muss. Also meiner Meinung nach sollte es da gar keine fixe Regel mehr geben. Dann hätten wir das Endziel erreicht, dass viel Kosten gespart werden können.
- 42 **I:** Und welche Erfahrungen hast du bereits mit Predictive Maintenance gemacht?
- 43 **D1:** Bei unserem Unternehmen XY haben wir einen Innovations-Check mit IAT gemeinsam gemacht, und da war das Ziel Predictive Maintenance für pneumatischen Akteuren zu integrieren. Ich mache ein ganz einfaches Beispiel. Ein pneumatischer Zylinder mit Grundstellung und Arbeitsstellung, und da ist gibt es meistens schon IoT-Sensoren mit Temperaturüberwachung, Vibrationsüberwachung, etc. Und da war dann der Zugang von uns so, wenn ich zuerst zum Kunden gehen muss und sage, das ist jetzt die Anlage und du kannst um 10.000 Euro Hardware für die Temperatur- und Vibrationsüberwachung dazukaufen damit du vielleicht einen Ausfall verhinderst finde ich das einen schwachen Verkaufsgrund. Dann ist man als Kunde auch so, okay, dann muss ich zuerst mal das Geld in die Hand nehmen, damit es mir vielleicht was bringt. Und da ist die Idee aufgekommen, auch ein bisschen inspiriert von der Forschung, man hat ja meistens schon ein Grundprodukt wie beispielsweise von einem pneumatischen Aktor mit Grundstellung und Arbeitsstellung. Das ist mit einem binären Kontakt, mit einem Reedkontakt überwacht. Und dann habe ich, wenn ich es weiterspinne, immer die Möglichkeit, dass ich rein softwaretechnisch die Verfahrzeit messe, und dann kann ich über die schleichende Änderung der Verfahrzeit erkennen, ob langsam Leckagen auftreten. Das hat dann softwaretechnisch natürlich mehr Anforderungen, wie wenn ich nur Sensordaten eingebe. In dem Fall haben wir dann quasi den digitalen Twin gebraucht vom Zylinder, haben den digitalen Zwilling in Matlab Simulink integriert und können dann anhand von den Verfahrmodellen, also auch mit dem echten Labormodell validiert, eben Leckagen erkennen, oder erkennen wann zu viel Reibung auf dem Zylinder ist. Also das Endergebnis aus diesem Innovationscheck ist das es prinzipiell möglich ist und das wir sehr gute Ergebnisse erzielen konnten. Das ist aber jetzt noch nichts, was auf einer Anlage läuft. Würde uns aber den Vorteil geben, dass das nur als reines Softwarepaket angeboten werden kann. Wo der Maschinenhersteller nicht mehr extra Hardware kaufen muss. Und ich glaube, da gibt es viele Fälle, wo ich eigentlich schaue, die ganze Sensorik indirekt, was schätzen kann. Ich glaube, der Zugang, was da oft ist, noch viel mehr Sensorik in der Anlage zu integrieren, damit Predictive Maintenance gemacht werden kann ist glaube ich nicht immer der zielführendste. Ein kurzes Beispiel mit dem Roboter. Ich habe sowas wie Temperatur-Sensoren quasi von Standard aus dabei. Ich glaube, da kann man kreativer werden, wenn man bestehende Sensorik verwendet.

- 44 **I:** Und deine Auswertung, ist das dann alles On-Premises, oder siehst du irgendwelche Nutzungen der Cloud-Technologie?
- 45 **D1:** Ich glaube, das wäre eine sehr gute Cloud-Anwendung, weil dann schicke ich in die Cloud meine Fahrzeiten, dann habe ich in der Cloud das Modell am Laufen, oder ein neuronales Netzwerk am Laufen, mehr oder weniger. Weil es ein reines Softwarepaket ist, ohne Hardware sozusagen, würde ich es eher in der Cloud sehen, aber haben wir auch nicht in der Cloud am Laufen. Wir sind erst in einem Stadium wo wir einen guten Prototyp haben.
- 46 **I:** Und auch die Skalierbarkeit in der Cloud könnte man hier nutzen oder?
- 47 **D1:** Ja, das hätte ich da auch gesehen. Wobei man aufpassen muss. Viele Firmen wollen einfach ihre Daten nicht in der Cloud haben. Das könnte in der Hinsicht schon eine Einschränkung sein. Ist vielleicht auch verständlich. Natürlich kommt es dann auch die Bedeutung der Unternehmensdaten drauf an. Es wird wahrscheinlich ganz vielen Unternehmen ziemlich egal sein, ob sich Fahrzeiten von Zylindern in der Cloud befinden. Wenn sie irgendwelche Daten haben, wo vielleicht ein Know-how drinsteckt, dann glaube ich, das viele Unternehmen einer Cloud Lösung psychologisch gesehen schwer vertrauen können.
- 48 **I:** Okay. Kurz dann noch zum nächsten Punkt. Und zwar Industrie 4.0. Das ist für viele ein Buzzword. Ist es allen Unternehmen wirklich bekannt, was der Sinn dahinter ist und welche Konzepte umgesetzt werden müssen?
- 49 **D1:** Ich glaube mittlerweile schon, aber ich glaube, wie überall im Leben, es ist immer abhängig von den Menschen und ich glaube, was du immer beobachten kannst, je nachdem, wie der Produktionsleiter tickt oder das Management, wird es so lange ignoriert, wie es nur geht, oder es wird von vornherein gepusht. Ich glaube, das sind eher emotionale Entscheidungen wie rationale Entscheidungen.
- 50 **I:** Aber das grundlegende Konzept ist den meisten bekannt?
- 51 **D1:** Ich glaube schon.
- 52 **I:** Glaubst du, dass die Industrie 4.0 die Wartungsstrategien ändert?
- 53 **D1:** Ich glaube, der initiale Impuls, dass ich Geld in die Hand nehme und für die Digitalisierung und Industrie 4.0 nutze, ist eher emotional. Der Rest ist natürlich schon rational und geplant. Ich glaube, da wird es immer wieder neue Strategien und Technologien geben.
- 54 **I:** Und auch die Einführung von Industrie 4.0, dass Predictive Maintenance mehr in den Fokus gerückt ist?
- 55 **D1:** Ja, ich glaube, Predictive Maintenance ist einer der letzten Punkte die angegangen werden im Unternehmen. Eher sollte die Digitalisierung verbessert werden. Die Basis Geschichten wie die Produktionsdaten sauber zu gestalten, oder das die Zettelwirtschaft reduziert wird und ich mehr in Datenbank verlege. Aber ich glaube, Predictive Maintenance, weil es dann schon sehr komplexer und schwer zum Einführen ist, ist glaube ich im Bereich Industrie 4.0 der letzte Punkt. In den Beispielen wo ich gesehen habe sind die Unternehmen schon sehr weit in Bezug auf Industrie 4.0, jedoch habe ich noch keine Predictive Maintenance-Lösungen in der Praxis gesehen.
- 56 **I:** Was ist die größte Herausforderung in der Modernisierung der IT-Infrastruktur in den Unternehmen, damit Predictive Maintenance-Lösungen integriert werden können?

- 57 **D1:** Die Herausforderung ist, dass man oft sehr alte Anlagen hat, die seit 20 Jahren laufen. Es gibt wenige Produktionsanlagen die weniger wie 10 Jahre in Betrieb sind. Du hast meist sehr alte Steuerungen. Dann ist es nur halbwegs okay, wenn ich auf einer ganz alten Siemens Steuerung einfach ein paar Bits und Bytes ausschicke. Das ist aber dann meistens schon ungleich schwieriger, dass ich kontinuierlich, alle Millisekunden, Sensordaten in der Datenbank transferiere. Das ist technisch meistens viel aufwendiger zum Umsetzen, dass dann wirklich gut funktioniert. Wo ich zum Retrofitting komme. Bei alten Anlagen ist in der Hinsicht die Herausforderung, dass ich kontinuierlich Sensordaten ansehe. Das ist, glaube ich, viel schwieriger, vom Technischen. Von dem her, glaube ich, ist meistens auch der letzte Punkt, erstens vom Nachziehen, und zweitens, was du auch hast, bei Predictive Maintenance, dass bist du ja auch schnell einmal im Machine Learning auch drin, wenn es komplexer wird. Für das Machine Learning haben die Produktionsunternehmen meistens auch keine Mitarbeiter, die schon Erfahrung hätten. Natürlich gibt es Machine Learning schon seit längerer Zeit, aber dass es wirklich groß einsatzfähig ist, ist doch eine sehr neue Sparte. Ich tu mir sicher schwieriger, dass ich einen Mitarbeiter für Predictive Maintenance finde, als dass ich einen Mitarbeiter finde, der mir einfache Daten auf die SPS legt.
- 58 **I:** Und das sind Punkte die du als Weiterbildungsmaßnahmen für Mitarbeiter sehen würdest? Welche spezifische Kenntnisse denkst du sind dann notwendig? Vor allem wenn du jetzt an Lösungsanbieter in der Cloud denkst?
- 59 **D1:** Das ist ein guter Punkt. Weil oft haben es die Anbieter so weit integriert und vorbereitet, dass du als Unternehmen nur mehr Daten hochschickst und die fertigen Frameworks dann nutzen kannst. Dann hättest du als größte Schwierigkeit nur noch, dass die Daten von der Anlage kontinuierlich in die Cloud transferiert werden. Das geht bei neuen Anlagen viel leichter. Also wenn wir jetzt zum Beispiel jede Millisekunde Sensordaten abtasten und eine InfluxDB schreiben ist das ein Aufwand von 2 Stunden wenn noch kein Standard vorhanden ist. Sonst braucht man vermutlich einen Tag. Wenn ich das jetzt bei einer alten Siemens Anlage machen dass das wirklich immer abgetastet wird, ohne dass ich Daten verliere, dann brauche ich wahrscheinlich 3 Wochen pro Anlage.
- 60 **I:** Was denkst du, oder was glaubst du ist essenziell in der Infrastruktur damit nun cloudbasierte Predictive Maintenance-Lösungen integriert werden können? IIOT oder Edge Lösungen?
- 61 **D1:** Was ich manchmal mitkriege, ist einfach, dass das Firmennetzwerk extrem abgeschottet ist. Also das Maschinennetzwerk ist extrem abgeschottet vom Rest vom Netzwerk. Das heißt, du hast normalerweise einen extrem großen Security-Aufwand. Letztes Mal haben wir mitgekriegt, wo ein Cyberangriff das IT-Netzwerk geschossen hat, also das Office-Netzwerk, aber nicht das Maschinennetzwerk, die haben dann noch weiterproduzieren können. Von dem her, die meisten Produktionsunternehmen schauen, also wenn sie es gut machen, dass das sehr strikt getrennt ist. Das ist die eine Barriere von der Security. Weil du musst dann in mehreren Ländern direkte Maschinen in irgendeiner Form in der Cloud verknüpfen, dann brauchst du schon die Security-Experten, die du eigentlich meistens nicht so im Unternehmen hast, weil das macht dir dein Standard Haus und Hof Informatiker meistens nicht so sicher. Dann hast du zum Teil, weil die Maschinennetzwerke sehr wenig Bandbreite, aber das ist von Produktionsunternehmen zu Produktionsunternehmen stark unterschiedlich. Weil wenn du viel Daten von der Maschine transferieren möchtest, dann ist das oft schon von der Datenrate ein Problem. Wie es bei uns ist mit Bilddaten. Wenn ich alle 1,75 Sekunden mehrere 100 Megabyte an Bilddaten habe, und bei 3D-Sachen fast 0,5 Gigabyte pro Sekunde, wenn ich dann sowas auch noch drüber laufen lasse dann wird es eng. Mir schon klar, dass Sensordaten weniger Daten verursachen. Aber generell, wenn wir

es auf die Spitze treiben mit der Cloud, ist die Datenmenge gigantisch und dann auch die Kosten in der Cloud gigantisch. Ich glaube, da muss man auch noch ein wenig aufpassen. Damit es wirklich eingesetzt wird, ist es halt ein harter business Case. Alles was präventiv ist, siehst du nicht gleich. Du sparst jetzt im ersten Moment nichts. Das ist meist erst später sichtbar. Das ist halt auch von der Entscheidung her schwierig.

62 **I:** Okay! Also du siehst große finanziellen Risiken in der Cloud mit dem Datenumfang in Bezug auf Predictive Maintenance? Auch hinsichtlich des sofortigen Nutzens erkennst du Probleme?

63 **D1:** Ja, hätte ich schon gesagt. Ja, es ist leichter, wenn ich jetzt eine Anlage kaufe, und ich habe da eine große Investition, und ich weiß dann, da gehen pro Jahr dann so viele Teile drüber und mit diesem Umsatz kann ich rechnen. Es ist einfach besser planbar wie wenn ich viel Geld in die Hand nehme und vielleicht ist es einmal präventiv und hilft mir. Und wenn dann die Predictive Maintenance nicht so gut ist, habe ich trotzdem nur einen Schaden oder einen Ausfall. Ich glaube, das Überzeugungsargument ist viel schwieriger.

64 **I:** Danke. Wie bewertest du dann die Rolle der IOT Geräte für die Predictive Maintenance?

65 **D1:** Ja, die ganzen Feldgeräte haben dann eigentlich alle schon extrem gute Schnittstellen, du bekommst die Daten leicht raus. Ich glaube, das ist Grundvoraussetzung, dass ich überhaupt kosteneffizient Predictive Maintenance machen kann. Sobald ich dann keine Schnittstellen habe, dann muss ich immer selber im Programm was machen, dass ich die Daten rausbekomme wie wenn ich gleich eine passende Schnittstelle habe.

66 **I:** Was für Kommunikationsprotokolle verwendet ihr meistens? OPC-UA?

67 **D1:** Also OPC-A ist fast schon Standard, das ist super, dann gibt es auch ganz viele Sachen schon mit MQTT. Bei den modernen PC-basierten Steuerungen ist relativ praktisch, dass ich auf einen MQTT-Broker schreiben kann. Ich glaube, sowas ist wichtig. Vor allem, da kann ich ja auch ein wenig chaotischer Sensordaten rausschreiben. Das hat Vorteile zu klassischen SQL-Datenbanken, was für Zeitdaten aber auch nicht sinnvoll ist.

68 **I:** Und von der Datensammlung her gibt es bei den Kunden meistens irgendeinen Punkt, wo die Daten gesammelt werden?

69 **D1:** Also Firmen, wo ein eigener zentraler Firmen-Server läuft, das ist das, mit dem ich meist in Berührung gekommen bin.

70 **I:** Gibt es Edge-Lösungen zwischendrin?

71 **D1:** Edge ist glaube ich oft das Schlagwort, wo dann Geräte nochmals Daten sammeln und dann weiter transferieren. Wo ich bis jetzt war, ist eher zentral. Aber ich finde es ein immer ein Thema der Definition. Wenn ich jetzt zum Beispiel einen Kamera-PC habe, wo wir Kameradaten haben, dann haben wir für alle Kamerabilder einen zwei Terrabytespeicher zur Verfügung. Dann haben wir je nach Anlage zwischen einer Woche und drei Wochen Speicher zur Verfügung. Das heißt, wenn das Firmennetzwerk ausfällt, dann könnte ich eine Woche lang ohne Firmennetzwerk weiter machen, ohne dass ich Daten verliere. Das ist dann quasi auch eine Art Edge-Lösung, aber es ist kein dezidiertes Edge-Gerät. Bei der Beckhoff SPS ist es meist auch so, dass man z. B. zuerst in eine lokale Influx-DB schreibt. Das heißt, wir können da monatelang Daten sammeln. Wir probieren es aber immer gleich an den richtigen Server zu schicken und haben quasi eine Notfalllösung, wenn

man in irgendeiner Form das Firmennetzwerk ausfällt. Das ist dann, je nachdem, wie man es definiert auch schon eine Art Edge-Lösung.

72 **I:** Gibt es ähnliche Organisatorische oder auch prozessuale Herausforderungen hinsichtlich Predictive Maintenance?

73 **D1:** Ja, ich glaube, die Schwierigkeit ist ja dann, wenn der Instandhalter weiß, was kaputtgegangen ist, und der Produktionsleiter weiß nicht, was es verursacht hat. Und der Anwendungstechniker weiß vielleicht, was eigentlich die Ursache ist, was er initial verursacht hat. Weil bei größeren Betrieben arbeiten extrem viele Abteilungen am gleichen Produkt. Das heißt, wenn die Abteilungen unter der Haut nicht so vernetzt sind. Manche können auch besser mit anderen interagieren wie andere. Und da kann es schon sein, dass zwischenmenschlich viel Kommunikation verloren geht, oder wenn da im Gegenteil jeder von der Sichtweise vom anderen profitiert, und ich glaube, das ist schwer in Fakten zu beschreiben. Das ist nur meine Einschätzung.

74 **I:** Okay. Wenn wir jetzt die Cloud betrachten. Wie schätzt du die Abhängigkeit zu den Anbietern ein?

75 **D1:** Dann bin ich dann sicher stark abhängig. Wenn ich es auf die Cloud gebe, dann macht es auch viel Sinn, dass ich dann auch die Services nutze für die Auswertung. Natürlich, wenn sich die Kosten dann erhöhen, dann kann es auch sein, dass ich es schwer habe zum Umsteigen. Aber es kann auch sein, dass es leicht ist zum Umstellen, weil der Anbieter daneben relativ ähnliche Interfaces hat. Aber du machst dich da natürlich dann schon abhängig.

76 **I:** Okay. Gibt es irgendwelche Maßnahmen um übermäßige Abhängigkeit vom Cloud-Anbieter zu mindern?

77 **D1:** Also Unternehmen sollte man sich zumindest einen Plan B im Vorfeld überlegen.

78 **I:** Fallen dir noch weitere Herausforderungen oder Risiken ein?

79 **D1:** Nein. Ich denke ich habe mir eh schon den Mund fusselig geredet. (lacht) Vom Erfolg der Predictive Maintenance in der Cloud bin ich aber schon überzeugt.

80 **I:** Gut. Ich komme zum Schluss hin. Du hast ja bereits gesagt, dass du Predictive Maintenance integriert hast? Wie ist das die Integration abgelaufen?

81 **D1:** Wenn es um Robotik oder so geht, dann minimal. Aber es ist jetzt auch noch nicht so, dass z. B. unser Zylinder Projekt auf Anlagen läuft. Da haben wir bereits den Prototypen gestartet. Von dem her glaube ich, ist es dann schon eine andere Liga, aber da ich jetzt nicht die Referenzen. Wir wissen rein vom Modell her, vom Trainieren her beherrschen wir es, aber es ist dann sicher eine andere Liga, wenn Millionen von Daten drüber gehen.

82 **I:** Denkst du, dass es auch wichtig ist für Predictive Maintenance-Lösungen das der Return On Investment berechnet wird?

83 **D1:** Ich glaube, das ist eigentlich das Einzige, was der Produktionsleiter sieht. Sobald im Vorfeld viel in Hardware investiert werden muss, ist es schwierig. Unser Ansatz ist jener mit bereits vorhandener Sensorik zu arbeiten. Der Prototyp für uns ist ein Software Upgrade. Der Kunde hat die Anlage schon und das läuft. Dann kann man das Paket anbieten, man kann es jederzeit nehmen, man muss nur softwaretechnisch freischalten. Ich glaube, sobald es mit viel Initialkosten verbunden ist, ist es schwieriger zu verkaufen. Wie wenn ich sage, das ist ein Softwarepaket, das zahlst du einmal oder monatlich, das kannst du jederzeit kündigen. Ich glaube für diejenigen, die Predictive Maintenance-

Lösungen anbieten, ist ein Abo-Modell auch besser, weil du monatlich Einnahmen dafür kriegst. Aber wenn ich initial viel Investment habe, für eine konkrete Auswertung, ist es schwierig.

84 **I:** Was wären dann so Handlungsempfehlungen oder Vorschläge für Handlungsempfehlungen?

85 **D1:** Aus Sicht des Anlagenbauers wäre meine Empfehlung, dass der Einstieg für den Kunden möglichst gering ist. Dann ist es viel leichter, dass man das ausprobieren. Das ist genauso, wie beim Deep-Learning. Wir haben auch unsere Video-Grafikkarten zum Einlernen. Wenn wir zu wenig Grafikkarten haben, zu wenig Leistung, oder auch wo jetzt zwei Mitarbeiter für eine Masterarbeit Modelle trainieren müssen. Da haben wir jetzt gesagt, dass wir zwei Monate eine Cloud zum Einlernen. Zahl ich zwei Monate lange und habe dann die ausreichende Trainings-Power. Das ist so ein niederschwelliger Einstieg. Dass es dann oft so praktisch ist, dass du dann aber auch ewig hast.

86 **I:** Das wäre dann meine Hauptfragen gewesen. Was glaubst du wie die Zukunft von cloudbasierter Predictive Maintenance ist?

87 **D1:** Ich glaube, Cloud wird sich fast überall durchsetzen. Trotz der ganzen Nachteile, die ich vorher genannt habe. Wie gesagt, wir haben jetzt nicht Predictive Maintenance, aber sonst schon sehr viel in der Cloud laufen. Wenn ich jetzt eine Riesenfirma bin, dann habe ich vielleicht die IT dafür, die was das alles handelt. Aber unter einer gewissen Grenze ist Cloud viel billiger und so viel komfortabler. Und wie sie sich überall durchgesetzt hat, wird sie sich auch hier durchsetzen. Weil auch im Konsumbereich ist ja fast alles in der Cloud. Spotify, andere Apps etc. Ich glaube, dass sie sich auch in der Industrie extrem durchsetzen wird.

88 **I:** Gut. Dann wären wir jetzt durch. Gibt es irgendwelche Fragen, die ich jetzt nicht gestellt habe, oder die du erwartet hättest?

89 **D1:** Nein, ich fand es sehr umfangreich und ich glaube dir geht nichts ab.

90 **I:** Sonst noch Feedback?

91 **D1:** Nein hat Spaß gemacht.

92 **I:** Danke für deine Zeit.

ANHANG J - Transkript Interview 6 - D2

- 1 Transkription für **D2**:
- 2 **I**: Gut, dann würde ich mal starten. Das mit dem Anonymisieren habe ich erwähnt, wie das funktioniert. Ich würde Sie kurz bitten, dass Sie mir von ihrer Person und dem Unternehmen genauer erzählen. Also ich würde mal mit folgender Frage beginnen: (..) In welcher Branche ist Ihr Unternehmen jetzt tätig?
- 3 **D2**: Also unser Unternehmen ist hauptsächlich in der Windindustrie tätig und dort übernehmen wir Fernüberwachungsaufgaben, allerdings auch, sage ich mal, wir verkaufen auch Hardware, die die Grundlage dafür darstellt, dass entsprechende Signale erzeugt werden und entsprechende Auswertungen gefahren werden können von Ferne. Das ist sozusagen unser Hauptbetätigungsfeld, aber solche Fragestellungen wie Predictive Maintenance und körperschallbasierte Fehlerfrüherkennung sind natürlich, das liegt auf der Hand auch in anderen Industriezweigen und anderen Bereichen, hochwillkommen heutzutage. Also insofern unterstützen wir dort auch unser Mutterunternehmen, die ja in vier Branchen aufgeteilt sind. Da haben wir einen Marinebereich, einen Industriebereich, wobei Industriebereich ist natürlich eigentlich alles, aber was verstehen wir unter Industriebereich? Im Wesentlichen geht es dort um Schwermaschinenbereiche sozusagen oder an dem Punkt Erneuerbare. Erneuerbare ist deswegen ein bisschen was zum Schmunzeln, weil man jetzt denkt, ja gehört jetzt Wind nicht zu den Erneuerbaren, liegt aber daran, dass der Wind dominiert im Umsatz und dass alles das, was jetzt erneuerbar ist, aber nicht unmittelbar zum Wind gehört, zusammengefasst worden ist. Also dass man da nochmal Biogas macht, Solarspeichertechnologien und solche Dinge, die sind dann alle in der Branche erneuerbar zu finden.
- 4 **I**: Okay, danke schön.
- 5 **D2**: Okay, unser Unternehmen jetzt selber, das ist das Unternehmen XY wie gesagt eine hundertprozentige Tochter das Mutterunternehmen XY Elektronik. Wir selber haben ca. 62 Mitarbeiter und das Unternehmen XY Elektronik, das Mutterunternehmen, mehr als 500 Mitarbeiter.
- 6 **I**: Danke. Kurz zu Ihrer Rolle im Unternehmen. Also was ist Ihre Rolle und was für einen beruflichen Hintergrund haben Sie?
- 7 **D2**: Ich bin einer der beiden Geschäftsführer und ausgebildeter Physiker, seit dem Beginn der Unternehmung mit dabei und im Wesentlichen ist es so, dass ich von der Pike auf ob von der Sensorentwicklung, Signalauswertung usw. das alles mitgemacht habe und es ein bisschen historisch bedingt war, dass wir dann gesagt haben, wie wollen wir weitermachen als Ingenieurunternehmen oder als richtiges Unternehmen in "r" kurz gesprochen und wir haben uns dann seinerzeit 2000 für den Weg entschieden Venture Capital einzuwerben und insofern haben wir dort ja dann den Weg gewählt aus den Sensoren, weil Sensorik alleine noch nicht den Kunden glücklich macht mit den Sensorsignalen, sondern sie müssen ja wissen, was soll ich jetzt mit den Sensorsignalen und insofern haben wir uns dann dafür entschieden Messsysteme zu bauen auf dieser Grundlage unseres Wissens über Sensoren und Signale usw.
- 8 **I**: Wie lange gibt das Unternehmen jetzt schon?
- 9 **D2**: Mehr als 25 Jahre, also wir haben diesen Sommer ein 25-jähriges gefeiert und die XY Elektronik, das Mutterunternehmen, gibt es mehr als 50 Jahre.

- 10 **I:** Ich gratuliere nochmal für die 25 Jahre.(lacht)
- 11 **D2:** Danke, Danke! (lacht) Es ist nicht ganz einfach, wenn ein Unternehmen gründet, viele bleibe dann am Ende nicht übrig.
- 12 **I:** Das verstehe ich, ist auch sicher so. Gut, danke für die Einleitung. Jetzt würden ich mit Ihnen ein paar Wartungsstrategien betrachten und da würde ich gerne Ihre Einschätzung hören. Vorweg zu einer allgemeineren Frage: Sehen Sie die Instandhaltung oder Monitoring-Lösungen als einen strategischen Erfolgsfaktor für den nachhaltigen Unternehmenserfolg?
- 13 **D2:** Das war schon immer ein bedeutender Faktor, wird aber mit der aktuellen Entwicklung, die wir an den Märkten beobachten, tatsächlich ein Schwergewicht für den Unternehmenserfolg. Das liegt im Wesentlichen daran, aus meiner Beobachtung, dass im Neuverkauf nicht mehr nach den vielen Jahrzehnten und so weiter in verschiedenen Unternehmensentwicklungen kaum noch Margen im Neugeschäft übrig bleiben. Da wo allerdings Margen noch übrig bleiben ist, wenn man beispielsweise ein weltweites Service-Netz betreibt, Kundenbindung für sich nutzen möchte und eben in diesem Servicebereich tätig ist, da sind meistens größere Margen dann auch möglich zu erzielen. Und natürlich auch, gerade weil Maschinen keinen Selbstzweck haben und irgendwo hingestellt werden, sondern meistens in teure Prozesse eingebunden werden, die am Laufen zu halten sind für den Endkunden, für den Betreiber solcher Maschinen und Anlagen. Insofern steckt da eine ganze Menge drin und jetzt kommen neuere Entwicklungen dazu und die neueren Entwicklungen, die ich beobachtet habe, ist, dass die Lieferketten und damit auch die Ersatzteile Schwierigkeiten bereiten zunehmend, also Spezialersatzteile und solche Dinge zu bekommen. Das war früher sicherlich einfacher. Stichwort sind die De-Globalisierung an der Stelle. Das wird alles nochmal neu gemischt. Und ein entscheidender Faktor für eine rechtzeitige Instandhaltung sind, die das bedingen, sind natürlich dann auch solche Dinge, dass man nicht mehr viele Arbeitskräfte zur Verfügung hat. Also ausgebildete Arbeitskräfte. Sicherlich gibt es noch genügend Menschen, aber vielleicht nicht Menschen mit den richtigen Ausbildungen an der richtigen Stelle.
- 14 **I:** Danke! Jetzt haben sie eh auch schon einige Herausforderungen genannt. Zu dem Punkt kommen wir dann später noch, aber danke. Sie haben schon kurz von Ihnen erzählt im Unternehmen, wo Sie tätig sind in der Windindustrie, auch im Industriebereich. Also kann man sich schon vorstellen, was für Produktionsanlagen man hat. Aber welche Wartungsstrategien sehen Sie am häufigsten eingesetzt? Also da gibt es aus der Literatur verschiedene Instandhaltungsformen. Wenn Sie diese betrachten, sehen Sie das eher eine Mischform in den Unternehmen?
- 15 **D2:** Es gibt eigentlich der Punkt, wenn Sie die Theorie anschauen, dann ist es ja entsprechend so, dass es im Grunde genommen drei Instandhaltungsstrategien gibt. Also die Instandhaltung und Wartung ist eigentlich der falsche Begriff. Wartung sagt man in dem Zusammenhang eigentlich weniger, sondern es sind wirklich Instandhaltungsstrategien. Also dieses Fahren bis zum Bruch, dieses zeitlich basierte Instandhalten, dass man dann sagt, ich habe jetzt eine Periode, ich habe jetzt eine Revision wieder einzuführen, ich tausche etwas und dann, wo man sagt, alles das, wo jetzt Monitoring-Techniken gebraucht werden, also wenn man präventiv versucht tätig zu werden. Jetzt ist es allerdings so, das ist wie immer, auch wie im Leben, dass es auch da nicht unbedingt eine Strategie gibt, die alle glücklich macht, logisch, sondern man muss sich seine Prozesse relativ, seinen Maschinenpark genau ansehen, seine Prozesse genau ansehen und dann kann es durchaus sein, dass man halt, und deswegen haben Sie schon erwähnt auch, gibt es einfach auch Mischformen, weil nicht überall muss man teure Messtechnik investieren, wo es nicht notwendig ist. Was jetzt noch neu dazukommt ist, dass man beispielsweise Methoden, die man jetzt oftmals

fälschlicherweise dort einfach ein Etikett anklebt, weil es modern ist, mit KI-Methoden bezeichnet oder Artificial Intelligence, dass man versucht mehr aus Prozessdaten zu machen, die ja ohnehin vorliegen. Das ist vollkommen korrekt, das so zu machen, das hat man in der Vergangenheit viel zu wenig genutzt, allerdings darf man dann aus meiner Sicht oder meiner Beobachtung auch nicht über das Ziel hinausschießen, dass man denkt, damit könnte man alles erledigen, das funktioniert genauso wenig. Also das ist ganz genau ansehen, wo diese Methoden, wo man vorhandene Prozessdaten einsetzt, um neue Informationen daraus zu gewinnen, über den Zustand der Anlage und so weiter, Zustand des Prozesses, da kann man eine ganze Menge machen, aber eben nicht alles.

16 **I:** Dankeschön für die Erwähnung der Instandhaltungsstrategien.

17 **D2:** Also ganz klar, es gibt Mischformen von diesen drei großen Strategien und eigentlich geht es im Grunde genommen darum, nicht dem Kunden zu sagen, du musst das nehmen oder das nehmen, sondern eigentlich geht es darum, ihm eine Empfehlung zu geben oder Hilfe zu geben für sich eine optimierte Instandhaltungsstrategie, die meistens alle drei Bestandteile beinhalten wird. Zu welchem Prozentsatz ist dann immer eine Frage, wie ich aufgestellt bin.

18 **I:** Okay, es kommt immer darauf an, sag ich mal, selber als Unternehmen, auf die Organisationsstruktur, welche Anlagen habe ich, was will ich überreichen und welche Produkte fertige ich etc.

19 **D2:** Vollkommen richtig. Es ist allerdings so, dass man in der Praxis sehr häufig nicht diese tiefe Reflexion findet, die dann auch dazu führt, selbst bei Produktionsunternehmen, die viele, viele Millionen machen und sehr viel sozusagen in dem Bereich, auch da trifft man es selten an, dass man sich schon sehr tiefe Gedanken gemacht hat, wo die neuralgischen Faktoren sitzen und wie man das sozusagen angehen kann. Also gerade in der Instandhaltungsstrategie gibt es da riesige Lücken, also da gibt es nur ganz wenige Ausnahmen, die sich vorher darüber Gedanken gemacht haben, wie sieht denn eigentlich meine Risikomatrix aus, was bedeutet denn, wenn was jetzt wie ausfällt oder was sind meine stärksten Faktoren, die mich am stärksten beeinflussen würden, was muss ich dort tun. Es ist ja nicht immer, um ein Beispiel zu geben, es ist ja nicht immer das teuerste Bauteil, was jetzt zu überwachen ist und was selten ausfällt, sondern man muss sich halt darüber Auskunft geben, was sind denn die Auswirkungen beispielsweise. Ich habe mal mit Europort zusammengesessen, die haben ja dann diese Krane, die dann entsprechend die Container bewegen, die sind in den letzten Jahren viel, viel leistungsfähiger, größer und so weiter geworden, aber auch störungsanfälliger. Da hat man zum Beispiel durchaus ein kleines Getriebe, was aber so doof verbaut ist, dass man da schwer rankommt und wenn das ausfällt, kann es durchaus sein, dass man dann ein Schiff rausschicken muss und nicht entladen kann, was natürlich erhebliche Auswirkungen hat. Deswegen ein kleines Getriebe, was an der Stelle vielleicht nicht häufig kaputt geht, aber wo man dann den Kran gar nicht richtig wegbewegen kann, nur weil man da nicht rankommt. Also man muss sich teils sehr viele Gedanken machen, da geht es also wirklich auch um Details, um dann zu sagen, wo sind denn meine Risikofaktoren und das trifft man in der Praxis relativ selten. Sehr selten.

20 **I:** Dankeschön für den Input. Kurz zu einem anderen Thema, was ich auch schon öfter Diskussionen gehabt habe in den Interviews, das Thema Smart Maintenance oder der Begriff Smart Maintenance und die Zielvision dahinter. Es gibt aus der Literatur natürlich mehrere Handlungsfelder etc. Ich habe jetzt einmal aus einer Literatur sechs zentralen Handlungsfälle herausgenommen, wo die Unternehmen quasi die Zielvision Smart Maintenance erreichen können und natürlich auch sollen,

also die intelligente Instandhaltung im Endeffekt. Jetzt hätte ich dazu Fragen. Erstens wie stehen Sie zu dem Begriff und zweitens, wie würden Sie, wenn man die einzelnen Handlungsfälle betrachtet, die Unternehmen mit denen Sie zusammenarbeiten einschätzen? Ein Beispiel wäre ob einige Unternehmen bereits Wissensmanagement integriert haben, oder ist es wirklich noch stark personengebunden ist? Und ein wichtiger Aspekt ist auch, ob die Instandhaltung noch als reiner Kostenverursacher gesehen wird, oder ist der Wertbeitrag der Instandhaltung bekannt bei den Unternehmen?

- 21 **D2:** Auch da gibt es, wen wundert es. Wissensmanagement ist in den meisten Unternehmen, die ich kenne, nicht vorhanden. Allerdings das Bewusstsein, dass man da was tun muss, ist sozusagen jetzt in den letzten Jahren stark gewachsen. Also das ist exponentiell, dass man dort ein Bewusstsein entwickelt hat, wenn man etwas tut in den Bereichen Digitalisierung, was jetzt schon gar keiner mehr hören kann. Also wenn man jetzt sagt Digitalisierung, fallen die meisten schon hinten rum, weil es der Begriff ist, den schon vielen aus den Ohren herauskommt. Aber das Problem ist einfach, dass trotzdem die Digitalisierung vollkommen korrekte Inhalte hat. Da kommt man auch nicht drum herum. Und der Punkt ist halt der, bevor man zum Beispiel, ich sage jetzt mal Smart Maintenance oder was auch immer macht oder AI oder so, sollten Sie erstmal darüber nachdenken, wie Sie Ihre Sachen standardisieren können. Also Digitalisierung hängt sehr stark mit Standardisierung zusammen. Und Standardisierung, das sind dann alles die Punkte, die dann Voraussetzungen bilden, um eine Smart Maintenance, um Wissensmanagement, um alles Mögliche zu machen. Also da versuchen jetzt gerade viele Unternehmen, sich ein bisschen, sage ich mal, zu überholen und den dritten Schritt vor dem ersten zu machen. Und da, wen wundert es, da kommt man mal leicht ins Stolpern, wenn man zu schnell große Schritte machen möchte. Also ansonsten, ja, die Ziele, alles richtig. Aber ich glaube, das, was den meisten Unternehmen, die ich jetzt kenne, relativ schnell auf der Hand liegt, ist, dass sie, wenn sie weltweit Maschinen verkauft haben und dort Service machen, dass sie dort in dem Service-Bereich irgendwelche Business-Modelle sich überlegen wollen, wie sie Service-Level an ihre Kunden verkaufen wollen, bis hin zu Verfügbarkeiten oder garantierten Verfügbarkeiten. Und dann muss man natürlich ein bisschen was machen. Also von der Kommunikation her, von den Sachen, wie tief soll es denn gehen und welche Informationen sollen wo landen, also wie sieht der Gesamtprozess aus? Also da hat man die Zielfunktion klar vor Augen, dass man seinen weltweiten Service optimieren möchte. Und das natürlich verbinden möchte mit dem entsprechenden, ja, auch Benefit, eben wie gesagt größere Margen, Kundenbindung in dem Bereich. Und das hängt natürlich ab von ihrer letzten Frage, Kostenhaltung nur als Kostenverursacher. Das hängt, wie gesagt, davon ab, wie die Unternehmen aufgestellt sind. Aber es gibt, glaube ich, noch einen großen, großen Anteil an Unternehmen, die durchaus die Entscheidung als Kostenverursacher betrachten und vielleicht noch nicht mal so sehr in dem bösen Sinne, sondern sie können sich Folgendes vorstellen. Das ist auch für die, sage ich mal, für das Buchhalterische ist das eine ziemlich gute Sache, wenn man einfach sagt, wir planen jedes Jahr 10 Prozent, ich spinne jetzt mal, jedes Jahr 10 Prozent für irgendetwas ein. Sie können das zwar optimieren und dort einen erheblichen Anteil sozusagen rausholen für sich, aber wenn Sie erstmal 10 Prozent, dann haben Sie eine Planungsgröße, mit der Sie relativ einfach umgehen können. Wenn Sie jetzt Optimierungsmaßnahmen einleiten würden, wird es immer relativ schwierig sein, sowas zu messen, sowas genau nachzuweisen, sowas tatsächlich einzuplanen. Das heißt also, die Teile im Unternehmen, die gerne einfach strukturiert sind, sage ich jetzt mal böse und das auch einfach haben wollen, für die sind Einsparungspotenziale, die sie erstmal nicht so einfach auf dem Tisch liegen, nicht so richtig zu Hand haben. Deswegen häufig auch, ich plane jetzt mal was ein in dem Bereich und dann wird es meistens eben in den Kostenbereich vorgesehen.

- 22 I: Okay, Dankeschön.
- 23 D2: Und Smart Maintenance, nur ganz kurz, ist im Prinzip für mich nur der andere Begriff für eine optimierte Instandhaltung.
- 24 Und eine optimierte Instandhaltung hat wiederum wahrscheinlich die drei Bestandteile der Instandhaltungsstrategien in irgendeinem Prozentsatz drin, weil das bedeutet nämlich, okay, ich habe mir schon mal Gedanken gemacht, was brauche ich wirklich, was setze ich wann ein. Ich muss nicht, wie gesagt, überall ein teures Messsystem oder teure Sensoren unterbringen, manchmal schieße ich mit Kanonen auf Spatzen und das muss man auch genau wissen.
- 25 I: Danke. Ich würde gerne öfter nachfragen, aber ich glaube, sonst kann man nicht durch mit einem Interview dafür. Das ist echt super interessant, Dankeschön. Dann waren wir kurz, haben wir es eh schon, die ganzen Strategieformen erwähnt. Wie würden Sie jetzt ein Predictiv Maintenance beschreiben, so aus Ihrer Erfahrung und aus Ihrer Kenntnis und wie würden Sie es unterscheiden zur zustandsorientierten Instandhaltung?
- 26 D2: Naja, die zustandsorientierte Instandhaltung, die sind natürlich relativ nahe schon beieinander, denn Dinge, die Sie für eine zustandsorientierte Geschichte einsetzen, in der nächsten Stufe, in der nächsten Datenveredelung beispielsweise Stufe, haben Sie die Elemente drin, die Sie für Predictiv brauchen. Das ist sozusagen der Punkt. Und wenn Sie jetzt auf Cloud-Technologien eingehen, Cloud war eine ganze Zeit lang wie Digitalisierung oder wie jetzt KI oder AI genauso ein Schlagwort und viele, die sich jetzt nicht tiefer damit beschäftigt haben, haben Cloud als Synonym für alle Lösungen hochgehalten. So nach dem Motto, die Cloud, wir tun es in die Cloud. Aber die Cloud an und für sich ist auch kein Selbstzweck und auch kein von sich aus Lösungsmechanismus. Und jetzt muss man ganz genau aufpassen, welche Daten, welche Maschinedaten gehen überhaupt in die Cloud und können in die Cloud. Jetzt gehe ich erstmal nur von der Datenmenge aus. Wenn Sie beispielsweise Körperschallbasierte Zustandsmonitoring betreiben, dann fallen nicht nur Prozessdaten in Sekundentakt oder in Mittelwerten an, die noch relativ friedlich sind von der Datenmenge, sondern da haben Sie pro Sensor beispielsweise 50.000 Werte pro Sekunde pro Messstelle. Und dann wird die ganze Sache nicht mehr so einfach, weil dann müssen Sie sich überlegen, das wollen Sie wirklich nicht in die Cloud pumpen, weil dann ziehen Sie Ihren Problem nur eine andere Jacke an. Das heißt, irgendwo müssen die Daten verarbeitet werden, vorverarbeitet werden und dann wird eine Verarbeitung in der Cloud wahrscheinlich recht teuer, weil das dann halt ein anderes Businessmodell, sage ich jetzt mal an der Stelle. Deswegen bin ich Fan davon, auch hier ganz genau, das geht in die Richtung Smart Maintenance sozusagen, auch ganz genau zu überlegen, welche Daten müssen wo, an welcher Stelle verarbeitet werden und wo mache ich eventuell eine tiefere Verarbeitung sozusagen oder einen weiteren Veredelungsschritt sozusagen hinein. Und das muss man sich ganz genau überlegen. Wie gesagt, Schwingungsdaten beispielsweise würde ich im Wesentlichen vorverarbeiten und vor Ort an der Maschine sozusagen zu bestimmten Auswertungen kommen lassen. Ich würde allerdings dann periodisch und so leistungsfähig sind die Systeme heutzutage, ich würde periodisch auch Rohsignale sozusagen wegspeichern, aber die müssen nicht die ganze Zeit wegg gespeichert werden. Also Rohsignale, die unveränderten, ich sage jetzt mal die unveränderten 50 Kilohertz, die mit 24 Bit kommen, wenn es drauf ankommt, 16 Bit, dann hat man da natürlich eine ganz andere Hausnummer an Daten. Was Sie allerdings machen können, Cloud-Verarbeitung, Server-Verarbeitung ist natürlich, wenn Sie Prozessdaten dort einsammeln. Die sind von der Datenmenge her noch ganz gut beherrschbar und da muss man sich auch überlegen, was will man vor Ort dem Maschinenbediener anzeigen und was

nimmt man mit nach hinten, um vielleicht sophisticated Methods anzuwenden, um vielleicht ein bisschen AI und so weiter zu betreiben. (Arbeitskollege betritt das Büro vom Interviewpartner) Ich muss mal kurz fragen, was mein Kollege mir bringt. Ja, das sind Weihnachtsgeschenke. Toll, die nehme ich immer. Okay, danke Marcel. Okay, das ist also, sage ich mal, an der Stelle der Punkt. Jetzt muss man allerdings aufpassen, das hängt jetzt mit Ihrer Infrastrukturfrage auch zusammen. Ich denke, das, was jetzt immer wichtiger wird, werden solche Fragen wie Security werden und dass Sie nicht mehr überall irgendwelche Daten nach außen bringen können. Also als Dienstleister beispielsweise. Die Unternehmen selber können sich vielleicht überlegen, Private-Clouds aufzubauen oder selber irgendwelche Sachen dort zu machen. Aber es wird zunehmend schwieriger, sage ich mal, Daten von A nach B zu bringen und die auch irgendwelchen Dienstleistern zur Verfügung zu stellen. Einfach aus diesen ganzen Security-Geschichten heraus. Und wenn Sie das jetzt auch noch international betreiben, beispielsweise China, lässt absolut gar nichts raus. Und vielleicht das noch zu einem Dienstleister wäre auch schlecht vorstellbar. Also da ist es wiederum so, die rennen tatsächlich hin zu der Datensammelstelle und speichern das auf einer anderen Storage, auf einem USB oder was weiß ich nicht und tragen das dann tatsächlich physikalisch irgendwo anders hin. Also das ist natürlich dann sehr lustig. Aber ja, das sind Dinge, die man heute sehr genau in Betracht ziehen muss. Genauso wie Sie nicht einfach in Schiffsnetze hineinkommen. Also Schiffsnetze ist auch eine Sache, damit man die nicht im Suez-Kanal irgendwie querstellt. Wollen die sich natürlich auch entsprechend schützen und da jetzt eine Sache Fehlerführerkennung zu machen, wo sie vielleicht eine tiefergehende Untersuchung machen können von außen Dienstleister nutzen, wird ein bisschen schwierig.

