



Lehrstuhl für Abfallverwertungstechnik und Abfallwirtschaft

Masterarbeit



Strategischer Einsatz von  
zustandsorientiertem Asset  
Management am Beispiel Wien  
Energie

Georg Walter Maringer, BSc

Mai 2019



## EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG

Ich erkläre an Eides statt, dass ich diese Arbeit selbständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt, und mich auch sonst keiner unerlaubten Hilfsmittel bedient habe.

Ich erkläre, dass ich die Richtlinien des Senats der Montanuniversität Leoben zu "Gute wissenschaftliche Praxis" gelesen, verstanden und befolgt habe.

Weiters erkläre ich, dass die elektronische und gedruckte Version der eingereichten wissenschaftlichen Abschlussarbeit formal und inhaltlich identisch sind.

Datum 27.05.2019

A handwritten signature in black ink, reading "Georg Walter, Maringer", written over a horizontal line.

Unterschrift Verfasser/in

Georg Walter, Maringer

Matrikelnummer: 01135249

**Vorgelegt von:**

Georg Maringer, BSc

m01135249

**Betreuer:**

Univ.-Prof. DI Dr. mont. Roland Pomberger

DI Dr. mont. Renato Sarc

DI Michael Kößbacher

## DANKSAGUNG

*„Wissenschaft: Es ist nicht ihr Ziel, der unendlichen Weisheit eine Tür zu öffnen, sondern eine Grenze zu setzen dem unendlichen Irrtum.“*

Bertold Brecht

## **Kurzfassung**

### **Strategischer Einsatz von zustandsorientiertem Asset Management am Beispiel Wien Energie**

In den Erzeugungsanlagen der Wien Energie GmbH kommt neben reaktiver- und periodisch vorbeugender- auch die zustandsabhängige Instandhaltung zum Einsatz. Ziel dieser Arbeit ist das zustandsorientierte Asset Management nach strategischen Gesichtspunkten effizienter zu gestalten. Im theoretischen Teil werden die Grundlagen der Instandhaltung zusammengefasst sowie die Grundlagen der Maschinendiagnose beschrieben. Außerdem wird der Geschäftsbereich Asset Service sowie die betrachteten Erzeugungsanlagen der Wien Energie GmbH beschrieben. Im praktischen Teil dieser Arbeit wird in einem ersten Schritt der Status Quo von zustandsorientiertem Asset Management in der Wien Energie GmbH erhoben. Im zweiten Teil wird durch Anwendung der IH-Strategie der Wien Energie, einer umfangreichen Risikobewertung von Anlagenbereichen, die Schwingungsüberwachung von Aggregaten näher betrachtet. Im letzten Schritt wird die daraus freiwerdende Kapazität abgeschätzt und die bestmögliche künftige Ausrichtung von Asset Management beschrieben.

## **Abstract**

### **Strategic use of condition based asset management using the example of Wien Energie Ltd**

The energy production plants of Wien Energie Ltd are maintained with varying strategies. There is corrective, preventive and condition based maintenance. The objective of this Thesis is to make condition monitoring according to strategic aspects more efficient. In the theoretical part of this Thesis, basics of maintenance and condition monitoring have been summarised. In addition, the maintenance organisation and the selected energy production plants have been described. As a first step of the practical part of the Thesis, the current state of condition based asset management in Wien Energie Ltd is evaluated. In a further step the vibration measurement is investigated in detail. For prioritisation an extensive risk assessment have been used. As a last step, the change of needed resources is estimated and the future orientation of Asset Management is described.

## Inhaltsverzeichnis

	Seite
<b>1 EINLEITUNG .....</b>	<b>4</b>
1.1 Problemstellung .....	4
1.2 Zielsetzung .....	5
<b>2 GRUNDLAGEN DER INSTANDHALTUNG.....</b>	<b>7</b>
2.1 Ziele der Instandhaltung .....	8
2.2 Instandhaltung im Wandel .....	10
2.3 Instandhaltungsstrategien .....	11
2.3.1 Reaktive Instandhaltung .....	11
2.3.2 Periodisch vorbeugende Instandhaltung .....	12
2.3.3 Zustandsabhängige Instandhaltung .....	12
2.3.4 Vorausschauende Instandhaltung.....	13
2.4 Auswahl und Bewertung eines Verfahrens zur Zustandsbeurteilung.....	14
2.5 Organisation der Instandhaltung.....	16
<b>3 WIEN ENERGIE.....</b>	<b>17</b>
3.1 Geschäftsbereich Asset Service (AS).....	17
3.2 Erzeugungsanlagen .....	19
3.2.1 MVA Flötzersteig .....	19
3.2.2 MVA Spittelau .....	21
3.2.3 MVA Pfaffenau.....	22
3.2.4 SMVA Simmeringer Haide .....	23
3.2.4.1 Drehrohrofen 1-2.....	25
3.2.4.2 Wirbelschichtofen 1 - 3.....	26
3.2.4.3 Wirbelschichtofen 4.....	27
3.2.5 Kraftwerk Simmering.....	28
3.2.6 Kraftwerk Donaustadt .....	30
3.2.7 Fernheizwerke .....	30
<b>4 GRUNDLAGEN DER MASCHINENDIAGNOSE .....</b>	<b>32</b>
4.1 Zerstörungsfreie Werkstoffprüfverfahren .....	32
4.1.1 Volumetrische Prüfverfahren.....	33
4.1.2 Oberflächenprüfverfahren .....	34
4.2 Thermische Diagnoseverfahren .....	34
4.2.1 Berührende Temperaturmessung .....	35

4.2.2	Berührungsfreie Temperaturmessung.....	35
4.3	Schwingungsanalyse .....	36
4.3.1	Messwertgewinnung .....	36
4.3.2	Diagnosesignale .....	38
4.3.3	Messwertbeurteilung.....	38
4.4	Schallemissionsanalyse .....	39
4.4.1	Lagerdiagnostik .....	40
4.4.2	Leckagedetektion.....	40
4.5	Partikel- und Betriebsmediendiagnostik.....	41
4.6	Prozessparameterdiagnose .....	42
<b>5</b>	<b>DIAGNOSEMETHODEN.....</b>	<b>44</b>
5.1	Eingesetzte Diagnosemethoden .....	44
5.1.1	Schwingungsmessung .....	44
5.1.2	Endoskopie.....	46
5.1.3	Ölanalyse.....	46
5.1.4	Thermografie .....	46
5.1.5	Wandstärkenmessung .....	47
5.1.6	Ultraschallmessung zur Leckageortung .....	47
5.2	Potentielle Diagnosemethoden .....	47
5.2.1	Dichtheitsprüfung von Behältern mittels Ultraschall.....	47
5.2.2	Oberflächenprüfung mit Drohnen .....	48
5.2.3	Umfassende Prozessparameterdiagnose mit Künstlicher Intelligenz .....	48
<b>6</b>	<b>RISIKOBEURTEILUNG .....</b>	<b>50</b>
<b>7</b>	<b>PERSONALMANAGEMENT .....</b>	<b>54</b>
<b>8</b>	<b>PRAKTISCHER TEIL / ERGEBNISSE .....</b>	<b>56</b>
8.1	Status Quo im Geschäftsfeld Asset Service .....	56
8.1.1	Interview ASP-DG.....	56
8.1.2	Interview Auftragsplanung.....	57
8.1.3	SAP-Auswertung durchgeführter Maschinendiagnose .....	60
8.1.4	Portfoliodarstellung der Diagnosemethoden.....	64
8.2	Instandhaltungsstrategie der Wien Energie GmbH .....	65
8.3	Risikobewertung für Aggregate mit Schwingungsmessung .....	67
8.3.1	Überprüfung der bisherigen Aggregateauswahl auf Vollständigkeit.....	68
8.3.2	Übertragung der Risikobewertung aus IH-Strategie auf Aggregate .....	68
8.3.3	Reihung der Aggregate aufgrund der Merkmale Aggregatetyp, Risikobewertung und Redundanz .....	69

8.3.4	Selektierte Aggregate .....	70
8.4	Personalressourcenbetrachtung für Schwingungsmessung .....	71
8.4.1	Messplan anpassen .....	71
8.4.2	Stundenbetrachtung.....	72
8.5	Strategische Ausrichtung der Maschinendiagnose .....	74
<b>9</b>	<b>DISKUSSION.....</b>	<b>77</b>
9.1	Status Quo .....	77
9.2	Effizienzsteigerung durch Risikobewertung .....	77
9.3	Strategische Ausrichtung .....	78
<b>10</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG .....</b>	<b>80</b>
<b>11</b>	<b>VERZEICHNISSE .....</b>	<b>83</b>
11.1	Literatur.....	83
11.2	Abkürzungsverzeichnis .....	86
11.3	Tabellen .....	87
11.4	Abbildungen .....	87
<b>ANHANG.....</b>	<b>.....</b>	<b>I</b>
<b>LISTE DER SELEKTIERTEN AGGREGATE MIT RISIKOBEURTEILUNG .....</b>	<b>.....</b>	<b>II</b>

# 1 Einleitung

Der Einsatz von zustandsorientiertem Asset Management hat in den letzten Dekaden stark an Bedeutung gewonnen. In der Wien Energie GmbH wurde ab 2010 bzw. 2011 ein System zur Schwingungsmessung von Gebläsen und Pumpen (Weiler 2010) sowie Schmierung und Thermografien von E-Anlagen (Kößlbacher 2011) eingeführt. Zur Durchführung von Zustandsbeurteilungen wurde ein eigenes Team aufgestellt, das in der Lage ist ein breites Portfolio an Diagnosemethoden zur Zustandsbeurteilung von Maschinen durchzuführen.



Abbildung 1: Schlagworte zur Thematik.

## 1.1 Problemstellung

Die unterschiedlichen Diagnosemethoden haben sich innerhalb der Wien Energie seit der Implementierung in unterschiedliche Richtungen entwickelt. So hat sich z.B. die Schwingungsanalyse in allen Werken etabliert und im subjektiven Empfinden stark ausgebreitet. Für die weiteren Diagnosemethoden wie Thermografie und Wandstärkenmessungen ist genauso Knowhow zur Durchführung von Zustandsbeurteilungen vorhanden, jedoch kommen diese nicht flächendeckend in allen Erzeugungsanlagen zum Einsatz. Die Aggregateauswahl in den einzelnen Werken wurde teilweise verändert, ohne abteilungsübergreifende Strategieüberlegungen miteinfließen zu lassen.

Das zustandsorientierte Asset Management hat sich grundsätzlich keiner kontinuierlichen Verbesserung unterzogen. Die Gesamtbetrachtung im betrieblichen Umfeld sowie Überlegungen zur Weiterentwicklung haben kaum stattgefunden. Ausschlaggebend dafür waren vor Allem mehrere Organisationsänderungen in den vergangenen Jahren.

## 1.2 Zielsetzung

Die Weiterentwicklung der Diagnostik in der Wien Energie soll in dieser Forschungsarbeit in Form eines Strategiekonzepts ausgearbeitet werden.

Eine Strategieentwicklung ist in drei Phasen gegliedert. Die Ausgangssituation wird in der Analysephase beschrieben. Die Konzeptentwicklung findet in der Gestaltungsphase statt. Abschließend werden die entwickelten Optionen in der Umsetzungsphase realisiert (Schawel & Billing 2012:244).

Die gesetzten Ziele dieser Masterarbeit können der Analysephase und der Gestaltungsphase zugeschrieben werden. Nach der theoretischen Einführung in die Thematik Instandhaltung und Maschinendiagnose wird im Kapitel 3 „Wien Energie“ das Geschäftsfeld Asset Service und die betrachteten Erzeugungsanlagen beschrieben. Zusätzlich werden im Kapitel 5.1 die eingesetzten Diagnosemethoden beschrieben. Die Erhebung des Status Quo von Maschinendiagnose im Geschäftsfeld (vgl. Kapitel 8.1) ist gegliedert in zwei unterschiedliche Fragebögen an die beteiligten Personengruppen sowie eine SAP-Datenauswertung der Diagnoseaufträge aus dem Jahr 2017. Nach der Analysephase wird in der Gestaltungsphase die Schwingungsüberwachung in den beschriebenen Erzeugungsanlagen näher betrachtet. Zur Zuordnung von Aggregaten in Risikoklassen wird die IH-Strategie der Wien Energie GmbH herangezogen. Als Abschluss wird die Gesamtkapazität der Diagnostiker (ASP-DG) betrachtet und die bestmögliche Ausrichtung beschrieben.