- 27 **I:** Wenn man jetzt die Infrastruktur betrachtet, natürlich kommt es immer darauf an, in welchem Industriefeld ich tätig bin etc., aber wenn man jetzt IT und OT betrachtet, wie würden Sie da die digitale Reihe der Unternehmen beurteilen? Würden Sie sagen, die IT sind jetzt sehr gut entwickelt ist und OT wirklich noch Aufholbedarf herrscht, so dass oft Retrofitting gemacht werden muss, dass die Anlagen adaptiert werden müssen, dass Sensoren aktualisiert werden müssen, um eben Condition-Based Monitoring Systemlösungen oder Predictive Maintenance-Lösungen integrieren zu können? Oder denken Sie, die Unternehmen sind in beiden Bereichen schon so weit?
- 28 **D2:** Also ich glaube, beide Seiten sind noch, also auch das, es gibt Unternehmen, die sagen, wow, hätte ich nie gedacht und ganz toll und dann gibt es aber ganz viele Unternehmen, die gerade eben auch im Maschinenbau und so weiter, die sind sowohl von ihrer IT als auch von der anderen Seite noch recht bescheiden aufgestellt.
- 29 **I:** Okay! Sie haben zuvor schon die Daten und die zugehörige Datenerfassung erwähnt. Inwiefern würden Sie jetzt die Datenvorverarbeitungen, zum Beispiel in Edge-Lösungen oder auf IoT-Geräten selbst geht es ja auch schon. Inwiefern würden Sie als notwendig betrachten für Lösungen wie Predictive Maintenance oder Condition-Based Monitoring-Systeme?
- 30 **D2:** Essentiell, also tatsächlich sehr notwendig, dass man, ich glaube, mit dummen Edge-Devices wird man nicht weit kommen, also die müssen schon in gewisser Weise vorverarbeiten können, wie gesagt, auch mit der Möglichkeit durchaus Rohsignale, weil man vielleicht eine andere Verarbeitungsstufe noch haben will, die mehr Rechenkapazität zum Beispiel verlangt oder so, wenn man was ganz simples machen will. Aber ansonsten glaube ich, ist es wichtig, dass die Edge-Devices auch eine gewisse Fähigkeit mitbringen dort.
- 31 **I:** Okay.

- 32 **D2:**Also schon Datenvorverarbeitung und solche Dinge lösen können.
- 33 **I:** Wie wird jetzt generell derzeit mit den Daten umgegangen, wie Sie das miterlebt haben oder wie Sie das gerade miterleben? Wie werden große Datenmengen verarbeitet? Gibt es in den Unternehmen noch viele Insellösungen oder gibt es oft zentrale Systeme, wo die Daten dann verarbeitet werden, verwaltet werden, gemanagt werden, weitergeleitet werden?
- 34 **D2:** Im Wesentlichen, wenn Sie jetzt den Maschinenbau betrachten, das, was ich kennengelernt habe, sind im wesentlichen Insellösungen in der einen oder anderen Art. Und ich glaube, das wird sich auch so schnell nicht auflösen, weil Sie dort schlecht Standardisierung und so weiter hinbekommen. Ich glaube, der Schlüssel zu vielen Dingen, also das dann wieder zu kombinieren, das wird eine der Aufgaben sein, die AI zu lösen hat in der einen oder anderen Form. Wie kriege ich unterschiedliche Datenquellen synchronisiert und dann so hinbekommen, dass ich die auch gut weiterverarbeiten kann? Also ich kann beispielsweise nur fortschrittliche mathematische Methoden ansetzen, wenn ich die Daten entsprechend vorbehandle. Selbst die besten Daten weisen Lücken auf. Also das ist ein Punkt. Und wenn Sie unterschiedliche Datenquellen zusammentun, dann haben Sie auch ein Problem der Synchronisation und der unterschiedlichen Systemantworten. Da gibt es zeitliche Verzögerungen, dies und jenes drin. Also Sie müssen doch einiges investieren. Und das übersehen die meisten, die schon bei dem Zauberstab der AI sind, dass man sehr viel in der Datenvorverarbeitung tun muss, damit man die dann weiterverarbeiten kann. Und das, was ich jetzt meine, ist, dass man im Wesentlichen Lösungen sucht. Und ich so auch sehe, dass wenn sich, es besteht ja eine große Unsicherheit, wie bei den Unternehmen, die das einsetzen wollen. Bin ich zukunftssicher aufgestellt? Entscheide ich mich jetzt für den richtigen Anbieter und so weiter? Ganz zentral für solche Entscheidungen, habe ich gesehen, sind APIs, also im Prinzip Application Programming Interfaces, wo einfach bei jeder Lösung, egal wie die aufgebaut ist, proprietär, dies und jenes, aber ermöglicht wird, dass man die Daten rausholen kann aus einer proprietären Lösung und dass man die auch in anderen Infrastrukturen unterbringen kann und die auch entsprechend dann wandeln kann. Also dass die jetzt nicht ein unbekanntes Format haben, sondern dass man die relativ schnell handhaben kann und zu anderen Dingen bringen kann. Ansonsten große Datenmengen. Ja, man versucht es ganz klar, obwohl wir schon vermeintlich im Telekommunikationsalter, Zeitalter angekommen sind, ist es nach wie vor noch große Lücken in der Abdeckung, dass ich wirklich große Datenmengen übers Netz pumpen kann. Abgesehen von den Sicherheitsfragen etc.
- 35 **I:** Jetzt gehen wir zu den technischen Aspekten und Herausforderungen etc. Sie haben ja schon einige technische Herausforderungen erwähnt mit der Datenvorverarbeitung, Big Data ist natürlich hier sehr relevant, dann ist die Sicherheit natürlich ein Thema. Gibt es irgendwelche anderen technischen Herausforderungen, die Ihnen einfallen würden, die Kunden oft übersehen?
- 36 **D2:** Also das, was ich tatsächlich gesagt habe, dass man nicht nur einfach einen unstrukturierten Haufen an Daten irgendwo aufschlagen lässt, sondern dass man sich, wie gesagt, über die Zielfunktionen klar wird und über die unterschiedlichen Datenquellen, die dann erforderlich sind, die unterschiedlichen Arten der möglichen Vorverarbeitung. Also dass man auch sagt, was fällt wo an, zu welchen Zeiten, wie kriege ich Datensynchronisation hin, wie kriege ich die Sicherheitsaspekte behandelt, wie kriege ich unterschiedliche Datenformate abgebildet und und und. Das sind die wesentlichen Punkte, wo man, wo die meisten schon aufhören nachzudenken ist. Mit den Daten ist irgendwie zauberhafterweise schon alles gegeben und schon der Rohstoff, aus dem das alles entsteht, das wird schon gar nicht mehr hinterfragt, dass der Rohstoff irgendwelche Eigenschaften

haben muss. Aber es ist jedem klar, der irgendwie selbst in der Erde buddelt, dass man Gold nicht in reiner Form findet oder andere Rohstoffe, sondern auch da eine Menge Arbeit reinfließt, um erstmal dann einen entsprechenden Rohstoff zu erzeugen.

- 37 **I:** Ja, den Wert der Daten erkennen, welche sind relevant und welche nicht. Jetzt noch ein wichtiger Punkt. Gibt es irgendwelche organisatorischen oder prozessualen Herausforderungen, die Sie gesehen haben? Ich habe jetzt im letzten Interview gehört, was interessant war, dass für Unternehmen Betriebsvereinbarungen ein riesiges Problem sein können. Weil durch die Betriebsvereinbarungen, die Sie unterschreiben müssen, wird natürlich sichergestellt, dass die Sensoren und die dazugehörige Datenerfassung nicht auf einzelne Mitarbeiter bzw. Personen rückgeschlossen werden kann und auch darf durch die Datenschutzgrundverordnung. Haben Sie das auch schon mitbekommen?
- 38 **D2:** Wir sind im Bereich Maschineninstandhaltung, sage ich mal, ist das eher nicht das, was uns als erstes über den Weg gelaufen ist. Also sicherlich haben Sie beispielsweise, wenn Sie irgendwelche Bilderkennungsverfahren für irgendwas einsetzen oder so, dann könnte es vielleicht so eine Rolle spielen. Aber ich bin unmittelbar mit vielen, vielen Sensorik, unmittelbar an bestimmten Bauteilen, Komponenten der Maschinen dran und erfasse so nicht unbedingt jetzt etwas für die Person relevantes im betrieblichen Kontext.
- 39 **I:** Sie haben ja schon generell Sicherheitsbedenken erwähnt. Wie würden Sie das jetzt im Kontext der Cloud einschätzen, wenn sie das jetzt so betrachten? Haben Kunden Bedenken, wenn sie etwas in die Cloud verschieben oder irgendwelche Applikationen, Anwendungen in der Cloud hosten hinsichtlich Datenintegrität und Datensicherheit?
- 40 **D2:** Auf alle Fälle. Also sie haben große Bedenken und der Punkt ist einfach der, viele Maschinenunternehmen fühlen sich einfach bei den ganzen Sachen Daten und Datentechnologie total unkomfortabel. Das ist ein wesentlicher Punkt und man zögert noch nicht mal so sehr daraus, aus dem Punkt heraus, dass man sagt, ich möchte die anderen nicht an Informationen oder sonst was teilhaben. Sondern der Grund, den ich oftmals gesehen habe, ist tatsächlich, dass man insgesamt sich unkomfortabel fühlt. Was gibt man denn raus? Wofür zeichnet man denn jetzt verantwortlich, wenn man seine Unterschrift gibt und sagt, ich lasse zum Beispiel einen Dienstleister damit drauf gucken und solche Fragestellungen? Weil man, ich war jetzt neulich in einem Unternehmen und gesagt, Herr Fritsch, übrigens wir haben die Mechanik und die Konstruktion in unserer DNA, aber das mit den Daten und so, das ist nicht unser Ding. Diese Führungskraft soll jetzt für irgendetwas unterschreiben oder verantwortlich sein, wenn er irgendwelche Daten seines Unternehmens sozusagen rausgibt. Er ist sich über die Tragweite nicht so richtig bewusst, landen die eventuell, wie ich das bei einem großen Lüfterunternehmen hatte, landen die eventuell dann direkt bei der Konkurrenz. Und diese Unsicherheit, die kann man kaum den Leuten sozusagen nehmen, weil inzwischen wissen sie durch Google und andere, dass Daten pures Gold sind, aber sie wissen jetzt nicht den Kontext und die Tragweite, wenn sie jetzt eine Unterschrift geben. Deswegen ist das zögerliche Umgehen damit für mich etwas sehr Menschliches, das kann ich vom menschlichen Standpunkt absolut verstehen, ist allerdings so, dass es ein großes Handicap ist, weil Francis Bacon hat mal gesagt, der Schmerz kennt seine Grenzen, die Furcht kennt keine Grenzen. Und das ist halt der Punkt, zu viel Schmerz wird man ohnmächtig, ist man weg, peng fertig aus, aber Furcht oder Angst, die man nicht richtig fassen kann, ist ein richtig großer, unbekannter Faktor, der sehr viel verhindern kann oder sehr viel Instabilität erzeugt.

- 41 **I:** Kann man die Angst den Kunden irgendwie nehmen durch Weiterbildungs- oder Schulungsmaßnahmen oder ist das einfach schwierig jetzt in etablierten Unternehmen, dass man die Angst weg bekommt?
- 42 **D2:** Dazu müssen sie den Kunden bringen. Es gibt natürlich zum Beispiel auch ein, ich glaube der VDMA hat so ein Papier, so ein Grundsatzpapier erarbeitet und das ist relativ interessant, weil es so den Leuten ein paar Sachen an die Hand gibt, wo man diese grundsätzlichen Hemmschwellen, die durch Nichtwissen und durch Befürchtungen entstanden sind, wo man die so ein bisschen senkt und sagt, du kannst trotzdem dich nach vorne entwickeln, ohne dass das Risiko für dein Unternehmen mit deiner Unterschrift jetzt plötzlich unkalkulierbar ist. Also da gibt es ein paar Hilfestellungen in dem VDMA-Papier.
- 43 **I:** Danke, das werde ich mir durchlesen. Wenn man jetzt die andere Seite betrachtet, wenn die Unternehmen jetzt keine Ängste haben und Risiken sehen und Predictive Maintenance Systeme bzw. Condition-Based Monitoring-Systeme werden in den Unternehmen eingesetzt. Inwiefern halten Sie dann Schulungs- und Weiterbildungsmaßnahmen dafür notwendig?
- 44 **D2:** Super notwendig. Sowohl fachlich, inhaltlich als auch das, wie gehen wir mit solchen Dingen tatsächlich um. Auch das ist einer der Key-Faktoren an der Stelle. Aber es gibt einfach Unternehmen, die einfach auch Schulungs- und Weiterbildungsmaßnahmen nur als Kostenfaktor betrachten. Und das hindert deutlich daran, vernünftige Sachen zu machen.
- 45 **I:** Wenn dann dafür kein Geld vorhanden ist wird es schwierig. Ein Faktor noch. Wie hoch schätzen Sie persönlich das Risiko der Abhängigkeit ein, wenn man die großen Cloud-Anbieter betrachtet? Wenn man im Kontext der Cloud Anwendungen und Applikationen hostet, etc. Oder glauben Sie, es ist nicht der irrsinnige Lock-in Effekt und ich kann schnell wechseln?
- 46 **D2:** Schnell wechseln tun sie bei bestimmten Datenmengen gar nicht mehr. (lacht) Das ist nicht meine Erfahrung. Das heißt, bei jeder geschäftlichen Entscheidung gehen sie Risiken ein. Auch ich kann das jetzt nicht abschätzen. Wie gesagt, solange alles gut ist, ist alles gut. (lacht) Beispielsweise habe ich gerade einen Beitrag gehört, dass AI ganz kriegsentscheidend von den sophisticated Chips abhängt, die in Taiwan produziert werden. Und zwar werden die nirgendwo anders mehr auf der Welt produziert. Es gibt zwar ein paar Chip-Designer-Firmen, aber es gibt nur genau eine Firma, die jetzt sozusagen am Edge der Entwicklung mit zwei Nanometer-Technologien sozusagen diese Chips herstellt, die AI als Voraussetzung braucht. Und jetzt können Sie sich vorstellen, was passiert, wenn dann China doch Taiwan überfällt. Können Sie irgendwelche Risiken sozusagen da beziffern, was das heißt? Und genauso ist das, wenn bestimmte Cloud-Anbieter plötzlich nicht mehr ihre Aufgaben lösen. Also ja, gut. Da muss man alles überlegen.
- 47 **I:** Okay, danke. Das ist eine strategische Entscheidung einfach. Sie haben ja schon gesagt, Sie haben so eigene Lösungen im Repertoire. Könnten Sie kurz von Ihre Lösungen erzählen und welche Erfahrungen Sie damit gemacht haben? Also haben Sie schon Predictiv Maintenance Systeme integriert oder sind Sie eh noch auf der Stufe von Condition-Based Monitoring-Systemen?
- 48 **D2:** Das geht noch eher in Richtung, wir haben die ersten zaghaften Ansätze, dass wir tatsächlich jetzt nicht in dem Sinne prädiktiv machen, dass wir sagen, nächste Woche fällt ein Teil aus. Das ist jetzt in dem Sinne auch nicht der Punkt, sondern wir können anhand von Schadensstufen das qualifizieren und können dann eine Risikoabschätzung dem Kunden sozusagen, der muss es letztendlich entscheiden. Ich mache mal ein Beispiel. Wir haben fünf Schadensstufen bei einem wichtigen Teil, dem Rotor-Hauptlager beispielsweise. Und das bedeutet, Sie haben natürlich nur im

Offshore-Bereich wenige Monate, wo Sie Kampagnen fahren können, größere Austausche machen können und so weiter. Und wenn das im dritten Stadion sich befindet, der Schaden, dann sollte man schon anfangen zu planen. Und im vierten Stadion wäre es ganz gut, wenn man das schon mal dann austauschen würde. Das fünfte Stadion, wenn man das erreicht, ist es einfach nur ein Glücksspiel. Das kann sozusagen noch ein paar Monate sogar halten. Es hängt ja auch von den Windbedingungen, von den Belastungen ab. Kann aber auch morgen kaputt gehen. Also das heißt, so eine Art der Instandhaltung, dass man sagt, in welchen Stufen befindet man sich gerade und welches Risiko ist damit gekoppelt. Das machen wir gerade mit unseren Sachen teilweise.

- 49 **I:** Wenn jetzt die Kunden solche Investitionen tätigen, inwiefern können die Kunden den Return on Investment berechnen? Ich denke mal, das wird sich relativ schwierig darstellen vor, vor allem bei diesen Bereichen wo Investitionen erst zukünftig sichtbar sind.
- 50 **D2:** Das stellt sich schwierig dar, das ist vollkommen klar. Aber der Punkt ist halt der, wenn beispielsweise Kunden sagen, eine Stunde Produktionsausfall kostet mich zum Beispiel 50.000 Euro. Und ich habe jetzt ein Messsystem, welches es mir gestattet, mit dem, was ich dahinter habe. Wenn ich eine so eine Sache verhindere, habe ich fünf Messsysteme bezahlt. Ja, dann ist es eigentlich eine Geschichte, wo ich auch eine geschäftliche Abwägung mache. Was mir dieses Risiko wert und eine Stunde kann mal schnell zustande kommen, weil es dann doch ein Lager in dem Produktionsprozess sagt, ich möchte jetzt nicht mehr mitspielen oder wie auch immer. Also das ist eine Frage, wie man selber seine Produktionskosten kennt und sagt, ok, beispielsweise als wir in der Windkraft angefangen haben, hatten wir 600 kW Anlagen. Wenn dort mal eine 600 kW Anlage irgendwo steht, das wird die Energieversorgung nicht nachhaltig beeinträchtigen. Aber inzwischen sind die Offshore schon bei 20 Megawatt. Wenn eine Anlage steht, können Sie sich ungefähr ausrechnen, wie viele 600 kW Anlagen Sie da hinstellen würden. Bei einer 600 kW, da zucken Sie nicht mit der Wimper, aber wenn die MW plötzlich weg sind, ist das schon plötzlich eine Größenordnung.
- 51 **I:** Ok! Bei solchen Größenordnungen werden vermutlich Investitionen eher getätigt?
- 52 **D2:** Das ist der Schmutz unter dem Fingernagel. Das ist ein „no brainer“ an der Stelle, wenn Sie nur zwei Kleinigkeiten oder eine größere Sache in der Laufzeit der Anlage dort rausholen und das ist heute so häufig. Dafür ist das Ertragsausfallrisiko einfach viel zu groß, also in der Energieversorgung jetzt bei dem Beispiel.
- 53 **I:** Dankeschön. Sie haben ja schon sehr gute Punkte geliefert und könnten Sie jetzt nur kurz allgemein zusammenfassen, was für allgemeine Empfehlungen oder Vorschläge für Handlungsempfehlungen Sie Unternehmen jetzt geben würden, damit sie solche Systeme und Lösungen wie Predictive Maintenance integrieren können?
- 54 **D2:** Als erstes ist es tatsächlich so, dass man sein eigenes Unternehmen und seine eigenen Prozesse sehr genau anschauen muss. Wenn man seine Hausaufgaben macht, muss man zuerst eine eigene Risikoanalyse fahren. Man kann aber auch für solche Risikoanalysen sicherlich Dienstleister ins Haus holen, damit man die professionell machen kann. Welche Risiken bestehen mit welchen Maschinen in welchen Prozessen beispielsweise? Auswertungen in der Instandhaltung wären sehr hilfreich, dass man sagt, welche Bauteile fallen dann sehr häufig aus? Was führt denn jetzt zu bestimmten Dingen? Wo haben wir denn überhaupt Einsparungspotenziale oder Potenziale, die wir für unser Unternehmen gerne heben würden? Wie sieht denn mit der Kundenzufriedenheit, mit der Kundenakzeptanz aus? Wie wollen wir denn unsere weltweiten Service beispielsweise, wenn

es den gibt, wie wollen wir den denn steuern? Wie wollen wir eventuell zukünftig Servicepakete für unsere Kunden anbieten und so weiter? Also solche Fragestellungen und natürlich auch die eigenen Kunden auch interviewen. Wie ist die Akzeptanz? Wie sind die Bedingungen der eigenen Kunden sozusagen, dass man da schon wichtige Informationen zusammen aggregiert, die dann helfen, wiederum die richtigen Strategien für die eigenen Maschinen und Anlagen festzulegen? Bis hin dazu, dass es ja nicht alleine um die Predictive Maintenance geht oder die Smart Maintenance, sondern es geht ja dann auch zukünftig darum. Ich habe gelernt, dass viele, viele Maschinenbauer lange Zeit nicht wussten, auch weil die Betreiber es nicht wollten, wie ihre Anlagen betrieben werden und unter welchen Bedingungen die Anlagen betrieben werden. Wenn sie jetzt mehr und mehr Informationen dazu haben, führt es natürlich dazu auch, dass sie bessere Maschinen bauen können grundsätzlich. Also sie könnten halt dann auch bessere Anlagen konstruieren und Schwachstellen in der nächsten Konstruktionsrevision ausmerzen und solche Dinge. Also da können dann auch solche Daten und Informationen wieder zurück in die Entwicklung der eigenen Maschinen und Anlagen. Damit wird man wiederum selber konkurrenzfähiger im Vergleich zu anderen Sachen und so weiter und so fort. Dem hat lange Zeit gegenübergestanden. Ich habe mal für XY, die machen das jetzt nicht mehr Kalenderwalzen, gesagt, guck mal, wie toll wir sind. Damals war ich noch an der Uni, klappt doch alles wunderbar, sollte man das nicht und so weiter. Beim Endkunden sagte derjenige, der mich damals betreut hat, alles schön und gut, aber die Endkunden wollen sich nicht beobachtet fühlen, weil die genau in der Gewährleistungszeit quälen die unsere Anlagen so, dass die mit 120, 130 Prozent Produktionskapazität sozusagen die Anlagen betreiben und wenn dann was kaputt geht in der Gewährleistungszeit, zeigen die auf uns und sagen hier, schau mal, ist kaputt gegangen, hat nicht das gehalten, was es versprochen hat und wir müssen es kostenfrei reparieren. Also das hat dem lange Zeit entgegengestanden, dass der Endkunde sich nicht beobachtet fühlen wollte, nicht überwacht fühlen wollte. Aber zunehmend ist es so, dass man beispielsweise Modelle kennt jetzt, wo Maschinen nicht mehr verkauft, sondern nur noch für den Prozess und für den Betrieb zur Verfügung gestellt wird. Das heißt, der Lieferant der Maschine, der Anlage kann jetzt selber bestimmte Bedingungen festlegen, kann sagen, ich will nur das und das Personal dort sehen und ich will aber dafür das und das haben und ich muss wissen, wie es der Maschine geht, sonst kann ich das nicht effektiv und ich kann dir nicht so ein Paket anbieten, weil dann ist das Risiko für mich zu hoch und dann wird es teuer und so weiter und so fort. Also das sind jetzt neuere Entwicklungen, die dem sozusagen positiv in die Richtung gehen, dass man solche Techniken mehr und mehr einsetzt. Das war früher schwieriger, das beim Endkunden anzubringen, nach meiner Erfahrung.

55 **I:** Okay, Dankeschön. Jetzt sind wir eh schon in Richtung Abschluss. Wie sehen Sie die Zukunft der Cloud, hinsichtlich Analytics und auch andere Trends, Entwicklungen, wie beispielsweise die Cloud im Zusammenhang mit KI. Ist das Ihrer Meinung nach auch die Zukunft oder wird sich da noch was ändern?

56 **D2:** All diese Fragen, das ist egal, wie Sie jetzt die einzelnen Begriffe hier zusammen kombinieren. Sie brauchen sich einfach nur mal auf die Meta-Ebene stellen. Was ist eigentlich wirklich wichtig? Wichtig ist Information. Das ist der einzige Punkt, der entscheidend ist. Und jetzt müssen Sie sich fragen, wie kommt man zu bestimmten Informationen und wie kann man die dann weiterverarbeiten? Information ist ja noch nicht das Ende, sondern wissensbasiert ist das Ende an der ganzen Stelle. Sie müssen wissen, wann Sie etwas einsetzen und wann Sie es nicht einsetzen. Insofern ist das ganz klar, dass das in Zukunft bei Energieknappheit, bei den ganzen Punkten wie Ersatzteilgeschichten, das was wir vorhin hatten und wenig qualifizierten Personal, dass Sie all diese Dinge brauchen, um qualifizierte Informationsbeschaffung zu betreiben.

- 57 **I:** Dankeschön. Im Endeffekt ist es natürlich auch das Ziel dass man einen Wettbewerbsvorteil generiert und sich dadurch auch vom Mitbewerber abhebt.
- 58 **D2:** Klar, Informationen sind immer ein Wettbewerbsvorteil. Rothschild hatte sein Vermögen dadurch gemacht, dass die Brieftaube bei ihm zuerst angekommen ist und gefragt hat, wie ist die Schlacht bei Waterloo ausgegangen? Was ist die Brieftaube? Die Brieftaube hat auch nur die Informationen gebracht und er hat gegen die Börse gewettet und er hat erfolgreich gegen die Börse gewettet und er hatte das Vermögen. Was war es? Er hat jetzt nicht irgendwie einen Goldklumpen ausgegraben, sondern er hatte einfach nur diese Informationen. Natürlich ein bisschen weit hergeholt an der Stelle, aber es sollte nochmal plakativ und illustrieren, was Informationen oder Wissen im Prinzip am Ende erzeugen können. Nichts anderes tun sie. Wenn sie eine stärker verteilte Welt haben, also mit dezentralen Fragestellungen, dann müssen sie sich überlegen, wie sie wieder Informationen erzeugen und zusammenströmen lassen und am Ende mit dem Wissen dealen.
- 59 **I:** Abschließend, kurz noch, bei mir ist es ja auch immer ein KVP, also ein kontinuierlicher Verbesserungsprozess. Hat es irgendeine Frage gegeben, die Sie erwartet hätten, die ich aber nicht gestellt habe?
- 60 **D2:** Aus der ganz schnellen kalten gefragt, könnte ich es jetzt nicht sagen, muss ich ganz ehrlich sagen. Da bin ich jetzt vielleicht auch intellektuell nicht sofort auf der Höhe. Das fehlt mir jetzt ganz doll oder so.
- 61 **I:** Okay, danke. Dann war es nichts grobes, denke ich mal.
- 62 **D2:** Nicht ganz grob, aber es fehlt noch ein bisschen. Was könnte noch fehlen? Es gibt ja auch einen Bereich, wie man physikalisch Informationen beschafft. Sie können viel aus den Prozessdaten rausholen, aber nicht alles. Und dann gibt es ja unterschiedliche Methoden der Informationsgewinnung. Da könnte ich mir vorstellen, dass man da nochmal recherchiert und sagt, was sind denn die wesentlichen Dinge, die man relativ schnell auch implementieren kann, die dem Kunden eben auch helfen. Ich hatte vorhin was von Körperschallbasierten Techniken gesagt, die sind aber sehr stark auch an Spezialisten gebunden, die sich damit auskennen und so weiter und so fort. Was gibt es da noch? Gibt es beispielsweise Ölanalyse-Methoden? Das ist ja so ähnlich, wie wenn Sie jetzt beim Arzt sind. Wir sind ja sowas wie Maschinenärzte, wenn ich das so sagen darf. Wenn Sie beim Arzt sind, der macht auch ein großes Blutbild. Welche Bedeutung haben verschiedene Methoden in dem Bereich? Wer ist besonders informationsträchtig im Vergleich zu der Hürde der Anfangsinvestition?
- 63 **I:** Wenn wir den Bereich betrachten, was ich jetzt sagen will, den Industriebereich, Maschinendaten, Produktionsanlagen und so weiter, dann meinen Sie die Erfassung der Maschinendaten oder was für Methoden es da gibt, etc., Kommunikationsprotokolle?
- 64 **D2:** Nicht nur das, das wäre schon auf einer anderen Ebene. Ich meinte jetzt auch tatsächlich ein bisschen messtechnisch-physikalisch. Mit welcher Sensorik, was sind die sozusagen Eintrittshürden von verschiedenen Methoden im Vergleich beispielsweise zur Handhabbarkeit, zur Investitionsaufwendung, die ich betreiben muss, um wichtige Zusatzinformationen zu beschaffen? Das eine, das hatte ich ja gesagt, was zur Verfügung steht, sind ja, wenn man die Schnittstellen beherrscht, sind ja die Prozessdaten, die Maschinendaten. Da ist ja auch das Unternehmen XY ganz groß, dass wir, wenn wir Maschinensteuerung einbauen, XY- Steuerung haben, dass wir natürlich über die verschiedenen Bussysteme und Schnittstellen sofort auch Daten zur Verfügung stellen können über geordnete Leitstands-Systeme und so weiter. Und das Unternehmen XY hat den

großen Vorteil hat, wie ich finde, dass wir nichts proprietäres machen, sondern da sehr viel Standardisierung eine Rolle spielt und dass man das natürlich auch sofort in andere Prozesse mit einführen kann, solche Informationen. Aber ich wollte jetzt gerade anders abbiegen, welche Methoden gibt es und Sachen, dass man diesen Aspekt nicht ganz außer Acht lässt. Und da gibt es übrigens auch Studien weltweit dazu, welche Sektoren in dem Bereich der Messtechnik beispielsweise, Endoskopie-Methoden, Thermografie, Ölanalysemethoden, Vibrationsgeschichten, wie das zu beurteilen ist. Und das spiegelt sich dann auch, gibt ganz starke Wechselwirkungen, auch Cloud-basiert, Edge-Device-Verarbeitung, Tralala, also all diese Dinge spiegeln sich dann da auch wieder. Müssen Sie nicht machen, ist jetzt nur von meiner Seite nur ein paar Bemerkungen.

65 **I:** Theoretisch auf jeden Fall werde ich das mit reinbringen. Dankeschön für den Input. Sonst noch ein weiteres Feedback, das Sie teilen möchten? Sonst wären wir am Ende.

66 **D2:** Ich glaube, dass es noch ganz lange Zeit, also ein wichtiger Punkt ist, wie Dienstleistungsunternehmen hier mit dem klassischen Maschinenbau arbeiten können. Wie gesagt, unter der Direktion von Datensicherheit, dies und jenes, das wird ein wichtiger Aspekt sein. Ich sehe aber nicht, dass die Maschinenbauunternehmen das selbstständig, vollständig aus sich heraus stemmen können, weil es ein ganz anderes Metier ist, was sie nicht in ihrer DNA drin haben. Da sehe ich schon auch einen Zwang der Zusammenarbeit, der Kooperation, der aber irgendwie ja auch reguliert werden muss, sodass er handhabbar ist für beide Seiten. Das wäre nochmal ein wichtiger Aspekt, wie kriegt man das sozusagen abgebildet.

67 **I:** In den meisten Interviews, was ich gefühlt habe, sie gehen davon aus, dass sie eine Kooperation machen müssen mit Dienstleistern in der Hinsicht. Wie Sie schon erwähnt haben, dass das Know-how fehlt. Sie wollen das Wissen auch gar nicht aufbauen. So habe ich zumindest das Gefühl gehabt.

68 **D2:** Aber dann ist es die Frage, wie kriegt man das dann vertrauensvoll hin, dass man sagt, okay, ich habe mich entschieden, ich kann aber auf dem Weg nochmal wechseln, weil bestimmte Bedingungen dann doch nicht so stimmen, die beim Anfang so gesagt wurden, dass das schon stimmt und dann passt irgendwie was nicht. Und dann bist du auf Gedeih und Verderb auf deinen Kooperationspartner, den du dir gewählt hast, angewiesen. Und da gibt es sicherlich ein paar Aspekte, die hier Vertrauen schaffen. Also inwiefern beispielsweise eine API vorhanden ist, dass man dort nicht diese hundertprozentige Abhängigkeit zu dem Dienstleister sozusagen schafft. Da gibt es ein paar Aspekte, die man sicherlich in solchen Arbeiten, die Sie hier machen, auch erwähnen kann oder auf die man das Augenmerk legt. Und wie gesagt, wenn man sich für einen Dienstleister entscheidet, was muss der Dienstleister für Merkmale haben, damit man sich für ihn entscheiden kann. Was müsste er mitbringen? Wenn er nämlich nur die Hardware und die Software mitbringt, ist es meistens zu wenig aus meiner Erfahrung, weil es erst im Anpassungsprozess bestimmte Sachen entstehen. Also das heißt, ich glaube, der Dienstleister braucht selber auch eine Abteilung, die sich mit den Daten oder mit der Weiterentwicklung beschäftigt, selber eine Abteilung, wie er bestimmte Schulungen beispielsweise abbildet.

69 **I:** Richtig, ja.

70 **D2:** Solche Dinge.

71 **I:** Das ist ein ganz wichtiges Thema, das ich auch in den anderen Interviews gehört habe. Also wie und wo die Cloud sicher verwendet werden kann und auch verwendet wird. Einigen ist ja

beispielsweise nicht wirklich bewusst das ein Office Programm auch mit der Cloud vernetzt ist bzw. vernetzt sein kann. Hier fehlt etwas der Weitblick und das Wissen.

72 **D2:** Hundertprozentig. Und jetzt wird natürlich noch einiges passieren, das sagen jetzt natürlich nur diejenigen, die jetzt mal schauen, aber was auch passieren wird, die Babyboomer gehen jetzt raus. Also es wird auch im Maschinenbau sehr, sehr viel passieren in diesem generativen Umbruch, der stattfindet.

73 **I:** Das ist ein guter Punkt, ja. Gut, dann war es das. Danke für Ihre Zeit!

ANHANG K - Transkript Interview 7 - D3

- 1 **I:** So, danke für die Zeit. Das mit der Anonymisierung hätten wir geklärt. Dann starten wir mal mit dem Interview. Also der Beginn ist Hintergrund und Erfahrung. Und die erste Frage, was ich stelle, in welcher Branche ist ihr Unternehmen tätig?

- 2 **D3:** Die Firma XY stellt im überwiegenden Maße ihrer Tätigkeit Automatisierungskomponenten her. Wir sind ein Anbieter von Automatisierungstechnikkomponenten dort, im überwiegenden Teil XY. Ein bisschen Richtung Kabel, Klemmhalter, so ein bisschen Zubehörsachen. Und immer mehr auch Softwareanbietungen oder Softwareprodukte. Und das ist auch der Bereich, den ich leite. Ich leite das Produktmanagement im Softwareproduktbereich. Wir haben insgesamt fast 4000 Mitarbeiter, sind weltweit dabei tätig. Wir haben vier große Produktionsstandorte, darunter Amerika, Mexiko, ganz neu jetzt dazugekommen, China und Ungarn. XY ist unser Hauptstandort, wo wir produzierendes Unternehmen sind. Wobei wir da eher als eine Manufaktur kategorisiert werden könnten, weil wir doch sehr viele händische Prozesse haben. Wir haben sehr viele kleine Teile, die dann doch von Hand zusammengebaut werden. Klar, mit teilautomatisierten Prozessen. Aber dann doch. Ich würde Teile der Produktion eher als Manufaktur bezeichnen und dann auch andere Teile sind hochautomatisiert. Wie lange bin ich im Unternehmen tätig? Seit 2013 ungefähr. Ich habe auch mit meinem Praxissemester bei Unternehmen XY angefangen. Ich habe Wirtschaftsingenieurwesen studiert in XY an der Fachhochschule. Ich habe dann im Vertriebsinnendienst bei XY angefangen. Während dem Praxissemester habe ich die Bachelorarbeit geschrieben im strategischen Marketing zum Thema Industrie 4.0. Das war damals die erste Ausarbeitung im Unternehmen, die den Themenkomplex Industrie 4.0 beleuchtet hat. Es war eine fundierte Marktwettbewerbsanalyse zum damaligen Zeitpunkt, was denn in unserem direkten Umfeld mit Industrie 4.0 tut. Darauf aufbauend hat sich die Unternehmens-Digitalisierungsstrategie kontinuierlich weiterentwickelt. Ich arbeite seitdem im Umfeld von Industrie 4.0 Lösungen. Nach der Bachelorarbeit habe ich meinen Einstieg bei diesem Unternehmen gemacht in die Vollzeitarbeitstätigkeit als Produktmanager für eine Softwarelösung, wo unser Ansinnen war, Waschmaschinen transparent zu machen in der Schokoladenproduktion, um einen Condition-Based Monitoring und Austausch von Schokoladenformen zu realisieren. Das haben wir damals mit einem Partner gemacht, die Firma Max Riener. Die gibt es leider nicht mehr am Markt. Die haben intern umstrukturiert und haben das Ganze nicht überlebt. Damit war quasi mit Fertigstellung unserer Lösung war dann mein Vertriebskanal weggebrochen und wir haben die Lösung direkt wieder vom Markt genommen, weil wir gar keinen Zugang in diese Branche rein hatten damals. Dort war ich dann eine Zeitlang in der Innovation tätig und habe dann ein Digitalisierungsteam mit aufgebaut, wo wir unsere Digitallösungen nach außen hin konstruiert hatten. Dabei Grundsteine gelegt für ein strategisches Inkubationsprogramm und dann mit der nächsten Umstrukturierung den Produktbereich Software komplett übernommen. Für das Produktmanagement, das ist die Rolle, was ich jetzt gerade habe, vom Clustermanagement. Das ist so eine Kombination aus Geschäftsbereichsverantwortung, also ich habe eine Umsatz- und Ergebnisverantwortung für den mir zugetragenen Geschäftsbereich, aber keine Sales-Mannschaft oder sowas, sondern ich bin die Führungskraft von aktuell zwei Produktmanagern direkt und mehrere von indirekten und steuert da damit noch zweieinhalb Entwicklungsteams aus. Alles softwareaffin und softwarebasierte Thematiken.

- 3 **I:** Perfekt. Dankeschön für die schöne Einleitung. Jetzt haben Sie eh schon alle Fragen beantwortet. (lacht)

- 4 **D3:** Ich dachte, ich gehe schon mal alle Fragen von ihrem Handout durch. (lacht)
- 5 **I:** Nein, perfekt. (lacht) Das passt super. Sonst stelle ich eh selbst die Fragen. Gut. Das mit Mexiko und der Produktion komme ich dann eh noch zurück. Das ist ein wichtiger Punkt, den ich aufgeschrieben habe und zu Condition-Based Monitoring, da werde ich auch später eine Frage stellen. Vorweg. Inwiefern sehen Sie Instandhaltung als strategischen Erfolgsfaktor für den nachhaltigen Unternehmenserfolg, wenn Sie Ihre Einschätzung geben würden?
- 6 **D3:** Ich sehe die Instandhaltung natürlich als einen entscheidenden Faktor für den Unternehmenserfolg, weil die Instandhaltung mir dafür sorgt, dass ich produzieren kann und dass meine Anlagen laufen und funktionieren. Deswegen ist das ein Erfolgsfaktor. Wir sehen uns mit immer mehr Preisdruck und immer mehr Wettbewerbsdruck konfrontiert weltweit. Die Luft wird dünner, da oben sagt man. Das ist natürlich, je besser meine Crew ist, die dafür sorgt, dass meine Assets laufen und dass wir an einer sehr hohen Produktivität hängen, desto besser läuft es. Das ist meine Einschätzung.
- 7 **I:** Die nächste Frage. Wie viel und welche Arten von Produktionsanlagen sind typischerweise in den Unternehmen vorhanden mit denen Sie zusammenarbeiten, ist wahrscheinlich schwieriger zu beantworten, weil Sie viele verschiedene Produktionsanlagen haben, mit denen Ihr Unternehmen kooperiert. Das kann man denke ich schwer pauschal ausdrücken.
- 8 **D3:** Natürlich. Das Unternehmen XY hat zwei generische große Kundensegmente. Das eine sind Maschinen- und Anlagenbauer. Das ist unser Hauptsegment. Das ist das, wo wir lange Kontakte haben. Das zweite Segment nennen wir End-Users. Das sind Firmen, die Produktionsanlagen betreiben, Maschinen- und Anlagenbetreiber. Das geht von den kleinen Spritzgießern mit zwei Spritzgussmaschinen bis hin zu den Top-Tier-Unternehmen wie einem Daimler, einem Scania oder einem Volkswagen. Bei den kleinen Unternehmen sind wir eher nicht mit in der Instandhaltung. Die haben oft keinen eigenen Instandhalter. Da ist ein Maschinenbediener, der uns im Ersatzfall mal kontaktiert. Bei den großen Anlagenbetreibern, großen Produktionsfirmen, sind wir natürlich weit darüber hinaus in der strategischen Instandhaltung tief vernetzt. Bei einem Unternehmen gab es einen eigenen Mitarbeiter, der den Werksausweis für das Unternehmen hatte, weil er jede Woche viermal da war und mit den Instandhaltern über Verbesserungen, über Retrofits diskutiert hat. Natürlich, die haben riesige Maschinenparks. Die sind auch abhängig davon, dass wir Komponentenhersteller auch mal schnell ändern können, das eine Produkt raus, das andere Produkt reinschmeißen. Von den Produktionsanlagen würde ich sagen, es geht tatsächlich von der Windkraftanlage bis zum Abfüller. Da ist jede Art Anlage dabei, die man sich nur so vorstellen kann.
- 9 **I:** Dankeschön. Der nächste Punkt ist die Wartungsstrategie im Unternehmen. Da gibt es aus der Literatur so fix definierte oder fest definierte Wartungsmöglichkeiten. Das ist nur eine Form, aber wie würdest du das bei den Unternehmen einschätzen? Ist das jetzt präventiv, meistens korrektiv oder sind da meistens Mischformen im Einsatz?
- 10 **D3:** Ich würde von der Erfahrung her sagen, dass es je nach Unternehmensgrad, also je nach Digitalisierungsgrad, verschifft sich das von einer präventiven Wartung immer mehr zu einer datenbasierten Wartung oder datenbasierten reaktiven Verhalten. Ich glaube, vorausschauend präventiv sind noch sehr, sehr wenige. Also praktisch zu dem Punkt zu kommen, dass ich aufgrund von einer Datenabweichung eine Wartungshandlung ausführe. Ich glaube, da sind noch sehr wenige Maschinen und Anlagen dabei. Die meisten, würde ich sagen, sind immer noch in einer präventiven Instandhaltung, wo nach einer bestimmten Anzahl an Stunden eben das getauscht wird, weil die

- Erfahrung sagt, wenn ich den Motor jetzt noch länger betreibe, dann macht er mir nichts. Das Lager geht bald kaputt. In vielen Unternehmen hören das oder fühlen das Mitarbeiter einfach auch. Das hört sich dumm an, aber die legen ihre Hand auf die Anlage und spüren, ob das Lager jetzt kurz vor dem Ausfall ist, weil genau den Zustand haben sie schon 30 Mal gespürt oder gehört vor allem. Das wird auch viel verwendet.
- 11 **I:** Okay, also schon eher Richtung präventiv, aber es wird wahrscheinlich auch noch Anlagen geben, die korrektiv arbeiten sowieso oder ungeplant.
- 12 **D3:** Ungeplant wird, glaube ich, immer mehr, auch dazu noch, weil wir immer weniger Instandhaltungspersonal haben. Immer weniger Mitarbeiter müssen immer mehr Anlagen betreuen. Das heißt, ungeplante Stillstände häufen sich dadurch, weil weniger Zeit an den einzelnen Anlagen ist. Das hat man auch schon öfters mal gehört, dass einfach die Manpower fehlt, um die präventive Instandhaltung nach Wartungsplan durchzuführen. Das heißt, plötzlich geht man in die Reaktive, wo man halt dann, wenn die Anlage steht, erst ran kommt.
- 13 **I:** Okay, interessant. Danke. Predictive Maintenance kommt dann eh als nächstes Kapitel, da würde ich eh noch genauer drüber sprechen. Aber vorweg, es gibt ja aus Sicht von Industrie 4.0, was Sie auch in Ihrer Bachelorarbeit behandelt haben und auch in Ihrer Arbeit selbst, gibt es den Begriff Smart Maintenance. Der wird Ihnen wahrscheinlich auch bekannt sein. Da gibt es aus der Literatur eine mögliche Form einer Zielvision der Smart Maintenance, also der intelligenten Instandhaltung. Da gibt es sechs zentrale Handlungsfelder. Jetzt würde ich Sie kurz bitten, wenn wir diese betrachten würden, inwiefern sehen Sie die Unternehmung Richtung Zielvision Smart Maintenance gehen und wo sie jetzt stehen. Wenn man jetzt das letzten Punkt betrachtet, das ist ein immens wichtiger Punkt, glaube ich zumindest. Ist die Instandhaltung noch immer ein reiner Kostenverursacher in den Unternehmen oder ist der Wertbetrag wirklich schon bekannt in der Instandhaltung?
- 14 **D3:** Ich glaube, bei den meisten ist es ein Kostenverursacher nach wie vor. Wenigen Unternehmen ist es, glaube ich, tatsächlich klar, wie wichtig die Instandhaltung ist. Aber das ist ein Bauchgefühl. Da hätte ich jetzt keine ganz konkreten Zahlen. Bei den großen Unternehmen, die große, viele Maschinen betreiben, ist es, glaube ich, bekannter oder bewusster als bei den kleineren. Das ist auch sehr abhängig.
- 15 **I:** Das Ersatzteilwesen, ist das strukturiert oder nicht strukturiert?
- 16 **D3:** Ich glaube, das ist nicht strukturiert.
- 17 **I:** Also es ist nicht anforderungsgerecht, dass Sie schon wissen, was für ein Ersatzteil ich benötige wenn eine Anlage ausfällt?
- 18 **D3:** Nein, das glaube ich nicht. Ich weiß, dass es bei uns Serviceleistungen gibt. Da schicken wir einen Mitarbeiter mit einem Sensor, mit einem Helikopter und einem Flugzeug zu einem Kunden, wenn es brennt.
- 19 **I:** Das kommt in meine Arbeit rein. (lacht)
- 20 **D3:** Ich weiß, das ist mehrfach vorgekommen. Wenn bei einem Großproduktionsunternehmen eine Linie steht, dann verursacht die ja Hunderttausende von Euro in der Stunde an Kosten, an Ausfallkosten. Unter Umständen wegen einem Bauteil, was 30 Euro kostet. Da gibt es keine Frage nach der Lieferzeit. Das muss so schnell wie möglich sein. Es gibt bei uns Expresslieferungen mit

dem Taxi, die dann auch zum Flughafen geht und vom Flughafen mit dem Taxi zum Kunden bezahlt werden.

21 **I:** Aber wenn die Anlage so wichtig ist für die Unternehmen, warum schauen die Unternehmen nicht schon im Vorfeld, dass das Ersatzteil auf Lager ist?

22 **D3:** Ja, die Frage darf man ruhig stellen. (lacht) Manche Vorfälle passieren ungeplant. Bei einem Sensor, das sind relativ kleine Bauteile, da kann es passieren, der bricht aus Versehen ab, weil jemand falsch dran fährt oder weil der Staplerfahrer mit dem Zinken dran hängen bleibt und plötzlich steht die Anlage. Da habe ich natürlich nicht alles auf Lager. Sonst müsste ich eine doppelte Anlage auf Lager haben. Das ist ja genauso Instandhaltung wie die geplante vorausschauende Wartung, wo ich dann ein Kugellager austausche, wenn die Welzlagerberechnung sagt, okay, jetzt müsste es ungefähr so weit sein. Das sind die Varianten.

23 **I:** Okay, gut. Ein wichtiger Punkt ist auch Wissensmanagement. Ist es noch stark Personen gebunden in der Industrie oder ist es wirklich schon, dass Unternehmen ein eigenes Wissensmanagement aufgebaut haben?

24 **D3:** Ich glaube, es gibt viele Wissensmanagementlösungen. Im seltensten Fall gibt es eine Wissensmanagementlösung tatsächlich in der Instandhaltung. Wir zumindest betreiben keine, das weiß ich. Wir haben ein paar Wissensmanagement-Datenbanken aufgesetzt in unserem Service und dann mal in der Entwicklung. Das gibt es bei uns zumindest nicht. Ich glaube, bei vielen Unternehmen ist die Instandhaltung das Letzte, woran gedacht wird beim Wissensmanagement, sondern da geht es erst mal um Unternehmensprozesse und Entwicklungswissen. Das wäre zumindest meine Einschätzung dazu.

25 **I:** Dann hätten wir noch drei Fälle übrig. Planen, Produktion, Instandhaltung zusammen oder wird das getrennt gehandhabt, wenn irgendwelche Wartungstätigkeiten durchzuführen sind?

26 **D3:** Das kommt auch stark auf das Unternehmen drauf an. Unternehmen, die ein MES-System bereits im Einsatz haben, ich glaube, da ist das sehr gut geplant. Das sind aber vielleicht zehn Prozent der Unternehmen, die sowas verwenden. Produktionsplan und Instandhaltung sind ja oft zwei Gegenpole, die sich ein bisschen um die Maschinenzeit kämpfen müssen. Da kann man sich schon vorstellen, dass es mit Sicherheit noch nicht so gut ist, wie es sein könnte.

27 **I:** Das wäre der nächste Punkt. Geringere Flexibilität in der Produktion. Damit es gemeint ist, kann die Produktion reagieren, wenn Wartungstätigkeiten erforderlich sind? Haben Unternehmen schon viele Redundanzen geschaffen oder eher nicht?

28 **D3:** Ich glaube, eher nicht. Die meisten Linien, die ich gesehen habe, sind hoch spezialisiert. Bei einem großen Kunden gibt es eine Drahterodieranlage, die ganz kleine Bohrungen in so einen Injektor reinmacht, rein erodiert. Von der Anlage gibt es 52 baugleiche weltweit. Aber die eine ist halt die eine. Die funktioniert ein bisschen anders als die andere. Das Rohmaterial müsste dann von einem Standort zum nächsten, der unter Umständen ein paar hundert Kilometer weg ist, verschifft werden. Aber die Anlage hat auch schon eine Vollausslastung. Man plant ja keine Anlagenkapazitäten, sondern man plant ja das, was man tatsächlich benötigt. Und meistens, so wie es bei uns ist, haben wir immer zu wenig Kapazität. Wir könnten immer mehr produzieren. Wir könnten mehr verkaufen, wenn wir mehr produzieren können. Und dann beißt sich die Ratte in den Schwanz.

- 29 **I:** Das ist der nächste Punkt, an dem ich anschließen möchte, ist jener den Sie zuvor erwähnt haben. Mitarbeitermangel. Sie haben erwähnt, dass wir schon in Richtung verfügbarkeitsorientierte Instandhaltung unterwegs waren. Aber eben durch Personalmangel, durch Mitarbeitermangel ist es problematisch geworden, dass die Unternehmen eher wieder in Richtung ungeplant und reaktiv gehen müssen.
- 30 **D3:** Ja, definitiv. Und je besser das natürlich softwaregestützt ist, die reaktive Instandhaltung und dann die verfügbarkeitsorientierte Instandhaltung, wenn die gut softwarebasiert ist und wir dann keine unnötigen Sachen austauschen, also unnötige Wartungen machen, weil das Lager würde eigentlich dreimal so lang halten. Der Wartungsplan sagt aber, es müsste jetzt raus. Wir datentechnisch basiert wissen, das hält aber dreimal so lang. Dann können wir dieses Gap natürlich wieder etwas kompensieren. Der ganze Hintergrund hinter den digitalen Lösungen. Wir wollen ja die wenigen Ressourcen bestmöglich mit Wissen ausstatten, dass sie besser arbeiten können. Das tun was wirklich wertschöpft.
- 31 **I:** Dankeschön. Gut, dann war es das einmal zu Smart Maintenance. Und jetzt würden wir eh schon in Richtung Predictive Maintenance gehen. Ich habe da eine Frage, also zwei Fragen. Wie würden Sie Predictive Maintenance beschreiben, wenn Sie es jetzt z. B. einem Laien erklären müssten und wie würden Sie es abgrenzen zu Condition-Based Monitoring, also zu zustandsorientierten Instandhaltung?
- 32 **D3:** Ich würde so sagen, Predictive Maintenance ist das große Ziel, was jeder machen möchte. Ich möchte eine vorhersagende Wartung machen, die mir sagt, tausche jetzt dieses Teil aus, weil morgen ist es kaputt. Und Condition Monitoring ist ein Schritt auf dem Weg dorthin. Ich kann Predictive Maintenance nicht universell beschreiben. Also wenn jemand Predictive Maintenance machen will, dann muss er das bauteilbezogen und nutzungsbezogen machen. Um nutzungsbezogen agieren zu können, muss er davor den Zustand über einen langen Zeitraum aufschreiben, aufmonitoren. Und da ist praktisch das Condition Monitoring zuständig. Und so baut sich das für mich zumindest auf. Ich mache Connect, Collect, Store. Also ich baue meine Datenarchitektur auf, indem ich mein Monitoring verbinde und anfangs zu speichern und so anfangs, Zustände zu erkennen, dann wenn sie passieren. Also natürlich, wenn ich einen Ausfallzustand vorhersagen will, muss er doch vormals passiert sein, dass ich weiß, was passiert und ein Pattern, quasi ein Muster habe, auf welches ich proaktiv reagieren kann. Ein Ausfall, der plötzlich passiert, ohne dass es ein Anzeichen dafür gibt, den kann ich auch nicht vorhersagen. Der passiert halt plötzlich. Die anderen Ausfälle, die durch schleichende Abnutzung passieren, durch so nach und nach, langsam wird es ein bisschen schlechter, da habe ich Frühindikatoren. Und um die Frühindikatoren festzustellen, brauche ich natürlich einen Datensatz, der mir diesen überhaupt erst erzeugt.
- 33 **I:** Sie haben es eh schon relativ gut beschrieben wie es in die Literatur auch erwähnt wird, eben dass es aufbaut auf der zustandsorientierten. Würden Sie sagen, dass Predictive Maintenance in die Prozesse des Unternehmens integriert sein müsste, also beispielsweise mit einem Ticketsystem, dass ein Ticket ausgelöst wird, mit grün, rot, orange, das einer Anlage oder Komponente zugewiesen ist und das direkt weitergeleitet an die Mitarbeiter, also die Instandhaltungsmitarbeiter. Denken Sie, das ist notwendig für das Konzept Predictive Maintenance?
- 34 **D3:** Ich glaube, das ist so der allerletzte Schritt. Wie kommt die Information zu demjenigen, der sie braucht, zur richtigen Zeit? Das ist so der allerletzte Schritt. Und da gibt es mit Sicherheit viele Wege, die man da nutzen kann. Das Einfachste ist ein E-Mail-Alarm, den ich auslöse. Und dann hängt es

natürlich auch davon ab, was haben die Unternehmen schon. Gibt es ein Instandhaltungssystem, wie so quasi über Tickets gearbeitet wird oder eben nicht. Da hängt dann praktisch der Weg davon ab.

35 **I:** Welche Erfahrungen haben Sie schon gemacht im Bereich Predictive Maintenance, sei es theoretische oder praktische?

36 **D3:** Theoretische Erfahrungen, einige Architekturen gebaut, einige Lösungsskizzen erstellt, einige Proof-of-Concepts gemacht. Aber tatsächlich praktische Anwendungen noch keine gesehen, wo es tatsächlich real war. Viele Leuchttürme, viel war für Geschäftsführer oder Vorstände und ein paar Demos gebaut. Aber so richtig in der Praxis laufend habe ich selber noch kein System gesehen, wo das belegbar tut.

37 **I:** Okay, deswegen die Arbeit (lacht). Gut, auch wenn Sie es nur theoretisch gemacht haben, welche Vorteile sehen Sie in der Nutzung von Cloud-Technologien in diesem Zusammenhang, also mit Predictive Maintenance?

38 **D3:** Das ist eine gute Frage, weil man da differenzieren muss, was man mit Cloud-Technologien meint. Es kommt tatsächlich darauf an, was man macht. Wenn ich zu Azure oder zu AWS gehe, wenn Sie mal auf das Portal.azure.com geguckt haben und die verschiedenen Dienste da angeguckt haben, die man da nutzen kann, da gibt es ja keinen Out-of-the-Box-Predictive Maintenance Dienst, sondern das sind ja solche Sachen wie Rechenleistung, wie eine VM, wie ein Netzwerk Architektur bauen oder sowas. Wenn man von solchen Public-Cloud-Diensten redet, da sage ich, der Riesenvorteil, die zu nutzen und das wird tatsächlich getan ist, dass die Unternehmen sich spezialisiert haben auf CPU, auf Rechenpower und die zu unschlagbar günstigen Preisen anbieten können. Wenn ich jetzt anfangs, an einem riesengroßen Datensatz Predictive Maintenance Algorithmus zu trainieren, welcher dann auf meinen Streaming-Daten angewendet wird, die da kontinuierlich reinfließen, um das eben auszuwerten, ob jetzt was notwendig ist oder nicht. Für das Training sind die natürlich exorbitant gut geeignet, weil sie mal geschwind von 2 Nodes auf 2000 Nodes für Rechenleistung hochskalieren können. Das ist Rechenleistung, die kann On-Premises zwar gebaut werden, aber dauert halt Wochen, bis dann so ein Mainframe dasteht. Das ist der Aspekt

39 **I:** Denken Sie, dass On-Premises Lösungen zukünftig auch überhaupt sinnvoll sind für Predictive Maintenance oder dass sich alles in Cloud verlagern wird?

40 **D3:** Es kommt natürlich darauf an, was man damit meint. Das Training von so einem Modell, den Algorithmus zu trainieren, das macht On-Premises keinen Sinn. Den Trainingsmoment verlege ich gerne in die Cloud. Da habe ich schnell viel Rechenleistung. Wenn ich dann aber den Algorithmus, der hinten rauspurzelt, anbinden will, den will ich On-Premises anwenden. Den möchte ich auf einer kleinen ARM-Kiste, wie da hinten zwei Stück sind, im besten Fall laufen haben, weil der soll ja auf meinen Streaming-Daten angewendet werden. Bei Streaming meine ich die Daten, die die Anlage produziert, in einem 5-Minuten-Snapshot. Darauf wird der Algorithmus angewendet und soll dann reagieren, wenn etwas passiert, bevor es passiert. Das mache ich wiederum On-Premises. Das ist die Aufteilung, wo ich sage, Engineering, da fliegen wir auch in die Cloud oder hier TIA-Portal aus der Cloud. Ich liebe Software-as-a-Service, weil da muss ich mich nicht über das Deployment streiten, sondern sag hier, Portal.Unternehmen.com, hier gibt es unsere Engineering-Lösung, guckst dir an. Gibt es leider nicht, aber irgendwann mal. Oder E-Plan verlagert das in eine Software-as-a-Service, eine Web-App, die ja in großen Teilen auf den Cloud-Services von Azure oder so basieren.

Da macht es Sinn. Für alles, was schnell passieren muss, was dann kleine Datenmengen sind, die ich kontinuierlich durch so eine Pipeline durchjagen will, das macht On-Premises sehr Sinn.

- 41 **I:** Zu dem Punkt, da gibt es ja einen Begriff, damit Ihnen auch bekannt sein. Das ist dann die Infrastruktur für die Unternehmen. Ich schaue mal, ob ich sonst eine Nebenfrage habe. Das passt gut. Perfekt. Gut, dann das Buzzword Industrie 4.0. Wie sehen Sie das Buzzword? Sehen Sie, dass den Unternehmen die Industrie 4.0 Konzepte bekannt sind oder denken Sie, dass es sowieso notwendig ist, dass die Unternehmen den Weg gehen müssen in die ganze Vernetzung?
- 42 **D3:** Ich glaube, die meisten Unternehmen haben keine Ahnung, was Industrie 4.0 bedeutet. Auch die Politiker, die das so verbreitet haben, haben keine Ahnung, was es bedeutet und was man damit macht und was tatsächlich gemeint ist. Trotz, dass wir es jetzt zehn Jahre durch die Gegend schieben, ist da noch sehr viel Aufklärungsarbeit notwendig. Es ist natürlich auch etwas, das man nicht kaufen kann. Die Politik und die Verbände, die haben versucht, das zu produktisieren. Sie haben gedacht, man kann da jetzt eine schöne Software drum herum schnüren und dann macht man da ein Preisschild hin und dann hat man Industrie 4.0. Das ist ein kompletter Blödsinn. Das hat eine Weile gedauert, bis es zumindest ein paar realisiert haben. Die Community wird immer größer von denen, die sagen, Industrie 4.0 ist eine Journey. Das ist ein Transformationsweg von einem Digital-First-Unternehmen, wo ich sage, alle meine Prozesse, alle meine Events, alles, was in meinem Unternehmen passiert, ist digital abgebildet. Ich kann alles aus einer Art Namespace nutzen. Ich habe alles an digitalen Informationen zu jeder Zeit zur Verfügung. Da würde ich sagen, da ist Tesla ein Vorreiter. Tesla war von Anfang an Digital-First. Die überlegen bei einer Anlage beim Kauf, wie sie es in ihr Viva-System einbinden, bevor sie die Anlage ausschreiben. Alle anderen haben einen riesigen Maschinenpark, der unter Umständen nur alt ist, mit einer Siemens S5 noch drauf oder noch älter. Die müssen dann überlegen, wie kriege ich jetzt meine Business-Process-Informationen von diesen Anlagen überhaupt in mein digitales System, sodass ich anfangen kann, reaktiv zu werden.
- 43 **I:** Denken Sie, es ist notwendig, dass man die Konzepte wirklich versteht oder müssen die Unternehmen sowieso in die Richtung gehen?
- 44 **D3:** Ich glaube, dass es einen braucht, der es verstanden hat. Der muss ausgestattet sein mit Befugnissen, mit Empowerment und mit einer anständigen Menge an Geld, sodass er das nach vorne treiben kann. Das darf nicht ein Mitarbeiter sein, der in der Instandhaltung oder so unterwegs ist, sondern es muss einer im Vorstand sein, der sagt, meine Zukunftsvision ist, dass ich zu jeder Zeit auf meinem Handy eine KPI ablesen kann, wie gut meine Produktion jetzt im Moment läuft. Dass ich mit jeder Aktivität, die wir treiben, rückverfolgen kann, hat die Aktivität, die wir getan haben, einen positiven oder negativen Effekt gehabt auf meine wichtigsten Unternehmenszahlen. Wenn es keinen gibt, der eine Vision hat und ein klares Ziel verfolgt und der sauber ausgestattet ist mit dem richtigen Empowerment, dann entstehen einen Haufen Leuchttürme, die isoliert voneinander sind. Jedes Werk macht, was sie Lust haben, weil sie halt jetzt gerade hier ein Problem haben. Dann wird jetzt hier dieser Motor überwacht und das wird vielleicht 50 Mal gemacht. Und dann habe ich 50 einzelne Motorüberwachungen, die vollkommen unabhängig voneinander sind, die keinem Pattern folgen, die im schlimmsten Fall auch noch von unterschiedlichen Herstellern sind, wo dann jeder Hersteller seine eigene kleine Lösung hat. Dann habe ich 50 Dashboards und dann haben wir die Insellösungen und dann brauchen wir ein neues Berufsbild des Dashboard-Beobachters, der dann jetzt einzelne Dashboards beobachtet und der darf wie der Fluglotse nur drei Stunden arbeiten, weil dann ist seine Aufmerksamkeit nicht mehr sicher. Zumindest ist das die Erfahrung, die ich gemacht

habe. Wenn es jemanden gibt, der sauber ausgestattet ist und der sagt, ich will das, das ist mein Zielbild und dann auch eine saubere Struktur hat, der weiß, was sind meine kritischen Anlagen und dann sagt jede Anlage wird gleichartig angebunden. Das ist unsere Firewall, das ist die Architektur, das ist die Software, die eingesetzt wird, mit der Auswahl an Werkzeugen darf die Anbindung geschehen. Und ich möchte immer diesen Datensatz als Minimum und dann können wir überlegen, was macht denn Sinn als nächstes? Und so weit sind vielleicht ein Prozent der Unternehmen. Mir ist schon im letzten Jahr ein, ein einziges Unternehmen unter den Nagel gekommen, wo es sowas hatte. Und die waren natürlich, also das ist ein leuchtendes Vorbild, wie es richtig gemacht wird und wie man kein Geld verschwendet bei digitalen Projekten, sondern wie man stringent nach vorne kommt und halt die Wettbewerber einfach hinten runterfallen lässt. Wenn die 30 Prozent mehr Produktivität rausholen, nur durch das, was sie jetzt schon tun, verbessern, dann sind es halt 30 Prozent Wettbewerbsvorteil.

45 I: Sehr gut, ja. Schön gesprochen. Dankeschön.

46 D3: Gerne. Wird ja auch immer differenziert gesehen

47 I: Das ist ein interessanter Punkt in der Arbeit. Wie würden Sie die digitale Reife der Infrastruktur, wenn man jetzt IT und OT-Bereich betrachtet, bewerten?

48 D3: Ich glaube, die IT-Infrastrukturen sind immer sehr gut. Die Office-IT-Infrastrukturen, also da haben wir immer Systeme aus, mit Managed Switches, mit einem sauberen Network Management, mit einer sauberen Planung. Wenn es dann darum geht, so eine Maschine irgendwo in einen RJ-45-Port reinzustecken, dann passieren halt oft die Fehler, wo dann plötzlich ein System Internetzugang hat, welches nie für das Internet gedacht war. Dann finden wir die Steuerung irgendwo auf shodan.io und ich habe da selber mal ein bisschen drauf rumgespielt und war plötzlich auf einer Schneider-Elektrik-Steuerung, die in Holland eine Gebäudeautomatisierung von einem Hotel praktisch gemacht hat, ohne Passwortschutz. Also ich hätte in einem ganzen Hotel mal schönes Licht ausschalten können, wenn ich hätte wollen. Das passiert halt, wenn Geräte, die nicht für das Internet gemacht waren, plötzlich Internet kriegt.

49 I: Also da ist ein großer Aufholbedarf im OT-Bereich?

50 D3: Ja klar, also riesiger Aufholbedarf. Und natürlich auch Verständnis zwischen den zwei Welten. Eine IT versteht nicht, dass eine Maschine eine eigene Grenze eigentlich in sich trägt, wo ich ein Maschinennetzwerk habe, das halt immer irgendwie 192.86.0. irgendwas ist. Und wenn ich da 50 Maschinen habe, die so aussehen, dann habe ich halt 50 Mal dieses isolierte Netz dastehen. Und wenn ich jeden Teilnehmer aus so einer Anlage, also jedes Mal auf Gerät, was eine IP-Adresse hat, hat man einen riesigen Datensatz, der Mehrwert bringen kann, der auch in der Office-IT zur Verfügung stehen sollte. Wir haben Log-Files, so wie jeder andere Computer auch. Und die IT hat Mechaniken und Methoden, so was zu akquirieren und so was zu integrieren. Aber dafür müssen diese zwei Welten sich anfangen zu verstehen und anfangen, miteinander zu reden. Und es gibt ganz wenige Unternehmen, wo das gut machen. Mein Schwager arbeitet bei Daimler in der Zentral-IT und der hat mir mal die Struktur der IT von Daimler-Benz aufgezeigt. Jedes Werk ist isoliert. Die können tun und machen ein bisschen, was sie wollen und haben nur für wenige Systeme so Austauschrunden, wo sie dann Best Practices sharen. Aber es ist halt die Werks-IT ist die Werks-IT und die macht das toll.(lacht) Das ist total spannend.

51 I: Okay, was sind Ihrer Meinung nach dann die größten Herausforderungen bei der Aktualisierung des OT-Bereichs?

- 52 **D3:** Isolierungen, eine saubere Netzwerksegmentierung zu haben, Transparenz, Geräte nicht einzubinden, die nie dafür gedacht waren. Also Automatisierungstechnik, Geräte, die meisten waren nie für ein Internet gedacht. Das heißt, sie müssen in einem isolierten Netzwerk, in einem sauber segmentierten Netzwerk betrieben werden. Ein klares Verständnis für beide Welten. Also ein Hochsprachler sollte sich mal mit einem, der IEC spricht, unterhalten, weil wir gemeinsam Länder finden und andersherum da sind. Es passiert uns auch immer wieder, wir haben ein Produkt des CMTKs, Condition Monitoring Toolkit, wo ich vorher einen Termin mit einem Integrator, die kommen aus der Automatisierungswelt und sagen, bei uns spricht halt keiner Java oder JavaScript oder so. Wir brauchen halt eine Schnittstelle, die den Automatisierungstechniker, der S5 gut kann, noch abholen. Das ist halt OPC UA drin. Aber alles, was da drunter passiert, ist für die eine Blackbox. Für jeden, der versiert in den Web-Technologien ist, der sagt, hey geil, da gibt es eine komplette Swagger-Doku über die gesamte API von der ganzen Kiste, was das Teil macht. Zwei Welten. Für den einen total offen, für den anderen eine schwarze Blackbox. Obwohl es das identische Produkt ist, das ist ein Denkanreiz, um die Welten miteinander zusammenzubringen.
- 53 **I:** Okay, gut. Dann kommen wir gleich dazu, wenn wir die IT-Infrastruktur angesprochen haben. Welche Anpassungen oder Upgrades halten Sie für notwendig, damit Unternehmen Cloud-basierte Predictive Maintenance-Systeme integrieren könnten?
- 54 **D3:** Also auf jeden Fall mal Datendurchsatz-Radio, stabiles Internet. Das ist ein bekanntes Problem in unserem Unternehmen. (lacht) Also das WLAN ist unterirdisch bei uns, aber klar. Die IT-Infrastruktur muss man meistens gar nicht so viel ändern. Also ich glaube so Routing-Tabellen und so Zeug, das ist leicht hinzukriegen. Das Schwierigere ist das Verständnis und auch dann die Compliance-Elemente sauber zu dokumentieren, sauber zu testen. Und wenn man seit kurzem bei uns ein System, das jedes Paket aufbricht, einmal reinguckt, das Paket wieder zusperrt und dann weiterleitet, so einen Man in the Middle Angriff eigentlich macht, der ist aus Unternehmens-IT-Security-Sicht sehr sinnvoll, aber viele Webdienste, viele PDM-Dienste würden damit gar nicht mehr funktionieren, weil dort die SSL-Kette aufgebrochen wird von der Quelle bis zum Empfänger und damit funktioniert das Ganze nicht mehr. Ich glaube, das Beste ist da dann eine Parallel-IT, also eine Parallel-Infrastruktur auszubauen, welche den Anforderungen von den Geräten eigentlich Rechnung trägt und sich aber so weit von den Systemen trennt, dass es keine Gefahrenherde darstellt. Also es gibt halt nichts Dümmeres als etliche nicht-IT-konforme Geräte in die Office-IT reinzuziehen und zu hoffen, dass das halt gut geht.
- 55 **I:** Da haben wir noch andere Punkte, und zwar das Retrofitting haben Sie eh schon angesprochen, es sind beispielsweise auch viele alte Systeme im Einsatz bei der Anlage oder Maschine. Welche Adaptierungen sind notwendig um solche Systeme wie Predictive Maintenance integrieren zu können? IoT-Sensoren zum Beispiel oder sind Edge-Devices auch notwendig?
- 56 **D3:** Ich würde immer über eine Isolierung gehen. Also bei einer Anlage, die funktioniert und die tut, wenn das Retrofitting nicht aus Automatisierungstechnik notwendig und sinnvoll ist, würde ich sagen, man baut lieber eine zweite Architektur auf. Man kann mit guten Geräten heutzutage sehr, sehr einfach die Grundzustände so abgreifen, dass sich an der Anlage selber nichts verändert. Also ob die Maschine läuft oder nicht läuft, wie die Ausbringung ist, wie viel Ausschussgrad aus der Anlage wird, das kann ich immer auch anders erfassen, ohne dass ich die Anlage überhaupt anfassen muss. Also klar, ich muss vielleicht noch einen zusätzlichen Sensor hinbauen oder da noch ein Kabel verlegen, aber ich muss an der Steuerung, an der Automatisierung selber nichts verändern. Wenn die funktioniert und wenn die tut. Dann abstrahiere ich praktisch die Entität Anlage über einen Edge-

Device, Netzwerkisolation. Ich sage, auf der einen Seite habe ich mein Netzwerk, wo es rausgeht, auf der anderen Seite habe ich mein internes Maschinennetzwerk. Die zwei sind ja galvanisch getrennt voneinander, dann kann auch kein Blitzschlag durch, für die, die es unbedingt haben wollen. Aber ich trenne es auf jeden Fall datentechnisch, wo ich sage, in dieser Stelle dazwischen habe ich eine Art Gateway-Mechanismus drin, wo ich Daten von der einen Seite übertrage und bereitstelle für die andere Seite auf einem Gerät. Diese klassischen Edge-Gateway-Lösungen, die ich dann da verwende.

57 **I:** Okay. Aber dann wäre das ja ein Parallelsystem, oder?

58 **D3:** Ja, für die alten Anlagen, die nicht dafür gemacht sind, wäre es ein Parallelsystem.

59 **I:** Würden Sie das dann auch für Unternehmen, wenn ja auch irgendwelche SAP-Systeme oder vor allem MES-Systeme im Produktionsbereich verwenden. Sehen Sie das dann auch notwendig, dass man diese Systeme dann integriert in die Unternehmen? Oder dass Sie sagen, okay, wir haben jetzt auch schon gehört, wir wollen nur ein System, wir wollen jetzt nicht wieder, da ist eine Lösung, da ist eine Lösung, wir wollen das nicht, das nicht, das nicht. Ich glaube, das ist auch so ein Punkt, was schwierig sein könnte, dass man so ein Parallelsystem vielleicht umsetzen kann.

60 **D3:** Das ist ja die Frage. Das Parallelsystem ist die Hardware, die Datenerfassung. Das ist für mich das Parallelsystem. Das Zielsystem, wo meine Daten und Informationen dann hingehen, das muss einheitlich sein. Das sollte eigentlich nur noch eins sein. Wenn das eine Ignition-Plattform ist, weil jemand Lust hat, Ignition zu verwenden, dann sollte alles dort hingehen. Das ist meine Single Source of Truth. Das Ganze baut aber davor auf einem gemeinsamen Backbone auf, also ein schön gutes, strukturiertes MQTT-System mit einer sauberen Topic-Struktur, welche gut gemappt ist, sodass jeder sofort weiß, woher der Datenpunkt kommt und was er bedeutet. Das macht das ganze Leben leichter, aber es ist alles in einer Architektur drin. Also praktisch eine Datenarchitektur und eine Software, die ausgewählt ist.

61 **I:** Und dann sind MQTT und OPC-UA, die gängigsten Kommunikationsprotokolle in der Hinsicht?

62 **D3:** Ja, ich würde niemandem OPC-UA empfehlen, weil es dafür nicht gemacht ist und bei 30.000 Tags ungefähr aussteigt. Also MQTT ist für Scale gedacht. Ich würde auch jedem empfehlen, das zu bevorzugen. Schon allein deswegen, weil ich bin kein Fan von XML-Dateien. Ich liebe JSON-Objekte, weil die halt für mich logisch sind. Ich liebe Logik und ich mag auch dieses Prinzip von einer Topic-Struktur, wo ich schon im Nachrichten-Topic weiß, woher dieses Teil kommt. Ich habe keine Lust, Referenzen zu lesen und mir Verweise zu machen. Ich will sehen, was passiert. Und das so schnell und einfach wie möglich. Deswegen kann ich jedem nur abraten von OPC-UA und den Companion-Specifications und dem ganzen Quark, der da passiert.

63 **I:** Sehr gut. Wenn man jetzt solche Predictive Maintenance Systeme integrieren möchte, da haben wir ja schon gesagt, es sind große Datenmengen, welche da benötigt generiert werden z. B. Und Sie haben ja schon erwähnt, die Möglichkeit eines Parallelsystems. Aber sind die Unternehmen und der Infrastruktur wirklich bereit, mit solchen großen Daten umzugehen? Vor allem, wenn sie in die Systeme integriert werden müssen? Oder denken Sie, dass ein Edge Device soweit filtern kann, dass es gar nicht notwendig ist? Dass gar nicht so große Datenmengen anfallen würden für das System?

64 **D3:** Da muss man auch unterscheiden. Für das Training von meiner Reaktionsalgorithmik brauche ich eine große Datenmenge. Die brauche ich aber einmal. Danach arbeite ich eigentlich mit Streaming-Daten. Also mit kleinen Datenpaketen in kurzen Intervallen. Klar, wenn ich einen

Motorausfall-Algorithmus erzeugen lassen möchte, brauche ich davon vielleicht einen Vibrationsdaten-Satz über die letzten acht Monate. Am besten mit einem Ausfall mittendrin, sodass der Algorithmus sich darauf anpassen kann. Wenn ich dann den Algorithmus einmal gebaut habe, muss der auf der Edge ausgeführt werden, wo auf dem Vibrationsmuster angewandt wird. Damit reduziere ich natürlich massiv meine Datenmenge. Denn auch dann ist das, was ich weiterleite, nicht mehr der Vibrationsdaten-Satz, sondern nur noch das Ergebnis der Algorithmen. Das ist ja das, was mich eigentlich interessiert. Das will sich ja keiner Vibrationsmuster angucken. Niemand will wissen, das ist noch normal oder jetzt muss ich reagieren. Wenn ich ein Vibrationsmuster möchte, dann bin ich wahrscheinlich Physiker und habe da sehr viel Spaß dran, mich mit Schwingungsanalyse auseinanderzusetzen. Das ist aber schon eine ganz andere Disziplin. Das hat mit Predictive Maintenance nichts zu tun. Das ist das, was ich tue, um einen Predictive Maintenance-Algorithmus zu erzeugen. Aber wenn der mal läuft, soll der nur noch auf das reagieren, was tatsächlich passiert.

65 **I:** Das muss ja auch historisch gespeichert werden und analysiert werden, oder?

66 **D3:** Ja.

67 **I:** Und die Daten würden Sie jetzt nicht zu groß einschätzen?

68 **D3:** Das kommt halt darauf an, wie man das speichert. Eine Influx-Datenbank kann einen Datensatz über mehrere Jahre abspeichern. Wenn der aus immer den gleichen 50 Datenpunkten besteht, dann ist der 2 MB groß. Da hängt es natürlich auch vom Datensystem ab, wie das damit umgeht. Es gibt Delta-Speichermöglichkeiten, Pattern-Speichermöglichkeiten. Es kommt halt stark darauf an, was man da nimmt.

69 **I:** Gut. Jetzt haben wir schon viel über technische Herausforderungen gesprochen. Gibt es irgendwelche anderen technischen Herausforderungen, die Sie jetzt bei der Integration von Cloud-basierter Predictive Maintenance sehen bei den Kunden?

70 **D3:** Überhaupt das Verständnis. Was bedeutet Cloud-basierter Predictive Maintenance? Welcher Teil ist in der Cloud? Welcher Teil ist On-Premises? Was sind die Voraussetzungen? Was muss ich dafür machen? Was passiert denn relativ konkret mit dem Datensatz? Das sind die Probleme, würde ich sagen, und die Herausforderungen.

71 **I:** Genau. Wie sehen Sie Betriebsvereinbarungen in Unternehmen als Showstopper für solche Technologien?

72 **D3:** Die können ein Showstopper sein, wenn es eine Betriebsvereinbarung gibt, die den Mitarbeiter davor schützt, dass man sein Wissen in Algorithmen übersetzt. Das gibt es bestimmt. Das habe ich selber noch nicht gehabt. Ich weiß, dass wir mal bei uns ein RFID-basiertes Warenflusssystem einbauen wollten. Da hat dann ein Mitarbeiter den Betriebsrat eingeschaltet und gesagt, das sind ja hier Hochfrequenzwellen, und da habe ich Angst um meine Fruchtbarkeit. Und damit war das Projekt tot. Klar. Es gibt immer wieder große Herausforderungen, die nicht nur Showstopper, sondern auch Grund des Abbruchs sein können. Wenn der Mitarbeiter Angst hat, dass sein Arbeitsplatz weg sein könnte, weil jetzt ein Algorithmus den Vorschubregler am Drehfräszentrum übernehmen kann, weil er nach und nach lernt, in welchen Situationen, in welchen Schwingungsfeldern der bisherige Bediener zurückgedreht hat und wann er wieder mehr Gas gegeben hat. Ich glaube, das sind viele ältere Mitarbeiter, die das noch können. Das Wissen von denen, den Daten und Algorithmen zu übersetzen, ist die Herausforderung der Generation gerade. Ich habe bloß ein Zeitproblem. Ich habe noch drei Minuten. Dann möchte ich in den nächsten Termin reinspringen.

- 73 **I:** Das ist eine wichtige Frage. An Schulungen und Weiterbildungsmaßnahmen, sehen Sie das notwendig im Zusammenhang mit Predictive Maintenance?
- 74 **D3:** Ja. Der Mitarbeiter, dem man aufträgt, sich mit Predictive Maintenance auseinanderzusetzen, sollte sehr viel Zeit für Weiterbildung haben. Und einen klaren Fokus, sich wirklich damit zu beschäftigen. Nicht ein paar PowerPoints lesen, sondern selber aufbauen. Lernen am realen Objekt. Wenn ihr Wissen wollt, was ihr tut, dann macht es selber. Ich habe mir selber ein Demo-Board aufgebaut. Hey Siri, Demo-Board einschalten.(ruft zu seinem System) Ich habe das auch mit meinem Assistenten verbunden. Dass das Ding alleine ein- und ausgehen kann. Da gibt es ein Dashboard und Datenbank. Ohne dass ich ein Software-Entwickler bin. Aber ich habe die Auffassung, wenn sich jemand damit beschäftigt, dann richtig. Nicht Bullshit. Das hat keinen Effekt, weil dann kann er nicht mitreden. Dann wird er veräppelt von Leuten, die sich besser auskennen. Und macht dann die falschen Empfehlungen. Schulung, Schulung, Schulung. Zeit, sich damit zu beschäftigen. Der darf nur dieses Thema haben.
- 75 **I:** Okay. Allgemeine Empfehlungen oder Vorschläge für die Integration von Predictive Maintenance?
- 76 **D3:** Einfach machen. Keine Angst. Einfach tun. Kleinen Anfang mit einem Proof of Concept. Eine Vision entwickeln. Ein Ziel entwickeln, wo man hinarbeiten will. Den Weg zum Ziel aufmalen. Was sind die einzelnen Schritte? Und dann starten. Nicht mit einer Bastellösung. Nicht mit einer Spielerei. Sondern mit dem Zielsystem starten, das man ausgesucht hat.
- 77 **I:** Was macht man, wenn Unternehmen Angst vor der Cloud haben?
- 78 **D3:** Sich mal eine Cloud von innen angucken. Mal zu einem anständiges Rechenzentrum fahren wie XY. Einfach mal auf portal.azure.com gehen. Und selber ausprobieren, was man da machen kann. Da wird man schnell merken, dass in so einer Cloud nichts ist, was sich nicht auch im eigenen Rechenzentrum hat. Und sich dessen bewusst sein, dass der Betreiber eines Rechenzentrums nichts anderes tut, als ein Rechenzentrum zu betreiben. Der sorgt für mehr Sicherheit, als wir als Unternehmen das jemals machen könnten. Wir gehen konsequent diesen Weg. Wir werden in naher Zukunft kein eigenes Rechenzentrum mehr haben. Wir sind Automatisierungstechnikhersteller. Und nicht Rechenzentrumsbetreiber. Und eine Azure, eine Microsoft macht nur das. Die können das. Viel besser, viel günstiger, viel ausfallsicherer, viel performanter, als wir das jemals können. Das ist die größte Empfehlung dahinter. Einfach mal selber angucken.
- 79 **I:** Das wollte ich jetzt noch hören. (lacht) Perfekt. Super, dann will ich Sie nicht länger aufhalten. Danke für Ihre Zeit.
- 80 **D3:** Sehr gerne. Ich finde die Fragen sehr gut. Die besten Masterarbeitsfragen, die ich bisher gesehen habe. Wirklich sehr gut.
- 81 **I:** Danke! Schönen Tag noch.
- 82 **D3:** Danke, viel Erfolg.

ANHANG L - Transkript Interview 8 - D4

- 1 Transkription für **D4**:
- 2 **I**: So. So, danke. Warum ich auf Sie gekommen bin, ist durch die Internet Recherche im Internet und da sind Sie bei einer Instandhaltungskonferenz, als Referent aufgetreten.
- 3 **D4**: Super.
- 4 **I**: Genau. Und mit Kollegin XY habe ich dann morgen einen Termin. Ich weiß nicht, ob Sie Sie den kennen? Kollegin XY von der XY GmbH.
- 5 **D4**: Ah, die kenne ich ja.
- 6 **I**: Ja, die mit Ihr habe ich dann Morgen ein Gespräch.
- 7 **D4**: Sehr gut. Besten Grüße. (lacht)
- 8 **I**: Danke. Richte ich ihr morgen aus. (lacht) So. Gut. Dann teile ich meinen Bildschirm mit dem Handout zu meiner Masterarbeit und den dazugehörigen Fragen.
- 9 **D4**: Ja, ich habe alles schon vorbereitet. In den ersten Kapiteln bin ich relativ breit. Den ersten Teil können wir vielleicht ein bisschen schneller machen und dann ein bisschen langsamer werden.
- 10 **I**: Passt. Gut. Gut, danke passt für mich. Kurz zur Einführung. Es ist alles anonymisiert. Die Aufnahme wird nach der Transkription auch gelöscht von mir. Es wird wirklich nur zum Transkribieren verwendet. Es wird kein Name erwähnt, keine Firma. Und es ist wirklich nur für die Arbeit, nur damit Sie Bescheid wissen.
- 11 **D4**: Ja, aber es ist eine Auftragsarbeit, oder? Sie sind im Zusammenhang mit der XY irgendwie tätig. Habe ich gesehen.
- 12 **I**: Das hat aber nichts mit dem Unternehmen XY zu tun. Also das ist rein jetzt von der Uni, von der Universität, wo ich studiere, das ist rein eine wissenschaftliche Arbeit im Kontext der Universität.
- 13 **D4**: Ohne Verbindung zu Ihrer Arbeit. Na schade. Okay.
- 14 **I**: Genau. Also ja. Das ist so der Grund gewesen. Aber das kann man dann sicher in Unternehmen dann weiter besprechen und verwenden.
- 15 **D4**: Das ist ein Feld, wo Sie jede Menge Jobs finden.
- 16 **I**: Ja, vermutlich! Also dann starten wir. In welcher Branche ist Ihr Unternehmen tätig und was sind die Kerntätigkeiten?
- 17 **D4**: Automatisierung und Digitalisierung.
- 18 **I**: Wie viele Mitarbeiter haben Sie im Unternehmen?
- 19 **D4**: Ungefähr Dreihunderttausend Mitarbeiter weltweit.
- 20 **I**: Okay. Ihr beruflicher Hintergrund und Ihre spezifische Rolle im Unternehmen?
- 21 **D4**: Meine aktuelle Rolle heißt Predictive Maintenance Specialist. Ich bin seit sechs Jahren bei XY und als Hintergrund, ich habe ein XY Studium mit Automatisierung und Energietechnik.