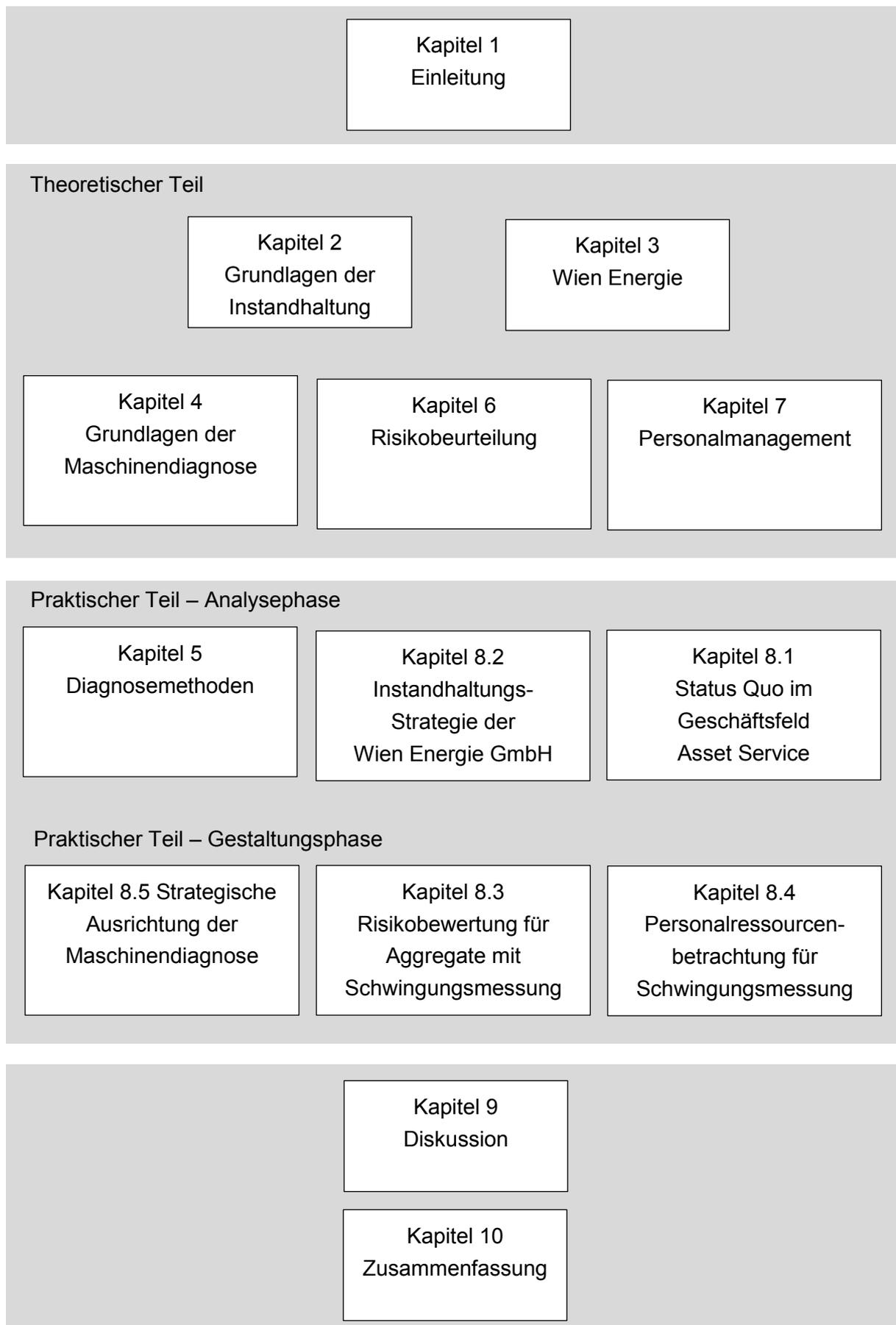


Abbildung 2: Aufbau der Masterarbeit.

## 2 Grundlagen der Instandhaltung

Technische Systeme sind aufgrund von Verschleiß, Alterung und Korrosion permanent einer Zustandsänderung unterworfen. Instandhaltung wird überall dort ausgeübt, wo die Funktionsfähigkeit technischer Objekte – durch Zustandsänderung beeinflusst – erhalten und sichergestellt wird (Strunz 2012:46).

Der Begriff **Instandhaltung** wird in der Literatur unterschiedlich beschrieben. Gemäß ÖNORM EN 13306: 2018-01 wird er wie folgt definiert:

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

Der Vorrat einer möglichen Funktionserfüllung unter festgelegten Bedingungen wird als Abnutzungsvorrat definiert (DIN 31051: 2012-09:8).

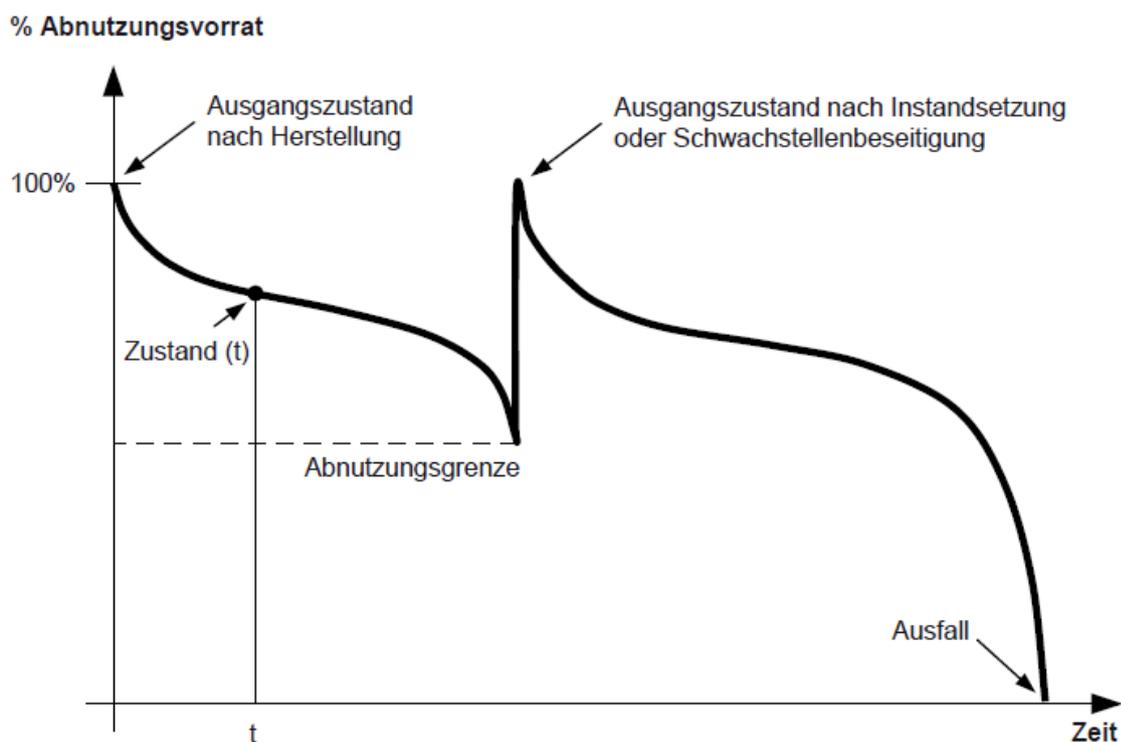


Abbildung 3: Verlauf des Abnutzungsvorrats einer Betrachtungseinheit. (Matyas 2010:31)

Biedermann hat den Einfluss auf den Verlauf des Abnutzungsvorrats durch Inspektion, Wartung und Instandsetzung wie folgt beschrieben (Biedermann 2008:11-12):

- Die **Inspektion** hat zur Aufgabe, den Verlauf dieser Abnutzungscharakteristik herauszufinden und zu bestimmen, an welchen Zeitpunkt welcher Punkt vorliegt.
- Die **Wartung** hat zur Aufgabe, die zeitliche Änderung des Abnutzungsvorrats so gering wie möglich zu halten.

- Durch die **Instandsetzung** wird neuer Abnutzungsvorrat bereitgestellt. Z.B. durch Tausch von Komponenten.