- 22 **I:** Okay. Dankeschön. Dann kommen wir jetzt eh schon zu den spezifischeren Fragen. Und zwar fangen wir gleich mal an mit dem Überkapitel Produktionsanlagen und deren Wartungsstrategien in den Unternehmen. Inwiefern sehen Sie eigentlich die Instandhaltung als strategischen Erfolgsfaktor für den nachhaltigen Unternehmenserfolg?
- 23 **D4:** Ja, das ist ein Wandel. Und zwar sehe ich die Rolle von Instandhaltung in einem Wandel weg von reinen Costcenter hin zu einem Outcome getriebenen Ansatz. Das heißt, dieses Messen anhand von KPIs wie OEE, Instandhaltungs-KPIs, Effizienz-KPIs, zum Beispiel Handwerksverbesserungen. Und desto mehr dieser Shift passiert, desto mehr stärkt das auch eine strategische Rolle, weil der Impact der Instandhaltung auf den Unternehmenserfolg dadurch klarer wird. Ist aber ein Wandel, der noch nicht vollzogen ist in allen Teilen. Aber es gibt einige Unternehmen, die da schon sehr weit sind. Manchmal am Anfang der Reise.
- 24 **I:** Welche Wartungsstrategien sehen Sie am häufigsten in den Unternehmen eingesetzt, mit denen Sie zusammenarbeiten? Ich habe hier aus der Literatur heraus definierte Instandhaltungsformen. Wie schätzen Sie die in dieser Hinsicht die Situation bei den Unternehmen ein? Ist es eher noch periodisch? Ist es eher noch willkürlich korrektiv? Oder gehen die Unternehmen wirklich zustandsorientiert und vorausschauend?
- 25 **D4:** Also die meisten haben aktuell eine Mischung aus korrektiv und präventiv. Und präventiv meistens periodisch oder betriebsstundenabhängig. Das würde ich aber auch noch als periodisch sehen. Es ist nur nicht dann eine Kalenderperiode, sondern eine Betriebsstundenperiode.
- 26 **I:** Intervallmäßig, also prognostisch.
- 27 **D4:** Ja genau! Intervallmäßig eben entweder Kalender oder dann etwas verfeinert dann Betriebsstunden. Aber es ist immer noch Intervall. Es gibt mehr Kunden, die zustandsorientiert arbeiten. Basierend auf meistens Condition Monitoring-Systemen, Vibrationsanalysen und Ähnliches. Aber meistens noch sehr manuell. Echte vorausschauende Wartung bzw. Predictive, prescriptive Technologien noch sehr wenige, aber die Zahl steigt.
- 28 **I:** Okay, das ist ja gut. Gibt es irgendwelche Ereignisse oder Erkenntnisse, die zu einer Wartungsstrategie in den Unternehmen geführt hat? Und gibt es da auch Unterschiede zwischen den Anlagentypen? Wie sehen Sie das?
- 29 **D4:** Unterschiede zwischen den Anlagentypen?
- 30 **I:** In Produktionslinien zum Beispiel und den verschiedensten Anlagen. Gibt in dieser Hinsicht dann unterschiedliche Wartungsstrategien oder sagen die Unternehmen, dass es einheitlich im Unternehmen gehandhabt werden soll?
- 31 **D4:** Nein, es hängt schon von der Kritikalität ab. Also, Anlagen werden normalerweise schon nach Kritikalität sortiert und davon abhängig dann die Wartungsstrategie adaptiert. Und klarerweise, desto kritischer ein Produktionsausfall oder halt ein Ausfall eines Anlagenteils ist, desto mehr investiert man dann in vorausschauend, zustandsorientiert oder ähnliche Technologien. Es gibt diese Dinge, wo sogar eine Run-to-Fail-Strategie einfach die beste ist.
- 32 **I:** Okay, danke. Jetzt kurz, Sie haben es ja schon erwähnt, dass die Strategie, also die Instandhaltung immer wichtiger wird in den Unternehmen. Und es gibt jetzt aus der Literatur so eine Definition, so eine Zielvision Smart Maintenance, also dass wirklich intelligente Instandhaltungsformen und Instandhaltungsstrategien in den Unternehmen integriert wird. Hierzu

gibt es sechs zentrale Handlungsfelder aus der Literatur die erreicht werden müssen. Ich würde Sie jetzt gerne bitten, Sie müssen nicht alles beantworten, aber wenn Sie ihre aktuelle teilen könnten wäre das ideal. Also als Start zum Beispiel, wird die Produktion und die Instandhaltung in noch getrennt gehandhabt oder ist das wirklich schon eine gemeinsame Planung aller Akteure?

33 **D4:** In dem Leitfaden haben Sie die Fragestellung mit in Ihrem Unternehmen beziehungsweise mit denen Sie zusammenarbeiten gefragt. Genau. Ich würde das jetzt im Kontext von Unternehmen, mit denen ich zusammenarbeite beantworten.

34 **I:** Bitte, wenn das für Sie in Ordnung ist, ja.

35 **D4:** Produktion, Instandhaltung, Planung getrennt hin zu gemeinsamer Planung aller Akteure ist sehr unterschiedlich. Die Vision ist sehr, sehr stark größenabhängig. Also es gibt Instandhaltungsorganisationen, wo mehrere hundert Leute Instandhaltung machen an einem Standort. Wenn ich jetzt alleine eine Instandhaltungsorganisation hätte, vier, fünfhundert Leute plus, plant nicht mal die ganze Instandhaltung zusammen in einem Meeting. Die haben zwar Abstimmungen, aber nicht nur ein Meeting. In kleinen Unternehmen oder mittleren Unternehmen, wo die Instandhaltungsmannschaft aus zwei, drei Leuten besteht, die sind da meistens weiter, dass sie auch schon mit der Produktion gemeinsam planen, so als generelle Richtlinie. Aber natürlich wächst das zusammen, mit dem, was ich vorher gesagt habe, auch wenn es sozusagen Produktionsoutput ist, ein gemeinsames Ziel. Wenn das zum gemeinsamen Ziel von Produktion und Instandhaltung wird, dann fördert das auch diese gemeinsame Planung.

36 **I:** Okay, danke. Das Zweite, das haben Sie schon vorher angesprochen, Sie sehen so teils reaktiv und teils präventiv noch. Also jetzt nicht reine, verfügbarkeitsorientierte Instandhaltung.

37 **D4:** Ja, aber das wird mehr und mehr. Einfach weil da auch eine höhere Verfügbarkeit und Prävention wird. Aber gerade unter Kostendruck und Energiekosten ist das ein wesentlicher Faktor, dass man sagt, okay, wir müssen da optimieren.

38 **I:** Okay, und der dritte Punkt "Geringere Flexibilität in der Produktion". Hierbei ist folgendes gemeint: Inwiefern ist die Produktion jetzt so starr, dass sie wirklich an den Instandhaltungstätigkeiten angepasst werden kann oder dass sie wirklich flexibel ist und in der Hinsicht auch flexibel adaptiert werden kann. Das ist ein bisschen ein schwammige Begriffsdefinition meiner Meinung nach. Aber ist Produktion eher flexibel oder ist eher starr Produktion wenn Instandhaltungstätigkeiten an Produktionslinien durchgeführt werden müssen? Wenn Sie nicht sicher sind müssen Sie die Frage auch nicht beantworten.

39 **D4:** Wenn ich die Frage richtig verstehe, aber flexiblere Produktion ist natürlich ein Trend, den es gibt. Da war ich so auf die Frage runtergebrochen. Gehen wir weiter vielleicht.

40 **I:** Sehen Sie, dass das Wissen noch stark Personen gebunden ist hinsichtlich der Instandhaltung oder haben die Unternehmen auch schon Wissensmanagementsysteme? Dass das Wissen auch wirklich zentral gespeichert wird.

41 **D4:** Hinzu?

42 **I:** Hinsichtlich der Instandhaltung. Also wenn ich sage, diese Maschine habe ich, diese Anlage habe ich und es passiert ein Ausfall. Gibt es dann vordefinierte Wartungspläne, die an einem Ort abgelegt sind oder ist es noch so, dass nur die Instandhalter selbst und ein paar andere Leute wissen, wie die notwendige Wartung durchgeführt werden muss?

- 43 **D4:** Viele Unternehmen nutzen Ticketsysteme. Und in dem Moment, wo man ein Ticketsystem hat, hat man auch eine Historie der Tickets. Was schon mal eine sehr einfache Variante von Wissensmanagement ist, aber eine durchaus effektive Variante, gerade in der Instandhaltung, weil man dann schauen kann historisch, was wurde in der Vergangenheit dort gemacht. Natürlich die Verknüpfung mit immer mehr anderen Systemen, Befüllung von allgemeinen Dokumentationen, das ist ein weites Handlungsfeld, wo man beliebig viel Verbesserungspotenzial hat, aber gänzlich ohne Wissensmanagement gibt es selten.
- 44 **I:** Dankeschön. Das Ersatzteilmanagement, ist das in den Unternehmen strukturiert bzw. anforderungsgerecht, dass die Unternehmen schon das notwendige Ersatzteil oder die Ersatzteile im Vorfeld planen für die durchzuführenden Instandhaltungstätigkeiten?
- 45 **D4:** Was bedeutet nicht strukturiert?
- 46 **I:** Also wenn eine Anlage ausfallen würde, dass man im schlimmsten Fall sagt, okay, jetzt reagiere ich erst. In diesem Moment kaufe ich erst das Teil zu. Oder haben Sie wirklich ein anforderungsgerechtes System, wo sie beispielweise davon ausgehen, dass ein Teil in 2-3 Monaten defekt wird? Natürlich abhängig von der verwendeten Instandhaltungsform? Habe ich das notwendige Ersatzteil schon auf Lager oder eben nicht?
- 47 **D4:** Naja, also, abhängig von einer Prädiktion, selten. Okay. XY nutzen das, aber sehr, sehr selten. Abhängig von gewissen Verbrauchern und Kritikalitätsanalysen, ein optimiertes Ersatzteilmanagement, das gibt es schon oft. Also, ich sage jetzt einmal, diese Verknüpfung mit Predictive ist ja dann sozusagen der Vollausbau. Aber es gibt im Ersatzteilmanagement jede Menge Dinge, die strukturiert werden können, auch ohne diese Verknüpfung. Und das wird schon sehr oft gemacht. Also, das ist klar. Sie können nicht jedes Ersatzteil auf Lager haben. Andererseits, die Ersatzteile, die Sie normalerweise brauchen, wollen Sie unbedingt auf Lager haben, um die Reparaturzeiten kurz zu halten. Okay. Und da gibt es ganz viele Möglichkeiten, das zu optimieren, auch ohne die angesprochene Verknüpfung. Aber natürlich, die Verknüpfung ist Teil einer Vision für Smart Maintenance und macht auch Sinn.
- 48 **I:** Okay. Und der letzte Punkt, den haben Sie eh schon angesprochen, glaube ich, zu Beginn. Es ist eh ein wichtiger Punkt, dass die Instandhaltung nicht nur als reiner Kostenverursacher oder als Kostenstelle gesehen wird im Unternehmen, sondern auch wirklich der Wertbeitrag, der in Instandhaltung bekannt ist.
- 49 Ist das so?
- 50 **D4:** Ja, die Herausforderung dabei ist meistens, diesen Wertbeitrag transparent zu machen. Und dieser Transparenzgrad, der ist halt stark variabel. Gerade auch, wenn es dann in die Quantifizierung geht oder auch das Runterbrechen auf einzelne Instandhaltungsverantwortungen. Das ist keine triviale Aufgabe und hat sehr, sehr viel mit Datenintegration zu tun. Wir begleiten Unternehmen bei dieser Reise auch durch die Führung der Transparenz, weil es ein wichtiger Beitrag ist, um das dann transparent zu machen gegenüber einem Management.
- 51 **I:** Okay, ich sage einmal danke für die Einschätzung.
- 52 **D4:** Gerne.
- 53 **I:** Und dann gehen wir weiter zu den Predictive Maintenance Themen. Wie würden Sie Predictive Maintenance beschreiben, basierend auf Ihren Erfahrungen und Kenntnissen?

- 54 **D4:** Predictive Maintenance ist für mich mehr als zustandsbasierte Instandhaltung. Und zwar unterscheidet es sich für mich von rein zustandsbasierter Instandhaltung, vor allem durch den Automationsgrad. Zustandsbasiert würde für mich heißen, dass zumindest ein Teil der Analyse manuell gemacht wird. Wodurch man automatisch eine gewisse Limitierung hat. Also ich sage einmal mit typischen Condition Monitoring-Systemen, wenn Sie da jemanden haben, der mit Vibration Know-how auf die Daten aufschaut, können Sie vielleicht 50 Assets, vielleicht ein bisschen mehr, vielleicht 100 überwachen. Aber ich sage jetzt einmal, wenn Sie sich überlegen, 50 Assets, die Person muss eine halbe Stunde auf jedes Asset draufschauen, um zu beurteilen, ob die Daten okay sind oder nicht okay sind. Dann können Sie einfach nur eine gewisse Anzahl jede Woche durchklicken und durchschauen. Bei Predictive Maintenance in Abgrenzung dazu ist die Erwartungshaltung, dass der Algorithmus bereits die Bewertung macht und daher wesentlich mehr Assets überwachen kann. Da geht es dann in die Richtung, dass Sie auch tausende von Assets überwachen können, das heißt ganze Anlagen und ganze Fabriken. Sie können dann mit dem gleichen Datenanalyst, der vielleicht vorher 50 Assets überwacht hat, danach, das kommt konkret aus Beispielen, über tausend Assets überwachen. Weil einfach schon der Algorithmus Ihnen das entsprechend so priorisiert, dass Sie die Aufmerksamkeit steuern. Das ist auch ein wichtiger Faktor, um in die Skalierung zu kommen. Die wenigsten, mit denen wir zusammenarbeiten, haben eine gute Versorgung mit Datenexperten, die gleichzeitig ein Instandhaltungs-Know-how haben. Wir brauchen ja nicht nur einen Data-Analyst, sondern wir brauchen einen Vibrations-Analyse-Experten für zustandsbasierte Instandhaltung im klassischen Sinne. Auch wenn Sie vielleicht eine AI haben, die Ihnen das Signal ein bisschen kommentiert oder so was oder Anomalien kennzeichnet, braucht es jemanden, der sich damit auskennt. Von der Daten-, also von der Instandhaltungsperspektive. Und diese Kompetenzen in Kombination sind zumindest derzeit sehr schwierig zu bekommen, in größerer Zahl. Und deswegen ist dann der Automationsgrad der Datenanalyse ein wesentlicher Punkt.
- 55 **I:** Das wären dann notwendige Schulungs- und Weiterbildungsmaßnahmen die Sie erwähnt haben, für die Unternehmen in der Hinsicht?
- 56 **D4:** Eine Frage des Toolings. Und ob sie denken, dass sie den Algorithmus von Null weg entwickeln müssen, mit ein paar Leuten, die, sag ich mal, AI-Know-how haben, oder ob sie halt auf bestehende Lösungen greifen, die sie da wesentlich voranbringen.
- 57 **I:** Das waren eh schon so Erfahrungen und Praktische Beispiele in der Hinsicht. Oder haben Sie noch weitere Punkte dazu? Weite praktische oder theoretische Erfahrungen hinsichtlich Predictive Maintenance die Sie teilen möchten?
- 58 **D4:** Ja, also vielleicht ein ganz praktischer Punkt ist, dass die, also Predictive Maintenance ist leider ein sehr viel benutzter Begriff und überhaupt nicht, ja, damit sind auch die Erwartungshaltungen sehr unterschiedlich, was technisch möglich ist oder was möglich ist und was notwendig ist. Das heißt, gerade so am Start einer Reise zu Predictive Maintenance ist das, glaube ich, ein sehr wichtiger Punkt.
- 59 **I:** Okay.
- 60 **D4:** Alle abgeholt werden, was kann man erwarten, was kann man nicht erwarten von so (...)
- 61 **I:** Danke für den Punkt!

- 62 **D4:** Da braucht man auch mit mehreren zu reden. Also es sind ja jede Menge Leute unterwegs, die behaupten, Predictive Maintenance Experten zu sein. Da bin ich nicht der einzige. (lacht) Und jeder hat seine eigenen Definitionen und seine eigene Sichtweise, was die anderen praktisch wollen.
- 63 **I:** Stimmt.
- 64 **D4:** Ja, das ist gar nicht so leicht, also einen Überblick zu bekommen, um mit den richtigen Leuten zu reden.
- 65 **I:** Jetzt kurz zur Cloud. Sehen Sie eigentlich jetzt in der Nutzung von Cloud-Technologien einen Vorteil im Zusammenhang mit Predictive Maintenance?
- 66 **D4:** Ja!
- 67 **I:** Und welcher wäre das? Was wäre das Wichtigste in der Hinsicht? Skalierbarkeit zum Beispiel oder die Verarbeitung der Datenmengen?
- 68 **D4:** Also Skalierbarkeit ist ein Thema. Datenmenge, das ist eine eigene Frage dazu, Datenmenge ist ein bisschen zweischneidig, weil sie wollen nicht Rohdaten, also meistens wollen sie Rohdaten nicht unbedingt in der Cloud, weil wenn sie alle Rohdaten aus einer Anlage in die Cloud schieben, dann haben sie Riesendatenvolumina auf ihrer Leitung und auf ihrer Cloud. Heißt, sie wollen schon vorverarbeitete Daten in der Cloud haben, nicht alle Daten. Sie brauchen aber im Bereich von so AI-Lösungen punktuell recht hohe Rechenkapazitäten, das ist in der Cloud leichter. Es gibt auch einen Connex-Spec-Cloud für die Vorteile bezüglich Continuous Deployment, also wenn sie das Sachen trennen, die Produktionsanlage von der Analyse. Sie müssen die Analyse immer wieder optimieren, sie müssen diese Software weiterentwickeln. Wenn sie das sauber getrennt haben, die Datenerfassung und die Analyse in der Cloud, dann können sie den Vorteil genießen, dass sie diese Cloud-Algorithmen kontinuierlich verbessern und verfeinern können, ohne dass sie da jetzt irgendwelche Risiken eingehen.
- 69 **I:** Und die ganze notwendige Rechenleistung für Predictive Maintenance sehen Sie dann in der Cloud und nicht On-Premises?
- 70 **D4:** Genau, ja.
- 71 **I:** Okay, danke.
- 72 **D4:** Für eine kleine Menge and Daten, also Rechenleistung brauchen sie schon auf On-Premises für so Datenverarbeitungsgeschichten und Datenverarbeitung, weil, wie ich gesagt habe, wenn sie jetzt ein Sensor einsetzen, wo sie dann alle Sensordaten im Millisekunden-Update-Bereich in die Cloud schieben, dann reden sie über hunderte Terabyte im Monat.
- 73 **I:** Wahnsinn!
- 74 **D4:** Und wenn sie hunderte Terabyte im Monat jedes Monat in die Cloud schieben und dann ein paar Jahre Historie haben wollen, dann sind das Riesen Datenmengen. Und wenn sie das intelligent vorverarbeiten, können sie das wesentlich reduzieren.
- 75 **I:** Sie reden jetzt über Edge-Lösungen zum Beispiel, oder?
- 76 **D4:** Ja, man kann das auch in SCADA-Systemen machen, ganz klassisch, oder in Daten-Historien oder in Datenbanken, da gibt es hundert Möglichkeiten, wo sie es vorverarbeiten können, aber gesagt, macht es Sinn, es vorzuverarbeiten.

- 77 **I:** Okay, gut. Der nächste Übergriff wäre dann so Industrie 4.0. Den Begriff gibt es schon ewig, und es gibt natürlich auch eine vordefinierte Definition. Aber ist der Begriff und dessen Konzepte, den Unternehmen auch bewusst, was dahintersteht, oder sagen Sie, Industrie 4.0 ist einfach, ja, es ist da, aber es ist nicht so relevant, dass der Begriff wirklich verstanden werden muss.
- 78 **D4:** Wir nutzen es auch kaum mehr, weil dieser Begriff jetzt schon so lange im Markt ist und so unterschiedlich verstanden wird.
- 79 **I:** Es ist interessant, ja.
- 80 **D4:** Ja, es ist ein Begriff, der so umschwirrt, aber wir verwenden ihn kaum noch.
- 81 **I:** Wie würden Sie die digitale Reife in der IT-Infrastruktur bewerten? Sind wir wirklich schon bereit für Predictive Maintenance-Lösungen, oder müssen schon Anpassungen getätigt werden?
- 82 **D4:** Wir sind bereit, würde ich sagen.
- 83 **I:** Bereit?
- 84 **D4:** Bereit. Immer mehr sind bereit, nicht alle.
- 85 **I:** Und bei denen, die etwas nicht bereit sind, welche Anpassungen denken Sie wären am sinnvollsten, damit das integriert werden kann? Auch Cloud-basierte Predictive Maintenance-Lösungen?
- 86 **D4:** (...) Die strukturierte Anbindung von Produktion an IT-Infrastruktur.
- 87 **I:** Okay.
- 88 **D4:** Also ich sage jetzt mal, Worst Case, ich sage gerne etwas flapsig, Spaghetti-Architektur.
- 89 **I:** Okay. (lacht)
- 90 **D4:** Das wäre, wenn Sie eine größere Produktionsanlage haben und Sie montieren jetzt, sage ich einmal auf jeder Maschine von einem unterschiedlichen Anbieter irgendeine Cloud-Verbindung. Dann haben Sie eine Struktur, wo Sie Dutzende, Hunderte oder noch schlimmer Cloud-Verbindungen haben, die Sie öffnen. Das ist nicht managebar und das ist ein großes Risiko. Eine strukturierte Anbindung heißt, dass sie klare Firewalls haben, eine klare Separierung ihres Produktionswerk von der IT, aber auch eine klare Anbindung sozusagen von der OT an die IT, klare Struktur, wie sie die Daten schieben, wie sie Rückwirkungen auf die OT verhindern, aber auch verhindern, dass OT irregulär ins IT-System wirkt. Das heißt, diese Verbindung und gleichzeitig Separierung ist meistens der kritischste Punkt da, weil Industrie-Netzwerke haben die meisten inzwischen, IT-Infrastruktur haben auch die meisten, immer mehr haben auch irgendwelche Anbindungen, Überblick, eine Struktur und ein klares Management dieser Verbindungen haben aber die wenigsten.
- 91 **I:** Okay, danke! Sie haben es schon kurz angesprochen, dass die Daten vorverarbeitet werden müssen. Das ist ein guter Punkt gewesen. Aber wie wird generell mit den Produktionsdaten umgegangen? Gibt es Edge-Lösungen oder werden die wirklich ein MES-System oder beispielsweise an ein ERP-System weitergeleitet? Wie wird generell mit Daten umgegangen in Unternehmen? Gibt es fix definierte Datenmanagementsysteme? Gibt es zentral wirklich gute Lösungen?

- 92 **D4:** Also je nachdem. Bei Automationssystemen oder SCADA-Systemen gibt es mitunter Historians, die dann historische Daten aus dem SCADA-System aufzeichnen. Es gibt Condition Monitoring-Systeme, die Sensordaten sammeln. Es gibt manchmal auch Betriebsdaten-Erfassungen, die nicht immer verknüpft sind, was für Predictive Maintenance eine kleine Herausforderung sein kann, die dann korrekt zu verknüpfen. Und das andere ist, es ist zwar immer weiter verbreitet, aber immer noch nicht flächendeckend, dass man da wirklich auch use-case-basiert hineinschaut, was man überhaupt damit erreichen möchte, um dann sicherzustellen, dass man die richtigen Daten sammelt. Also gerade für Predictive Maintenance hängt es ja sehr stark davon ab, wer was voraussagen will, welche Daten er braucht, weil der Algorithmus kann noch so intelligent sein, wenn die richtige Information gar nicht in den Daten enthalten ist, können sie auch nicht voraussagen. Also ich sage jetzt immer ganz vereinfacht gesagt, sagen wir, sie haben ein mechanisches Getriebe, und sie wollen herausfinden, ob da ein Getriebebeschaden ist, und wenn sie keine mechanischen Größen von dem System messen, also keine Vibrationen, keine Geräusche, keine Temperaturen, all diese Dinge gar nicht messen, dann werden sie keinen mechanischen Fehler in diesem System feststellen können, weil sie einfach gar nichts haben. Sie finden dann der Motorstrom eines Motors, der über drei Zwischensysteme mit dem Getriebe verbunden ist, kaum diesen Getriebebeschaden zu identifizieren. Vor allem nicht, wenn dann dieser Motorstrom auch noch sehr niederfrequent abgetastet ist. Das heißt, da haben sie dann einfach keinen Datenpunkt, wo das Fehlerbild drinnen ist, da hilft ihnen dann das schönste Datenmanagementsystem nichts.
- 93 **I:** Ja, das sind so Herausforderungen, denke ich mal, in der Hinsicht.
- 94 **D4:** Ja, und mitunter werden dann Riesen Datenmengen angehäuft, die dann aber trotzdem vielleicht nicht die richtigen Daten sind, um da jetzt Predictive Maintenance zu implementieren.
- 95 **I:** Das sind wahrscheinlich die spezifischen technischen Herausforderungen in der Hinsicht, einfach, dass die richtigen Daten für den Anwendungsfall gesammelt werden, oder?
- 96 **D4:** Richtig.
- 97 **I:** Okay. Gibt es dann noch organisatorische oder prozessuale Herausforderungen, die Sie bei Ihren Kunden identifiziert haben? Gibt es da irgendwelche Blockaden?
- 98 **D4:** Ja, die wenigsten Kunden haben jetzt, sage ich mal, eine benannte Einheit, die sowas einführen soll, weil sie brauchen meistens dann jemanden aus der Instandhaltung, sie brauchen jemanden aus der IT, sie brauchen jemanden aus dem übergelagerten Management für die Grundsatzentscheidungen, die dann auch so ein Team formen. Und dann kann organisatorisch eine Herausforderung sein, die richtigen Leute zusammenzubekommen.
- 99 **I:** Okay. Ein Punkt, was ich immer öfter bei Unternehmen gehört habe, sind die Bedenken der Datenintegrität und auch die Datensicherheit im Kontext von einer Cloud. Wie sehen Sie das, wie bewerten Sie, haben Sie da Bedenken, oder denken Sie, dass die Daten in der Cloud sicherer sind, als wenn das eigene System verwendet und gewartet wird?
- 100 **D4:** Das kommt auf die Cloud an. Und ich sehe immer wieder, dass Unternehmen, also immer häufiger begegnen wir sogenannten Cloud Assessments. Das sind dann Kriterienkataloge von Unternehmen, die diese fordern, um eine Cloud-Lösung zuzulassen.
- 101 **I:** Okay.

- 102 **D4:** Grob gesagt, also ich würde diese Frage nicht pauschal beantworten. Wenn Sie die richtige Cloud auswählen, würde ich es aber bejahen, dass sie dann in der Cloud sicherer sind, als eine selbst gepflegte IT-Lösung.
- 103 **I:** Okay.
- 104 **D4:** Hängt natürlich sehr stark von der Größe des Unternehmens, dass diese selbst gepflegte Cloud sozusagen betreibt, hängt sehr stark von der Cloud ab. Und bei der Cloud auch noch, wie sie die konfigurieren und wie sie die Datenanbindung bauen. Ich würde aber nicht, ich würde aber sagen, die Idee, dass eigene Systeme per se sicherer sind, ist auf jeden Fall falsch. (...) Das ist sicher. Ganz sicher. (lacht)
- 105 **I:** Okay. Danke schön. Über Schulungs- und Weiterbildungsmaßnahmen haben wir schon kurz gesprochen. Sind bei der Cloud Schulungsmaßnahmen notwendig?
- 106 **D4:** Bei der Cloud-Lösung ist es dann natürlich ein gewisser Schulungsbedarf, weil Leute, die jetzt eine reaktive Instandhaltung gewohnt waren, umzuschulen, auf den Umgang mit Prädiktiv-Informationen, gerade wenn die keinen Datenhintergrund haben. Aber das ist managebar. Also das ist jetzt keine jahrelange Schulung. Die müssen keine Datenexperten werden. Die müssen einfach nur verstehen, wie sie das lesen, um dann konkret was zu tun.
- 107 **I:** Gibt es eigentlich so, oder haben Sie auch so Erfahrungen gemacht mit Plug-and-Play-Lösungen, dass man sagt, okay, das ist wirklich so simpel, dass der Kunde nicht wirklich Schulungsmaßnahmen dafür benötigt? Oder ist das eben in dem Predictive Maintenance Bereich gar nicht möglich? Wie sehen Sie das?
- 108 **D4:** Das hängt da von der Schulung ab. Also ich sage jetzt mal so, sie müssen dem Instandhalter beibringen, dass er dieses Ticket, das er dann vielleicht kriegt, so liest, dass er versteht, dass da jetzt ein ungewöhnlicher Stromanstieg war, als Beispiel. Und daher typische Fehlerbilder, die damit korreliert sind, sofern sie nicht auch schon in dem Ticket drinnen vorgeschlagen werden. Das heißt, dass der dann dorthin schaut und schaut, ob beispielsweise ein Lagerschaden ansteht und das richtig interpretiert. Auch wenn das Interface immer besser wird, muss der das halt korrekt lesen und interpretieren, weil wenn der am Ende nicht hingehet und den Lagerschaden behebt, dann haben sie nichts gewonnen. Heißt nicht, dass jetzt jeder ein Data-Analyst-Kurs machen muss, jeder, der in der Instandhaltungsmannschaft ist.
- 109 **I:** Okay. Das kommt wirklich drauf an, was für ein Level das ist. Wenn ich das als Unternehmen selber warten muss und Algorithmen integriere, schätze ich, dass es Weiterbildungsmaßnahmen notwendig sind. Dann brauche ich einen Data-Analyst.
- 110 **D4:** Aber wenn Sie selber in Form scratchen, dann brauchen Sie eine ganze Armee an Leuten.
- 111 **I:** Also das spielt keine Relevanz für Unternehmen wahrscheinlich, oder?
- 112 **D4:** Nein doch! Es probieren jede Menge. Also das gibt es schon. Aber in der derzeitigen Phase ist das schon etwas, was viele probieren, dass sie auch irgendwo von der Uni drei Data-Analysts, AI-Experts wegrecrutieren, ihnen einen Haufen Daten geben und sagen, macht es mal. Das ist gängige Praxis, aber selten von sehr viel Erfolg gekrönt. Schon von Erfolg gegründet, aber meistens für diesen einen speziellen Fall, der dann konkret untersucht wird. Also das funktioniert schon, dass Sie drei Leute draufsetzen und sagen, das ist die eine Maschine, das sind die Art Fehler, die wir beobachten, das sind drei Jahre Daten. Baut uns da was? Die bauen dann ein paar Wochen,

Monate, da kommt schon was raus. Aber dass Sie dann da mit dem Ansatz eine ganze Anlage abdecken, ist halt sehr langsam. Wenn Sie aufbauen auf bestehenden Lösungen, sind Sie halt viel schneller.

113 **I:** Das ist klar.

114 **D4:** Wir brauchen auch irgendwen, der sich auskennt und das Thema treibt.

115 **I:** Wie sehen Sie die finanziellen Risiken und die Abhängigkeit zu Cloud-Anbietern?

116 **D4:** Das ist natürlich ein Risiko, ja.

117 **I:** Also, dass Unternehmen in einen Lock-in kommen könnten?

118 **D4:** Ja, andererseits, es gibt auch, man redet ja immer mehr von strategischen Partnern, statt Providern und sowas. Aber natürlich würde ich mir überlegen, von wem ich mich da abhängig mache. Und ich würde weniger Sorge haben, mich von Großen abhängig zu machen oder Partnerschaften zu formen, als von den Kleinen abhängig zu sein, wo ich dann wirklich vor Scherben stehe, wenn die plötzlich weg sind. Also, jetzt mal angenommen, Sie sind abhängig mit Ihrer gesamten Instandhaltung von einem Drei-Mann-Unternehmen, und einer von denen hat einen Unfall, und der war der Know-how-Träger, dann stehen Sie da.

119 **I:** Das stimmt.

120 **D4:** Also, Cloud-Anbieter gibt es ja Gott sei Dank ein paar größere, und da meint man, können Sie dann zumindest theoretisch noch migrieren von der einen zu anderen Cloud, wenn das wirklich zu extrem wird. Aber ich würde da eher auf Partnerschaften setzen, auf langfristige, um das in den Griff zu kriegen, als jetzt mein Heil zu finden in irgendwelchen kleinen Unternehmen, oder abhängig zu machen von zwei Know-how-Trägern im Unternehmen, die dann vielleicht die einzigen sind, die wissen, wie die Software funktioniert im Unternehmen. Also, das ist ja auch eine Abhängigkeit und ein Risiko, wenn sie was selber entwickeln.

121 **D4:** Weitere Herausforderungen oder Risiken, die Ihrer Meinung nach bei der Integration von cloudbasierter Predictive Maintenance auftreten kann? (liest Frage von Handout)

122 **I:** Ich finde hier haben Sie schon einiges beigetragen heute, denke ich.

123 **D4:** Gehen wir weiter.

124 **I:** Dann noch Erfahrungen, da haben Sie, glaube ich, auch schon ein paar Anwendungsfälle genannt. Und so allgemeine Empfehlungen oder Vorschläge für Handlungsempfehlungen, wenn Unternehmen überlegen, dass sie Predictive Maintenance oder Cloud-basierte Predictive Maintenance einsetzen möchten?

125 **D4:** Ja. Ich glaube, es macht Sinn, da nicht komplett auf Eigenbaulösungen zu setzen oder zu glauben, dass das jeder selber entwickeln muss. Schon gar nicht from scratch. Ich glaube, dass man Kombinationen da oder dort machen kann, dass man sagt, okay, man hat vielleicht für die eine ganz spezielle Maschine, von der das ganze Unternehmens-Know-how abhängt, noch diese Tiefenanalysen, die man selber entwickelt. Aber gerade um zu skalieren, würde ich empfehlen, mit größeren Anbietern auf bestehende Lösungen zu setzen. Mit meinem Bias natürlich von Unternehmen XY. Aber ich glaube, das ist auch wahr, wenn die Lösung von jemand anders kommt.

- 126 **I:** Okay, danke! Wie sehen Sie die Zukunft von der cloudbasierten Predictive Maintenance? Also sehen Sie das, das ist das nächste Trend in den nächsten Jahren und das wird immer wichtiger und essentieller?
- 127 **D4:** Das wird immer mehr zum Standard werden.
- 128 **I:** Gibt es in der Hinsicht auch Trends oder Entwicklungen die Ihrer Meinung nach in den nächsten Jahren prägend sein werden? KI wird immer relevanter, z. B. mit ChatGPT ist es auch der normalen Bevölkerung einfach zugänglich und verwendbar.
- 129 **D4:** Ja, wird so sein. Es wird immer relevanter werden und im Wesentlichen wird dadurch auch die Bedienung immer leichter werden. Natürlich jetzt gerade mit diesen ganzen Sprachmodellen. Also ich sage jetzt einmal, ich habe früher, dass zum Beispiel ein Algorithmus lernt von dem Feedback. Sagen wir mal. Sie haben das Lager getauscht und sagen, ja, das war jetzt wirklich der Lagertausch. Also diese Historie, sage ich jetzt mal ganz einfach einem Algorithmus beibringen, das dürfen Sie inzwischen erwarten, zumindest wenn Sie eine gute Lösung anschauen. Was glaube ich jetzt, also ich weiß, dass es bei uns demnächst kommt, aber was sicher auch andere nachziehen werden, ist natürlich das Thema, das ihnen AI hilf sich selbst zu erklären. Also dass Sie quasi erwarten, dass der neue Algorithmus oder die Predictive Maintenance-Lösung Ihnen erklärt, was denn jetzt los ist. Wenn Sie wollen, kann ich Ihnen danach noch etwas zeigen, falls Sie noch Zeit haben.
- 130 **I:** Gerne! Ich hätte noch eine andere Frage, die ich mir da noch notiert habe. Wie sieht es eigentlich mit Predictive Maintenance Initiativen aus? Wie wird eigentlich der Return on Investment hierzu berechnet? Oder wird dieser überhaupt betrachtet von den Unternehmen? Das ist denke ich ja ein schwieriger Punkt. Die Unternehmen müssen ja sehen, dass sich die Investition in gewisser Hinsicht lohnt. Wie wird der ROI wirklich gemessen? Gibt es da irgendwelche Empfehlungen oder gibt es irgendwelche Standardvorgehen?
- 131 **D4:** Ja, gibt es.
- 132 **I:** Und welche sind das, ca.? (lacht)
- 133 **D4:** (lacht) Naja, also ich sage mal, wir haben da durchaus Templates und Prozesse, wo wir Kunden unterstützen. Die kann ich jetzt nicht komplett teilen.
- 134 **I:** Verstehe ich.
- 135 **D4:** Es geht natürlich in die Bewertung von Stillständen hinein. Da gibt es grob drei Arten von Stillständen. Geplante Stillstände. Ich sage mal, sie können natürlich mit genügend geplanten Stillständen ungeplante verhindern. Andererseits, wenn sie die ganze Zeit stehen, dann produzieren sie halt auch nicht. Dann gibt es die geplanten Stillstände, die länger sind. Das sind normalerweise die aller Teuersten. Also wenn die ungeplant eine Woche ihre Anlage nicht zur Verfügung haben, das wird richtig teuer. Eigentlich bei fast allen Unternehmen. Bei kürzeren Zeiten stark schwankend. Und dann gibt es die ungeplanten sehr kurzen Stillstände. Die sind normalerweise als weniger kritisch gesehen, können sich aber auch aufaddieren auf Kosten. Und sie wollen natürlich alle drei reduzieren. Und wo sie dann den meisten Mehrwert haben, hängt meistens sehr stark davon ab, welche Stillstände bei ihnen auftreten, wie stark sich das verteilt. Und für die Return on Invest Rechnung ist dann wichtig, wie teuer sie diese Stillstände bewerten. Vielleicht damit ich Ihnen da auch noch einen Hinweis geben kann. Es sind zwei unterschiedliche Sichtweisen. Sehr oft ist eine Frage, ob sie Ausfall von Produktionen mit einrechnen dürfen oder nicht dürfen oder können oder

nicht können. Das hängt von sehr, sehr vielen Faktoren ab, ob das geht oder nicht geht. Aber wenn sie das können, tun sie es sich meistens leichter mit dem, wie teuer ein Stillstand ist. Was sehr industrieabhängig ist, ist, ob ungeplante Stillstände auch Abfall bedeuten. Angenommen, sie sind in einer Lebensmittelindustrie und der Produktionsprozess wird schlecht unterbrochen, dann werden sie einen Teil der Lebensmittel wahrscheinlich wegschmeißen müssen. Das ist jetzt kein realer Fall, aber stellen Sie sich vor, der Backofen wird in der Mitte des Prozesses kaputt und dann kühlt Ihnen das halbe Back-Gut aus. Das können sie normalerweise dann nicht mehr verwenden. Und das ist auch in anderen Industrien und so weiter gibt es Situationen, wo das auch noch on Top kommt.

136 **I:** Okay, das ist interessant. Dann würde ich jetzt zum Abschluss kommen vom Gespräch. Gibt es eine Frage, die Sie erwartet hätten, die ich jetzt nicht gestellt habe? Oder ob ich irgendwas übersehen habe, was jetzt wichtig gewesen wäre? Ich verbessere den Leitfaden immer weiter für die nächsten Interviews. Sie haben echt sehr guten Input geliefert, aber hat Ihnen etwas gefehlt?

137 **D4:** Sie hätten noch Fragen können. Gibt es bei Ihnen im Unternehmen konkrete Lösungen? Und da hätte ich dann geantwortet, ja. Also ich beschäftige mich eben speziell mehrere Kunden mit Predictive Maintenance-Lösungen zu begleiten. Wir haben da mehrere Lösungen, aber eben auch Cloud-basierte, sehr weiterentwickelte Lösungen.

138 **I:** Das können Sie gerne teilen, wenn Sie möchten. Können Sie gerne erzählen.

139 **D4:** Eine ganz konkrete Lösung ist von XY und heißt XY Predictive Maintenance. XY schreibt man so wie XY. Falls Sie googeln wollen.

140 **I:** Okay, danke. Machen ich sicher. Okay.

141 **D4:** Ja, that's it.

142 **I:** Okay, danke. Sonst irgendwas, aber dann glaube ich, hat es recht gut gepasst, oder?

143 **D4:** Für mich ist es okay.

144 **I:** Sehr gut. Ich sage danke.

145 **D4:** Ich fände es super, wenn Sie dann irgendwann die Arbeit fertig haben, wenn Sie die teilen können, falls sie nicht gesperrt ist. Und wenn Sie sagen, Sie arbeiten nicht mit Unternehmen XY zusammen, nehme ich an, die wird nicht gesperrt werden?

146 **I:** Nein, wird nicht gesperrt werden. Diese leite ich dann gerne weiter, wenn ich fertig bin, ja. Gut. Dann sage ich Dankeschön für die Zeit und ich beende jetzt die Aufnahme.

ANHANG M - Transkript Interview 9 - D5

- 1 Transkription für **D5**:
- 2 **I**: Gut, danke für deine Zeit. Jetzt starten wir mal kurz mit Hintergrund und Erfahrung und (...) zwar in welcher Branche ist der Unternehmen tätig?
- 3 **D5**: Wir sind Industriedienstleister mit dem Spezialgebiet Condition Monitoring und Predictive Maintenance. Wobei man sagen muss, eher Condition Monitoring wie Predictive Maintenance. Sitzen aber in ganz unterschiedlichen Branchen drinnen, machen sehr viel Automotiv, machen sehr viel Chemie, Pharma, auch grobe Industrie, wie Stahlwerke, Papierwerke, sehr gemischt einfach, also von ganz kleinen Getrieben bis ganz großen Betrieben, also sehr breit gefächert, also nicht wirklich einer Branche zuzuordnen, aber wir sind Industriedienstleister.
- 4 **I**: Wie viele Mitarbeiter hat das Unternehmen jetzt?
- 5 **D5**: 14.
- 6 **I**: Und was ist dein beruflicher Hintergrund, deine Rolle im Unternehmen?
- 7 **D5**: Ich bin im Prinzip die Gründerin und auch die Chefin der XY, also im Prinzip mein Unternehmen. Warum wir quasi in dem Bereich gelandet sind, hat ganz viel mit meiner Historie zu tun. Ich bin von meiner Grundausbildung in Elektrotechnik, Hochspannungstechnik, habe dort auch entsprechende Praxis, habe lange bei der XY gearbeitet und habe dort die Praxis auf der Umspannungsleitung gesammelt, bin damit sehr automatisierungsnahe, quasi der Elektrotechnik zugeordnet, habe aber dann sozusagen nach der XY in Graz Maschinenbau studiert. Und im Zuge dieses Studiums bin ich bei der XY gelandet, wie viele Studenten in XY, und habe dort quasi mich das erste Mal mit Schwingungstechnik und High-Speed-Prüfständen und Condition Monitoring beschäftigt und bin letztendlich dann in dem Gebiet geblieben. Ich muss sagen, ich habe bei der XY mit der Person XY einfach einen genialen Chef gehabt, der mich infiziert hat mit dem Thema Schwingungstechnik, der mich in die Tiefe mitgenommen hat, was man da alles machen kann, und war einfach eine super gute Voraussetzung für das. Und wie gesagt, nachdem ich dann von der XY letztendlich, aus Sicht der XY, bin ich dann zu deren Lieferanten gegangen, also die, die im Prinzip das Condition Monitoring System für die XY geliefert haben. Da habe ich dann in Österreich den Industrieservice geleitet, das war die XY, jetzt XY. Da habe ich den Industrieservice für Österreich geleitet, also alles, was Condition Monitoring anbelangt, die ganzen Werkzeuge, Schmierung, alles außer Wälzlager. Und wie gesagt, das Unternehmen XY war ein weltweit Tätigkeitsfeld, das war dann mit Familie nicht zu vereinbaren. Bei der XY habe ich dann quasi nur Österreich gehabt, das ist gut gegangen. Und mittlerweile auch schon fast vor 20 Jahren habe ich mich dann selbstständig gemacht, weil wir als Familie einfach von XY zurückgegangen sind, auch den Bereich aus der XY quasi mitgenommen und mache noch immer Schwingungstechnik und Condition Monitoring. Also wie fast 30 Jahre mittlerweile.
- 8 **I**: Perfekt, ja schön. Gut, also seit 20 Jahren gibt es das Unternehmen, oder?
- 9 **D5**: Ja, 18 Jahre.

- 10 **I:** 18 Jahre, okay, danke. (...) Dann gehen wir zu den Instandhaltungsstrategien im Unternehmen. Das ist jetzt immer so eine allgemeine Frage, welche ich zu Beginn stelle. Inwiefern siehst du die Instandhaltung als strategischen Erfolgsfaktor für den nachhaltigen Unternehmenserfolg?
- 11 **D5:** Für mich steckt da drin ein ganz wichtiges Wort, das ist das „Strategisch“. Instandhaltung wird überall gemacht, aber nicht überall strategisch eingesetzt. Und ich kriege es dann zu einem Unternehmenserfolg, oder ich sehe es dann mit ganz hohem Nutzen verbunden, wenn ich es sehr strategisch nutze und einsetze. Brauchen tu ich es ja immer, aber es ist die Frage, wie organisiert bin ich da drin, wie strukturiert bin ich da drin. Weiß ich, wo ich quasi hin will mit der Instandhaltung und habe ich dann eben eine Strategie, um diese Ziele zu erreichen. Das ist ganz wichtig.
- 12 **I:** Was für Arten von Produktionsanlagen sind typischerweise in Unternehmen vorhanden, mit denen du zusammen arbeitest? Kann man das pauschal klassifizieren, oder ist es generell unterschiedlich?
- 13 **D5:** Ja, wir haben es sehr, sehr unterschiedlich, weil wir in ganz unterschiedlichen Branchen oft drin sind. Also wie gesagt, wir sind stark Automotiv, wo wir einfach eher die Prüfstände ausstatten, wo wir Prüfstands-Applikationen mit Systemen ausstatten. Wir sind aber genauso in so einer Heavy-Industry drinnen, wie Stahlwerke, Papierfabriken. Wir machen in Österreich in der Lenzing die Papiermühle, also da sind so Dinge, die da drin sind. Und klassisch dann auch natürlich die groben Maschinenbau-Sachen, sehr viel Großgetriebe. Aber wir sind auch in der Pharma, wo es dann um ganz feine, kleine Dinge geht, wo man dann im Reinraum unterwegs ist und wo es eher um Prozessmonitoring geht und nicht so stark um Komponentenmonitoring. Da geht es schon gar nicht um Lagermonitoring, sondern da schaut man dann eher, welchen Zustand hat das System, was wirkt sich da Richtung Qualität aus, wie kann man vielleicht Qualitätsänderungen oder auch Chargenänderungen in der Schwingungstechnik früher sehen wie in dem Qualitätsmanagement. Also sehr gemischt, was die Anlagen oder auch die Maschinen angeht.
- 14 **I:** Und was sind jetzt typische KPI's für die Effizienzauswertung der Anlagen, welche dir aufs Erste einfallen würden?
- 15 **D5:** Ja, also nachdem wir da aus der Ecke kommen, machen wir natürlich sehr viel Schwingungstechnik. Und da quasi quer, was der Kunde braucht. Also sehr klassisch, Holzlagerüberwachung, Getriebeüberwachung, aber auch Gleitlagerüberwachung. Wir haben auch ein System, damit wir die Gleitlager auf die Großanlagen, also Kompressoren machen wir zum Beispiel. Das ist ganz klassische Schwingungstechnik. Wir monitoren aber ganz stark eher Temperaturen und Prozessdaten sowieso. Wir haben ein bisschen Ultraschall, wir haben im Infrarotbereich einiges. Ja, schon Querbett, was gebraucht wird. Und das, was uns auszeichnet, ist einfach die gute Kombination mit der Automatisierung. Also wir verwenden ganz stark auch Systeme aus den (.) oder von den Automatisierern. Also wir haben Siemens, B&R, Rockwell, Weidmüller, also Unternehmen, die eher klassisch in der Automatisierungsecke zuzuordnen sind, die aber in den letzten Jahren entweder sich ein Unternehmen gekauft haben oder selber was entwickelt haben, also eher gekauft, die alle Condition Monitoring-Systeme für sehr unterschiedliche KPI's anbieten. Also wir gehen ganz stark in diese Seite, weil ich glaube, dass das die Zukunft ist, weil wir müssen es integrieren. Also Condition Monitoring kann nicht das Thema einzelner Experten sein, sondern muss das Thema der breiten Masse sein.
- 16 **I:** Danke! Jetzt gibt es von der Literatur verschiedene Wartungsstrategien. Ich habe es kurz hier in dem Handout kurz zusammengefasst. Was ist deiner Einschätzung nach am häufigsten eingesetzt bei den Unternehmen oder gibt es meistens nur Mischformen?

- 17 **D5:** Es kann nur Mischformen geben. Und das ist keine von den, die du jetzt nennst, gut oder schlecht. Weil es ist auch im Prinzip eine reaktive, also ungeplante, klassisch reaktive Instandhaltung, sehr gut, wenn sie gut gemacht ist. Also es spricht nichts gegen reaktive Instandhaltung. Wenn ich darauf vorbereitet bin, wenn ich weiß, wo meine Sachen sind, dann arbeite ich sowieso eher reaktiv. Das ist eine reine Frage des Kosten-Nutzen bzw. Aufwand-Nutzen-Geschichten. Und es muss immer ein Mix sein und ist auch immer ein Mix. Es ist halt so: Je besser ich diesen Mix abstimme und je besser der Mix auf meine Produktion angewandt wird, umso besser ist das Ergebnis auch Richtung Kostenminimierung. Letztendlich geht es auch immer um Kostenminimierung. Mir fällt jetzt da unten definitiv einiges aus der ungeplant-reaktiven, also klassischen, reaktiven Instandhaltung. Da gehört definitiv auch noch etwas dazu. Und dann muss ich aus dem Ganzen für meine Anlagen in den Komponenten den guten Mix finden.
- 18 **I:** Ok, Dankeschön! Diese Wartungsstrategien habe ich aus der wissenschaftlichen Literatur genommen.
- 19 **D5:** Das sind halt die Wartungsstrategien die aus der Literatur kommen. Man hat in den letzten Jahren sehr stark zustandsorientiert und vorausschauend gepusht, auch was die Veröffentlichung angeht. Das spiegelt auch nicht die Wirklichkeit wider, weil wir haben trotzdem reaktive Instandhaltung sicher, mindestens noch 50 Prozent ist reaktive Instandhaltung und es spricht nichts gegen reaktive Instandhaltung. Also es ist ein guter Ansatz. Es muss halt in das Gesamtsystem reinpassen.
- 20 **I:** Danke, super Input. Dann habe ich noch, es gibt ja den Begriff Smart Maintenance, den kennst du sicher und weißt, wie die Definition ist. Da gibt es aus der Literatur sechs zentrale Handlungsfelder, die das als Zielvision Smart Maintenance definiert haben. Ich würde dich jetzt kurz bitten, wie du das einschätzen würdest bei den Unternehmen, wo du jetzt zusammenarbeitest, wie hier der aktuelle Stand ist. Wahrscheinlich gibt es hier sicher Unterschiede in den einzelnen Unternehmen.
- 21 **D5:** Grundsätzlich ist der Begriff Smart Maintenance nicht korrekt abgegrenzt. Wenn du unterschiedliche Literaturstellen anschaut, dann tauchen unterschiedliche Definitionen auf und es ist sogar so weit, dass die nicht immer das gleiche bedeuten. Also Smart Maintenance ist sehr breit und ist letztendlich auch so ein Schlagwort, das in den letzten Jahren gut verwendet worden ist, weil es gut klingt und den Zeitgeist gut getroffen hat. Aber es gibt keine Definition für Smart Maintenance, also keine gesicherte Definition, dass man sagt, das ist jetzt Smart Maintenance, sondern da gibt es ganz viel von ganz unterschiedlichen Autoren.
- 22 **I:** Das ist jetzt eine, welche ich aus der Literatur rausgenommen habe.
- 23 **D5:** Ja, passt alles, kein Problem. Nur sollte man hier etwas aufpassen. Und das Ähnliche ist es mit diesen zentralen Handlungsfeldern. Es gibt andere Literaturstellen, die wesentlich mehr Handlungsfelder definieren, wo man sagt, ja, was braucht man.
- 24 **I:** Also würdest du jetzt sagen, dass sich die Handlungsfelder in den Unternehmen unterscheiden können?
- 25 **D5:** Ja, genau, es unterscheidet sich in den Unternehmen sehr stark. Also A, hängt das auch in den Unternehmen ganz stark von den Handlungspersonen ab. Wo sitzt jetzt der, ich nenne ihn immer den Kümmerer. Wo sitzt der Kümmerer? Also, wenn du jetzt deine Handlungsfelder anschaut, wenn der Kümmerer natürlich irgendwo in der Planung, in der Arbeitsvorbereitung oder in der

Planung sitzt, dann ist für ihn das wichtig. Wenn er eher in der Forschung, dann sind wir irgendwo in dem Wissensmanagement-Bereich drinnen. Also, hängt ganz davon ab, wo die Kollegen dann einfach sitzen auch, wo sie ihren Schwerpunkt haben, wo sie als erstes pushen. Wir sehen, dass diese Smart Maintenance-Sachen oder grundsätzlich die Smart Sachen, sagen wir mal, smarte Sachen oder Digitalisierung oder, ja, Digitalisierung würde ich eher nennen. Auch da gibt es keine konkrete Abgrenzung. Aber die sind jetzt in den Unternehmen sehr oft als Stabstellen aufgestellt. Und in dieser Stabstelle, dann sind die handelnden Akteure drin. Und dann hängt es davon ab, wie gut kann er mit dem Restlichen, mit den Restlichen. Ich schicke da dann im Anschluss, ich schicke da dann von mir eine Zusammenfassung, weil da kannst du einfach Literatur rausholen und vielleicht den einen oder anderen Input einfach noch holen. Wirklich, hängt davon ab, wo die Kollegen einfach herkommen und was in dem Moment wichtig ist für ihn.

26 **I:** Okay. Also, dann sollten wir jetzt die die sechs Handlungsfelder nicht durchgehen das es deiner Meinung nach im Grunde immer unterschiedlich in den verschiedensten Unternehmen ist?

27 **D5:** Genau. Also, ich würde sagen, wir können es schon sehr gerne durchgehen. Das ist kein Thema. Aber das ist ganz unterschiedlich, je nachdem, welches Unternehmen du dir anschaust. Und ich muss sagen, du kannst auch nicht an das Unternehmen hergehen und sagen, du musst oder du sollst jetzt das und das machen. Weil das ist so abhängig davon, wo sie momentan stehen, was sie gerade aktuell tun in dem Thema, ob sie wirklich Ziele haben, weil es scheitert ja daran, dass sie oft gar nicht richtige Zieldefinitionen haben. Und wie schaut die Strategie aus, zu diesen Zielen zu kommen? Also, wie gesagt, ich habe mich im Rahmen der Dissertation recht intensiv damit beschäftigt. Ich habe sie halt die vier Dimensionen genannt und habe gesehen, dass die vier Dimensionen sind für mich einmal die Technik, dann haben wir quasi die Organisation, den Menschen und dann nochmal so eine Datendimension habe ich eingeführt. Und wir sehen, dass wir in der Technik super weit sind. Also, wenn wir jetzt auch Richtung Predictive Maintenance oder sage ich irgendwo Cloud-Lösungen oder Modelllösungen hergehen, sind wir in der Technik schon sehr weit. Wenn man unsere Forschung anschaut, also die Technik ist da. Wir haben in der Organisation noch eine große Lücke, weil die wenigsten Organisationen stellen entsprechende Ressourcen bereit, um sich dem Thema zu widmen. Und das geht nicht, wenn ich es nur nebenbei mache. Und ähnlich geht es uns dann mit den Human Resources, weil ich brauche dann natürlich auch die Kollegen, die A entweder so wie du jetzt in das Thema einfach einsteigen und sich damit beschäftigen. Also, ich brauche einfach die Manpower für das Ganze. Ich brauche zum Teil ein bisschen andere Kompetenzen, um das zu handeln. Und die vierte Dimension sind dann die Daten. Da muss ich auch schauen, wie reif sind wir denn oder wie reif sind die Unternehmen schon zu den Daten. Denn Daten haben sie ja Unmengen. Aber um jetzt dann entsprechend etwas abzuleiten für eine vorbeugend vorausschauende Instandhaltung, da sind wir noch ganz weit weg. Da sind wir noch ganz am Beginn.

28 **I:** Okay, danke. Jetzt hast du schon ein paar Fragen vorweggenommen, was ich dir noch stellen möchte.

29 **D5:** Achso, tut mir leid. (lacht).

30 **I:** Nein, macht nichts.(lacht) Danke. Ich würde wollte dich nicht unterbrechen, das sind echt super Inputs. Okay, dann sind das so, auch wenn ich es jetzt so kurz betrachten würde. Ich glaube, was ihr jetzt von den meisten Unternehmen auch gehört habt durch meine anderen Interviews mit Unternehmen, dass jetzt die Instandhaltung ein reiner Kostenverursacher ist, von dem sind wir

schon weit weg, oder? Also, der Wertbeitrag der Instandhaltung ist den meisten Unternehmen schon bekannt?

- 31 **D5:** Jein. Am Papier sage ich ja und Lippenbekenntnisse ja. Aber letztendlich, und so ehrlich muss man auch sein und man muss auch ehrlich drüber schauen, geht es darum, die Instandhaltung zu optimieren. Und optimieren heißt, entweder meine Qualität, meine Leistung zu steigern, die Kosten nach unten zu bringen. Und der beste Fall ist, dass ich das kombiniere und sage, ich habe ein Optimum an Kosten und ein Optimum an Leistung. Letztendlich geht es immer darum. Also, das mit dem Wertschöpfungsfaktor klingt schon ganz gut. Aber letztendlich muss die Produktion kostengünstig arbeiten. Und da braucht man uns auch nicht irgendwie anschummeln. Es geht um Gewinnmaximierung. Also, wenn wir die großen Konzerne anschauen, da geht es um Gewinnmaximierung und um sonst nichts. Unterm Strich geht es darum, und ich sage, das ist auch eine der Aufgaben in der Instandhaltung, dass sie mit dem Optimum oder mit dem wir zur Verfügung stehen, das Optimum raus holen. Dass sie dann, wenn ich das halt mehr und mehr haben möchte, dass sie dann noch mehr Budget brauchen und mehr Kosten verursachen und dann Kosten eventuell verschiebe. Aber das ist eine andere Geschichte. Also, ich sage, ich verschiebe. Aber es muss sich trotzdem unter dem Strich rechnen. Also, ich muss eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung immer im Vordergrund stellen, weil technisch können wir ganz viel. Da kann ich im Rahmen eines Forschungsprojektes, im Rahmen eines Piloten kann ich mir etwas anschauen, kann ich Zusatzaufwand generieren. Aber im Tagesgeschäft geht es darum, dass ich meinen Job so gut wie möglich mit den zur Verfügung stehenden Ressourcen einfach mache.
- 32 **I:** Danke, danke. Ich glaube, der andere Punkt hast du schon kurz angesprochen. Und je nach Unternehmen, das ist auch ein super Input von dir, das ist immer flexibel, das muss man sich einfach anschauen.
- 33 **D5:** Ja, also die sechs zentralen Handlungsfelder, wie gesagt ich kenn sie eh. Ich kenne auch die Literaturstelle, wo du sie rausgenommen hast. Aber wie gesagt, da gibt es auch andere, die wesentlich mehr haben. Und das Modell ist mir ein bisschen zu einfach gefasst, weil es die reale Welt in einer Instandhaltung zu wenig abdeckt. Sowohl den Status-Quo, aber auch das, wohin ich will. Also, wie gesagt, es stimmt, wir haben stark personengebundenen Know-how. Also, das hat einfach damit zu tun, dass die Instandhalter gut mitgewachsen sind mit ihren Anlagen, sehr viel Know-how da gesammelt wird. Aber wir gehen auch schon stark Richtung Wissensmanagement. Also, wir sind irgendwo so mittendrin und dann haben wir sehr viele Nuancen und Ausprägungen in diesen zentralen Handlungsfeldern.
- 34 **I:** Perfekt, danke. Das ist auch immer so ein kontinuierlicher Verbesserungsprozess natürlich für die weiteren Interviews. Dann bessert man das natürlich auch. Aber du warst jetzt die Erste, die gesagt hat, es gibt auch andere Abformungen. Die meisten haben sie selber eingeschätzt. (...) Auch andere Kollegen.
- 35 **D5:** Es hat wahrscheinlich damit zu tun, dass wir nicht nur in einem Unternehmen drin sind, sondern in vielen Unternehmen. Und natürlich sogar einen direkten Vergleich von vielen Unternehmen haben. Und einfach sehen, wie variabel das ist und dass du im Prinzip never ever hergehen kannst und sagst, jetzt habe ich eine Lösung und die passt jetzt zu drei, vier anderen Unternehmen auch dazu. Speziell dieses Thema musst du fast immer sehr individuell anschauen. Das eine ist immer die Technik. Die Technik ist das leichteste. Schwieriger ist das eben, das Ganze mit den richtigen Leuten, mit den richtigen "Kompetenzen" mitzubringen und das dann auch noch richtig in die Organisation mit zu integrieren. Das ist fast das Schwierigste, weil, wie gesagt, es hätten alle gerne

Predictive Maintenance, aber du musst sehr verdammt viel tun dafür, dass das dann auch einen Nutzen stiftet.

36 **I:** Okay, gut, dass du das gut angesprochen hast. Das ist eine gute Überleitung. Du hast ja schon Condition-Based Monitoring angesprochen. Und wie würdest du jetzt so ein Predictive Maintenance, grob ausgedrückt einmal formulieren? Was ist die Bedingung dafür? Was sind Missverständnisse, die aufkommen? Wie würdest du es einem Laien z. B. erklären?

37 **D5:** Ja, Condition Monitoring. Ich vergleiche das trotzdem immer mit dem Arzt. Also wenn ich vernünftig zum Arzt gehe und meine Blutwerte einfach kontrolliere, dann weiß ich hoffentlich früher, wenn ich sage, jetzt wäre gut, vielleicht weniger zu essen oder was auch immer. Also das ist im Prinzip das klassische Monitoring, wo man uns über verschiedenste KPI's, also wir schauen uns verschiedenste physikalische Werte an und aufgrund dieser Werte kannst du dann auch mal den Status zurückschließen. Der Status muss jetzt im ersten Moment ja nicht immer schadensrelevant sein, sondern das ist ja der Status. Was mir Condition Monitoring dann vor allem auch bringt, also um das als Vorstufe auch zu Predictive Maintenance zu sehen, ist immer Transparenz. Also das ist das im ersten Moment, was ich gewinne. Weil wie gesagt, diese Klassiker, die sagen, ich verhindere meine großen Schäden. Ja, als es gibt Anlagen, wo das absolut Sinn macht und wo das eh steht auf der Art ist, dass wir was drauf haben. Aber vielfach geht es ja auch darum, dass ich sage, nein, ich kriege jetzt einfach eine bessere Übersicht. Wann passiert denn was in meiner Anlage drinnen? Auch Richtung Instandhaltung, wann wird was gemacht? Wenn ich jetzt was gemacht habe, Maßnahmen gesetzt habe, welche Auswirkungen haben die? Also um einfach einen KVP ableiten zu können und den vielleicht mit Zahlen, Daten, Fakten ein bisschen zu unterstützen. Also das ist aus meiner Sicht so eher der Ist-Stand jetzt, wo ich sage, wir kriegen die Breite zum Monitoring und wir gehen stärker auch in das, dass ich sage, ich monitore Prozessdaten, ich monitore Vibrationen in irgendeinem Förderband drinnen oder in irgendeinem Essensabfüllapparat, was auch immer, oder Pharmaabfüllgeschichten, einfach um zu sehen, was tut sich denn da drinnen und wie verändert sich das und wird es schlechter und kann ich daraus was herauslesen? Also da stehen wir eher jetzt mit Monitoring. Richtung Predictive Maintenance, also für mich ist immer das Predictive Maintenance so (...) Die Abgrenzung zum Monitoring ist simpel, wenn ich dann hergehe und sage, ich bilde dann auch schon ein Modell. Ich monitore meine Daten. Sei es, dass ich sie mir kontinuierlich hole oder sage ich auch dann ganz klassisch noch, dass ich alle Monate meine Routen gehe. Ich habe in welcher Form auch immer, physikalische Werte da und im Condition Monitoring schaut man eher darauf, wo sind die Level, wie schnell sind sie angestiegen, also eher so die Base Analytics und Predictive Maintenance, da fange ich dann an, Modelle zu bilden. Also jetzt ist sehr stark das Thema KI, also das ist omnipräsent, einfach weil für mich ist in der KI nichts intelligentes, nichts künstliches drin, das ist reine Mathematik, aber wir haben im Prinzip bessere mathematische Modelle dahinter, mit denen ich viele Daten oder große Datenmengen einfach gut visualisieren, gut aufbereiten kann und wesentlich besser als jetzt der Mensch, zum Beispiel Anomalien erkennen kann. Also das ist das, wo wir jetzt hingehen und wo auch Predictive Maintenance angesiedelt ist oder wo ganz viel getan wird momentan und das passt auch zur Cloud, weil in dem Moment, wo man sagt, diese KI-Modelle ableiten, da fahren wir jetzt auch ganz stark in Clouds, Clouds oder Serverlandschaften, was auch immer, weil ich dann zentral einfach die Rechenpower habe. Ich habe ganz oft auch die Manpower zentral irgendwo, weil es ist nicht damit getan, dass ich irgendwo einen Server und einen Rechner und die Modelle zur Verfügung stelle, sondern ich brauche auch Kollegen, Kolleginnen, die damit umgehen können. Also das haben wir oft zentral und das ist dann halt oft in einer Cloud angesiedelt, weil es leichter zum Handeln ist.

- 38 I :Und da siehst du auch die Vorteile in der Cloudtechnologie wie Skalierbarkeit, Rechenleistung etc.?
- 39 **D5:** Ja absolut! Skalierbarkeit, Handelbarkeit. Ich brauche mir nirgends mehr Gedanken im Detail machen, wo schiebe ich meine Daten von A nach B, wie erstelle ich von meinen Riesenmengen an Daten Backups? Über solche Dinge brauche ich mir einfach nicht mehr Gedanken machen und ich kann mich mit sehr kleinen Projekten in das Thema einsteigen. Also das ist aus meiner Sicht der größte Vorteil, weil wenn ich sage, ich muss jetzt auch in großen Firmen, muss ich irgendwo, ich sage immer, kleine Brötchen backen. Wenn ich da mal starten möchte, wäre mir das erstens einmal die Rieseninfrastruktur herzulegen, sondern wenn wir uns anschauen, wo macht das eventuell Sinn, wo habe ich meine großen Lacks drinnen, wo ist aus der Abstimmung, also für mich sogar aus einer Risikoanalyse herausgekommen, da habe ich ein großes Risiko, High-Risk, das kann ich mit einem Werkzeug aus dem, was jetzt Cloud-Anbieter anbieten, eher lösen. Das ist jetzt aus dem High-Risk, was ich mit Monitoring mache, das ist etwas zum Beispiel, wie ich das Ersatzteilmanagement machen könnte. Also das ist, sage ich, wo wir momentan hingehen. Und da kann ich dann auch, sage ich, mit kleinen Anwendungen oder überschaubaren Anwendungen schon sehr gute Ergebnisse kriegen.
- 40 **I:** Danke! Ins Technische gehen wir dann später dann noch genauer. Jetzt hast du theoretisch schon einiges erzählt, wie das alles funktioniert. Zum Beispiel mit den Anomalien. Hast du irgendwelche praktischen Erfahrungen in dem Feld auch schon gemacht?
- 41 **D5:** Ja, wir haben selber Cloud-Plattformen, die wir betreiben, die wir selber anbieten, also bei uns kann man ja in sowas einsteigen. Wobei wir, nachdem wir das evaluiert haben, entschieden haben, keine eigene Plattform zu machen, weil einfach genug Anbieter da sind, definitiv. Aber wir haben einen extremen Benchmark gemacht, also wirklich extrem, also da haben wir uns wirklich ausgetobt im Rahmen von Forschungsprojekten, im Rahmen von Benchmarks bei uns im Haus und sind dann, sage ich, mit unterschiedlichen Anbietern ins Rennen, mit denen wir jetzt draußen auch quasi unsere Monitoring-Sachen anbieten, die in der Cloud liegen, die eine KI im Hintergrund haben, die, zumindest jetzt haben wir schon Anomalie-Detektion in einer stabilen Form anbieten. Also das haben wir schon.
- 42 **I:** Also richtige Predictive Maintenance, kann man das schon so bezeichnen?
- 43 **D5:** Nennen wir es nicht Predictive Maintenance. Wir nennen es quasi ganz klassisch Condition Monitoring mit einer Anomalie-Detektion. Da sind wir noch weit weg von Predictive Maintenance. Das ist eine Anomalie. Wo steckt da Vorbeugende Instandhaltung drin?
- 44 **I:** Also es ist eigentlich das Große drüber, wenn ich das Ganze zusammennehme, zum Beispiel mein Ticketsystem etc., dass du wirklich sagst, da ist dann die Vorbeugung drin.
- 45 **D5:** Die Vorbeugende Instandhaltung, wenn du wirklich sagst, wirklich Predictive Maintenance, da musst du dann quasi auch schon den Kreis geschlossen haben, was tue ich denn, wenn die Anomalie-Detektion kommt.
- 46 **I:** Ja sicher, es muss eigentlich im Prozess integriert sein vom Unternehmen.
- 47 **D5:** Es muss voll im Prozess integriert sein, es muss quasi mit meinen Leuten koordiniert sein, es muss mit der Organisation koordiniert sein. Also die Technik, also wir kriegen jetzt die Daten, also wir sammeln Daten, geben die Daten in eine Cloud und durch die Cloud spuckt eine Anomalie aus,

das haben wir geschafft. Also da würde ich sagen, das ist die Pfad der Technik. Der Pfad der Technik, da sind wir durchaus schon weit. Wenn ich dann sage, und wer schaut jetzt drauf, wer nutzt das jetzt? Da sind wir schon einiges weiter drunter, weil im Tagesgeschäft nutzen diese Plattformen derzeit nur wenige Unternehmen. Also auch wenn wir das bereitstellen, ist es nicht so, dass es dann so Tageswerkzeug ist, das kommt schon langsam, das wird viel besser und das Bewusstsein ist da. Und dass ich jetzt sage, ich habe automatisiert dahinter dann Abläufe, die Connection zum Beispiel zu einem Instandhaltungsprogramm und der löst gleich die Tickets aus. Ja, wir haben es in den Piloten, aber im Prinzip ist das alles andere als State-of-the-Art.

48 I: Danke, Danke!

49 D5: Also das ist das, wo wir uns hinbewegen müssen, wo wir uns hinbewegen werden, aber da sage ich, sind wir in der Praxis draußen, da sind wir eher erst am Anfang.

50 I: Ok, Danke! Ich habe schon gemerkt, du bist noch so ein Fan von Begriffen und Schlagwörtern und Industrie 4.0 wird dir wahrscheinlich jetzt auch schon öfter begegnet sein. Es ist so ein Buzzword, da sage ich, okay, Kunden springen drauf an oder Kunden springen nicht drauf an. Was hältst du eigentlich generell von der Begriffsdefinition?

51 D5: Grundsätzlich sind es, so wie du es sagst, Buzz-Wörter. Wir verwenden sie ja auch, so ist es ja nicht. Aber ich nenne es dann auch wirklich Buzz-Wörter und sage, ja, wir haben in den letzten 100 Jahren nichts anderes gemacht als Industrie 4.0. Ich habe noch Lochkarten gestanzt, als ich angefangen habe und ich bin noch nicht so alt, aber ich habe noch Lochkarten gestanzt und da lachen heute alle. Das war die erste Form von einer Digitalisierung. Aber wenn man schaut, was wir jetzt mit unseren Smartphones machen. Mein erstes Messsystem hat 18 Kilo gehabt. Jetzt mache ich das mit einem Smartphone. Also wir sind in permanenter Entwicklung, permanenter Innovation, auch technischer Innovation und wir haben keinen Schnitt und jetzt mache ich Industrie 4.0 oder ich mache jetzt Digitalisierung. Das ist aber das eine, was mich ganz oft irritiert, einfach irritiert, wenn diese Buzz-Wörter kommen. Ja, wir gehen in die Richtung. Ja, wir müssen auch in die Richtung gehen. Wir haben immer weniger Ressourcen zur Verfügung. Die Systeme sind immer komplexer. Unsere technischen Systeme sind immer komplexer. Wir haben einen extrem hohen Automatisierungsgrad. Also im Verhältnis zu woanders haben wir einen sehr hohen Automatisierungsgrad. Das heißt, ich kann viele Dinge gar nicht mehr als Mensch handeln. Das heißt, wir brauchen mehr Digitalisierung und mehr Sensoren, mehr Modelle, die im Hintergrund viele Arbeiten abnehmen. Aber das ist eine stetige Entwicklung und kein Industrie 4.0 oder kein so ein klassisches Konzept und sage, wenn ich das alles erfülle, dann bin ich in Industrie 4.0 drin. Und ähnliches mit Smart Factory und Smart Maintenance und Smart Production und ja, und 100 anderen. Ja, passt auch, weil mit diesen Begrifflichkeiten und das, oder auch sage ich, dieses Konzept stark von Fraunhofer getrieben und stark auch von Anbietern getrieben. Ja, muss man sagen, diese ganzen Konzepte sind stark Softwareanbieter lastig. Das war schon gut, weil das hat vieles angeschoben und hat die Diskussion verstärkt. Hat bis zu einem gewissen Grad auch den Mindset verändert. Wobei den Mindset in dem Bereich hat viel mehr COVID verändert, als diese Diskussionen um Industrie 4.0, weil man dann einfach gesehen hat, ich brauche einfach Dinge. Ich muss von der Ferne was warten können. Ich muss von der Ferne drauf schauen können. Ich brauche mehr Transparenz in meinen Anlagen drinnen. Ich muss anders kommunizieren. Ich muss Daten von A nach B schicken. Cloud ist ja gleich sicher wie meine eigenen Server, wenn ich sauber aufsetze. Also immer, dass die Qualität passt und ich passe auf die Sachen auf. Aber grundsätzlich, dieses Umdenken hat ganz stark mit den Notwendigkeiten zu tun gehabt, dass wir aus der Ferne

Instandhaltung gemacht haben. Auf einmal ist das gegangen. Allein, dass wir zwei heute so, das war vor fünf Jahren noch nicht so Standard.

52 **I:** Nein, überhaupt nicht. Auch das die Kamera aktiv ist und so weiter.

53 **D5:** Das sind eher Dinge, die ich dort entstanden sind. Aber sonst, ja, beschäftigen sich ja viele mit diesen Konzepten. Wobei das schon wieder abgeflaut ist. Was wir gesehen haben, dass viele quasi diese Konzepte unter Führungszeichen angeschaut haben, auf viele Piloten gestartet worden sind und die Projekte sind im Pilotstadium, stecken geblieben. Ja, weil sie ganz oft einfach zu wenig Nutzen bringen. Derzeit noch. Ja, weil mir entweder die Datenbasis noch fehlt, ich die Leute nicht habe, die Organisation noch nicht für das aufgestellt ist. Das heißt, wir stecken in vielen Unternehmen, vielen großen Unternehmen momentan in den Piloten fest. Testphasen funktionieren total gut. Ja, und was passiert nach der Testphase?

54 **I:** Stimmt, dann sollte es noch weiter gehen. Vor allem der erste Start und bis es dann kontinuierlich und ein fester Bestandteil im Unternehmen und in deren Prozessen ist.

55 **D5:** Der erste Start, also die Idee und das, was am Papier dann oft auch versprochen wird. Also, da sind viele Anbieter nicht ganz unschuldig dran. Es wird sehr viel versprochen. Die Erwartungshaltung ist extrem hoch. Dann geht man in den Piloten und sieht, boah, das ist schon verdammt viel Arbeit. Boah, das ist noch immer viel Arbeit. Diese Arbeit kann ich jetzt nicht tun. Also, gar nicht, ich will nicht tun, sondern ich kann es nicht machen, weil ich habe einfach die Leute nicht, um die Basisdaten einfach sauber aufzusetzen, einmal Schnittstellen zu schaffen. Also, Daten aufzeichnen ist ja nicht mehr das Drama, aber trotzdem im Detail muss ich dann sagen, ich muss den Sensor hinbringen, muss den verkabeln, ich muss das irgendwo abspeichern, muss das irgendwo durchziehen, muss den irgendwo ablegen, damit die den Datensatz zur Verfügung haben, damit die irgendwo Zeitreihen haben. So (...) Das ist einfach Arbeit. Es sind jetzt keine Innovationen, es sind To-Dos. Aber ich brauche die Leute und ich brauche das Budget, um diese To-Dos zu machen. Und momentan scheitert das ganz oft an diesen sehr einfachen Geschichten, wo ich sage, boah, ja, ich würde gerne in die Plattform. Ich sehe ja auch, dass ich dort etwas lernen könnte, aber bis ich dort hinkomme, habe ich noch so viele Hausaufgaben zu machen.

56 **I:** Du hast ja schon kurz Sensorik und so weiter angesprochen. Inwiefern würdest du jetzt die Reife der IT-Infrastruktur deiner Kunden bewerten, wenn man jetzt Predictive Maintenance-Lösungen integrieren möchte?

57 **D5:** IT-Infrastruktur kann ich gleich sagen ist top! OT-Infrastruktur nicht!

58 **I:** Okay, also würde es bei vielen Unternehmen an der OT-Infrastruktur scheitern?

59 **D5:** Ja, also die IT, wenn man das wirklich auf die IT runter bricht, haben viele in den letzten Jahren auch ganz massiv investiert in Konzepte, wie sie die Infrastruktur sehr sauber aufsetzen, sehr gut abgesichert aufsetzen. Einige habe leider auch bitter was lernen müssen, aber das ist dann IT, also die klassische IT. Wir haben nach wie vor eher in den Anlagen sehr gemischte, wir sind gemischt, also wir haben ganz viele ältere Anlagen draußen, gemischt mit neuen Anlagen. Ich habe noch 300er-Steuerungen draußen. Ich habe noch ganz alte Systeme draußen, wir haben noch viel Analoges. Ja, passt ja auch, funktioniert ja auch, aber ich kann auch nicht von heute auf morgen alles, was ich analog irgendwo habe, digitalisieren. Es versuchen die alle in die Richtung zu gehen, wenn ich jetzt irgendwo quasi einen klassischen Analog-Sensor habe, wo halt in den letzten Jahren immer irgendwie ablesen gegangen ist. Das verschwindet schon langsam, aber keiner reißt sich

jetzt, was ist, 200 Barometer oder Manometer irgendwo raus und tauscht die jetzt gegen 4 bis 20 Milliampere Manometer aus, sondern wenn einer hin will, dann kommt einer rein, der ist dann 4 bis 20. Also so ist das so ein sukzessives Werden, sukzessives Tun.

60 **I:** Das Retrofitting, was du jetzt ansprichst, das ist in den nächsten Jahren kommen müsste, oder?

61 **D5:** Ja, wird auch kommen und beschäftigen sich auch ganz viele damit. Wird auch schon viel getan, aber auch da kann ich nicht hergehen und sagen, zack Bumm und jetzt mache ich sofort. Und die Schwachstellen auch Richtung Security sind nicht die IT-Systeme, sondern eher die OT-Systeme. Einfach ein Beispiel: Wenn ich jetzt, wir haben draußen jetzt eine Anlage mit, ich weiß nicht, wie viele zig Steuerungen drin, wenn ich jetzt da komme und die Steuerung aufmache, weil wir irgendwas machen, hindert mich keiner daran, einen USB-Stick anzustecken.

62 **I:** Ja, das stimmt. Kenne ich nur zu gut!

63 **D5:** Wenn ich das bei der ITler mache, der köpft mich.

64 **I:** Stimme ich dir zu. (lacht)

65 **D5:** Also das ist nur ein Beispiel. Bis jetzt war das Problem auch nicht so groß, aber wenn wir jetzt natürlich hergehen, ich meine jetzt gar nicht Richtung Cloud, eine gut abgesicherte Cloud ist Richtung Security sicher kein Thema. Aber es sind ganz viele so Zwischendinger da drinnen, das Problem. Ich sage, ich bin noch nicht in einer gesicherten Cloud, vielleicht noch so im Testen, im Ausprobieren, tu mir das eine oder andere überbrücken. Da sind wir noch nicht ganz sauber aufgesetzt, was diese digitale Reife anbelangt und Infrastruktur.

66 **I:** Wie bewertest du die Rolle des Internet der Dinge, also z. B. IoT Geräte, Edge Lösungen und so weiter?

67 **D5:** Ja, also auch da haben wir das gleiche Thema. Wir spielen derzeit sehr intensiv mit Edge-Devices herum. Letztendlich ist es ja nur ein Rechner, auf dem ich Daten sammle. Also wie gesagt, wir haben halt wieder mit "Edge-Device", damit wir wieder ein neues Schlagwort haben. Im Prinzip ist es ein Datensammler, mit dem ich halt die Schnittstellen geschaffen habe, was auch immer für Plattformen kommen. Also Edge-Device sage ich, das ist einfach ein Datensammler mit entsprechenden Schnittstellen, damit ich mir leichter tue, von A nach B Daten zu transferieren. Aber auch da ist es in der Praxis nach wie vor schwierig, weil wir einfach sehr viele Schnittstellen haben, sehr unterschiedliche Datenformate, von 4 bis 20 Milliampere Analogsensoren bis MQTT, OPC-UA, IO-Link. Da sind aber jetzt eh noch die supergängigen, die schon fast alle, wo sich viele auskennen. Und dann haben wir zig, zig, zig, zig Varianten. Und dann haben wir unsere Bus-Systeme. Also wir haben eine sehr heterogene Datenlandschaft und versuchen die momentan in ein sehr enges Korsett zu pressen. Und das ist in der Praxis draußen, was du hast, schwieriger ist, nach wie vor schwieriger ist und manche Sachen auch einschränkt, der Aufwand sehr groß wird, der Nutzen sehr klein bleibt.

68 **I:** Wenn ich jetzt sage, ich muss jetzt als Kunde die Infrastruktur updaten? Wenn ich sage, ich habe noch alte Sensorik im Unternehmen die ich mit IOT-Geräten und Edge Lösungen updaten muss. Inwiefern wären Kunden hierzu bereit? Vor allem weil der Nutzen eventuell erst später erkannt wird bei beispielweise der Datenerfassung für prädiktive Lösungen.

69 **D5:** Also momentan kommen wir schon in die Richtung. Aber eher sage ich im Rahmen von klassischem Retrofitting und wirklich so schön kleinweis, dass ich sage, aha, wenn mir Sensoren,

klassische, alte Sensoren, was auch immer irgendwo ausfallen oder ich habe ein spezielles Problem, irgendwo will ich in irgendeinem bestimmten Bereich Transparenz haben, dann werden Sensoren installiert, mit denen kann ich entweder auf meine bestehende Infrastruktur, da gehe ich wieder klassisch in die Automatisierung rein, da habe ich halt irgendwo meine vier bis zwanzig Millionen Eingänge oder irgendwelche Eingänge, die schon laufen. Und dann habe ich dann natürlich jetzt auch die ersten Anwendungen mit Edge-Devices, wo ich sage, ich gehe jetzt nimmer über die Steuerung oder nimmer über die bestehende Welt, sondern mache im Prinzip so einen Bypass, weil der Bypass manchmal einfacher ist, weil ich nicht in mein bestehendes System eingreifen muss, sondern ich fahre mit dem Bypass und mit dem Bypass quasi suchen wir Daten. Das wird durchaus gemacht, auch deswegen, wenn man sagt, wenn wir in diesem Monitoring Predictive Maintenance-Ansatz sind, sind wir ganz stark in diesen Assistenzsystemen. Die sind nicht für die Produktion relevant. Wenn ich mein Assistenzsystem abzwicke, dann muss alles funktionieren. Außer dass irgendwo ein Lampe angeht, pass auf, dein Assistenzsystem ist tot, darf nichts passieren. Und das ist mit ein Grund, warum man durchaus auch Richtung Edge-Device geht, weil es einfacher ist. Unter Anführungszeichen habe ich dann ein leichteres IT/OT-Infrastruktur im Hintergrund, weil ich ja im Inselbetrieb bleibe. Ob das gut oder schlecht ist, es sei dahingestellt, aber ich habe zumindest für bestimmte Anwendungen einen Insel, eine Insel mir geschaffen. Die Insel kann ich aber dann sehr gut wieder integrieren. Und gesichert und stabil und ohne, dass ich große Probleme habe. Aber das ist vor allem für das Retrofitting wichtig.

70 **I:** Und die Datenvorbereitung wird dann auch auf den Edge-Geräten durchgeführt?

71 **D5:** Das ist nochmal ganz unterschiedlich gehandelt. Wir haben Datenvorbereitung direkt am Sensor, wir haben sie in die Edge-Device, da sogar eher seltener und wir haben sie in der Cloud. Also die klassische KPI-Aufbereitung, wie ich das sage, wenn ich Schwingungsmessungen mache, irgendeinen KPI, das passiert ganz oft am Sensor, weil es einfacher ist. Oder weil ich dann halt schon eine Verdichtung habe, eine Datenverdichtung, gehe dann über das Edge-Device, das eigentlich wirklich auch jetzt in der Funktion eher der Datensammler ist. Wir haben vielleicht ein bisschen, er tut noch zusammenordnen und solche Sachen, aber er macht keine großartigen Operationen, manchmal nicht auf dem Edge-Device. Und dann in der Cloud zum Beispiel Anomalie-Detektion oder klassische Verrechnungen, wo wir dann ganz oft auch auf Kollegen zugreifen können, die das vielleicht auch lesen können.

72 **I:** Und Dashboard-Lösungen vermutlich auch in der Cloud, oder?

73 **D5:** Dashboards, die in der Cloud liegen. Oder auch wirklich dann, sagen wir, wir füttern mit den Daten, die aus dem Edge-Device kommen, sage ich, irgendwelche Modelle. Wobei, das ist ganz am Anfang, da sind sogar wir erst so eher im Forschungs-Entwicklungsstadium, obwohl wir mit den Sachen recht weit sind, dass wir sagen, wir haben jetzt die ersten Edge-Device-Anwendungen, wo wir zum Beispiel Apps drauf laufen haben, Richtung Predictive Maintenance, Prädiktiv-Ansätze.

74 **I:** Du hast den Punkt mit den "Daten" schon angesprochen. Wie wird aktuell in den Unternehmen mit den Produktionsdaten umgegangen? Ich habe jetzt schon öfter gehört, es gibt 70% Insellösungen in unseren Unternehmen. Es werden die Daten auch in einem MES gespeichert, in einem SAP, in einem BED usw. Aber generell vermutlich auch immer unterschiedlich gehandhabt oder?

75 **D5:** Genau so, wie du es jetzt genannt hast. Also, es gibt alles, was du da hast, und es gibt nichts, was es nicht gibt.