In der ÖNORM EN 13306 sind 15 Arten von Instandhaltungstätigkeiten definiert. Darunter fallen die Begriffe:

- Inspektion
- Zustandsüberwachung
- Instandsetzung

### **Inspektion**

*„Prüfung auf Konformität der maßgeblichen Merkmale eines Objekts durch Messung, Beobachtung oder Prüfung“ (ÖNORM EN 13306: 2018-01:41).*

### **Zustandsüberwachung**

*„manuell oder automatisch ausgeführte Tätigkeit zur Messung der Merkmale und Parameter des physischen Ist-Zustands eines Objekts in bestimmten Zeitabständen Bestimmung jedweder Veränderungen der Parameter des Objekts über die Zeit dient“ (ÖNORM EN 13306: 2018-01:41).*

### **Instandsetzung**

*„physische Maßnahme, die ausgeführt wird, um die Funktion eines fehlerhaften Objekts wiederherzustellen“ (ÖNORM EN 13306: 2018-01:44).*

Der Begriff **Wartung** ist in der ÖNORM EN 13306 „Instandhaltung — Begriffe der Instandhaltung“ nicht angeführt.

In der DIN 31051 wird der Begriff **Wartung** wie folgt definiert:

*„Maßnahmen zur Bewahrung des Sollzustandes von technischen Mitteln eines Systems. Diese Maßnahmen beinhalten*

- *Erstellen eines Wartungsplanes...*
- *Vorbereitung der Durchführung*
- *Durchführung*
- *Rückmeldung“ (DIN 31051: 2012-09:5).*

## **2.1 Ziele der Instandhaltung**

*„zugewiesene und akzeptierte Ziele für die Instandhaltungstätigkeiten*

*Anmerkung 1 zum Begriff: Diese Ziele können z. B. Verfügbarkeit, Kostenreduzierung, Produktqualität, Umweltschutz, Sicherheit, Brauchbarkeitsdauer sowie Werterhaltung der Anlage einschließen“ (ÖNORM EN 13306: 2018-01:9).*

In der Definition der Instandhaltungsziele nach ÖNORM EN 13306: 2018-01 ist auch eine Steigerung der Qualität hinsichtlich Produktivität, Umweltschutz oder Sicherheit als Ziel der Instandhaltungstätigkeiten zulässig. Zur Sicherstellung dieser Ziele im betrieblichen Umfeld werden Managementsysteme wie Total Productive Management TPM zur Steigerung der

betrieblichen Produktivität und somit zur Kostenreduktion eingesetzt (Heller & Prasse 2018:10).

Die Instandhaltung hat neben dem technischen Hauptziel, dem Erhalt oder der Wiederherstellung der Funktionsfähigkeit von Objekten das betriebliche Hauptziel, die betrieblichen Gesamtkosten zu reduzieren (Matyas 2010:28).

Die Kosten der Instandhaltung bei geplanten Maßnahmen verhalten sich gegenläufig zu den Produktionsausfallskosten. Die optimale Instandhaltungsintensität ist demnach erreicht, wenn sich die Gesamtkosten auf einem Minimum bewegen (Matyas 2010:45-46).

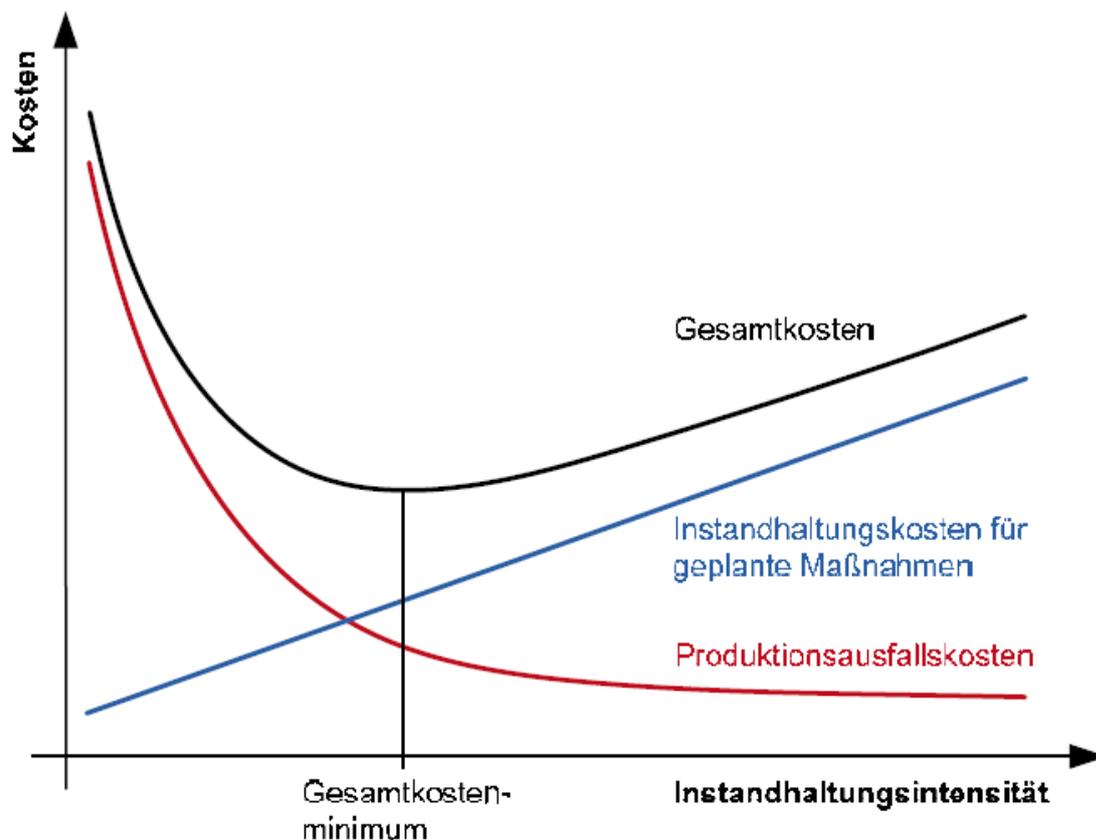


Abbildung 4: Kostenverlauf in Abhängigkeit von der Instandhaltungstätigkeit. (Matyas 2010:45)

Zum Erreichen des Gesamtkostenminimums muss ein für das Unternehmen optimales Instandhaltungskonzept gefunden werden. Dieses Konzept setzt sich aus einem Mix der einzelnen Instandhaltungsstrategien zusammen (Schuh et al. 2005:1).

Bevor im Kapitel 2.3 die Instandhaltungsstrategien beschrieben werden, wird im Kapitel 2.2 „Instandhaltung im Wandel“ erst ein kurzer historischer Abriss der Instandhaltung beschrieben. Merkmale der unterschiedlichen Phasen der Instandhaltung sind in den heute anerkannten Instandhaltungsstrategien wieder zu finden.

## 2.2 Instandhaltung im Wandel

Mit der Einführung industrieller Produktionsstrukturen und der Bildung arbeitsteiliger Prozesse wurden billige und schlecht ausgebildete Maschinenbediener eingesetzt. Speziell qualifizierte Reparaturhandwerker wurden dazu eingesetzt nach Ausfall einer Maschine deren Funktion wieder herzustellen. Die einzigen durchgeführten vorbeugenden Maßnahmen waren das Schmieren und Reinigen der Maschinen (Schenk 2010:1).