- 76 **I:** Okay. Und wie bereit wären jetzt auch solche Kunden, ich sage jetzt so, wie ich gestern das Interview gehört habe, die wären meiner Meinung nach jetzt nicht bereit. Also, das Unternehmen hat 70% Insellösungen, und die wären meiner Meinung nach jetzt nicht bereit, dass sie große Datenmengen verarbeiten und einen in einem zentralen Punkt speichern könnten. Oder so, wie du sagst, müssten sie Edge-Lösungen sekundär implementieren.
- 77 **D5:** Ja, also, da gehen wir jetzt immer in die Richtung: „Tut Ihnen das schon weh“? Es tut Ihnen nicht weh. Die Anlagen funktionieren, die Anlagen laufen, sie haben eine gute Transparenz da drinnen, und wenn man sagt, welchen Nutzen hast du denn dafür, dass du jetzt deine Daten zentral kriegst, musst du im ersten Moment sagen (...), und dann rechnest du noch aus, was der kleine Nutzen, ich meine nicht, dass man keinen Nutzen hat, aber was muss ich investieren, um den Nutzen zu heben? In dem Moment sind die potentiellen Projekte wieder vom Tisch. Es ist immer eine Nutzen bzw. Nutzen-Aufwandsgeschichte. Wenn ich tatsächlich einen Nutzen habe, und das kann sein, dass ich das halt vielleicht nicht über die ganze Anlage mache, sondern in einer kleinen Systemgrenze, wo ich sage, ich habe Trockner, einen Ofentrockner, der halt immer Probleme macht, da macht das jetzt Sinn, da werden wir jetzt zentral drauf schauen, dann hängen wir ein Edge-Device drauf, oder ein Monitoring-System, und dann drüber ein Edge-Device. Es ist aber ein überschaubarer Bereich, sowohl von den Kosten, als auch von den Daten, auch von dem Aufwand. Ja, und wir wissen, was wir da von Nutzen haben, weil ich weiß jetzt dann, was das Ding einfach tut, und ich kann dann meine Produktion optimieren, meinen Instandhaltung optimieren. Nutzen-Aufwand, gut darstellbar, macht Sinn. Aber dass man sagt, jetzt geh her und du die ganze Anlage umstellen, ich glaube nicht, dass das passieren wird. Es wird sukzessiver werden. Schau, das ist so wie mit vielen anderen Entwicklungen. Das ist eine stetige Entwicklung, wenn etwas abgelöst wird, die neuen Sachen werden mit solchen Sachen ausgestattet, die alten Sachen werden abgelöst werden, und irgendwann werden wir sehr stark digitalisiert sein.
- 78 **I:** Einen interessanten Punkt, den ich gestern gehört habe, den ich jetzt nicht überhaupt in meinem Schirm gehabt habe, war, dass eigentlich in größeren Unternehmen oder wahrscheinlich in allen Unternehmen Betriebsvereinbarungen eigentlich notwendig sein müssen, wenn ich Daten erfasse, weil ich theoretisch in einigen Fällen auf einen Mitarbeiter rückschließen könnte?
- 79 **D5:** Ja, das stimmt auch, kommt aus dem Datenschutz heraus. Also das ist eher ein Thema für die großen Unternehmen. Ich muss mal sagen, wenn ich es rein technisch betrachte, ist das sicher ein Bremsklotz, rein technisch. Also in den wenigsten Unternehmen geht es darum, dass sie ihre Mitarbeiter irgendwie kontrollieren wollen oder etwas Böses wollen. Auf der anderen Seite, wenn ich nicht sehe und nicht schaue, was passiert, oder nicht sehe was richtig oder falsch ist, wie soll ich das verbessern?
- 80 **I:** Ein Showstopper im Wesentlichen?
- 81 **D5:** Also ein KVP beruht auf dem, dass ich weiß, was ich tue, oder was ich falsch mache, um den kontinuierlich zu verbessern. Und damit ich weiß, was nicht richtig läuft, muss ich hinschauen.(...) Ja, es ist dort, wo man so im Fertigungsbetrieb sehr stark schichtgebunden arbeitet, ja, dort ist das ein Thema. Auch dort gibt es solche und solche. Es gibt Unternehmen, die das schon gut gelöst haben, die das über den Betriebsrat gelöst haben, wo das kein Thema ist. Per se darf man den Unternehmen nicht immer unterstellen, dass ihre Leute etwas Böses wollen. Aber es geht um Verbesserung. Und Verbesserung heißt, ich muss hinschauen. Und ich muss ehrlich hinschauen.

- 82 **I:** Jetzt gibt es natürlich, du hast ja schon einiges gesagt, Herausforderungen, Risiken - organisatorisch wie prozessual. Prozessual, hast du schon erwähnt, dass es integriert werden muss. Wenn man anfängt mit technischen Herausforderungen da hast du ja auch schon Retrofitting erwähnt, das Messgeräte aktualisiert werden müssen, die Datensammlung verbessert werden muss.
- 83 **D5:** Ja, also die größte technische Herausforderung momentan, das ist nämlich das, was wir auch im Tagesgeschäft sehen, sind die Schnittstellen. Ja, also definitiv. Also wir handeln einige unterschiedliche Systeme von unterschiedlichen Anbietern. Es sind ganz banale, wirklich banale Dinge, dass jeder einen anderen Stecker da drauf hat. Also du musst eben Sachen bevorraten. Für jedes System hast du einen Anschlussstecker. Jedes hat ein anderes Bussystem drauf. Du brauchst andere Schnittstellen. Ich meine, es hat uns jetzt die IO-Link-Technologie geholfen, es hat uns OPC-UA auch geholfen, MQTT, weil die zumindest schon bis zu einem gewissen Grad standardisiert sind, aber OPC-UA ist auch nicht OPC-UA. Ja, also auch da haben wir Nuancen und je nachdem, welcher Anbieter dann welche Schnittstelle favorisiert, das ist dann manchmal leichter und weniger leicht. Was ich aber auf jeden Fall bestätigen kann, ist, dass die Hersteller, die Anbieter, sehr stark in dem Weg gehen, sich zu öffnen.
- 84 **I:** Okay?
- 85 **D5:** Ja, also das ist das, was die Tendenz bei allen da ist. Früher hat man eher so, ach, wir sind wir und sonst tun wir nichts dazu. Also das ändert sich ganz massiv. Geht auch nicht mehr anders, weil ich habe nicht nur eine Farbe an Automatisierern, an Unternehmern, sondern wir haben viel drinnen und ich bin auch überzeugt davon, derjenige, der am flexibelsten darin ist, wird letztendlich der Sieger sein, weil der kann dann von den anderen quasi die Sachen mit dazunehmen.
- 86 **I:** Denkst du, gibt es irgendwelche organisatorische Hindernisse oder Herausforderungen, wenn jetzt Condition-Based Lösungen oder Predictive Maintenance-Lösungen in Unternehmen integriert werden soll?
- 87 **D5:** Ja, kann ich gleich sagen. Also die größte Herausforderung sind, dass du dort immer die Kümmerer brauchst. Also es ist zwar nett, wenn wir als Dienstleister kommen, wir betreuen auch ganz viele Unternehmen in die Richtung. Also wie gesagt, in dem Zeitgeist braucht sich eine Firma wie das Unternehmen XY nicht beschweren. Wir sind mitten in dem Zeitgeist. Aber ich sage immer zu meinen Kunden, wir lernen euch das Laufen. Weil das ist ganz wichtig, dass die Grundkompetenz muss im Unternehmen drin sein. Weil ansonsten, das ist jetzt mehr auch eine Mindset-Geschichte als eine technische und abwicklungstechnische Geschichte. Aber es muss einfach gesagt werden, erkannt werden, das Installieren von solchen Systemen, egal ob es jetzt Condition-Based Lösungen oder dann weiter Predictive Maintenance-Lösungen oder Anomalie-Detektion oder sowas sind. Es muss angekommen sein, bei den Instandhaltern, das bringt mir jetzt was, das bringt mir Nutzen. Und das ist das, was wir momentan A, nicht immer sauber kommunizieren können, B, auch nicht sauber ankommt und C, auch nicht immer wirklich da ist. Es gibt einfach Piloten, wo ich von vornherein sage, ihr könnt es schon machen, es ist nett, dass ihr das macht, aber raus kommen wird nichts. Da kann ich jetzt schon sagen, da kommt nichts raus, weil die Voraussetzungen einfach nicht da sind. Und so wie du sagst, die Organisation muss letztendlich die Ressourcen bereitstellen. Und wenn ich das nur dem Instandhalter jetzt aufs Auge drücke, damit die sagen können, wir haben ein Predictive Maintenance Projekt gestartet, dann wird das nicht funktionieren, weil er hat sein Tagesgeschäft und neben dem Tagesgeschäft muss er sich jetzt dann mit ganz neuen Technologien beschäftigen. Das Monitoring ist simpel, aber er muss sich jetzt auf einmal mit Cloud Security, mit

KI, mit Apps, mit Installationen in einer fremden Welt beschäftigen. Dazu muss ich Ressourcen bereitstellen.

88 **I:** Da würde ich gerne anknüpfen. Es sind zwei Punkte, die du jetzt erwähnt hast. Erstens, was hältst du von der Datenintegrität und Sicherheit im Kontext der Cloud? Siehst du das jetzt gleich sicher, wenn es gut gemacht ist, wie im Unternehmen oder eher sogar sicherer?

89 **D5:** Also wenn es gut gemacht ist, glaube ich, dass es manchmal sicherer ist. Aber nur wenn es wirklich gut gemacht ist und ich einen ordentlichen Anbieter habe. Ordentlicher Anbieter heißt, der Wert darauf legt. Wir haben eh nicht so viele Anbieter von Cloud. Wir haben viele, die das dann branden und ihre eigenen Dienste drauf laufen lassen. Aber grundsätzlich Anbieter haben wir ja nur ein paar. Für die ist es so wichtig, dass da im Prinzip das nicht hängen bleibt, dass sie im Prinzip die Datenlecks sind.

90 **I:** Was würdest du jetzt so einem Unternehmen sagen, die Ängste in der Hinsicht haben? Also gestern habe ich gehört, nein, das wollen wir nicht in der Cloud. Dann haben sie wieder wo gelesen, dass Cloud-Anbieter sich abgeschaltet haben und dann waren alle Daten weg. Du hörst sicher öfter dass Unternehmen hier Bedenken haben?

91 **D5:** Nein, eigentlich nicht, weil ich immer sage, wir legen sehr viel Wert darauf, dass wir mit renommierten Anbietern ins Feld gehen. Also wirklich, ich kann ja auch sagen, wir haben ein XY Unternehmen, wir haben ein Siemens, wir haben ein Rockwell, wir haben ein B&R, wir haben die XY. Im Prinzip sind das alles Unternehmen, wie gesagt, wenn die Siemens in ihrer Cloud ein Problem hat, dann haben alle anderen auch Probleme. Also wenn ein Unternehmen, ich sage jetzt nicht, dass in den Großen nichts passieren kann. Also das stimmt nicht. Aber die Unternehmen machen sehr, sehr viel, damit das sicher ist, dass das sauber läuft im Hintergrund, dass auch diese formalen Sachen alle passen. Sie halten sich an die gesetzlichen Vorgaben, berücksichtigen quasi alles, was Richtung Datenschutz angeht. Und das sind wirklich nicht nur Lippenbekenntnisse, sondern sie tun es wirklich. Da finde ich, ist es wichtig, so einen Cloud-Anbieter zu nehmen. Ein zweites Thema ist, das ist das, was wir in unserem Benchmark extrem gesehen haben. Es gibt immens viele Startups in der Ecke jetzt. Perspektiven für Maintenance, KI-Anwendungen, Anomalie-Detektion, also immens viele Startups, die zum Teil total gute Sachen haben. Also von der Technik und von der Innovation sind sie wahrscheinlich den Großen voraus. Das Risiko, aber mit denen, also nicht nur mit einem Piloten, wenn ich etwas ausprobieren möchte, ist es egal. Aber jetzt in eine strategische Lösung zu gehen, das Risiko für ein Unternehmen, finde ich, ist irrsinnig groß. Weil man jetzt sieht, ich habe mir das ein bisschen angeschaut, also diese Predictive Maintenance habe ich mir angeschaut. Wir haben in Österreich ein paar gehabt. Wenn man sich jetzt die Statistik anschaut, wann sind sie gekommen? Wie lange hat es sich gegeben? Wie war der Wachstum? Wann sind sie vom Markt wieder verschwunden? Oder wann sind sie aufgekauft worden? Über 80 Prozent der Unternehmen, waren nicht länger als drei Jahre am Markt. Das ist ein irres Risiko. Das haben wir jetzt auch bei diesen ganzen KI-Lösungen. Das passiert uns ja auch mit einer Siemens, wenn die etwas anbietet und sagt, wenn die Siemens sagt, strategisch ist es nicht mehr wichtig, dann tut sie es weg. Aber ich brauche mir zumindest im Hintergrund keine Sorgen machen, dass mir die Siemens jetzt irgendwo verschwindet. Ja, also das ist aus meiner Sicht etwas, was ich allen meinen Kunden auch immer empfehle. Wenn man mit so etwas angeht, überlegt euch sehr gut, mit wem geht ihr ins Rennen? Man kann sich ein kleines Unternehmen dazunehmen. Das ist nicht das, was uns oft passiert. Wir sind oft so zwischendurch. Aber die Plattformen oder das, was für meine Strategie wichtig ist, weil das brauche ich nicht nur ein oder zwei Jahre. Ich brauche jetzt drei Jahre,

bis ich mit dem Ganzen zum Laufen komme, damit wir fünf Jahre vielleicht einen Nutzen haben und dann wird es etwas Neues geben. Wenn man sagt, wir haben in dem Thema jetzt einen realen Zyklus von zehn Jahren, dann schätze ich, das ist wahrscheinlich eh schon. Also muss ich schauen, wie komme ich dann in einer Nutzphase. Und wenn ich dann sage, ich habe einen instabilen Partner dahinter oder in einer klassischen Risikobewertung, habe ich einen mit einem hohen Risiko. Ich sage jetzt nicht technisch, dass der technisch schlecht ist. Ich habe einfach ein erhöhtes Risiko da hinten drinnen. Was ist mit dem in drei Jahren?

92 **I:** Ein Risiko in der Hinsicht wäre natürlich die Abhängigkeit an verschiedene Anbieter oder Lieferanten, weil dann im Worst Case Lösungen weg fallen. Aber gibt es, wenn man jetzt die Cloud-Anbieter betrachtet ein Risiko der Abhängigkeit? Wenn ein Lieferant eine Lösung im Portfolio hat welche in der Cloud gehostet wird, dann ist man als Kunde indirekt auch vom Cloud-Anbieter abhängig. Siehst du da ein Risiko der Abhängigkeit?

93 **D5:** Ja, natürlich hast du das Risiko, aber das ist das gleiche Risiko, was ich habe, wenn ich quasi bei mir im Unternehmen das selber mache. Erstens habe ich die Abhängigkeit von meinen Leuten, weil das sind meistens auch nicht hunderte, die sich damit beschäftigen, sondern es sind oft ganz kleine Teams mit ein, zwei, drei Leuten. Wenn mir einer von denen verlässt, dann muss ich sogar sagen, da bin ich in der Cloud besser abgesichert. Wenn man jetzt hergeht, so klassisch, wo ich die Daten sammle und die Daten verarbeiten, wir haben das jetzt auch. Auf einmal gehen die Leute in Pension und keiner weiß mehr, was sind das überhaupt für eine Daten. Keiner weiß mehr, wie die Schnittstelle funktioniert. Keiner weiß, wie die Algorithmen dahinter sind. Also bis zu einem gewissen Grad, ich sage nicht für alle Anwendungen, aber für manche Anwendungen sind die Cloud-Anwendungen gesicherter. Man muss ja aufpassen, was lege ich in die Cloud und was mach ich dort. Aber bis zu einem gewissen Grad finde ich sie sicherer, als zumindest solche Projekte im eigenen Unternehmen zu starten. Ich kann ja noch immer, wenn ich sage, jetzt habe ich dort den Nutzen, jetzt habe ich sowas gemacht, jetzt schaue ich mir das an, jetzt habe ich den Nutzen und will das ausweiten, dann zahlt sich ja schon aus, vielleicht mit der eigenen Mannschaft sowas zu machen. Aber der Startaufwand Richtung, ich muss jetzt in einen Data Scientist investieren, ich muss entsprechend in die Hardware-Infrastruktur, vor allem die Infrastruktur ist ja das, was extrem teuer ist. Ja und ich weiß aber noch nicht, was für einen Nutzen ich daraus kriegen will. Da sage ich, da ist mein Startrisiko in der Cloud geringer.

94 **I:** Und wie siehst du denn die Wechsellmöglichkeiten jetzt vom Cloud-Anbieter? Ist das jetzt eine einfache Geschichte oder setze ich mich als Unternehmer selber einem Lock-in aus?

95 **D5:** Wenn ich mit den richtigen Partnern zusammenarbeite, dann kann ich den Wechsel auch organisieren. Das ist jetzt kein Thema. Natürlich verliere ich im Detail, aber ich kann, also wenn wir jetzt hernehmen, ich sage jetzt Schaeffler, Siemens und Co. Wenn ich den Anbieter hernehme, kann ich Daten jederzeit wieder extrahieren. Also ich kann meine Daten zum Beispiel wieder downloaden. Dann habe ich sie bei mir da und dann kann ich sie unter Anführung in die nächste Cloud reinschieben. Also es ist jetzt nicht unaufwändig und es funktioniert mit allen Dingen nicht, aber wenn ich sage, ich will unbedingt aussteigen und will umsteigen, dann kann ich das. Und dann ist halt auch immer die Frage, wie wertvoll sind Daten, die ich vor zehn Jahren, also welche Daten sind so wertvoll, dass ich sie über fünf Jahre aufbewahren will. Weil wenn ich die Maschinen schon dreimal gewechselt habe, das Lager schon dreimal gewechselt habe. Ja, also (...)

96 **I:** Ja. Ein wichtiger Punkt, weil du gerade Mitarbeiter angesprochen hast. Wenn man jetzt Lösungen für die ganzen Anbieter betrachtet und sagt, bitte gib mir deine Predictive Maintenance oder

Condition Monitoring-Lösung. Was für Schulungsmaßnahmen, denkst du, sind notwendig in diesem Zusammenhang für die Mitarbeiter?

- 97 **D5:** Ja, also grundsätzlich muss ich schon einmal schauen, also aus meiner Sicht das Wichtigste ist, mit ihnen Richtung Mindset zu gehen. Weil die Technik kannst du gut lernen. Es ist jetzt keine Wolke hinter Schwingungsmesstechnik, Infrarotmesstechnik und sonstiges. Also da ist keine Hexerei. Aber grundsätzlich muss ich eher das Mindset schulen. Das ist für mich das Problem. Das heißt Security-Themen, dass die dann USB auf dem Parkplatz auffinden und überall rein stecken. Also das sind aus meiner Sicht wichtige Sachen. Und dann dem Ganzen muss im Prinzip eher die Betrachtung der Instandhaltungsstrategien vorangehen. Eine Risikogeschichte. Also das sind gar nicht jetzt die, ich sage den Data Scientist, der kommt aus einer Ecke. Der Data Scientist wird nie ein guter Instandhalter werden. Und der Instandhalter wird nie ein guter Data Scientist werden. Aber die beide müssen sich verstehen. Und deswegen brauche ich den, den Instandhalter, der macht seinen Job eh gut, den brauche ich nicht sagen, wie er seine Instandhaltung macht. Aber ich muss sagen, du, der Data Scientist tickt aber komplett anders als du. Und den Data Scientist muss ich sagen, du, der Instandhalter, der geht raus und geht schrauben, der tickt komplett anders als du. Und daran scheitern momentan ganz viele Projekte.
- 98 **I:** Das Interdisziplinäre meinst du?
- 99 **D5:** Interdisziplinär! Also ich bin ja überzeugt davon, dass der Wandel von den, so wie wir jetzt sind in der Instandhaltung, dass wir eine klassische Instandhaltungsabteilung haben, dass wir Teams haben, die total übergreifend sind, voll interdisziplinär, dass das der Erfolg wird werden. Ich brauche nur mein Team anzuschauen. Wir sind so ein schräger Haufen.
- 100 **I:** Auch schön, oder? (lacht)
- 101 **D5:** Ich finde es super. Multikulti und schräg. Aber wir brauchen es auch. Ich brauche meine Elektriker, ich brauche meine Maschinenbauer, ich brauche meinen Schlosser. Ich brauche die, die aber dann sagen, die Daten verarbeiten kann. Ich brauche den Automatisierer, den Programmierer, die IT, die IT-Leiterinnen. Also das ist es. Bautechniker haben wir noch. Also wir sind ganz gemischt und das wird auch in Zukunft in den Unternehmen vermehrt notwendig sein.
- 102 **I:** Danke. Ich könnte noch stundenlang mit dir reden, aber ich habe leider nur mehr zehn Minuten Zeit.(lacht)
- 103 **D5:** Entschuldige, wir verplappern uns. (lacht)
- 104 **I:** Ja, mich interessiert es extrem und frage dann auch immer genauer nach. Und zwar was noch wichtig wäre vor allem für meine Arbeit. Erfahrungen hast du eh schon genug geteilt und von der Integration etc. gesprochen. Meine Frage wäre jetzt noch so, ihr habe ja Lösungen, welche ihr dann anbietet, z. B. die Condition-Based Monitoring Anwendungen. Wie wird der Return-on-Investment bei solchen und Initiativen und Investitionen in Unternehmen dann gemessen? Gibt es ein Hands-on?
- 105 **D5:** Ja, also grundsätzlich, wir machen eher Condition-Based Geschichten, weil das einfach State of the Art ist. Das andere ist eher noch zukunftsmäßig. Also was wir uns anschauen, um den Kunden einfach das auch etwas leichter zu machen, z. B. von einem Piloten auszuholen. Wir schauen uns die OEEs an, weil das ist so ein schneller Kennwert, wo ich sage, hat sich da etwas geändert oder nicht. Also das sind so Dinge. Und dann ganz klassisch risikobasiert und sage, was hast du investiert

und wie viel hast du weniger Kosten in der Instandhaltung. Und das ist auch das, was wir uns im Vorfeld anschauen. Also wenn ich sage, wir machen immer so eine Art ABM, also risikobasierte Geschichte im Vorfeld. Auf welcher Anlage sind deine Kosten hoch? Auf welcher Anlage hast du immer deine Ausfälle? Auf welcher Anlage sind immer in der Nacht die Leute da? (lacht) Dort schauen wir als erstes hin. Und das ist ja nicht, also der Benefit beim Condition Monitoring oder letztendlich auch beim Predictive Maintenance, ist ja ganz oft nicht das, dass ich den Schaden verhindere, sondern dass ich hinschaue. Auf einmal sehe ich das und das sieht, der Teufel, die steigt schon wieder an und unter Tags geht keiner um und in der Nacht ist es so. Also das ist das, was man dann an Benefit hat. Und wir sehen das dann schon, wenn man sagt, wenn man dann diese Zahlen weiterführt, das muss auch eindeutig eine Verbesserung bringen. Und ganz oft sind das temporäre Anwendungen. Temporär heißt, ich mach es rauf, dann habe ich vielleicht auch sogar einen Umbau, eine Designänderung. Wenn ich die Ursache erledigt habe, dann brauche ich das auch nicht mehr monitoren. Weil wenn ich jetzt richtig hinschaue, dass ich es verbessert habe, den KVP draufgesetzt habe, dann passiert dir das gleiche eher nicht noch einmal. Dann mach ich das Monitoring ab und mach es woanders auf, dort wo ich den nächsten KVP haben will. Oder dort wo ich wieder High-Risk-Sachen drin habe.

- 106 **I:** Jetzt allgemein, was wären jetzt noch abschließend deine Empfehlungen oder Vorschläge, wenn ein Fertigungsunternehmen Predictive Maintenance einsetzen möchte? Ich glaube, ein wichtiger Punkt ist, dass man Verständnis generiert, was überhaupt Predictive Maintenance wirklich bedeutet und wo der Unterschied zum Condition-Based Monitoring liegt. Zumindest aufgrund dessen was ich in unserem Interview herausgehört habe. Hast du sonst noch irgendwelche anderen Handlungsempfehlungen?
- 107 **D5:** Ja, unbedingt am Anfang so etwas wie eine Strategie aufsetzen. Ohne Strategie scheitern die Sachen. Also das ist eine ganz wichtige Strategie. Und zu der Strategie her, dass ich zuerst mir anschau und eine Ist-Analyse mache und sage, wo habe ich denn meine größten Probleme, wo will ich denn hin, welches Problem will ich denn überhaupt mit dem Ansatz erledigen. Und dann habe ich ja eh schon, das ist mein Ausgangspunkt, dort muss ich hin, was brauche ich, damit ich dort hinkomme. Was kostet es mir das hin und das darf nicht mehr kosten, als das, was ich dann an Benefit habe. Wenn es gleich viel kostet, ist es eine Nullnummer und die will ich auch nicht. Aber ganz oft investieren wir dann in Technik und starten mit Technik und sehen, eigentlich kommt nichts raus. Ich sage, es ist besser am Anfang mehr Hirnschmalz reinzustecken in meine Erwartungshaltung und was will ich denn konkret tun, als das, was jetzt oft passiert, naja, probieren wir halt einmal aus. Das probieren wir halt einmal aus, bleibt dann, probieren wir halt mal aus stehen. Dann ist es ausprobiert.(...) Dann liegt es irgendwo in einer Schreibtischschublade rum (lacht).
- 108 **I:** Ich verstehe was du meinst. (lacht) Du hast das schon kurz angesprochen und du bist auch der Meinung, dass cloudbasierte Predictive Maintenance-Lösungen die Zukunft sein wird? Zum Beispiel in zehn Jahren.
- 109 **D5:** Ja definitiv. Wir gehen in die Richtung, ich würde sagen, es muss nicht immer Predictive Maintenance sein, aber Cloud-basierte Lösungen, wo ich sage, ich habe zentral meine Verrechnungen drinnen, kriege dann so die Ergebnisse wieder aus der Cloud, wird in zehn Jahren keiner mehr darüber nachdenken.
- 110 **I:** Das wollte ich jetzt hören! (lacht) Danke.

111 **D5:** In 15 Jahren. (lacht)

112 **I:** Gut, dann sind wir schon beim Abschluss, danke noch einmal. Gibt es jetzt noch eine Frage, die noch für dich relevant gewesen wäre für das Interview, oder welche ich vergessen habe zu fragen?

113 **D5:** Nein, glaube ich nicht. Wir haben uns recht intensiv und sind von einem zum anderen gesprungen. Ich glaube, das passt ganz gut. Vielleicht habe ich auch manchmal einen etwas kritischeren Blickwinkel drauf, aber ich sitze halt zu lange schon da drinnen und sehe den Kunden draußen.

114 **I:** So muss es auch sein!

115 **D5:** Was mich sehr freuen würde, wenn ich die Ergebnisse von deiner Arbeit bekomme.

116 **I:** Gerne!

117 **D5:** Das interessiert mich jetzt wieder, weil ich mich intensiv damit beschäftige. Was sagen andere? Was sagst du dann, was ist State of the Art? Wo sind die Tendenzen? Wir sitzen natürlich super nahe zu den Maschinen oder zu unseren Kunden. Wir sehen ja auch einen Riesenslücke zwischen denen, die das anbieten und denen, die das anwenden. Wenn ich mir eine Siemens und Co. hernehme, die haben richtig tolle Plattformen und Sachen. Wenn man denen zuhört, was sie dort alles verkaufen und was sie da machen können, sagst du, das ist schon richtig cool. Dann gehst du in eine Firma und keine schlechten, also gute, innovative Unternehmen und fragst dich, was in die Richtung machst du denn schon? Da haben wir eine riesige Schere. Abschließend gibt es das Gefühl, dass die Schere nicht kleiner wird.

118 **I:** Ich sage einmal danke für die Zeit. Dann beende ich die Aufnahme.

119 **D5:** Super, gerne.

ANHANG N - Transkript Interview 10 - D6

- 1 Transkription für **D6**:
- 2 **I**: Ja, danke, dass du dir Zeit nimmst für das Interview, und zwar, das andere habe ich jetzt eh schon mal erklärt, wie das alles funktioniert, anonymisieren und so weiter, und dann würde ich mal im Interview beginnen, und genau, also einmal der Frage, kurz einleitend, der Hintergrund auch, also in was für einer Branche ist dein Unternehmen jetzt tätig, und was sind so die Kerntätigkeiten vom Unternehmen?
- 3 **D6**: Gut, also Unternehmen ist ein Engineering-Dienstleister, meine Rolle ist im Produktmanagement für Data Intelligence, das Unternehmen in meinem, also aus meiner Sicht aus, ich macht das Unternehmen Datenanalyse-Lösungen im gesamten Automobilsektor. Das kann vom Entwicklungsprozess des Fahrzeugs angefangen bis hin zur Fertigung, aber auch darüber hinaus im After-Sales, Analyse von Garantiefällen, und auch zum Beispiel Analyse von Fehlerfällen und so weiter im Feld, Vorhersage von Fehlerfällen im Feld.
- 4 **I**: Wie viele Mitarbeiter hat das Unternehmen?
- 5 **D6**: Die gesamte XY hat ca. 11.000 Mitarbeiter, in unserem Bereich sind wir wahrscheinlich irgendwie so in die 150, 200 in der Größenordnung.
- 6 **I**: Genau, ok, danke. Beruflichen Hintergrund auch kurz erwähnt, und die genaue Rolle und die Tätigkeiten sind?
- 7 **D6**: Meine Rolle ist Produktlinienmanager Data Intelligence im XY Engineering.
- 8 **I**: Wie lange bist du jetzt schon im Unternehmen?
- 9 **D6**: Über 20 Jahre.
- 10 **I**: Danke, das war mal kurz die Einleitung. So, jetzt gehen wir dann kurz zu den Wartungsstrategien und Produktionsanlagen. Es gibt ja von der Literatur so standardmäßige Wartungsstrategien. Und inwiefern siehst du generell so als Instandhaltungstätigkeiten als strategischen Erfolgsfaktor für den nachhaltigen Unternehmenserfolg?
- 11 **D6**: Als strategischen Erfolgsfaktor?
- 12 **I**: Wenn man jetzt z. B. Kosten, Qualität betrachtet, die Agilität etc.
- 13 **D6**: Ich denke, das hat einen beträchtlichen Anteil, alles was ungeplant ist, stört den Ablauf. Also ich denke, alles was irgendwie planbar ist, lässt sich dann besser in die Prozesse einpflegen und auch optimieren.
- 14 **I**: Und ich habe jetzt die Frage, welche Arten von Produktionsanlagen oder Anlagen mit der Arbeit hast du typischerweise zusammen, oder was kennst du?
- 15 **D6**: Also wie gesagt, unser Fokus ist eigentlich in Wirklichkeit der Betrieb des Produkts, der Betrieb des Fahrzeugs. Das hat jetzt für einen PKW vielleicht nicht so eine Relevanz, das Thema, aber für LKW oder Bagger oder im allgemeinen Commercial-Anwendungen, also auch ein Traktor ist extrem sensitiv und der genau im Sommer steht und eine Wartung braucht, dann ist das ein Kostenfaktor. Und ein Minentruck, der mit 100 Tonnen Gestein herumfährt und dann genau die eine Straße in die

Mine ist versperrt, weil er da liegen bleibt, ist ein echtes Problem. In kommerziellen Fahrzeugen ist das natürlich ein Riesenthema, die ganze Wartungsarbeit. Wir machen ein bisschen was im End of Line Test, wenn es darum geht auch wirklich Motoren zu produzieren oder E-Motoren zu produzieren. Da sind wir auch beteiligt.

- 16 **I:** Wie wird die Effizienz, wenn man es auf Fahrzeuge betrachtet, wie wird das generell überwacht und bewertet? Gibt es da irgendwelche Indikatoren?
- 17 **D6:** Auslastung auf jeden Fall. Wie gesagt, ein Traktor oder ein Truck, wie viel Prozent der Zeit fährt das Ding? Und dann natürlich bei Fahrzeugen ist Total Cost of Ownership, Bewertung der Lebensdauerkosten ein Faktor. Je weniger das Ding steht und je weniger das Ding ungeplant steht und vielleicht auch noch Nebenkosten erzeugt, desto besser ist es für den TCO.
- 18 **I:** Was für Wartungsstrategien, es gibt ja geplante präventive, reaktive Instandhaltung aber auch ungeplante Instandhaltungsformen. Mit welchen hast du am meisten Kontakt gehabt?
- 19 **D6:** Jeder hat irgendeinen präventiven Wartungsplan, jetzt auch für Busse, für Trucks, was auch immer, was wir da jetzt betrachten. Die sind aber in der Regel schon sehr zeitbasiert oder kilometerbasiert.
- 20 **I:** Also periodisch?
- 21 **D6:** Genau. Ich würde nicht einmal sagen, zustandsorientiert, nicht mal das. Für mich ist das der erste Level. Es gibt ein paar, die schauen vielleicht auf Themen wie Spritverbrauch, das ist dann eine Ersatzgröße für die Last. Wenn du z. B. immer sehr stark beladen unterwegs bist, dann brauchst du auch viel Sprit. Dann ist das schon mal ein bisschen was Richtung zustandsorientiert und wirkliche Belastung der Systeme.
- 22 **I:** Gibt es zu irgendwelche Kriterien, was für die Auswahl entscheidend war? Gibt es gewisse Wartungsstrategien oder Ereignisse, oder sagst du einfach, das ist generell so im Einsatz und das ist typisch in dem Feld?
- 23 **D6:** Für mich ist es einfach, das haben wir schon immer so gemacht. Dann machen wir es wieder so. Das ist ja genau mein Job, das zu ändern. Wir wollen natürlich den Leuten dann andere Möglichkeiten in die Hand geben mit Big Data Analysen usw.
- 24 **I:** Ja, ok. So, dann die Wartungsstrategien. Dann wäre jetzt so Smart Maintenance. Und das Zielvision jetzt für Unternehmen sollte eigentlich sein, dass man so ein Smart Maintenance jetzt auch fokussiert und anvisiert. Und, dass man jetzt so sagt, ok, wer hat, meinst du, du das irgendwie so einschätzen könntest, oder wo jetzt z. B. die Unternehmen generell gut sind, oder wo sie jetzt z. B. sagen, du bist dann eher noch da, oder z. B. Zielvision schon eher, dass sie z. B. jetzt alle Akteure gemeinsam planen und die zentralen sechs Felder würde ich kurz mit dir durchgehen. Und dann, wenn du das kurz einschätzen kannst, das wäre cool, ja. Und zwar, also wie ist das, so eine Instandhaltung, jetzt muss ich nicht immer die Produktion betrachten, aber ist das so eine gemeinsame Planung aller Akteure, oder ist das jetzt so ein Trennen, wo du sagst, ok, so die Wartung ist jetzt nicht so bereichsübergreifend, da wird das noch alleine entschieden, wenn was passiert.
- 25 **D6:** Ja, also, keine Ahnung, mir kommt da immer dieses Traktorbeispiel, das frisch in Erinnerung ist, das war alleine, also die Service, die Werkstatt sozusagen, der Händler plant das fertig einfach noch, das ist schon ein Jahr vorbei, machen wir eine Wartung. Das war für mich, ich würde fast so

weit gehen, gerade mal, dass der Kunde auch vielleicht miteinbezogen wird, also der eigentliche Besitzer der Maschine, der wird da nur am Rande, der sagt, ok, jetzt ist Zeit für eine Wartung, kommst dann vorbei, wenn es geht. Also ich bin mir sicher, dass das nicht sehr vorausschauend oder irgendwas stattfindet, oder auch nicht so abgestimmt, ich glaube nicht, also die OEMs wissen zum Beispiel nicht, wann ihr Produkt gewartet wird.

- 26 **I:** Ok, wir haben ja schon vorher kurz geredet, und du bist auch schon der Meinung, dass jetzt nicht nur reaktiv ist, sondern schon, dass Unternehmen schon planbare Wartungen haben, oder auch verfügbarkeitsorientierte Wartungen. Reaktiv wäre wirklich, wenn die Anlage steht, aber dass jetzt wirklich schon zumindest, dass man sagt, periodisch macht man was in die Anlage. Ja, das glaube ich schon. Ok, dann wäre das der Punkt.
- 27 **D6:** Aber das Ziel ist eben sozusagen, diese Periode irgendwie dynamisch zu haben, also nicht zu sagen, ich mache das immer fix am 1. Mai, sondern ich mache das halt dann, kurz bevor der Ausfall ist. Also das ist natürlich irgendwie die, so lange wie es geht, aber halt nicht zu lang.
- 28 **I:** Genau. Ok, dann hätten wir noch den Punkt, geringere Flexibilität in der Produktion. Damit ist gemeint einfach, wie inwiefern kann man die Produktion, oder so, ich weiß nicht ob man PKW hat, wenn man so KFZ betrachtet, oder PKW-Bereich, wie flexibel sind die Dinge, oder sind die Fahrzeuge, oder die Anlagen, dass man sagt, ok, man kann jetzt schnell darauf reagieren, wenn jetzt irgendwelche Änderungen hinsichtlich der Wartungen stattfinden müssen.
- 29 **D6:** Weiß nicht, ganz ehrlich, da kann ich da nichts sagen.
- 30 **I:** Ja, fast. Ist das Wissen, also ist es stark personengebunden, oder ist es wirklich schon ein zentrales Wissensmanagement in den Unternehmen vorhanden?
- 31 **D6:** Also ich glaube bei die, ich weiß nicht, wenn ich jetzt irgendwie an einen großen deutschen OEM denke, dann haben die das irgendwo zentral. Das ist nicht mehr irgendein Experte, der da einmal hin schreitet, weil nur der kann das machen, weil der weiß, welche Schrauben, das kann er nicht. Also bei so großen wie Magna, Mercedes-Benz, BMW, Audi, ich weiß nicht, die haben das im Griff.
- 32 **I:** Ok, und das Ersatzteilwesen ist dann strukturiert?
- 33 **D6:** Also wir haben auch schon ein Projekt dahinter uns, wo wir eben genau solche Dinge vorhergesagt haben, wo die Ersatzteile benötigt werden. Also kann man sagen, ja, die Firmen beschäftigen sich damit, speziell zum Beispiel zwar mit diesen großen Batterien, die kann man nicht mehr einfach so jede Werkstatt bei sich lagern, die kann man jetzt auch nicht so schnell auf einen Flieger transportieren, so ganz easy, das ist alles ein Riesenaufwand. Dementsprechend wurden die sehr wohl prädictiv geplant, und die wissen, dass sie in Finnland mehr Batterieausfälle haben als in Spanien, also das ist alles schon ganz gut optimiert.
- 34 **I:** Und dann, ein wichtiger Punkt ist auch noch, ist jetzt Instandhaltung für Unternehmen nur reines Kostenverursacher gesehen, oder wirklich schon, dass es wertschöpfend ist, oder dass ein Wertbeitrag von der Instandhaltung geliefert wird? Wie siehst du das in den Unternehmen?
- 35 **D6:** Gute Frage. Das ist die Kernfrage, oder?
- 36 **I:** Nein, es ist einfach ein Punkt nun zu dem Handout. (lacht)

- 37 **D6:** Ja, ich frage mich, aus Unternehmenssicht, wenn wir in der Fertigung, wir reden ja noch immer in der Fertigung, oder?
- 38 **I:** Ja
- 39 **D6:** Gefühlt wird es ein Kostenverursacher, aber nachher dann, und wenn das Produkt in der Prüfstunde beim Kunden steht und wir dort Erwartungen haben, dann ist das natürlich ein wertschöpfendes Ding. Aber das ist die Instandhaltung der Fertigungslinie. Ich weiß nicht, meiner Meinung nach ist es wahrscheinlich eher ein Kostenverursacher, den man nur so stark optimieren möchte, dass er so wenig wie möglich Kosten verursacht. Du fragst mich auch nach meiner Meinung.
- 40 **I:** Das ist ok. Einschätzung. Das war jetzt mal zu den Wartungsstrategien. Jetzt gehen wir zu Predictive Maintenance. Wie würdest du Predictive Maintenance beschreiben, basierend auf deinen Kenntnissen?
- 41 **D6:** Für mich ist das eine vorausschauende Wartung, die eben wirklich nach Anforderungen, wo gerade ein Bauteil ausfällig oder geschädigt ist oder geschädigt sein wird, anhand von Motoren, Modellen und physikalischen Abnutzungen vorausschauend markiert, zu sagen, ich kann die Stehzeit minimieren und die Kosten minimieren und die Ersatzteile habe ich alle parat und kann auch die Fertigung planend darauf auslegen. Das ist alles natürlich besser als ein ungeplanter Stillstand.
- 42 **I:** Gibt es irgendwelche Missverständnisse, dass man sagt, manche Leute verwechseln irgendwas in der Hinsicht mit Predictive Maintenance oder ist dir irgendwas schon mal begegnet?
- 43 **D6:** Es gibt zustandsabhängige, das ist auch sowas Ähnliches, das Präventive oder Predictive wird ab und zu gleichbedeutend benutzt. Ich glaube, es ist nicht ganz klar definiert, wo dann die Grenzen sind zwischen dem einen oder anderen. Also Condition-Based Maintenance, wo ist der Unterschied zwischen predictive und Condition-Based Monitoring? Es ist schon sehr schwimmend, die Übergänge glaube ich.
- 44 **I:** Ja in manchen Literaturen wird es auch als verschwimmend deklariert.
- 45 **D6:** Kann ich auch verstehen. Ich glaube, jeder Kunde hat sein eigenes Wording dafür. Einer bezeichnet es so oder so. Das Ziel ist immer, dass man vor dem Schaden reagiert.
- 46 **I:** Welche Erfahrungen hast du theoretisch oder praktisch schon in dem Bereich gemacht?
- 47 **D6:** Wir machen das auf großen Fahrzeugflotten, 10.000 Traktoren, wo wir Modelle entwickeln, die Fehler vorhersagen. Wir machen das auf einer Million Fahrzeugen, wo wir spezifische Fehlerbilder zeigen. Dieses Fahrzeug hat 90% Chance, den gleichen Fehler zu haben, bitte jetzt in die Werkstatt. Das ist im Betrieb. Für die Fahrzeuge im Betrieb. Das ist nicht in der Fertigung. Aber dort ist das tatsächlich im Einsatz. Das ist nicht Fantasie, dass das passiert.
- 48 **I:** Das sind Aspekte, die man in der Fertigung ummünzen kann, oder?
- 49 **D6:** Ja, davon gehe ich aus. Gerade in der Fertigung habe ich so viele Daten, so ein schönes, gleichmäßiges Umfeld. Das ist fast wie ein Labor, wo ich vertrauenswürdige Messungen habe. Wenn man sich das anschaut, kann man das auf Fertigung ummünzen. Es gibt genug Firmen, die damit Geld verdienen. Und Beispiele aus der Literatur.

- 50 **I:** Das war ein Beispiel, wo als Predictiv Maintenance wirklich einen Unterschied machen kann?
- 51 **D6:** Dort ist die Motivation, Kosten zu minimieren. Wenn ich die gesamte Flotte zurückholen muss und alle Katalysatoren austauschen muss, oder ich brauche nur 10% der Flotte zurückholen und dort die Katalysatoren austauschen, weil die anderen eh nie das Problem haben werden, da spart man 90% der Kosten. Das sind Milliarden Euro. Da geht es um wirklich große Summen.
- 52 **I:** Jetzt zum Punkt, in der Nutzung von Cloud-Technologien. Gibt es da einen Vorteil im Zusammenhang mit Predictive Maintenance? Oder sagst du, es ist nicht zwingend notwendig?
- 53 **D6:** Das war die einleitende Frage. Ich weiß nicht genau, wo Cloud oder nicht Cloud einen Unterschied machen könnte. Cloud hat dort ihre Stärken. Ich brauche dynamische Spitzen. Ich habe irgendwelche Berechnungen, die plötzlich ganz schnell brauchen und dann wieder ein halbes Jahr lang nicht. Das ist wahrscheinlich ein kontinuierlicher Prozess. Wenn ich sehr viel verteilte Standorte habe, ich fertige in Asien, in Europa und in den USA, solche Dinge könnte ich gut verheiraten damit. Global übergreifend Daten zusammenführen, das wäre wahrscheinlich in einer Cloud gut machbar. Ansonsten sehe ich, es sind wahrscheinlich, vielleicht gibt es schon fertige Komponenten in der Cloud dafür, die es vielleicht lokal gar nicht gibt. Es gibt Tools und Software, die noch in der Cloud verfügbar sind.
- 54 **I:** Dass Lösungen verwendet werden können in der Cloud, wenn es solche gibt. Und Skalierbarkeit, wie siehst du den Punkt in der Cloud?
- 55 **D6:** Es ist natürlich ein Riesenvorteil der Cloud, Skalierbarkeit, aber in einer Fertigung, das skaliert ja nicht von heute auf morgen. Wenn ich ein neues Werk öffne, wo ich 3 Millionen Motoren baue, dann weiß ich das 10 Jahre vorher. Dafür brauche ich es nicht unbedingt. Skalierbar heißt für mich, dynamisch skalierbar, je nach Nutzungslast in einem Weihnachtsgeschäft, wo ich 10 Mal so viel fertig machen muss. Wenn ich solche Anforderungen habe, dann werden vielleicht Cloud. Aber nur, wenn ich dort hochdynamische Änderungen habe, wo ich am Anfang nichts fertig mache, und nur zu Weihnachten 100 Mal so viel, da könnte man die Dynamik von einer Cloud als Vorteil vorstellen.
- 56 **I:** Aber nicht in der Anlage, wenn die Datenmenge vorhersehbar ist.
- 57 **D6:** Genau, wenn ich genau weiß, ich fertige 1 Mio. Motoren im Jahr, und nächstes Jahr 1.100.000, dann stehe ich mir selber noch einen Server in meinem Rechenzentrum.
- 58 **I:** Alles klar!
- 59 **D6:** Weil Cloud ist nicht billig. Es ist dann billig, wenn ich es sehr dynamisch wieder abschalten und einschalten kann. Aber an sich der Betrieb in einer Cloud ist normalerweise nicht so billig.
- 60 **I:** Okay. Dann gehen wir jetzt zu Industrie 4.0, IoT, und generelle Infrastruktur. Industrie 4.0 ist so ein Begriff, den gibt es gefühlt schon seit 20 Jahren. Also man hört es immer wieder. Aber das Verständnis, denkst du, oder glaubst du, ist es das Verständnis auf beiden Seiten?
- 61 **D6:** Entschuldige, das Cloud-Thema, das hat noch einen anderen Aspekt. Ja, bitte. Zwar jetzt auch diese ganze Gaia-X, Catena-X, was da in Deutschland abgeht mit dieser Standardisierung von europäischer Cloud und so. Das Zusammenarbeiten von einer gesamten Supply Chain, das wird natürlich dann plötzlich ganz anders. Das wird viel einfacher wahrscheinlich, wenn jeder in der selben Cloud arbeitet. Und der Typ, der die Wartung anbietet, oder der die Maschine in dem ganzen Fertigungsprozess, und da gibt es ja 10 verschiedene Supply Chain, also Fertigungskette, und wenn

alle dann auf die gleichen Daten hinschauen, also das Einbinden der gesamten Supply Chain, das ist ein Riesenvorteil für die Cloud. Der eine, der den Schrauber liefert, und der andere, der den Roboter liefert, der das natürlich ein Stück weitergibt. Und die wollen ja alle dieselben Daten anschauen wahrscheinlich. Und da könnte man einen echten Benefit generieren.