Mit dem Anstieg der Komplexität von Anlagen stieg auch das Gefährdungspotential für den Menschen. Die Bedeutung von Instandhaltung änderte sich und es wurden neue Strategien, wie eine visuelle Inspektion und ein vorbeugender Austausch von Anlagenteilen zur Risikominimierung von Maschinenbedienern angewendet (Schenk 2010:2).

Durch die Steigerung der Produktivität von Anlagen wirkten sich Ausfälle einzelner Elemente stärker auf die Produktivität der Gesamtanlagen aus. Der steigende Kostendruck führte zu einer Umstrukturierung der Instandhaltungselemente hin zu einer effektiveren und effizienteren Struktur. Moderne Techniken zur Erfassung von Messdaten einer Maschine machten eine zustandsabhängige Instandhaltung möglich (Schenk 2010:3).

In der Gegenwart entwickelt sich die Instandhaltung von einem reinen Kostenverursacher zu einem integrierten Bestandteil des Wertschöpfungsprozesses. Integration von Informations- und Kommunikationstechnologien als Unterstützung und leistungsfähigere Betriebsdatenerfassungs- bzw. Zustandsüberwachungssysteme mit neuen mathematischen Verfahren lassen Ausfälle technischer Anlagen besser als bisher beschreiben (Schenk 2010:3).

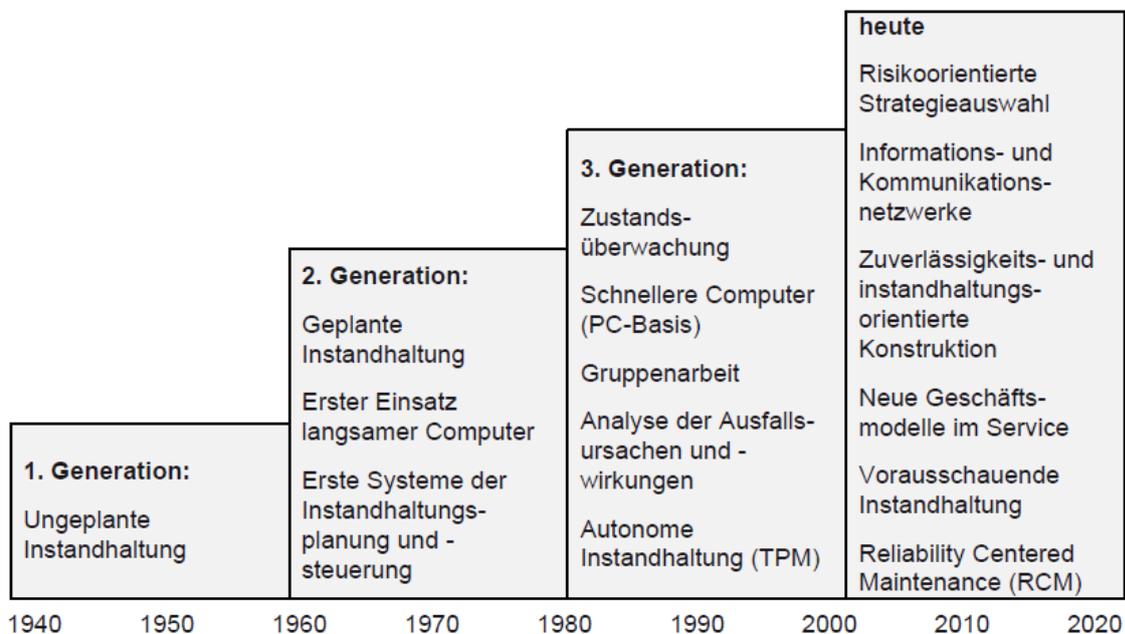


Abbildung 5: Entwicklung der Instandhaltung. (Matyas 2010:25)

## 2.3 Instandhaltungsstrategien

### Instandhaltungsstrategie

„Vorgehensweise des Managements zur Erreichung der Instandhaltungsziele“ (ÖNORM EN 13306: 2018-01:9)

Die Instandhaltungsstrategie eines Bauteils besteht aus gewählten Vorgehensweisen bzw. Regeln die angeben, welche Aktionen zu welchem Zeitpunkt zu setzen sind, oder nicht. Die Instandhaltungsstrategie wird im Spannungsfeld Wirtschaftlichkeit – Sicherheit – Verfügbarkeit gewählt, um eine Kostenminimierung und eine Verfügbarkeitsmaximierung der Anlage zu erreichen (Matyas 2010:114).

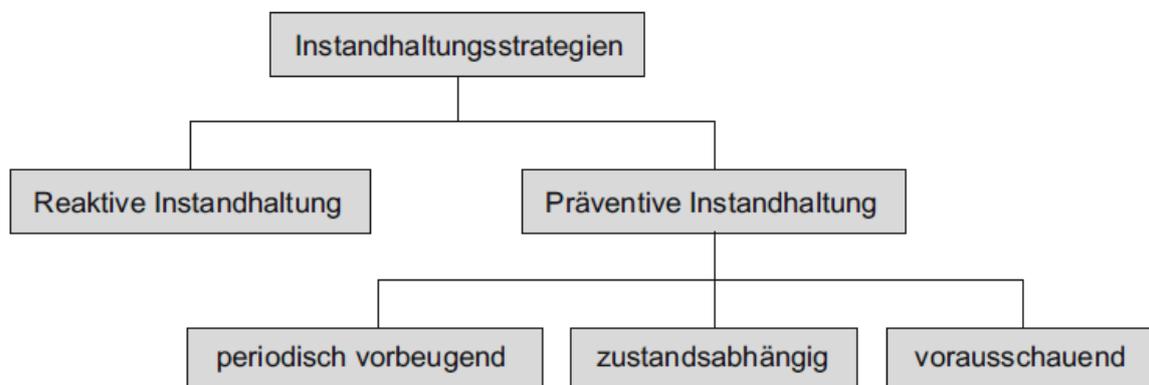


Abbildung 6: Instandhaltungsstrategien. (Schenk 2010:27)

Es wird zwischen Reaktiver Instandhaltung, periodisch vorbeugender-, zustandsabhängiger-, und vorausschauender Instandhaltung unterschieden. Die Instandhaltungsstrategien unterscheiden sich im Zeitpunkt von gesetzten Maßnahmen bei unterschiedlichem Abnutzungsvorrat (Schenk 2010:26-27).

In einem umfassenden Instandhaltungskonzept kommt ein optimaler Mix mit all diesen Instandhaltungsstrategien zur Anwendung. Die Auswahl der optimalen Strategie beinhaltet eine Analyse von Kriterien wie Redundanzen, Ersatzteilverfügbarkeiten oder Folgen für Sicherheit und Umwelt bei Ausfall (Matyas 2010:114-115).

### 2.3.1 Reaktive Instandhaltung

Bei der **reaktiven Instandhaltung** erfolgt ein Austausch erst nach Ausfall einer Komponente. Es wird auf Wartungen und Inspektionen konsequent verzichtet. Diese Vorgehensweise stellt eine optimale Ausnutzung des Abnutzungsvorrats dar. Jedoch muss bei Ausfall unter hohem Zeitdruck mit entsprechenden Instandhaltungsressourcen wie Personal und Ersatzteile die Komponente getauscht werden. Diese Vorgehensweise kommt bei wenig vernetzten Komponenten mit geringen Ausfallkosten und auch bei redundanten Anlagen zur Anwendung. Eine Anwendung bei bestehenden Gefährdungspotential ist nicht zulässig (Schenk 2010:27-28).

Reaktive Instandhaltung nach Schenk (Schenk 2010) gibt die gleiche Vorgehensweise vor, wie **Korrektive Instandhaltung** nach ÖNORM EN 13306:

*„Instandhaltung, ausgeführt nach der Fehlererkennung, um ein Objekt wieder in einen Zustand zu bringen, in dem es eine geforderte Funktion erfüllen kann“ (ÖNORM EN 13306: 2018-01:38).*

### 2.3.2 Periodisch vorbeugende Instandhaltung

Bei der **periodisch vorbeugenden Instandhaltung** werden Anlagenkomponenten unabhängig vom Zustand nach bestimmten Nutzungsintervallen wie Kalenderzeit oder Betriebsstunden getauscht. Der Austausch findet zu einem vorgeplanten Zeitpunkt statt, an dem keine Produktion stattfindet. Bei dieser Strategie muss das Ausfallsverhalten der Komponente bekannt sein. Der Austausch findet sehr früh statt, sodass Abnutzungsvorrat verschenkt wird (vgl. Abbildung 7). Die periodisch vorbeugende Instandhaltung kommt bei hohem Ausfallrisiko zur Anwendung (Schenk 2010:28-30).

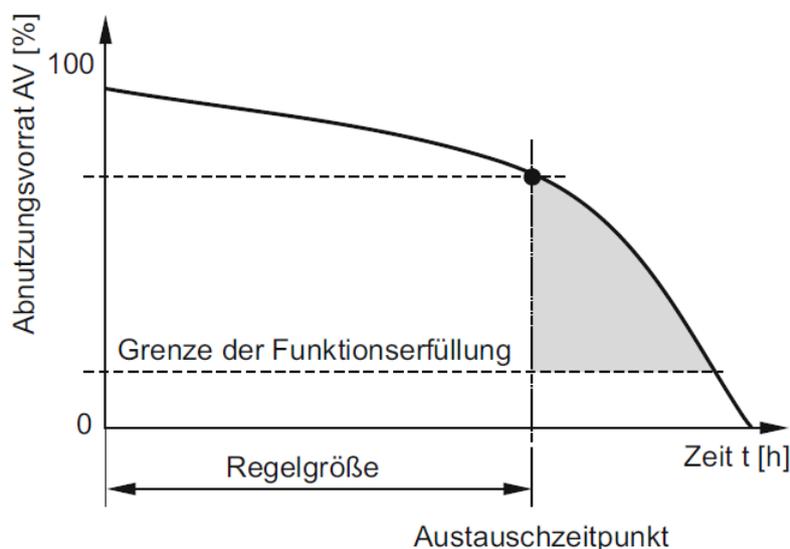


Abbildung 7: Regelgröße Zeit bei periodisch vorbeugender Instandhaltung. (Schenk 2010:29)

In der ÖNORM EN 13306 ist diese Vorgehensweise als **Präventive Instandhaltung** definiert:

*„Instandhaltung zur Beurteilung und/oder Verminderung von Abbau und zur Reduzierung der Ausfallwahrscheinlichkeit eines Objekts“ (ÖNORM EN 13306: 2018-01:34)*

### 2.3.3 Zustandsabhängige Instandhaltung

Die **Zustandsabhängige Instandhaltung** erreicht durch Zustandsüberwachung eine sehr gute Ausnutzung des Abnutzungsvorrats bei geringster Ausfallszeit. Der Zeitpunkt von Wartungs- und Instandhaltungsmaßnahmen wird optimiert. Die Zustandsabhängige Instandhaltung kommt nur dann zur Anwendung, wenn der Maschinenzustand messbar und wirtschaftlich vertretbar ist (Schenk 2010:30-31).

Die Zustandsüberwachung oder Condition Monitoring (CM) besteht aus regelmäßiger Erfassung und Bewertung zustandsrelevanter Parameter. Das CM kann vom Menschen in Form von Inspektionen oder selbstständiger technischer Systeme realisiert werden. Zustandsbeurteilungen technischer Systeme, deren Sensoren permanent installiert sind, werden als „Online“-Messungen bezeichnet. Diese automatisierten Systeme messen selbstständig und können auch einen raschen Schadensfortschritt zuverlässig erkennen. Messungen in bestimmten Abständen mit portablen Sensoren werden als „Offline“-Messungen bezeichnet. Diese Systeme eignen sich für einen langsamen Schadensfortschritt (Schenk 2010:30-31, Isopp 2018)

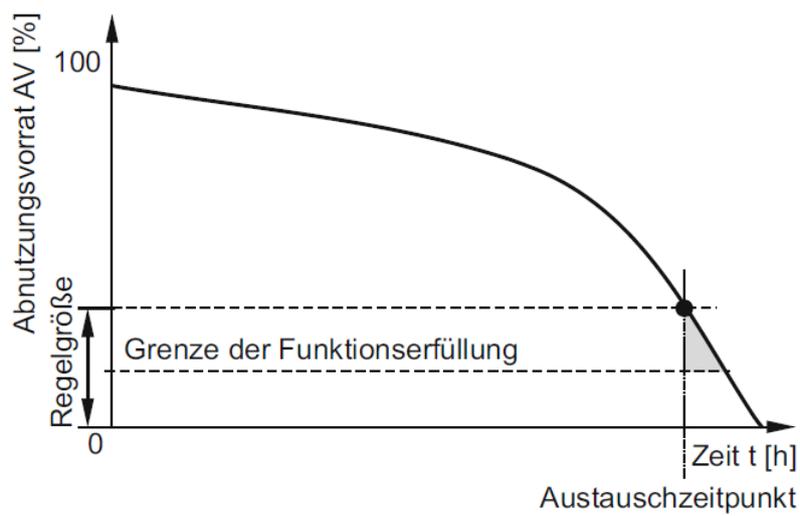


Abbildung 8: Regelgröße Abnutzungsvorrat bei der zustandsabhängigen Instandhaltung. (Schenk 2010:30)

Instandhaltung an den Maschinenzustand angepasst wird in der ÖNORM EN 13306 als **Zustandsorientierte Instandhaltung** definiert:

*„präventive Instandhaltung, die die Beurteilung des physischen Zustands, Analysen und die möglichen, daraus resultierenden Instandhaltungsmaßnahmen beinhaltet“* (ÖNORM EN 13306: 2018-01:35).