62 **I:** Also auch für Predictive Maintenance, da kommen weltweit die gleichen Schrauber rein in den Anlagen, dass man die Daten dann global sammelt, dann kann man wirklich auch Lösungsansätze liefern, oder Modelle.

63 **D6:** Der Typ, der KUKA in Salzburg, der den Roboter liefert, der hat auf der ganzen Welt tausende Roboter, der will alle Daten zusammenfahren, und dann umgekehrt der eine Typ, die Magna, die die KUKA-Roboter in einer Kette drin haben, die haben aber 10 andere auch noch, die wollen auch alle auf dieselben Daten hinschauen. Also ich glaube, dieser Datenaustausch, diese Standardisierung des Datenaustauschs, und dann auch sozusagen das Rechte vergeben, und wieder Rechte wegnehmen, weil vielleicht aus Magna sage ich, okay, jetzt kaufen wir einen neuen Roboter, jetzt kriegst du meine Daten nimmer. Also für sowas könnte man ein Cloud-System sehr gut vorstellen.

64 **I:** Das ist ein guter Anwendungsfall, danke.

65 **I:** Jetzt wieder zurück zu meiner ursprünglichen Frage. Es ist einfach ein generelles Thema, was immer wieder aufkommt, in der Literatur sind wir schon in Richtung Weg auf Industrie 4.0, 5.0, aber ich sage, wenn man sowas erfahren entspricht, wir sind auf dem Weg in Richtung Industrie 4.0 überhaupt, sind die Konzepte für Industrie 4.0, dem Kunden und deinem Unternehmen bekannt? Sind Sie mit dem Konzept wirklich vertraut, was das bedeutet?

66 **D6:** Ich weiß es selbst nicht so genau, für mich sind das alles IoT, Digitalisierung, Big Data, das sind alles so Themen, die da rein gehören. Für mich ist Industrie 4.0 so ein bisschen ein Überbegriff für alle diese Themen in der Fertigung. Und es ist, wie du sagst, da ist man nicht fertig, da gibt es nicht irgendwie eine Deadline oder eine Leistung, jetzt sind wir fertig mit Industrie 4.0, da gibt es immer noch mehr, und das ist der Weg, den wir alle miteinander durchgehen.

67 **I:** Generell die Vernetzung zwischen den Maschinen, die Datenaustauschsammlung usw., ist für Predictive Maintenance ein wichtiges Thema.

68 **D6:** Sowieso, ohne Daten kein Predictive Maintenance, das kann man so sagen.

69 **I:** Wie ist dann generell die digitale Reife und die IT-Infrastruktur, wenn du jetzt in Bezug auf die Kunden gehst, dass sie bereit für solche Predictive Maintenance-Lösungen möglich sind?

70 **D6:** Ja, ich glaube fast alle, mit denen wir sprechen, machen so, die sind auf dieser Proof-of-Concept-Level. Also zu sagen, wir machen einmal eine F&E-Politik gemeinsam, wir machen etwas gefördert mit der EU gemeinsam. Wir schauen uns das mal für einen speziellen Use-Case an. Ich glaube, soweit sind alle, jeder ist daran interessiert, jeder will mal was probieren. Der Schritt dann, das wirklich produktiv zu schalten, dass das für jedes Fertigungsstück, also ein Prozessschritt im Einsatz ist, da sind wir noch sehr weit weg.

71 **I:** Was ist jetzt so generell die größte Herausforderung bei der Aktualisierung der IT-Infrastruktur hinsichtlich Predictive Maintenance, dass das funktionieren könnte? Und wenn man jetzt zum Beispiel die Rolle auch von der IoT betrachtet, also Internet der Dinge?

- 72 **D6:** Ja, ich glaube die Schwierigkeiten, also die größte Schwierigkeit ist vor allem diese Heterogenität. Wie gesagt, jeder Roboter liefert die Daten in einem anderen Format, jeder Prüfstand liefert die Daten in einem anderen Format. Das sind einfach so keine Standards, gefühlt. Ich glaube, das jeder schmeißt die Daten dann in großen Details rein, das haben auch schon ganz viele. Da liegen dann die Terabytes herum und keiner kann mehr Sinn draus machen. Weil es einfach zu viele unterschiedliche Daten sind. Ein anderes Problem ist dann diese Metadaten dazu. Also jetzt nicht der einzelne Messwert, ich messe jetzt da irgendeine Spannung oder Strom oder irgendeinen 3mm, habe ich irgendwo was gemessen und leite daraus einen Wert ab für, ok, da wird wieder Zeit für Wartung, ja oder nein, sondern wie ist diese Messung jetzt zustande gekommen? Was war da jetzt gerade für eine Softwareversion drauf? Was für ein Teil ist da gekommen? Welche Charge hat das geliefert? Was für eine Temperatur hat es draußen? Was für eine Temperatur hat es in der Halle? Also all diese Dinge, die nicht wirklich der Messwert sind, sondern so rundherum. Wer war der Operator von diesem Maschinengerät? Also das sind so Metadaten, die sind einfach ganz schlecht erfasst.
- 73 **I:** Ok, so Daten sind also ein genereller Punkt. Wie wird eigentlich mit den Daten umgegangen? Gibt es ein Datenmanagementsystem oder wo werden die Daten jetzt gespeichert für Predictive Maintenance-Lösungen? Gibt es Edge-Lösungen auch, wenn man IT betrachtet?
- 74 **D6:** Wenn es um Fahrzeuge geht, gibt es nur Cloud-Lösungen. Kann man mal so sagen. Erstens mal, weil das Produkt selbst, das Auto, das ist ja beweglich, es schickt alle Daten irgendwo über eine mobile Netzverbindung nach Hause. Das läuft alles irgendwo in einer Cloud.
- 75 **I:** Also das sind jetzt wirklich auch die Daten, die man dann für Predictive Maintenance verwendet werden. Also ist das doch dann Cloud passiert, wenn man das so betrachtet?
- 76 **D6:** Für Fahrzeuge ja.
- 77 **I:** Im Produktionsbereich sagst du, da ist es nicht notwendig?
- 78 **D6:** Im Produktionsbereich, ich habe nicht so viele Referenzen, aber in Wirklichkeit auch da habe ich gesehen, dass die Daten dann im Endeffekt trotzdem auch in einer Cloud landen. Warum das so ist, die Vorteile habe ich nicht gleich erkannt. Warum das nicht On-Premises stattfinden kann, ist mir nicht ganz eingängig. Aber bei dem OEM, den ich im Kopf habe, der fertigt halt wirklich global. Der hat einfach 20, 50 verschiedene Fertigungsstücke und will die alles verbinden. Das geht dann schon ein bisschen schwierig On-Premises. Also ich glaube, da war es eher die Globalisierung, das verteilte Ding, wenn ich Motorenwerke habe von China bis nach Dallas, dann ist es wahrscheinlich leichter in der Cloud.
- 79 **I:** Fasst ihr die Daten für Predictive Maintenance-Lösungen direkt in der Cloud ab? Oder gibt es dann so Edge-Lösungen, oder was du sagst, wenn die Daten gesammelt werden?
- 80 **D6:** Es gibt schon definitiv Cloud, allerdings gibt es aufgrund der Konnektivität Limitierungen, also der Auto schickt jetzt nicht alle Millisekunden oder irgendwas an Wert, sondern es werden Vorberechnungen an die Edge durchgeführt. Im Auto laufen Vorberechnungen, der macht da jetzt irgendwie einen Mittelwert der letzten Stunde oder schickt jetzt ein kleines Histogramm oder einen Maximalwert von irgendeinem Signal und schickt dann die relevanten Daten in die Cloud. Und von dort nehmen sie die Wartungsvorhersagen. Vorberechnungen in der Edge und dann aber die eigentliche Auswertung in der Cloud. Das ist eben auch aufgrund dessen, dass das Fahrzeug ständig mobil ist und eine limitierte Datenverbindung hat.

- 81 **I:** Wir haben es ja schon kurz angesprochen, vielleicht wiederhole ich mich jetzt, aber gibt es irgendwelche organisatorischen oder prozessualen Herausforderungen, die jetzt Kunden mit Predictive Maintenance haben?
- 82 **D6:** Gibt es sicher. Ich weiß nicht, ob ich das jetzt so formulieren kann. Also das ist für mich ein Riesenproblem, also in meinem Fall wieder, dass das so weit, und das gilt wahrscheinlich der Fertigung genauso, das geht so weit über den Prozess drüber. Da gibt es irgendeine Service-Mannschaft, die eigentlich zuständig ist für das Warten der Fahrzeuge und die Geräte sogar mit den Händlern usw. Die Technologie dahinter kommt aber irgendwo aus der Entwicklung. Wenn ich mir jetzt den Prozess anschau, da habe ich da vorne die Fahrzeugentwicklung, dann habe ich irgendwo die Fertigung, dann habe ich hinten den Vertrieb und den Service, d.h. da muss ich extrem viele Organisationseinheiten, die weit weg liegen organisatorisch, und auch im Lebenszyklus des Produkts, die muss ich alle zusammenbringen an einem Tisch, um da eine vernünftige Lösung zu bauen. Das ist echt eine Herausforderung.
- 83 **I:** Hinsichtlich Daten haben wir es schon öfter erwähnt, wie findest du die Datensicherheit und die Datenintegrität? Wie würdest du das einschätzen in der Cloud, wenn man sagt, die Daten gibt man jetzt weg vom Hersteller selber? Es ist egal, ob es jetzt Produktionsanlagen oder PKWs oder KfZs sind.
- 84 **D6:** Da habe ich eine ganz klare Einstellung dazu. Ich bin mir sicher, Microsoft hat eine bessere Sicherheit als jeder kleine und mittlere Betrieb. Die Daten sind in der Cloud sicherer als bei uns.
- 85 **I:** Interessanter Punkt, danke. Inwiefern glaubst du, ist es notwendig, dass Mitarbeiter, wo Predictive Maintenance eingesetzt wird, auch geschult werden müssen? Glaubst du, es ist nicht notwendig, dass es ein Plug-and-Play ist?
- 86 **D6:** Nein, das ist sicher notwendig. Ich glaube nicht, dass da irgendwas so simpel ist, dass man einfach sagt, da ist eine Lampe, wenn das angeht, dann machst du weiter.
- 87 **I:** Was für spezifische Kenntnisse oder Fähigkeiten sind dann essenziell? Maschinen-Learning, Algorithmen?
- 88 **D6:** In der Nutzung ist wahrscheinlich noch immer das Domänen-Vision. Der Typ, der sich in der Fertigung auskennt, der weiß, da ist die Fräsmaschine und die hat immer dieselben Macken. Ich glaube, das Wissen ist unabkömmlich, das brauchst du noch immer. Aber ob dahinter ein großes KI-Modell rechnet oder ein physikalisches Abnutzungs-Sensor-Modell, ich glaube, das ist dem Nutzer egal.
- 89 **I:** Der Nutzer kriegt dann solche Anweisung, die Wartungsmaßnahmen sind jetzt notwendig und er macht das?
- 90 **D6:** Ja, vor allem auch das Plausibilisieren. Das sind alles nur statistische Vorhersagen, wenn du 80% schaut, dass das richtig ist. Das muss dann trotzdem noch einer plausibilisieren.
- 91 **I:** Gibt es irgendwelche finanziellen Risiken bei der Bereitstellung von Predictive Maintenance? In der Bereitstellung von Predictive Maintenance irgendwelche versteckten Kosten, was Unternehmen nicht sehen zu Beginn?
- 92 **D6:** Das Risiko von Predictive Maintenance ist, dass man zu weit das Ding stretcht, dass man so weit rausschiebt, dass dann die Fehler tatsächlich auftreten. Das ist sicher ein Risiko, wenn es den

Bogen überzieht, dass dann noch mehr Wartungsstillstände auftreten als beim regelmäßigen Warten. Das ist natürlich ein Vorinvestment. Ich brauche in irgendeiner Art Vertrauen in diese Systeme, dass die auch wirklich funktionieren. Ich brauche vielleicht höhere Wartungskosten als vorher, weil Predictive Maintenance muss ja darauf hinziehen, dass ich die Wartungskosten reduziere. Und die Ausfallquote minimiere.

- 93 **I:** Gibt es generell Messungen, ich meine du hast ja schon den Total Cost of Ownership erwähnt, aber wie wird er der Return of Investment bei Predictive Maintenance-Initiativen berechnet?
- 94 **D6:** Wartungskosten denke ich schon. Echte Wartungskosten übers Jahr gesehen und natürlich auch echte Stillstände übers Jahr gesehen. Die zwei Dinge müssen beide runtergehen.
- 95 **I:** Inwiefern siehst du ein Risiko, wenn man jetzt sagt, die Daten sind global, fällst du für Abhängigkeit zu Cloud-Anbietern? Bin ich jetzt z. B. für Microsoft abhängig oder für Google?
- 96 **D6:** Das ist natürlich Lock-In. Normalerweise entscheidest du dich für eine.
- 97 **I:** Glaubst du, es ist flexibel und möglich, das zu wechseln, wenn man historische länger in der Cloud die Daten gesammelt hat?
- 98 **D6:** Möglich ist alles, aber das sind dann richtige Kosten.
- 99 **I:** Du denkst, es ist mit viel Aufwand und Kosten verbunden?
- 100 **D6:** Ja. Microsoft hat deren Business-Modell funktioniert so, dass solange die Daten drinnen liegen in ihrer Cloud, kostet es nicht viel. Aber wenn du es runterziehst, kostet es richtig. Das ist auf jeden Fall ein Risiko. Was zu der Datensicherheit zu sagen ist, wenn es darum geht, ich will nur europäische Server und solche Geschichten. Wenn jemand Angst davor hat, dass Daten nach China oder USA gehen, dann muss man das Risiko noch mal bewerten. Aber an sich, dass jemand ein Skript-Kitty einbricht in meine Fertigung und das durchspült, ist in der Cloud niedriger, wie wenn ich es selber mache. Wir müssen noch ein bisschen auf die Zeit schauen.
- 101 **I:** Dann schaue ich noch an die wichtigen Fragen. Gibt es irgendwelche allgemeinen Empfehlungen oder Handlungsempfehlungen, die du für die Implementierung von Predictive Maintenance in der Cloud geben könntest?
- 102 **D6:** Allgemeine Empfehlungen?
- 103 **I:** Ja.
- 104 **D6:** Wichtig ist auch das Zusammenbringen der Datenleute mit den echten Wartungsleuten. Die kennen ja die Probleme. Ich glaube, das ist das Um und Auf, dass man da die Erfahrung vom Shopfloor hat. Oder wie sagt man da, von der Werkstatt. Einfließen lässt in diese Systeme auch nicht einfach nur, dass du jetzt irgendeinen Data Scientist hinsetzt und sagst, mach mal irgendein Maschinen-Learning-Modell. Sondern da muss richtig auch das Fachwissen mit geändert werden. Das ist sicher ein ganz wesentlicher Punkt, meiner Meinung nach. Und wie gesagt, ob das dann in der Cloud oder nicht in der Cloud ist, hängt von vielen verschiedenen Entscheidungskriterien ab. Eben wie gesagt, einerseits die Dynamik, die Globalität, wie weit ich versteuert bin, wie viele andere Leute ich die Daten da mitlesen sollen oder dürfen. Aber dann natürlich auch die IT-Betriebskosten. Und das sind halt schon nicht zu vernachlässigen.

- 105 **I:** Danke. Jetzt habe ich noch eine Abschlussfrage. Wie schätzt du jetzt die Zukunft von der Lösung ein? Eher Cloud-basiert. Du hast ja schon mit globalen Lösungen angesprochen.
- 106 **D6:** Ich glaube, dass das umgekehrt ist. Vielleicht habe ich darüber nachgedacht. Genau die Hersteller, die ich jetzt erst erwähnt habe, diese Kukas oder die Firmen, die Fertigungssysteme bereitstellen, ich glaube, die werden einfach das extrem in die Cloud bringen. Ich glaube, die werden einfach das extrem in die Cloud bringen. Und pushen, weil sie ja dann von allen ihren Kunden die Daten zusammenfahren werden. Und für die wiederum aus deren Sicht, wenn man in der Wertschöpfungskategorie nach vorne geht, die Zulieferer in die Fertigung rein. Die liefern ja dann auch die Predictive Maintenance-Modelle wahrscheinlich für ihre eigenen Roboter und für ihre eigenen Geräte. Und ich denke, die werden da wahrscheinlich den Weg vorgehen und sagen, wir bieten das nur in der Cloud an und wenn du das nutzen möchtest, dann musst du dich in unsere Cloud einloggen. Ich kann mir vorstellen, dass das von den Zulieferern kommt, dass die dann auch die Predictive Maintenance-Ansätze mitliefern und die liefern es wahrscheinlich nur in der Cloud. Dann wird die Entscheidung für einen gefehlt. Das kann man gar nicht selber feststellen.
- 107 **I:** Eine abschließende Frage noch. Dadurch, dass wir mit Chat-GPT und so weiter immer mehr der künstlichen Intelligenz zu tun haben, auch für die normale Bevölkerung. Inwiefern siehst du die Rolle der künstlichen Intelligenz dahin? Glaubst du, dass das jetzt alles nochmal komplett umdreht? Auch hinsichtlich der Predictive Maintenance in der Fertigung?
- 108 **D6:** Der erste Reflex ist, ja, ich glaube, das bricht nochmal alles runter. Also nochmal auf alles. Aber ich weiß nicht, also Predictive Maintenance ist jetzt nicht nur ein Textverständnis, aber wenn ich ein GPT 4.0 mit 1000 Fotos mit Schäden von meiner Fertigung zeige und das antrainiere, dann wird das vielleicht automatisch verstehen, ohne dass ich mir jetzt irgendwie eine Speziallösung bauen muss, sondern ich habe das in meiner ganz normalen Dokumentation drin. Und wenn das plötzlich ausreicht, dass ich sage, meine normale Fehlerdokumentation, die ich ohnehin in der Fertigung mache, reicht, um so ein Modell zu trainieren, dann ist das natürlich ein Riesensprung.
- 109 **I:** Danke für das Interview. Hast du sonst noch irgendwelche Anmerkungen?
- 110 **D6:** Keine weiteren.

ANHANG O - Transkript Interview 11 - D7

- 1 Transkription für **D7**:
- 2 **I**: So, ich hoffe das funktioniert alles, passt, perfekt. Gut, dann danke mal für Ihre Zeit, das Anonymisieren habe ich gerade zuvor erwähnt, wie das funktioniert und damit danke für die Einverständniserklärung. Es wird dann auch alles gelöscht von mir, von meiner Seite und ja, und jetzt wird das Interview beginnen. Zu Beginn werde ich jetzt einmal so allgemeine Fragen stellen, eben zum Kapitel Hintergrund und Erfahrung und am Anfang einmal so ein bisschen Einleitungen zu haben, wo sind sie tätig, was für Unternehmen sind sie tätig. Und was ist ihr berufliche Hintergrund auch in der Hinsicht. Gut, dann starten wir. In welcher Branche ist Ihr Unternehmen tätig?
- 3 **D7**: Also das Unternehmen ist tätig in der Intralogistik-Branche, also größtenteils Automatisierungslösungen für Intralogistik.
- 4 **I**: Wie viele Mitarbeiter hat das Unternehmen, in dem sie tätig sind?
- 5 **D7**: Ungefähr 7.500. Also ungefähr eine Zahl, die letzte Zahl habe ich jetzt nicht im Kopf, aber es wird so Richtung 8.000 schon gehen, aber sagen wir mal 7.500.
- 6 **I**: Okay, danke.
- 7 **I**: Also wenn Sie jetzt kurz Ihren beruflichen Hintergrund und Ihre Rolle im Unternehmen beschreiben würden, bitte?
- 8 **D7**: Okay, mein beruflicher Hintergrund, ich bin Produktmanager noch nicht lange, also ich bin Produktmanager erst seit XY. Ich war vorher in der Forschung tätig, auf einem Zentrum für XY. Ich habe dort Forschung auch im Betrieb, also in Bezug auf Industrie 4.0 betrieben. Und bin so über ein gemeinsames Projekt dann zum Unternehmen gekommen, wo ich jetzt seit vier Monaten tätig bin. Und meine Rolle ist es quasi als Produktmanager, diese Schnittstelle zwischen Markt und Technik abzubilden. Das heißt, was macht der Produktmanager im Großen und Ganzen? Er schaut sich an, was sind die Markterfordernisse, was gibt es schon, wo sind Felder, wo wir uns ausbauen könnten mit den Dienstleistungen, die wir anbieten, mit den Softwarelösungen. In dem Bereich, weil ich bin ein Software-Projektmanager, kümmere mich rein um datengetriebene Produkte. Also wie auch zum Beispiel so Sachen, die unter anderem Predictive Maintenance umfassen. Und ja, kommuniziere das dann unseren Entwicklern, was wir brauchen in unseren Produkten, wie das umgesetzt wird. Setze die Budgets dafür fest und so weiter. Ja, so grob einmal.
- 9 **I**: Super, danke. Also wie lange haben Sie schon gesagt, wie lange Sie schon im Unternehmen tätig sind?
- 10 **D7**: Genau, noch nicht allzu lang.
- 11 **I**: Macht nichts, perfekt. Gut, dann das nächste Kapitel. Jetzt geht man so in Richtung Produktionsanlagen und Wartungsstrategien in den Unternehmen, mit denen Sie zusammenarbeiten. Aber vorweg jetzt einmal allgemein eine wichtige Frage. Inwiefern sehen Sie jetzt die Instandhaltung als strategischen Erfolgsfaktor für den nachhaltigen Unternehmenserfolg in den Unternehmen?

- 12 **D7:** Ich sehe das als immens großen strategischen Erfolgsfaktor. Und zwar ganz einfach aus dem Grund, weil zum Beispiel im Bereich der Infralogistik, wo wir tätig sind, da muss man sich vorstellen, diese Kundenbeziehungen oder sagen wir so, eine Kundenbeziehung nur für eine Anlage, das sind meistens so 20 Jahre. Das heißt, wenn man sich 20 Jahre mit einem Dienstleister oder auch Produzenten einlässt, sollte man auch sicherstellen, dass man da so Sachen wie Instandhaltung natürlich mit abdeckt und möglichst lange die Anlage eben zum Laufen erhält. Also das ist schon ein sehr wichtiger strategischer Faktor.
- 13 **I:** Perfekt. Mit welchen Arten und mit wie vielen Produktionsanlagen arbeiten Sie typischerweise zusammen mit den Unternehmen?
- 14 **D7:** Die Art und Weise sind also immer eigentlich Läger in der Infralogistik. Verschiedenste Arten natürlich von Läger, da gibt es ja recht viel. Insgesamt, also wie viele, ich kann nur sagen, dass wir ungefähr an die 3000 Anlagen weltweit in Betrieb haben. Also das ist so der Richtwert, mit dem man arbeiten kann.
- 15 **I:** Und wie viele Anlagen hat jetzt so ein Unternehmen typischerweise, wo jetzt so Läger betrieben werden?
- 16 **D7:** Typischerweise kann man nicht sagen. Es gibt natürlich Läger-Betreiber, die haben nur eines speziell oder es gibt auch welche, die haben dann 50, keine Ahnung. Also es gibt riesengroße Kunden, die immer stetigen wachsenden Bedarf an Lägern haben und es gibt natürlich auch Einzelkunden. Also da kann man jetzt keine typischen Werte ableiten davon.
- 17 **I:** Okay, danke.
- 18 **D7:** Ich hätte auch ehrlich gesagt keinen Mittelwert, den ich jetzt sagen könnte. Der würde auch überhaupt nicht veranschaulichend sein.
- 19 **I:** Okay, nein, ich wollte es nur generell wissen und ich frage es halt einfach nur nach damit es konform ist für die anderen Interviews.
- 20 **D7:** Aber es ist immer sehr abhängig, was ist das Unternehmen, wo ist das Unternehmen überall vertreten und wenn es jetzt das Unternehmen nicht selber macht, sondern eigentlich ein eigener Lagerdienstleister ist, der für verschiedenste Unternehmen arbeitet, ist das wieder eine ganz anderer Bereich. Also schwer zu sagen.
- 21 **I:** Okay, alles klar. Dann die nächste Frage, du müsstest dann kurz runtergehen. Es gibt aus der Literatur verschiedene Formen der Wartungen, also Instandhaltungsstrategien. Und es ist jetzt nur eine Abwandlung. Okay, super. Dann passt das ja noch besser. Und es gibt eine andere, also habe ich auch schon gehört von Interviews von den anderen, dass sie gesagt haben, es gibt noch mehrere Abwandlungen. Aber wenn sie jetzt diese betrachten würden, inwiefern sehen sie jetzt die Wartungsstrategie in den Unternehmen integriert? Welche verwenden sie? Sind es Mischformen oder wie kann man sich das vorstellen?
- 22 **D7:** Ja, klassischerweise, was Sie wahrscheinlich schon öfters gehört haben, sind meistens Mischformen. Man fährt nicht nur mit einer Schiene, sondern man passt sich natürlich auch an. In erster Linie schaut man, dass man präventiv arbeitet. Das ist natürlich das Einfachste zum Planen. Das ist aber jetzt auch das, was ja auch sehr viel zeitintensiver ist, als zum Beispiel das Vorausschauende, was natürlich angedacht wäre. Korrektiv ist natürlich schlimm, weil das bedeutet immer, dass man schon einen Schaden hat oder so, oder was zum Auswechseln hat. Und proaktiv

oder in diesem Fall verbessernd ist auch etwas, wo ich sehe, dass da mit dem Konzept der Industrie 4.0 und der Datensammlung, der automatisierten, dass da auch sehr viel in diese Richtung noch gehen wird. Also da ist viel Ausbaupotenzial im Proaktiv-Bereich auch noch.

23 **I:** Finden Sie die korrektive, reaktive Instandhaltung per se schlecht oder gibt es auch Abwandlungen, wo es ein Vorteil wäre?

24 **D7:** Schlecht. Notwendig sehe ich sie einmal an. Aber reaktiv zu arbeiten ist natürlich immer das denkbar Schlechteste in Bezug auf das laufende Geschäft. Weil man will natürlich immer vorausschauend arbeiten.

25 **I:** Hat es irgendwelche Vorfälle oder Ereignisse gegeben, die zu einer Änderung einer Wartungsstrategie geführt haben, was Ihnen jetzt bekannt wäre?

26 **D7:** Aus Kundensicht, man merkt den Bedarf an Prädiktiv vorausschauend. Das merkt man. Im Großen und Ganzen sind die meisten eigentlich mit Präventiv eh schon gut aufgestellt. Also das ist auch das Minimum, das man voraussetzen muss. Rein korrektiv zu arbeiten wird sicherlich niemand wollen.

27 **I:** Sie haben es ja schon gesagt, Sie kommen aus dem Bereich Industrie 4.0, eben aus der Forschung, dann ist Ihnen der Begriff Smart Maintenance ja auch schon über den Weg gelaufen, schätze ich mal. Und da gibt es jetzt auch, vielleicht kennen Sie auch die Literaturabwandlung hier, und da gibt es eine Zielvision Smart Maintenance. Und da gibt es sechs zentrale Handlungsfelder, gibt wie auch überall andere Formen und andere Abwandlungen. Das ist jetzt nicht, dass was zählt, aber in dieser Form, würden Sie sagen, wenn Sie jetzt die einzelnen Handlungsfelder betrachten, ich kann es dann eh mit Ihnen kurz durchgehen, würden Sie sagen, dass die Unternehmen in Richtung Zielvision Smart Maintenance schon gehen, oder eher nicht? Zum Beispiel, wenn man jetzt sagt, ist die Instandhaltung, wenn man jetzt die Vergangenheit betrachtet, war die Instandhaltung immer ein Kostenverursacher, oder wurde immer als Kostenverursacher betrachtet? Hat sich das schon geändert, oder ist der Wertbeitrag der Instandhaltung den Unternehmen wirklich bekannt?

28 **D7:** Das würde ich schon sagen. Man muss natürlich sagen, ich bin recht frisch dabei, aber ich habe das Thema Instandhaltung als Kostenverursacher generell nicht so gesehen. Sondern, wie soll ich das sagen, ich bin schon so damit aufgewachsen, dass das eigentlich ein Wertbeitrag ist. Und ich habe es jetzt auch kundenseitig noch nicht anders erlebt. Also es ist für jeden eigentlich klar, dass die Instandhaltung das Um und Auf ist. Niemand hat Interesse daran, dass er auf Minimumkosten bei der Instandhaltung fährt und nur das Notwendigste macht, sondern schon das Maximum an Lebensdauer aus der Anlage heraus holt. Das Maximum an Leistung natürlich.

29 **I:** Und hinsichtlich des Ersatzteilwesens, ist das oft strukturiert, oder ist das nur generell willkürlich in den Unternehmen?

30 **D7:** Ja, also nein, ich kann berichten von unserer Seite her, die Kunden, die unsere, also wir haben ein eigenes Tool, das nennt sich Computerized Maintenance Management System. Das hat natürlich auch ein eigenes Modul dann noch dabei, wo es um Sparepartmanagement oder Ersatzteilwesen geht. Das ist wirklich state of the art eigentlich. Damit ist nichts mehr unstrukturiert.

31 **I:** Nächster Punkt, das immer wichtig ist. Ich weiß nicht, ob Sie da so einen Einblick haben? Wissensmanagement? Wie sieht das in den Unternehmen aus?

- 32 **D7:** Ja, extrem, Wissensmanagement, total wichtig. Wissensmanagement war auch eins von meinen Forschungsfeldern. Deshalb, das ist richtig gut, weil wir mit der fortschreitenden Digitalisierung natürlich immer mehr auch dokumentiert haben. Jetzt nicht nur das explizite Wissen, sondern auch das personengebundene, implizite Wissen, dass man das versucht zu kodifizieren und auch mit so Hilfestellungen, dann wie Chatbots oder so, mit Large Language Models das auch wieder zu geben, wenn Leute spezifische Fragen haben und ein implizites Wissen, das in einem Wissensträger vorhanden ist, aber nicht so einfach durch eine normale Recherche wiederzugeben ist. Deshalb, Wissensmanagement, würde ich mal sagen, ist das sicher das Um und Auf, was in jedem Unternehmen verankert werden sollte.
- 33 **I:** Das war jetzt ein Schlagwort, "sollte". Wie sieht es derzeit aus?
- 34 **D7:** Wenn ich mal für mein Unternehmen spreche, da ist das Wissen des Managements gut aufgestellt. Von den Kunden kann ich da nicht sprechen. Kann ich schwierig beurteilen. Aber sicher, Ausbaubedarf ist immer da.
- 35 **I:** Das ist klar. Dann, das mit der überwiegend reaktiven Instandhaltung, haben wir eh schon gesagt, das sehen Sie eher nicht so. Dann die geringe Flexibilität in der Produktion. Ist damit gemeint, kann sich die Produktion an Instandhaltungstätigkeiten wirklich flexibel anpassen? Wenn sie notwendig sind, Instandhaltungstätigkeiten? Wie sehen Sie das?
- 36 **D7:** Ja, auf jeden Fall. Die Produktion muss generell, wenn man an das Industrie 4.0-Konzept denkt, extrem anpassungsfähig und flexibel sein, mit diesem Lot-Size-One-Konzept. Dementsprechend muss natürlich auch die Instandhaltung extremst flexibel sein, was natürlich mit dem Predictive-beziehungsweise Proaktive-Methodiken auf jeden Fall ein großer Schritt in diese Richtung ist, im Vergleich zu dem reaktiven.
- 37 **I:** Der letzte Punkt wäre dann, sehen Sie das schon in die Richtung, dass die Produktion und Instandhaltung wirklich zusammen Tätigkeiten planen, zusammen die Produktion planen, auch in der Hinsicht? Oder ist das noch starr und getrennt? Wie erleben Sie das zurzeit?
- 38 **D7:** Ja, das ist eine gute Frage. Das Production-Planning ist umgekehrt. Ich würde mal sagen, die Maintenance, also die Wartung, die Instandhaltung, die klingt sich eher ins Production-Planning ein und nicht umgekehrt und versucht dann auch, Slots ausfindig zu machen, wo man das am besten einbetten könnte. Aber das ist ein guter Punkt. Ich glaube, das ist noch eher getrennt.
- 39 **I:** Okay, danke schön.
- 40 **I:** Das war es zu Smart Maintenance. So, jetzt gehen wir eh schon, jetzt kommt eine meiner wichtigsten Fragen, weil die sehr oft unterschiedlich beantwortet worden ist. Und zwar, erstens, wie würden Sie Predictive Maintenance beschreiben, basierend auf Ihren Erfahrungen und Erkenntnissen?
- 41 **D7:** Ja, im Prinzip, man hat (...)
- 42 **I:** Oder was sind so typische Missverständnisse über Predictive Maintenance, die Ihnen begegnet sind? Oder sagen Sie, das ist jetzt Predictive Maintenance. Kurzformuliert.
- 43 **D7:** In meinem Verständnis ist Predictive Maintenance, dass man basierend auf Daten, gesammelt durch Kollektoren, die an den Maschinen angebracht sind, ein Muster erkennt und aus diesen

Mustern ableiten kann, wann die maximale Betriebszeit für ein jeweiliges Teil, das einen Verschleiß hat, erreicht worden ist und das dann schon vorsichtig auszutauschen, beispielsweise.

44 **I:** Und würden Sie sagen, es ist notwendig, dass es in den Prozess von einem Unternehmen integriert werden muss, beispielsweise mit einem Ticketsystem, dass man wirklich den Status Predictive Maintenance erreicht? Oder sagen Sie, ich habe die Technologie im Unternehmen, ich habe meine Modelle, da fällt jetzt was an, aber es muss jetzt nicht so in der Organisation und im Prozesswesen selbst drinnen sein. Wie sehen Sie das?

45 **D7:** Also es muss organisatorisch verankert sein, auf jeden Fall. Reine technische Verankerung bringt ja nichts, weil ich muss ja auch die Leute dazu haben, die dann wissen, was zu tun ist, weil soweit automatisiert sind wir ja nicht. Wir kriegen zwar einen Vorschlag, wann zum Warten wäre, aber das Warten selbst ist ja noch nicht automatisiert, aber in geringem Maße automatisiert. Deswegen ist die organisatorische Implementierung natürlich sehr wichtig.

46 **I:** Und jetzt eine andere Frage, wie sehen Sie die Abgrenzung zur zustandsorientierten Instandhaltung von Predictive Maintenance? Also die beiden Abwandlungen. Das ist zustandsorientierte Instandhaltung und ab dem Punkt bin ich in der Predictive Maintenance.

47 **D7:** Ich glaube, jetzt mal von meiner Einschätzung her (.), das ist eine gute Frage, wo zieht man die Grenze? (...) Da muss ich noch ein bisschen überlegen.

48 **I:** Ja, passt schon.

49 **D7:** Kommen wir noch einmal darauf zurück.

50 **I:** Okay, passt. Wir können jetzt gerne diskutieren und dann kommen wir wahrscheinlich schon hin. Andere haben jetzt z. B. gesagt, sie wissen es nicht, sie sehen Unterschiede jetzt nicht. Andere haben wirklich klar formuliert, es müssen mathematische Modelle im Hintergrund laufen, so wie bei zustandsorientierten, aber dass dann auch wirklich automatisiert ausgelöst wird, also mit der Predictive, und dann noch mehr in Richtung künstliche Intelligenz geht. Und das andere ist ja, wenn ich sage zustandsorientierte ...

51 **D7:** Entschuldigung, automatisiert ausgelöst, was jetzt, der Alarm oder die Wartung?

52 **I:** Die notwendige Wartungstätigkeit, ja.

53 **D7:** Aber das ist im Prinzip ein Ticket, das ein Techniker dann damit beauftragt, dass er was tun soll. Das würde jetzt nicht unbedingt eine Abgrenzung sein, aber ich behalte das noch ein bisschen im Hinterkopf.

54 **I:** Okay, passt. Als Abschluss. (lacht)

55 **D7:** Ja, z. B. (lacht)

56 **I:** Welche Erfahrungen, theoretisch oder praktisch, haben Sie im Bereich Predictive Maintenance gemacht oder haben Sie?

57 **D7:** Ja, theoretisch recht viele, weil ich ja in der Forschung gearbeitet habe. Also ich habe tatsächlich auch Beispielstatensätze gehabt, mit denen ich halt rumspielen kann und so. Das auf jeden Fall praktisch, muss ich sagen, sind wir quasi, nachdem ich ja noch nicht so lange im Unternehmen bin, habe ich praktisch zwar die Ahnung, was unsere Produkte zurzeit können und wohin sie gehen sollen und in welche Richtung ich sie mitentwickeln soll. Nachdem wir sie aber noch nicht wirklich,

also bis auf prototypisch natürlich, in Musterunternehmen, also Pilotunternehmen, sagen wir so, Pilotbetrieben, zu erster Erfahrungssammlung haben, ist das noch relativ am Beginn einer Reise, würde ich mal sagen.

58 **I:** Ja, das ist ja bei den meisten Unternehmen jetzt gerade wirklich, wo sie sagen, okay, wir stehen jetzt dabei und wir wollen das integrieren oder auch die anderen Lösungsanbieter, das ist interessant.

59 **D7:** Das glaube ich gerne. Viel mehr als ein paar Pilotbetriebe hat glaube ich keiner noch, wo man das umsetzt.

60 **I:** Ein Punkt, was auch für meine Arbeit wichtig ist, und zwar inwiefern sehen Sie jetzt die, also welche Vorteile sehen Sie in der Nutzung von Cloud-Technologien im Zusammenhang mit Predictive Maintenance?

61 **D7:** Welche Vorteile sehen Sie in der Nutzung von Cloud? Vorteile zu On-Premises oder was?

62 **I:** Genau, ja.

63 **D7:** Oder eigenen Servern, okay.

64 **I:** Genau, On-Premises, Private-Cloud.

65 **D7:** Ja, also ich würde mal sagen, bei uns ist es ganz klar, wir sind kein Cloud-Anbieter für unsere Kunden, das heißt wir müssen auf externe Anbieter zurückgreifen und auch einfach um mit den Kunden zusammenzuarbeiten und die Softwarelösungen bereitzustellen, sind wir einfach angewiesen auf eine Cloud, auf einen externen Cloud-Anbieter. Also es wird bei uns jetzt auch gar nicht anders gehen. Und im Zusammenhang mit Predictive Maintenance, ja, die Datensammlung und Ablage natürlich, von diesen großen Datenmengen, die wir auch in unserer Big Data Cloud haben, sind wir auch angewiesen auf die Cloud-Anbieter, beziehungsweise wir haben auch da so ein Hadoop-Cluster und so, also es wird auch jetzt gar nicht anders in der jetzigen Form. Also wir müssten da schon sehr viel investieren, um das selbstständig aufzufahren.

66 **I:** Also es wäre unrealistisch, dass man sagt, es wird ja einfach nicht anders.

67 **D7:** Es ist auch eine Kostenfrage. Also manche Sachen ist, glaube ich, besser, wenn man zukaufft und nicht alles selbst macht.

68 **I:** Und vor allem, ich denke auch hinsichtlich Skalierbarkeit und Rechenleistung ist einfach die Cloud oder solche öffentliche Cloud-Anbieter unschlagbar.

69 **D7:** Genau.

70 **I:** Ich meine jetzt, das tut mir jetzt ein bisschen schwierig, weil Sie haben ja schon gesagt, Sie kommen aus der Forschung Industrie 4.0 und der Begriff Industrie 4.0 wird sehr oft belächelt bei den anderen Unternehmen und auch bei den anderen Dienstleistern. Wie sehen Sie das? Also es ist jetzt nicht schlecht gemeint, es ist nur gemeint, es ist so ein Buzzword, wo jeder anscheinend versteht, um was es wirklich geht. Zum Beispiel Vernetzung der Maschinen, Digitalisierung, alles ist im Wandel, etc. Inwiefern sehen Sie das? Sind die Unternehmen wirklich mit den Konzepten vertraut? Z. B. Industrie 4.0 und der Smart Factory? Was glauben Sie da? Wie sehen Sie das?

71 **D7:** Da kann ich ja anhand von Erfahrungswerten aus der Forschung noch argumentieren. Ich habe die Erfahrung gemacht, und das ist noch nicht so lange her, wo ich solche Studien durchgeführt

habe, dass das Buzzword an sich natürlich bekannt ist, jeder versteht was anderes darunter. Es gibt auch zig verschiedene Definitionen. Was alle mit umfassen, ist dieser automatisierte Datenaustausch, der ist meistens mit inbegriffen. Ich glaube, die meisten Unternehmen, wenn sie an Industrie 4.0 denken, denken an Datenaustausch bzw. auch an automatisierten Datenaustausch. Das heißt, alle Maschinen sind mit Sensorik vernetzt und tauschen sich untereinander aus bzw. auch lieferkettenübergreifend. Das führt natürlich auch zu vielen Veränderungen in der Lieferkette selbst. Das heißt, das führt zu einer hohen Vielschichtigkeit. Diese Tierebene wird immer tiefer. Das sieht man vor allem in Lieferketten wie z. B. der Autoindustrie oder so. Das ist wesentlich höher als in anderen Industrien. Allein dadurch, dass sich das nicht über alle verschiedenen Industriezweige herunterbrechen lässt, würde ich einmal sagen, ist es auch so, dass es viele verschiedene Ansichten gibt zugrunde dieses Buzzwords Industrie 4.0. Jetzt bin ich ein bisschen abgeschweift. Inwiefern sind unsere Kunden mit diesem Konzept vertraut? Ich würde mal sagen, man redet nicht so direkt darüber. Man gibt vor, was man selbst an neuartigen Lösungen im Sinne der Digitalisierung hat. Man spricht aber nie dieses Thema Industrie 4.0 oder dieses Buzzword explizit aus. Es schwingt so mit, aber man redet nicht wirklich darüber. Genauso von der Smart Factory. Die Smart Factory ist ein schönes Konzept. Smart wird jetzt überall vorne hingesezt und wird einfach gleichgesetzt mit ja, es ist digitalisiert, aber nicht digitalisiert im Sinne von wir haben jetzt etwas vom Analogen in die virtuelle Welt erhoben, sondern Digitalisierung im Sinne von wir haben da jetzt eine völlig neue Art von Geschäftsmodell, die wir betreiben können. Wir haben Bewegungen zu alten Geschäftsmodellen, wir haben Verbesserungen, Optimierungsmöglichkeiten. In dem Sinne ist Smart eigentlich hier wie soll man sagen, jetzt bin ich wirklich abgeschweift.

- 72 **I:** Ich glaube, das trifft es relativ gut. Die Unternehmen verstehen an sich einfach aufgrund des Wandels um was es geht bei dem Buzzword Industrie 4.0, aber es wird halt einfach nicht mehr verwendet, weil ich muss das eh machen, damit die sie mit den anderen Konkurrenten Schritt halten können. Man versteht einfach um was es geht.
- 73 **D7:** Genau. Aber man hat sich jetzt nicht auf die einzelnen Unterpunkte, das sind Merkmale der Industrie 4.0 und die müssen eingehalten werden, sondern ich würde sagen, es gibt ein allgemeines Grundverständnis für Industrie 4.0, das vor allem darauf basiert, dass man den Datenaustausch vermehrt in den Mittelpunkt stellt, weil auch automatisiert Daten gesammelt werden und eventuell, was noch nicht der Fall ist, automatisiert Daten ausgetauscht werden zwischen Partnern bzw. Lieferkettenpartnern, dass Maschinen autonom miteinander agieren, auch in unserem Bereich natürlich Läger und Logistik dann autonom miteinander kommuniziert. Das sind ja alles Sachen, die zukunftssträftig sind, aber noch nicht da sind. Also wir sind ja eigentlich dann auch ganz am Anfang. Aber ja, das würde ich mal sagen, das Grundverständnis auf dem Begriff Industrie 4.0 und alles andere ist dann je nach Zweig auch ein bisschen abzuändern. So wie die Vielschichtigkeit zum Beispiel.
- 74 **I:** Dann würde ich gerne jetzt zur Infrastruktur bei den Kunden hin schweifen. Und zwar, wie sehen Sie die digitale Reife in der IT-Infrastruktur in Bezug auf Predictive Maintenance-Lösungen, wenn man jetzt IT und OT betrachtet?
- 75 **D7:** Naja, es ist halt so, wenn man ein Produkt verkauft, es ist ja ganz klar vorgegeben, was alles da sein muss. Im Bereich zum Beispiel das Condition Monitoring, wenn man Predictive Maintenance betreiben will, gibt es natürlich Vorgaben, was die Sensorik betrifft, gibt es natürlich Vorgaben, was die Netzwerkinfrastruktur betrifft und danach muss sich natürlich der Kunde richten. Das sind einmal die Mindestvoraussetzungen, weil ohne Sensorik und ohne Netzwerkinfrastruktur, wie will man denn

Daten sammeln, um überhaupt ein Modell zu trainieren, die mir Predictive Maintenance dann voraussagt. Das heißt, da wird das quasi aufgezwungen oder mitverkauft. Sagen wir es so, aufgezwungen darf man nicht sagen, aber mitverkauft.

76 **I:** Und denken Sie, sind in sich die Kunden schon so weit, der Aufwand hält sich in Grenzen oder sind da wirklich große Investitionsmengen notwendig?

77 **D7:** Das ist immer abhängig natürlich. Wenn man neue Anlagen kauft und das schon mit kauft, ist das ja sowieso eingepreist. Da kann man das schwer davon ablesen, wie viel extra die Sensorik und das kostet und die Netzwerkinfrastruktur braucht man ja so oder so. Bei so einem Retrofit, wenn man alte Anlagen aufrüstet, da muss man dann runterbrechen, wie viel der Kunde sich sparen könnte mit Predictive Maintenance, wie viel von den Wartungszyklen man einschränken könnte. Das lässt sich monetär bemessen oder ungefähr zumindest lässt sich als Schätzung abgeben. Und das dann in Relation zu den Kostensätzen, dann kann man eine betriebswirtschaftliche Entscheidung treffen.

78 **I:** Der finanzielle Aspekt, der kommt dann zum Schluss.

79 **D7:** Ich würde diesen Punkt jetzt so daran aufsetzen, weil im Endeffekt ist es eine betriebswirtschaftliche Entscheidung. Kosten-Nutzen-Frage.

80 **I:** Danke. Sie haben schon gesagt, Sie liefern das ja mit usw. Das ist eine Gesamtlösung bei Ihnen.

81 **D7:** Bei uns ist es immer eine Gesamtlösung. Wir bieten immer alles an.

82 **I:** Wenn man Ihre Gesamtlösung betrachtet, sind Upgrades und Anpassungen wie Industrial Internet of Things Geräte oder Edge Devices, ist das zwingend notwendig, um Cloud-basierte Predictive Maintenance Systeme zu integrieren oder ist das nicht zwingend notwendig?

83 **D7:** Kollektoren, das ist schon notwendig.

84 **I:** Und die Sensorik?

85 **D7:** Ohne OT, lässt sich schwierig umsetzen. Ohne Sensorik, was will man denn messen? Das ist zwingend Voraussetzung.

86 **I:** Ich glaube, wir gehen in die falsche Richtung. Ich habe immer noch Retrofitting im Kopf. Wenn Anlagen alte Analog-Werte haben oder ich muss Retrofitting durchführen, was dann notwendig ist, damit ich solche Systeme integrieren kann? Die Daten müssen abgefasst werden, sie müssen weitergeleitet werden. Ist Echtzeit ein Thema für die Lösungen?

87 **D7:** Echtzeit ist natürlich immer, man kann natürlich auch mit Speichern arbeiten, man sagt, man trackt mit und es wird nur alle gewisse x Sekunden oder x Minuten abgegriffen, bevor sich der Buffer wieder löscht. Man kann natürlich auch mit solchen Buffern arbeiten. Echtzeit ist halt, gerade bei Retrofit würde ich jetzt nicht darauf spekulieren, dass wir das mit Echtzeit-Lösungen verkaufen würden.

88 **I:** Aber Sie haben gesagt, Sie haben Daten-Kollektoren im Einsatz, oder? Sind das im Hinblick auf die Edge-Lösungen oder wie kann man sich das vorstellen?

89 **D7:** Ja, ich glaube, Sie haben das abgebildet.

90 **I:** Ich habe es abgebildet?

- 91 **D7:** Wenn ich mich richtig erinnere, bei den Kollektoren.
- 92 **I:** Ja.
- 93 **D7:** Ja, also im Großen und Ganzen funktioniert es so, wie es abgebildet ist.
- 94 **I:** Das, was Ihnen da passiert, habe ich Ihnen ein bisschen weglassen. Genau. Okay, super. Dann kommen jetzt eh schon die technischen Herausforderungen. Augustin und Doris, da haben Sie eh schon ein bisschen was erwähnt. Jetzt gehen wir noch kurz durch, was Sie noch nicht gesagt haben. Gibt es noch andere technische Herausforderungen, die Ihnen bei Kunden begegnen, wenn sie so cloudbasierte Predictive Maintenance-Systeme wie von Ihnen integrieren? Oder sagen Sie, das ist eine Plug-and-Play-Lösung, wenn der Kunde das akzeptiert und meine Anforderungen erfüllt, so wie ich sie gerne hätte?
- 95 **D7:** Also Plug-and-Play-Lösung würde ich auf jeden Fall verneinen. Das ist es nämlich nie. Das ist immer sehr abhängig davon, wie der Kunde seine Anlage betreibt. Auch wie die Datenmodelle ausschauen. Also das ist ja alles abzustimmen. Das erfordert natürlich auch viel Arbeit von unseren Mitarbeitern, von unseren Engineers, die dann beim Kunden quasi vor Ort das auch einrichten. Also Plug-and-Play würde ich sagen, kann man ausschließen komplett. Technische Herausforderungen. Natürlich würde ich mal sagen, ist immer die IT-Security die größte Herausforderung. Das muss man natürlich auch immer mit bedenken.
- 96 **I:** Sehen Sie noch irgendwelche organisatorischen oder prozessualen Herausforderungen, wenn solche Systeme wirklich integriert werden? Wer sind da wirklich die Entscheidenden im Endeffekt?
- 97 **D7:** Ja, also ich würde mal sagen, das Entscheiden geht ja leicht. Durch Vorstand kann ich mir sagen, okay, wir brauchen das jetzt. Organisatorisch gesehen müssen aber die Mitarbeiter, die zuständig sind, auch geschult werden und wissen, was sie da jetzt eigentlich machen und was daran arbeiten. Ach so, das ist da unten dann eh. Für mich ist das immer die top-organisatorische Herausforderung. Die Mitarbeiter dahingehend zu schulen, dass sie auch das, was wir einbetten, anwenden können. Beziehungsweise verstehen, um was es geht und was sie tun müssen, damit sie im Endeffekt dann auch eine Lösung bekommen.
- 98 **I:** Welche Kenntnisse, oder wie kann man sich das vorstellen, welche Kenntnisse, spezifische Kenntnisse der Fähigkeiten sind dann notwendig, damit die Mitarbeiter dann wirklich eingeschult sind? Also was müssen die Mitarbeiter wissen?
- 99 **D7:** Ja, also man hat ein grundlegendes Verständnis, wie Predictive Maintenance funktioniert, was die notwendigen Schritte, einzelnen Schritte sind, um zu einem Endergebnis zu kommen. Wie man eigentlich zu dieser Empfehlung kommt, wann gewartet werden soll. Dann natürlich auch, dass die Mitarbeiter dementsprechend auch darauf achten, dass die Sensorik ordnungsgemäß wie installiert funktioniert und auch gewartet ist, dass die Daten so gesammelt werden, wie es gewünscht ist. Und dass sie natürlich das, was sie dann zurückkriegen in der Oberfläche der jeweiligen Software-Tools, dass sie das natürlich dann auch interpretieren können, was sie da eigentlich an Rückmeldung bekommen. Also die Dateninterpretation ist natürlich dann auch immer wichtig, dass man da in der jeweiligen Anlage dann natürlich die Leute hat, die das Domainwissen haben, wie die Anlage funktioniert und die die Daten auch richtig interpretieren können. Ansonsten macht das Ganze ja auch nur wenig Sinn.

- 100 **I:** Super, danke. Jetzt passt das mir eh recht gut, dass Sie von der Ecke jetzt kommen. Und ich würde Sie jetzt selber anbieten, wie Sie das einsetzen würden. Wie bewerten Sie jetzt so Datensicherheit und die Datenintegrität im Kontext der Cloud, wenn man jetzt so wie Sie jetzt so Predictive Maintenance-Lösungen dort hostet und den Kunden anbietet? Glauben Sie, das ist komplett viel sicherer als sowie eine Premises Lösung, wo jetzt die eigenen Server gewartet werden? Oder haben Sie da auch in gewisser Hinsicht irgendwo Bedenken und Ängste? Oder sagen Sie, nein, das ist komplett sicher?
- 101 **D7:** Also es ist natürlich so, wirklich große Cloud-Anbieter gibt es ja nur wenige. Und die sind ja doch, die zeichnen sich natürlich auch dadurch aus, dass sie ein hohes Maß auf Sicherheit legen. Also man, das wäre natürlich sonst auch eine extreme Berufsschädigung, wenn man da mitkriegen würde, dass da sehr viel nach außen liegt oder dass die regelmäßig Opfer von Cyberangriffen sind und da massig Daten irgendwie abgezogen werden. Also das ist einmal das Erste, dass man das grundsätzliche Vertrauen haben kann in den Anbieter, bei dem man selbst Kunde ist. Dann zweitens natürlich, dass man auch so eine Art Penetration-Testing hat, um auch alle Sicherheitskonzepte zu überprüfen, im eigenen Unternehmen natürlich, auch bei den Kunden, die die Lösungen verwenden. Das ist auf jeden Fall wichtig. Und der dritte Punkt, den man eigentlich auch nie unterschätzen darf, das IT-Security-Konzept ist nur so gut, wie die Mitarbeiter auch darauf geschult sind. Man darf nicht vergessen, dass der größte Anteil an Cyberangriffen nur deshalb Erfolg hat, weil meistens irgendein Mitarbeiter auf einem Phishing-E-Mail-Link klickt oder so. Also dementsprechend ist das wieder etwas, was direkt ins Organisatorische hineinfließt. Mitarbeiter müssen auch top geschult sein, was den Umgang mit Daten und die Datensicherheit angeht und IT-Sicherheit generell.
- 102 **I:** Das nächste Schlagwort wäre das Awareness-Training.
- 103 **D7:** Genau. Und das unabhängig von Predictive Maintenance. Ich glaube, das gilt einfach für alles. Awareness. Das ist ein gutes Wort. Bewusstseinsbildung.
- 104 **I:** Jetzt haben Sie es schon gesagt. Es gibt ja die riesigen Cloud-Anbieter. Sehen Sie da ein Risiko der Abhängigkeit? Dass ich mit dem Anbieter ein bisschen ausliefere?
- 105 **D7:** Natürlich. Das würde ich komplett unterschreiben. Man hat ein großes Maß an Abhängigkeit, die man mit sich zieht. Es ist nicht nur finanziell, wie es sich auswirken kann. Wenn z. B. das Preismodell auf einmal erhöht wird und man exorbitante Kosten auf einmal mehr hat. Sondern auch, wenn man sich in diese Abhängigkeit begibt, dass man immer ein bisschen aufpassen muss, dass man sich nicht allzu sehr darauf verlässt, dass alles funktioniert. Es kann ja auch anbieterseitig auf einmal sein, dass derjenige dich dann fallen lässt und du kein Konzept hast, wie du das möglichst schnell wieder ins Lot bringen kannst. So eine Abhängigkeit ist immer gefährlich. Man sollte auch immer einen Plan in der Hinterhand haben, falls es nicht so reibungslos funktioniert.
- 106 **I:** Schätzen Sie, wenn Sie die Applikation betrachten und Ihre Anwendung. Schätzen Sie den Aufwand irrsinnig groß ein wenn der Cloud-Anbieter gewechselt werden soll? Kommt das überhaupt in Frage?
- 107 **D7:** Die Entscheidung wäre schon so schwerwiegend, das müsste der Vorstand schon machen. Das ist wirklich eine so schwerwiegende Entscheidung, das nimmt schon so Ausmaße an, dass das nicht mehr auf unterer Ebene entschieden wird.
- 108 **I:** Das denke ich mir. Sie haben es ja schon kurz angesprochen, wegen der finanziellen Risiken. Bei Predictive Maintenance-Lösungen gehe ich einmal davon aus, da kommen ja eine Terabyte von

Daten, werden da wahrscheinlich angesammelt, vorverarbeitet, ausgewertet und dann im Endeffekt dass die Lösung dann fertig ist. Aber wie wissen das bei den Kunden dann, werden die Kosten von den Daten was anfallen, wenn die eins zu eins weitergegeben an den Kunden oder übernimmt das das Unternehmen und ihr sagt, es zahlt jetzt pauschal einen Preis für die Lösung, was wir euch anbieten. Oder zahlt der Kunde sowieso, es gehört jetzt ihm und er wartet es selber?

- 109 **D7:** Im Prinzip ist es so, man geht halt auf die Zeilen, also wie viele Millionen Zeilen oder vielleicht hunderttausende Zeilen sind es, die da gesammelt werden und dann kann man das ungefähr abgrenzen in einzelne Gruppen. Also bis zu so und so viele Zeilen zahlt man so viel, dann ab dem Zeilenausmaß zahlt man so viel und so weiter. Das kann man dann relativ schön abgrenzen. Natürlich je mehr man Daten sammelt, desto mehr zahlt man natürlich auch. Das ist ja eigentlich auch so ein Fair-Use-Prinzip, wenn ein Unternehmen beginnt, relativ kleine Datenmengen am Anfang nur generiert, aber das dann immer mehr und mehr wird, dann muss man natürlich das mit der Zeit auch anpassen, weil die Kosten natürlich auch steigen.
- 110 **I:** Und die Kosten übernimmt jetzt temporär das Unternehmen, also ihr Unternehmen oder jetzt der Kunde?
- 111 **D7:** Das wird dann in der Lizenz verrechnet. Also im Lizenzmodell, wie es halt üblich ist bei solchen Softwareprodukten, ist das ein Teil davon, der den Endpreis mit ausmacht, ja.
- 112 **I:** Haben Sie noch irgendwelche weitere Herausforderungen oder Risiken im Kopf, die Ihnen einfallen würden zu Cloud-basierte Predictive Maintenance?
- 113 **D7:** Herausforderungen würde ich es vielleicht eher nennen. Also Herausforderung ist sicher, dass man die Zustandsparameter quasi, die gesammelt werden, dass die auch korrekt erst einmal extrahiert und dann auch analysiert werden. Also nur, wenn man ein Muster herauslesen kann, heißt das ja nicht, dass das Muster jetzt gleich dann irgendwie auch vorhersehend für etwas verwendet werden kann. Das kann auch absoluter Blödsinn sein und nichts miteinander zu tun haben. Also es kommt immer darauf an, was man natürlich miteinander vergleicht. Und das ist auch etwas, wo wir vielleicht wieder zurückkommen zu einer organisatorischen Herausforderung und zum Wissensmanagement, weil das hängt auch sehr stark daran, dass man das jeweilige Domainwissen auch von den Mitarbeitern berücksichtigt, die mit der Anlage auch tagtäglich zu tun haben und die da Ahnung haben, um was es geht. Das kann jetzt natürlich nicht nur der Dienstleistungsanbieter alleine machen, sondern das muss auch in enger Abstimmung mit den jeweiligen Domainwissenden passieren. Das ist eine nicht zu unterschätzende Herausforderung, würde ich mal sagen. Was natürlich auch schwierig ist, ist, das zu verkaufen, wie man den Zugang zu all diesen Daten, die gesammelt werden, auch kriegt. Also man muss ja dem Kunden auch sagen, wir brauchen den uneingeschränkten, ungefilterten Zugang, direkten Zugang zu den Daten, die deine Maschine quasi da jetzt abbildet. Da stößt man natürlich auch auf Skepsis.
- 114 **I:** Ein wichtiger Punkt Wie geht denn der Kunde eigentlich damit um, wenn er jetzt sagt, er bekommt jetzt seine Daten in die Cloud, geht er da relativ offen damit um? Sagt er, ich vertraue euch, oder ist da schon viel Skepsis dahinter?
- 115 **D7:** Ja, natürlich, ich finde auch gut, eine grundlegende Skepsis sollte immer da sein. Man muss dann halt wirklich vorzeigen, inwiefern die Daten erstens geschützt sind, dass die natürlich auch immer abgegrenzt sind zu anderen Kunden, dass da nichts vermischt wird, dass da nichts anderen Preis gegeben wird. Das ist natürlich das Um und Auf. Und dann einfach den Mehrwert gut verkaufen, den der Kunde damit hat, wenn er die Daten zur Verfügung stellt. Also Daten sammeln

an und für sich ist, bei uns geht es in die Richtung, da gibt es kein Opt-out mehr, also man kann sich davon nicht mehr ausnehmen, sondern es ist, wenn man eine Anlage bei uns kauft, es soll verpflichtend werden, dieses Opt-out soll es nicht mehr geben, weil einfach alle datengetriebenen Lösungen, Softwarelösungen darauf basieren, dass man auch Daten sammeln darf, sonst hat das keinen Sinn. Also zur Frage der Skepsis, die ist natürlich da und man muss das einerseits mit dem Sicherheitsbedürfnis, dass man klar kommuniziert, entgegenwirken und andererseits natürlich auch mit dem Benefit, den man hat, wenn man auf solche Lösungen setzt. Auch monetären Benefit natürlich. Wenn man da mit Einsparungen kommt und wirklich einen Euro zahlt, dann ist es meistens eben ein bisschen weniger Skepsis.

116 I: Sehr schön formuliert, danke. Sie haben gesagt, Sie sind jetzt noch in der Pilotphase, oder?

117 D7: Ja.

118 I: Wie läuft das derzeit so? Läuft das gut bei den Kunden oder kommt das gut an, bei der Integration? Oder läuft das bei euch noch gemütlich in der Pilotphase? Ist das wirklich schon draußen bei den Kunden?

119 D7: Nein, es ist teils, teils. Es gibt mehrere Pilotphasen. Ich muss sagen, Erfahrungen gibt es noch nicht so viele, weil es noch nicht so weit ist. Es ist noch ein relativ frühes Stadium.

120 I: Haben Sie sonst eine allgemeine Empfehlung oder Vorschläge für Handlungsempfehlungen, wenn jetzt Unternehmen Predictive Maintenance-Lösungen Cloud-basiert auch integrieren möchten? Aber so wie es bei Ihnen ist, Sie geben mir meist schon vor, was gemacht werden muss, aber gibt es irgendwelche anderen Empfehlungen, was man im Vorfeld treffen könnte?

121 D7: Ich würde den Unternehmen sowieso immer empfehlen, dass sie auf Gesamtlösungsanbieter abzielen. Also, dass sie in meinem Fall jetzt, wenn sie eine Intralogistiklösung suchen, sollten sie einen Anbieter suchen, der ihnen dann gleich nicht nur das Lager verkauft, sondern auch die passende Software dazu. Im besten Fall auch die ergänzende Software, wie Predictive Maintenance als Instandhaltungssoftware. Das ist wesentlich besser, wenn man das alles aus einer Hand bekommt und aus einer Hand dann auch den Support bekommt, als wenn man zig verschiedene Anbieter in einem Lager hat und dann auch verschiedene Softwareanbieter hat. Also, das ist schon etwas, was ich klar empfehlen würde.

122 I: Was mir jetzt gerade einfällt, weil es öfter kommt in den anderen Interviews, ist es bei Ihnen so, dass jetzt die Daten, die was gesammelt werden, werden die auch in ein anderes zentrales System bei den Kunden weitergeleitet, beispielsweise in ein MES-System, BED für die Betriebsdatenerfassung oder SAP-System für die Lagerverwaltung beispielsweise. Oder kann man sich das so Side-by-Side-Lösung vorstellen im Unternehmen? Oder wie ist das bei Ihnen?

123 D7: Ist die Frage jetzt gemeint, ob die Kunden selbst ihre Daten auch verwenden für andere? Ja, sicher. Natürlich, gerade so Sachen wie SAP oder z. B. verwenden ja sehr viele. Wir haben von unserem Unternehmen her natürlich auch ein eigenes SAP-Produkt, also eine Ergänzung zu einem SAP-Produkt. Das wird natürlich auch angeboten für Warehouse-Management. Dementsprechend, ja, die Kunden können sehr wohl ihre Daten noch selbst nutzen und soll ja auch so sein.

124 I: Ja, genau. Okay, dann kommen wir zum Abschluss. Eine kurze, allgemeine Frage. Wie sehen Sie die Zukunft der cloudbasierten Predictive Maintenance und auch anderer Technologien? Was ist Ihrer Meinung nach in den nächsten Jahren prägend?

- 125 **D7:** Also ich sehe den Trend klar dahingehend, dass sich das durchsetzen wird, die Predictive Maintenance. Einfach aus diesem Grund, dass die Rechenkapazitäten, also dass die Sensorik einerseits günstiger geworden ist, dass man notwendige Bandbreite im Sinne von der IT-Infrastruktur und so weiter hat, dass die Rechenmodelle wesentlich effizienter gerechnet werden können aufgrund der Kapazitäten, die man hat, Server-Kapazitäten, Rechenkapazitäten. Dementsprechend ist es auch relativ günstig, das zu implementieren und man kriegt relativ stabile, gute Modelle, auf denen man dann anhand deren man dann wirklich seine Instandhaltungskosten signifikant reduzieren kann. Dementsprechend wird jedes Unternehmen bestimmt aufspringen, weil es betriebswirtschaftlich gesehen ein No-Brainer ist, sagen wir mal so. Dauert vielleicht noch ein bisschen, aber es wird sicher kommen in den nächsten Jahren. Also es wird sich auf jeden Fall durchsetzen.
- 126 **I:** Sehr gut. Haben Sie irgendeine Frage erwartet, die Sie erwartet hätten? Oder die, was oft übersehen wird, wenn man über Predictive Maintenance spricht?
- 127 **D7:** Nein, gar nicht. Ich finde es sehr begrüßenswert, dass Sie nicht nur die technische Seite beleuchtet haben, sondern auch die organisatorische, das finde ich sehr wichtig. Aber ich glaube, Sie haben ja auch ein teilweise betriebswirtschaftliches Studium, oder?
- 128 **I:** Genau, Wirtschaftsinformatik.
- 129 **D7:** Dann ist klar, dass das Gott sei Dank auch beleuchtet wird. Das darf man nicht unterschätzen. Ansonsten hätte ich nicht gesagt, dass ich mir irgendwas gefehlt hätte.
- 130 **I:** Es geht jetzt nicht nur in die technische Richtung, sondern auch, wer sind die Entscheidungsträger, was sind die Gründe, warum sind die gefehlt, warum nicht, und was kann man dafür Handlungsempfehlungen für ein Unternehmen geben. Auch die Cloud-Ängste nehmen, das habe ich ganz oft gehört in den Interviews, dass Unternehmen sagen, Cloud wollen wir nicht, das ist unsicher, ich habe gehört, das ist unsicher, machen wir nicht. Aber im Hintergrund läuft dann Office 365.
- 131 **D7:** Microsoft Server.
- 132 **I:** Da fällt schon die Awareness dann auch. Das ist ein Teil der Arbeit, was dann rauskommen soll. Das Technische Wissen eh, dass das geht, aber mit der Anomalie-Detektion, mit der Key, da wird dann wieder andere Arbeit, das geht dann zu sehr ins Detail. Und es ist auch schwierig, dann Experten zu finden, in der Hinsicht, vor allem in Österreich. Denke ich mal. Na super, hat mich echt gefreut für das Interview.
- 133 **D7:** Ebenso, ich wünsche natürlich gutes Gelingen mit der Masterarbeit. Ich hoffe, es sind nicht mehr allzu viele Interviews zu führen.
- 134 **I:** Eines habe ich dann nächste Woche noch. Dann waren es 11 Interviews.
- 135 **D7:** Ja, also, weil Sie es nicht eh schon geplant haben, aber ich würde unbedingt empfehlen, die Interviews automatisiert zu transkribieren und nicht Handicap selbst zu machen.
- 136 **I:** Kennen Sie das Tool? Ich zeige es Ihnen schnell.
- 137 **D7:** Es gibt viele, ich kenne einige.
- 138 **I:** Das ist echt super.

- 139 **D7:** Ah ja, das hat ein ehemaliger Kollege von mir entwickelt.
- 140 **I:** Ah, der ist dabei, das ist echt cool. Das ist super, kann ich empfehlen. Na super, dann schönen Abend noch und ich sage danke für Ihre Zeit.
- 141 **D7:** Ja, gerne, ich hoffe, ich habe etwas beitragen können. Wie gesagt, es wird gelingen. Ich weiß nicht, ob so ein Executive Summary geplant ist. Also, so eine Seite oder so, die dann geplant ist, wie die Masterarbeit ausgegangen ist. Ich weiß nicht, ob das bei euch auch üblich ist, auf der FH?
- 142 **I:** Nein aber ich kann die Masterarbeit schicken wenn sie fertig ist.
- 143 **D7:** Ich weiß nur, gewöhnlicherweise auf der Uni zumindest ist es so, dass man dann so eine Executive Summary, also eine Seite macht, mit den wichtigsten Ergebnissen, die man gesammelt hat, mit den wichtigsten Einblicken. Und diese schickt man dann meistens an den Studienteilnehmer raus, damit die auch ein bisschen Mehrwert haben. Aber das will ich jetzt Ihnen nicht aufbürden, ich wollte nur fragen. Wenn es auch interessante Ergebnisse gibt, dann gerne einfach mal eine E-Mail schreiben, wenn es fertig ist. Das wäre ich natürlich neugierig.
- 144 **I:** Super, das mache ich sicher gerne.
- 145 **D7:** Ich wünsche Ihnen ein gutes Gelingen und einen schönen Abend noch.
- 146 **I:** Danke ebenfalls.

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

bzw.	beziehungsweise
CBM	Condition-Based Monitoring
CPPS	Cyberphysische Produktionssysteme
CPS	Cyberphysische Systeme
CaaS	Container as a Service
DCS	Distributed Control System
etc.	et cetara
FaaS	Function as a Service
HMI	Human Machine Interface
IIoT	Industrial Internet of Things
IKT	Informations- und Kommunikationstechnologien
IT	Informationstechnologie
IaaS	Infrastructure as a Service
IoS	Internet of Services
IoT	Internet of Things
KI	Künstliche Intelligenz
MES	Manufacturing Execution System
ML	Maschinelles Lernen
OT	Operative Technologie
ROI	Return on Investment
PHM	Prognostic Health Management
PLM	Product Lifecycle Management
PaaS	Platform as a Service
QDA	Qualitative Datenanalyse
SCADA	Supervisory Controller and Data Acquisition
SPS	speicherprogrammierbare Steuerungen
SaaS	Software as a Service
u. a.	unter anderem
z. B.	zum Beispiel

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1-1: Qualitativer Forschungsprozess (in Anlehnung an Döring, 2023d)	4
Abbildung 2-1: Strategische Erfolgsfaktoren für die industrielle Instandhaltung (in Anlehnung an Biedermann & Kinz, 2021a).....	9
Abbildung 2-2: Allgemeine Instandhaltungsstrategien (in Anlehnung an Ferreira et al., 2023).....	10
Abbildung 2-3: Fehlereintritt bei den Instandhaltungsstrategien (in Anlehnung an Ran et al., 2019).....	11
Abbildung 2-4: Industrielle Revolutionen (in Anlehnung an Eisenmann, 2023).....	13
Abbildung 2-5: Smart Factory (in Anlehnung an Hozdić, 2015).....	16
Abbildung 2-6: Von der konventionelle Instandhaltung zur Smart Maintenance (in Anlehnung an Eisenmann, 2023)	17
Abbildung 2-7: Prognosemodell der Predictive Maintenance (in Anlehnung an Kreuzer, 2023).....	21
Abbildung 2-8: Systemarchitektur der Predictive Maintenance (in Anlehnung an Ran et al., 2019)	22
Abbildung 3-1: Hybrid-Cloud (in Anlehnung an Calles, 2020).....	28
Abbildung 3-2: Verantwortlichkeiten Cloud-Computing-Services (Quelle: Eigene Darstellung).....	29
Abbildung 3-3: Cloud Manufacturing für Predictive Maintenance (in Anlehnung an Schmidt & Wang, 2018)	30
Abbildung 3-4: Potentielle cloudbasierte Predictive Maintenance-Architektur in Azure (Microsoft Corporation, 2024b).....	32
Abbildung 4-1: Ablauf einer inhaltlichen qualitativen Inhaltsanalyse (in Anlehnung an Kuckartz & Rädiker, 2022).....	40
Abbildung 4-2: Verschiedene Formen einfacher und komplexer Analyse nach Abschluss des Codierens (in Anlehnung an Kuckartz & Rädiker, 2022)	43

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 4-1: Klassifikationskriterien des Untersuchungsdesigns (in Anlehnung an Döring, 2023f).....	34
Tabelle 4-2: Stichprobe (Quelle: Eigene Darstellung).....	36
Tabelle 4-3: Entwickelte Hauptkategorien (Quelle: Eigene Darstellung)	41
Tabelle 5-1: Definition der Subkategorien zur Hauptkategorie 1 (Quelle: Eigene Darstellung).....	44
Tabelle 5-2: Definition der Subkategorien zur Hauptkategorie 2 (Quelle: Eigene Darstellung).....	51
Tabelle 5-3: Definition der Subkategorien zur Hauptkategorie 3 (Quelle: Eigene Darstellung).....	57
Tabelle 5-4: Definition der Subkategorien zur Hauptkategorie 4 (Quelle: Eigene Darstellung).....	64
Tabelle 5-5: Definition der Subkategorien zur Hauptkategorie 5 (Quelle: Eigene Darstellung).....	75

LITERATURVERZEICHNIS

- Achouch, M., Dimitrova, M., Ziane, K., Sattarpanah Karganroudi, S., Dhouib, R., Ibrahim, H. & Adda, M. (2022). On Predictive Maintenance in Industry 4.0: Overview, Models, and Challenges. *Applied Sciences*, 12(16), 8081. <https://doi.org/10.3390/app12168081>
- Amazon Web Services, Inc. (2022, 3. Januar). *AWS | Was ist Cloud Computing? – Amazon Cloud Services*. <https://aws.amazon.com/de/what-is-cloud-computing/>
- Babel, W. (2023). Die Geschichte von IoT (Internet of Things). In W. Babel (Hrsg.), *essentials. Internet of Things und Industrie 4.0* (S. 3–6). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-39901-6_2
- Bayhan, H. & Kaiser, P. (2023). Cyberphysische Systeme und Industrie 4.0. In M. ten Hompel (Hrsg.), *Fachwissen Logistik. IT und autonome Systeme in der Logistik* (S. 29–38). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-66939-6_3
- Behrenbeck, K. R. (1994). *DV-Einsatz in der Instandhaltung*. Deutscher Universitätsverlag. <https://doi.org/10.1007/978-3-663-08431-0>
- Biedermann, H. & Kinz, A. (2021a). Instandhaltungsmanagement. In H. Biedermann & A. Kinz (Hrsg.), *Industrial Management. Lean Smart Maintenance* (S. 15–109). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-35473-2_3
- Biedermann, H. & Kinz, A. (Hrsg.). (2021b). *Industrial Management. Lean Smart Maintenance*. Springer Fachmedien Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-35473-2>
- Bink, R. & Zschech, P. (2018). Predictive Maintenance in der industriellen Praxis. *HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik*, 55(3), 552–565. <https://doi.org/10.1365/s40702-017-0378-2>
- Bogner, A., Littig, B. & Menz, W. (2014). Wer ist ein Experte? Wissenssoziologische Grundlagen des Expertinneninterviews. In A. Bogner, B. Littig & W. Menz (Hrsg.), *Interviews mit Experten* (S. 9–15). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-531-19416-5_2
- Bozem, K. & Nagl, A. (2021). Leitfaden zur Entwicklung digitaler Geschäftsmodelle. In K. Bozem & A. Nagl (Hrsg.), *Digitale Geschäftsmodelle erfolgreich realisieren* (S. 1–103). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-34563-1_1
- Brose, H. (2023). Die richtige Instandhaltungsstrategie finden. <https://www.springerprofessional.de/content/pdfId/25213902/10.1007/s44029-023-0768-x>
- Business Analytics and Data Science-Center. (2024, 1. März). *GitHub - JuergenFleiss/aTrain*. Universität of Graz. <https://github.com/JuergenFleiss/aTrain>
- Calles, M. A. (2020). Introduction to Cloud Computing Security. In M. A. Calles (Hrsg.), *Serverless Security* (S. 1–13). Apress. https://doi.org/10.1007/978-1-4842-6100-2_1

- Compare, M., Baraldi, P. & Zio, E. (2020). Challenges to IoT-Enabled Predictive Maintenance for Industry 4.0. *IEEE Internet of Things Journal*, 7(5), 4585–4597.
<https://doi.org/10.1109/JIOT.2019.2957029>
- DIN EN 13306:2018-02, Instandhaltung_ - Begriffe der Instandhaltung; Dreisprachige Fassung EN_13306:2017*. Beuth Verlag GmbH.
- Döring, N. (2023a). Datenanalyse. In N. Döring (Hrsg.), *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften* (S. 587–766). Springer Berlin Heidelberg.
https://doi.org/10.1007/978-3-662-64762-2_12
- Döring, N. (2023b). Datenaufbereitung. In N. Döring (Hrsg.), *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften* (S. 571–586). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-64762-2_11
- Döring, N. (2023c). Datenerhebung. In N. Döring (Hrsg.), *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften* (S. 321–570). Springer Berlin Heidelberg.
https://doi.org/10.1007/978-3-662-64762-2_10
- Döring, N. (2023d). Empirische Sozialforschung im Überblick. In N. Döring (Hrsg.), *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften* (S. 3–30). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-64762-2_1
- Döring, N. (2023e). Stichprobenziehung. In N. Döring (Hrsg.), *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften* (S. 293–320). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-64762-2_9
- Döring, N. (2023f). Untersuchungsdesign. In N. Döring (Hrsg.), *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften* (S. 183–221). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-64762-2_7
- Du Nguyen, H. & Tran, K. P. (2023). Artificial Intelligence for Smart Manufacturing in Industry 5.0: Methods, Applications, and Challenges. In K. P. Tran (Hrsg.), *Springer Series in Reliability Engineering. Artificial Intelligence for Smart Manufacturing* (S. 5–33). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-031-30510-8_2
- Eisenmann, M. (2023). Von der klassischen Instandhaltung zur Smart Maintenance. In M. Eisenmann (Hrsg.), *Dortmunder Beiträge zur Sozialforschung. Soziotechnische Optimierungs- und Anpassungsfaktoren im Arbeitssystem Smart Maintenance* (S. 83–160). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-41135-0_4
- Feldmann, S., Herweg, O., Rauen, H. & Synek, P.-M. (2017). *Predictive Maintenance*. https://www.rolandberger.com/publications/publication_pdf/roland_berger_vdma_predictive_maintenance_d_1.pdf
- Fernandes, J., Reis, J., Melão, N., Teixeira, L. & Amorim, M. (2021). The Role of Industry 4.0 and BPMN in the Arise of Condition-Based and Predictive Maintenance: A Case Study in

- the Automotive Industry. *Applied Sciences*, 11(8), 3438.
<https://doi.org/10.3390/app11083438>
- Ferreira, C., Silva, A., Brito, J. de & Flores-Colen, I. (2023). Condition-Based Maintenance. In C. Ferreira, A. Silva, J. de Brito & I. Flores-Colen (Hrsg.), *Springer Series in Reliability Engineering. Maintainability of Building Envelope Elements* (S. 11–21). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-031-14767-8_2
- Fila, R., Khaili, M. E. & Mestari, M. (2020). Cloud Computing for Industrial Predictive Maintenance Based on Prognostics and Health Management. *Procedia Computer Science*, 177, 631–638. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.10.090>
- Förster, F., Rademacher, R., Wolny, M., Birtel, F. & Defèr, F. (2019) [acatech-Studie] *Smart Maintenance: Der Weg vom Status quo zur Zielvision*. Herbert Utz Verlag.
<https://epub.fir.de/frontdoor/index/index/docId/1191>
- Förster, R. & Förster, A. (Hrsg.). (2023a). *Einführung in die Fertigungstechnik*. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-68130-5>
- Förster, R. & Förster, A. (2023b). Geschichte der Fertigungstechnik. In R. Förster & A. Förster (Hrsg.), *Einführung in die Fertigungstechnik* (S. 1–22). Springer Berlin Heidelberg.
https://doi.org/10.1007/978-3-662-68130-5_1
- Glück, M. (2022). Risikoanalyse, Integrations- und Sicherheitskonzept. In M. Glück (Hrsg.), *Mensch-Roboter-Kooperation erfolgreich einführen* (S. 133–151). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-37612-3_10
- Gochermann, J. (Hrsg.). (2021). *Halbzeit der Energiewende?* Springer Berlin Heidelberg.
<https://doi.org/10.1007/978-3-662-63477-6>
- Grace, R. K. & Subhasri, V. P. (2022). Cloud Enabled Predictive Maintenance Tool for Induction Motor. In *2022 International Conference on Augmented Intelligence and Sustainable Systems (ICAISS)*.
- Hovanski, Y., Russell, B. & Rydalch, J. (2017). Implementing Smart Manufacturing Principles: Merging Operational Technology and Information Technology in Undergraduate and Graduate Curriculum. In *American Society of Engineering Education - Rocky Mountain Section*. https://www.researchgate.net/profile/yuri-hovanski/publication/348691676_implementing_smart_manufacturing_principles_merging_operational_technology_and_information_technology_in_undergraduate_and_graduate_curriculum
- Hozdić, E. (2015). Smart factory for industry 4.0: A review. *Journal of Modern Manufacturing Systems and Technology*, 7(1), 28–35. https://www.researchgate.net/profile/elvis-hozdic/publication/282791888_smart_factory_for_industry_40_a_review

- Kletti, J. & Rieger, J. (2022a). Die Bausteine für die perfekte Produktion. In J. Kletti & J. Rieger (Hrsg.), *Die perfekte Produktion* (S. 51–135). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-39024-2_4#DOI
- Kletti, J. & Rieger, J. (2022b). Die neuen Anforderungen der Smart Factory. In J. Kletti & J. Rieger (Hrsg.), *Die perfekte Produktion* (S. 11–20). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-39024-2_2#DOI
- Krason, P., Maczewska, A. & Polak-Sopinska, A. (2019). Human Factor in Maintenance Management. In W. Karwowski, S. Trzcielinski, B. Mrugalska, M. Di Nicolantonio & E. Rossi (Hrsg.), *Advances in Intelligent Systems and Computing. Advances in Manufacturing, Production Management and Process Control* (Bd. 793, S. 49–56). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-94196-7_5
- Kreutzer, R. T. (2023). Produktion, Instandhaltung, Mobilität, Transport, Landwirtschaft. In R. T. Kreutzer (Hrsg.), *Künstliche Intelligenz verstehen* (S. 157–228). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-42598-2_3
- Kuckartz, U. & Rädiker, S. (2022). *Qualitative Inhaltsanalyse: Methoden, Praxis, Computerunterstützung* (5. Auflage). *Grundlagentexte Methoden*. Beltz Juventa.
- Li, X., Ran, Y [Yan], Fafa, C., Zhu, X., Wang, H. & Zhang, G. (2023). A maintenance strategy selection method based on cloud DEMATEL-ANP. *Soft Computing*. Vorab-Onlinepublikation. <https://doi.org/10.1007/s00500-023-09035-6>
- Liao, A. (2022). Preventive Maintenance. In A. Liao (Hrsg.), *Management for Professionals. Warranty Chain Management* (S. 327–346). Springer Nature Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-19-2104-9_13
- Mayring, P. & Fenzl, T. (2022). Qualitative Inhaltsanalyse. In N. Baur & J. Blasius (Hrsg.), *Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung* (S. 691–706). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-37985-8_43
- McKinsey&Company. (2015). *The Internet of Things: Mapping the Value Beyond the Hype*. <https://www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/the-internet-of-things-the-value-of-digitizing-the-physical-world>
- Mertins, K., Finke, I. & Orth, R. (2009). Ein Referenzmodell für Wissensmanagement. In K. Mertins & H. Seidel (Hrsg.), *Wissensmanagement im Mittelstand* (S. 15–22). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-540-69363-5_3
- MH Scan & Print GmbH. (2023). *Interviewformen ~ Die drei Formen im Überblick*. <https://www.bachelorprint.at/methodik/interviewformen/>
- Microsoft Corporation. (2024a, 2. März). *Einführung in Predictive Maintenance in der Fertigung - Azure Architecture Center*. <https://learn.microsoft.com/de-de/azure/architecture/industries/manufacturing/predictive-maintenance-overview>

- Microsoft Corporation. (2024b, 2. März). *IoT Edge-Bahnwartungs- und Sicherheitssystem - Azure Architecture Center*. <https://learn.microsoft.com/de-de/azure/architecture/example-scenario/predictive-maintenance/iot-predictive-maintenance>
- Nunes, P., Santos, J. & Rocha, E. (2023). Challenges in predictive maintenance – A review. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, 40, 53–67. <https://doi.org/10.1016/j.cirpj.2022.11.004>
- Plattform Industrie 4.0 / Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2015). Memorandum der Plattform Industrie 4.0.
- Ramsauer, C., Kayser, D. & Schmitz, C. (2017). *Erfolgsfaktor Agilität: Chancen für Unternehmen in einem volatilen Marktumfeld. Business book summary*. Wiley-VCH.
- Ran, Y [Yongyi], Zhou, X., Lin, P., Wen, Y. & Deng, R. (2019). *A Survey of Predictive Maintenance: Systems, Purposes and Approaches*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1912.07383>
- Schmidt, B. & Wang, L. (2018). Cloud-enhanced predictive maintenance. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 99(1-4), 5–13. <https://doi.org/10.1007/s00170-016-8983-8>
- Schröder, W. (2010). *Ganzheitliches Instandhaltungsmanagement*. Gabler Verlag.
- Siraskar, R., Kumar, S., Patil, S., Bongale, A. & Kotecha, K. (2023). Reinforcement learning for predictive maintenance: a systematic technical review. *Artificial Intelligence Review*, 56(11), 12885–12947. <https://doi.org/10.1007/s10462-023-10468-6>
- Steigleder, S. (2008). *Die strukturierende qualitative Inhaltsanalyse im Praxistest: Eine konstruktiv kritische Studie zur Auswertungsmethodik von Philipp Mayring*. Tectum-Verl.
- Surianarayanan, C. & Chelliah, P. R. (2023). Introduction to Cloud Computing. In C. Surianarayanan & P. R. Chelliah (Hrsg.), *Texts in Computer Science. Essentials of Cloud Computing* (S. 1–38). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-031-32044-6_1
- Thomas, D. S. (2018). *The costs and benefits of advanced maintenance in manufacturing*. <https://doi.org/10.6028/NIST.AMS.100-18>
- Toumi, H., Meddaoui, A. & Hain, M. (2022). The influence of predictive maintenance in industry 4.0: A systematic literature review. In *2022 2nd International Conference on Innovative Research in Applied Science, Engineering and Technology (IRASET)* (S. 1–13). IEEE. <https://doi.org/10.1109/IRASET52964.2022.9737901>
- Werner, H. (2020). Instrumente des Supply Chain Managements. In H. Werner (Hrsg.), *Supply Chain Management* (S. 293–392). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-32429-2_4

Zier, A. (2022). Maschinengenerierte Daten in der Industrie 4.0. In A. Zier (Hrsg.), *Investitionsschutz für Maschinendaten* (S. 13–64). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-37975-9_2