### 2.3.4 Vorausschauende Instandhaltung

Die **vorausschauende Instandhaltung** stellt eine Weiterentwicklung der zustandsabhängigen Instandhaltung dar. Es wird die erwartete Zustandsänderung prognostiziert um dabei potentielle (verdeckte) Störungen zu erkennen und deren Weiterentwicklung gezielt zu verhindern (Schenk 2010:31).

Die ÖNORM EN 13306 definiert diese Vorgehensweise als **Voraussagende Instandhaltung**:

*„zustandsorientierte Instandhaltung, die nach einer Vorhersage, abgeleitet von wiederholter Analyse oder bekannten Eigenschaften und Bestimmung von wichtigen Parametern, welche den Abbau des Objekts kennzeichnen, durchgeführt wird“* (ÖNORM EN 13306: 2018-01:35).

Zusätzlich zu den beschriebenen Instandhaltungsstrategien als gewählte Vorgehensweisen für Instandhaltungstätigkeiten werden in der ÖNORM EN 13306 weitere Vorgehensweisen als Instandhaltungsarten definiert. Darunter fallen diverse Ausprägungen der beschriebenen Vorgehensweisen sowie der fest mit Instandhaltung zusammenhängende Begriff **Verbesserung**:

*„Kombination aller technischen und administrativen Maßnahmen sowie Maßnahmen des Managements zur Steigerung der immanenten Zuverlässigkeit und/oder Instandhaltbarkeit und/oder Sicherheit eines Objekts, ohne seine ursprüngliche Funktion zu ändern“ (ÖNORM EN 13306: 2018-01:36).*

Zur Auswahl der geeigneten Instandhaltungsstrategie ist das Vorhandensein von Redundanzen und somit der Begriff **Redundanz** von Bedeutung:

*„innerhalb eines Objekts das Vorhandensein von mehr als einem Mittel zur Erfüllung der geforderten Funktion, falls in einem Objekt erforderlich“ (ÖNORM EN 13306: 2018-01:21).*

Es wird bei Redundanz zwischen aktiver und Passiver Redundanz unterschieden. Bei der aktiven Redundanz sind beide vorhandene Mittel gleichzeitig im Einsatz. Bei der passiven Redundanz wird das passive Mittel erst in Betrieb genommen, wenn das Aktive nicht mehr verfügbar ist (ÖNORM EN 13306: 2018-01:21).

## 2.4 Auswahl und Bewertung eines Verfahrens zur Zustandsbeurteilung

Zur Auswahl, Anwendung und Bewertung von Zustandsbeurteilung werden in der Literatur unterschiedliche Wege beschrieben.

Sturm und Förster haben in „Machinen- und Anlagendiagnostik für die zustandsbezogene Instandhaltung“ (Sturm & Förster 1990) ein Instrumentarium zur Auswahl und Bewertung von Diagnoseverfahren beschrieben. Zur Entscheidungsfindung über ein zu verwendendes Diagnoseverfahren müssen

- Analysen des Diagnoseobjekts,
- Analyse der zu wählenden Messwertgewinnung und Signalanalyse,
- Auswahl der Bewertungsalgorithmen und
- Entscheidung über das einzusetzende Gerätesystem

durchgeführt werden. In einer Ökonomischen Bewertung werden mittels Kostenabschätzung einzelner Kostenanteile wie Kosten der Störungsinstandsetzung, die Kosten bei vorbeugender Instandsetzung sowie Diagnosekosten und der Diagnosequalität Aussagen zur Effektivität des Diagnoseeinsatzes getroffen.

### Effektivität des Diagnoseeinsatzes

$$q_D = \frac{K_V \times \vartheta + K_D + K_{St} \times (1 - \vartheta)}{K_{St}} \quad (1)$$

$q_D$  = Effektivität des Diagnoseeinsatzes [ ]

$\vartheta$  = Kontrollwirkungsgrad; Güte der Diagnose ( $0 \leq \vartheta \leq 1$ )

$K_{St}$  = jährliche Instandhaltungskosten ohne Diagnostik [TM/a]

$K_V$  = jährliche Kosten bei vorbeugender Instandsetzung [TM/a]

$K_D$  = Diagnosekosten [TM/a]

Das eingesetzte Verfahren ist nutzbringend, wenn  $q_D$  kleiner 1 ist (Sturm & Förster 1990:86).

Diese ganzheitliche Betrachtung zur Einfuhr von Maschinendiagnose ist aufgrund geringen Stückzahlen und den komplexen Zusammenhängen der Komponenten untereinander nur mit entsprechendem Aufwand und Wissen möglich.

Pawellek (Pawellek 2013) gibt zur Auswahl der Instandhaltungsstrategie einen Entscheidungsbaum vor, wobei in einer modernen Instandhaltung grundsätzlich der Anteil zustandsorientierter Instandhaltung zu maximieren ist. Die Strategieauswahl erfolgt qualitativ durch eine Bewertung des Risikos. Es wird angenommen, dass das Risiko die wirtschaftliche Bedeutung der Komponente und Anlage widerspiegelt.

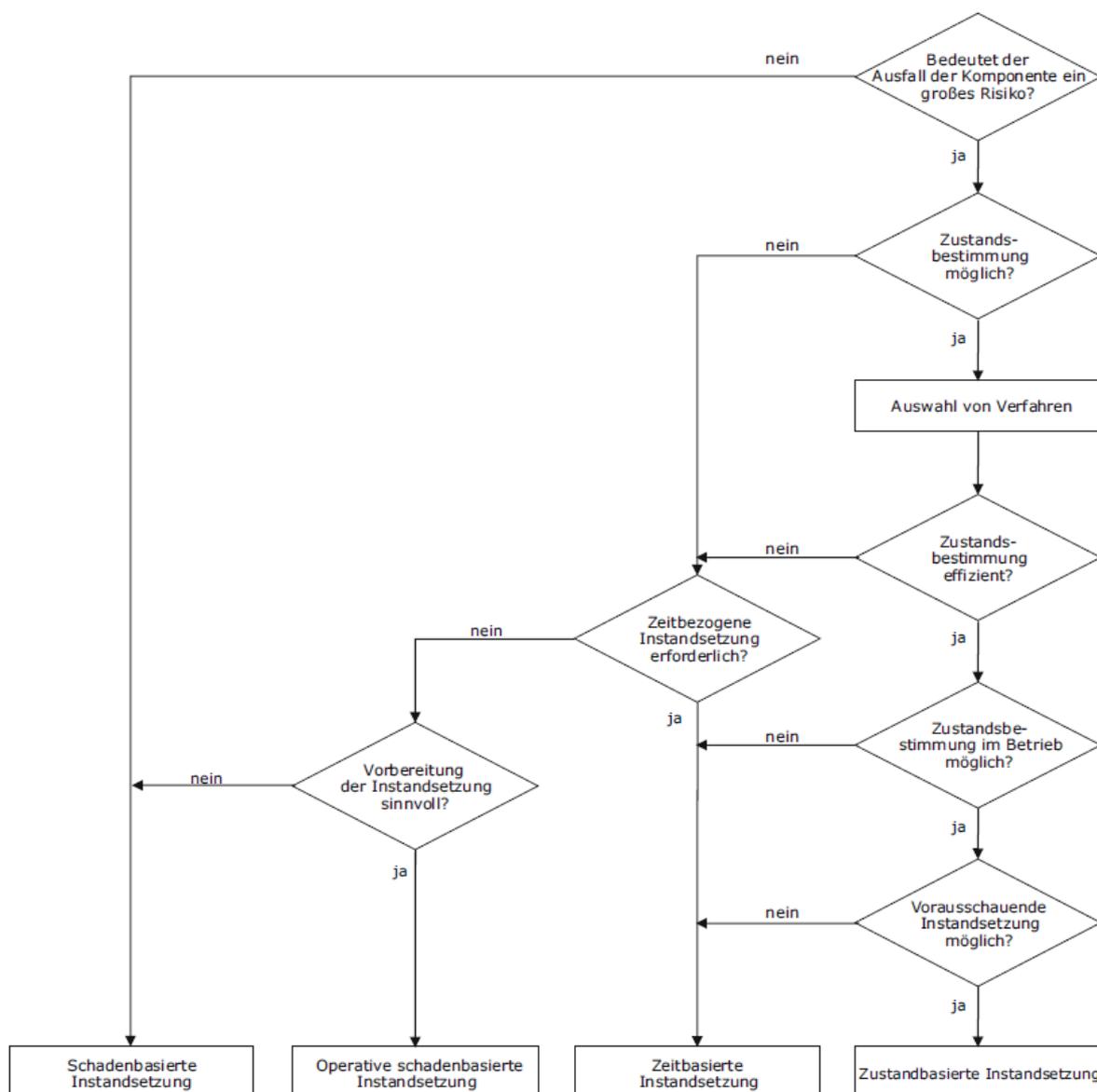


Abbildung 9: Entscheidungsbaum einer wissensbasierten Strategieauswahl. (Pawellek 2013:143)

Isopp (Isopp 2018) beschreibt den Auswahlprozess von Condition Monitoring auch über einen risikobasierten Ansatz und führt die Kostenbetrachtung erst in einem retrograden Ansatz nach Einfuhr der Condition Monitoring-Lösung durch. Im Ersten Schritt ist die Anlagenstruktur zu erheben. Danach werden durch eine vereinfachte Risikoanalyse (Häufigkeit und Konsequenz) die Fehlerquellen systematisch erkannt. Nach der Auswahl der Diagnosemethode aus technischer Sicht wird die CM-Methode einer Bewertung unterzogen. Bei Reduktion des Risikos (Häufigkeit und Konsequenz) ist eine CM-Lösung erzielt.

Neben der umfangreichen wirtschaftlichen Betrachtung zur Auswahl eines Verfahrens zur Zustandsbeurteilung und dem risikobasierten Ansatz konnten keine weiteren Methoden zur Auswahl von Zustandsbeurteilung in der Literatur gefunden werden. Ein vereinfachter Vergleich zur Auswahl unterschiedlichen Diagnosemethoden kann nicht getroffen werden.

## 2.5 Organisation der Instandhaltung

Um die notwendigen Instandhaltungstätigkeiten durchführen zu können, muss eine betriebliche Instandhaltung entsprechend organisiert sein. Die Organisation einer Instandhaltung kann in eine Aufbau- und eine Ablauforganisation eingeteilt werden.

Die Aufbauorganisation ist von der obersten Leitungsinstanz vorgegeben und bildet den Rahmen für Entscheidungen und Tätigkeiten im Instandhaltungsbereich. In der Ablauforganisation werden die Arbeitsverrichtungen unter Einhalt des Aufbaus detailliert gesteuert (Matyas 2010:62).

Merkmale einer Aufbauorganisation sind die Abteilungsgliederung und die Weisungsbefugnisse. Es kann zwischen Linien-, Stab-Linien-, Matrixorganisationssystemen und Mischformen unterschieden werden (Matyas 2010:62).

Im Rahmen der Ablauforganisation werden die Planung, Steuerung und Überwachung von Instandhaltungsmaßnahmen geregelt. Ziel der Abläufe ist es, die Tätigkeiten hinsichtlich Ausfallkosten und Instandhaltungskosten zu optimieren (Matyas 2010:69).

Aufgrund steigender Komplexität und Umfang werden EDV Systeme zur Effizienzsteigerung der Instandhaltungsplanung, Instandhaltungssteuerung und dem Instandhaltungscontrolling eingesetzt. Je nach Betriebs- und Anlagengröße sind schnell mehrere Tausende Instandhaltungsaufträge pro Jahr abzuwickeln. Ohne ein entsprechendes EDV-System ist dieser Aufwand nicht mehr vernünftig und wirtschaftlich zu bewältigen (Ladengruber 2014:40-41).

Um die Ressourcen eines Unternehmens möglichst effizient einzusetzen werden so genannte „Enterprise Resource Planning (ERP) Systeme“ eingesetzt. In diesen ERP Systemen ist die Unternehmensstruktur abzubilden. Es können Geschäftsprozesse unterschiedlicher Funktionsbereiche wie z.B. Controlling, Personalwirtschaft, Materialwirtschaft und Instandhaltung darin abgewickelt werden. Beispiele aktueller ERP-Systeme sind SAP, Microsoft Dynamics oder Infor (Ladengruber 2014:52-56).

## 3 Wien Energie

Die Wien Energie GmbH wurde 2001 gegründet. Mit einem Umsatz von 2.214,3 Millionen Euro im Jahr 2017 zählt Wien Energie zu den 30 umsatzstärksten Unternehmen Österreichs. Die Wien Energie GmbH ist eine 100-prozentige Tochtergesellschaft der Wiener Stadtwerke GmbH. Im Geschäftsjahr 2017 waren durchschnittlich 2.568 Mitarbeiter beschäftigt und es wurden 5.968 GWh Strom sowie 5.467 GWh Wärme produziert (Matusch 2017).

Mit der Integration der Tochtergesellschaft Fernwärme Wien in die Wien Energie GmbH im Jahr 2013 waren die Thermischen Abfallbehandlungsanlagen zusammen mit den Kraftwerksanlagen und den Fernheizwerken in Wien erstmals in einem Unternehmen unter einer Leitung organisiert. Nach Umstrukturierung der einzelnen Instandhaltungsorganisationen 2015 wurde die gesamte Instandhaltung aller Erzeugungsanlagen der Wien Energie GmbH zentral in einem Geschäftsbereich verwaltet.

### 3.1 Geschäftsbereich Asset Service (AS)

Organisatorisch ist die Wien Energie GmbH in 9 Geschäftsbereiche, 3 Bereiche und 2 Stabsstellen gegliedert. Das Unternehmen wird durch 3 Geschäftsführer geführt.

Die folgenden drei Geschäftsbereiche sind für Betrieb, Service und Entwicklung der Erzeugungsanlagen der Wien Energie GmbH verantwortlich:

- AM Asset Entwicklung und Management
- AB Asset Betrieb
- AS Asset Service

Das Geschäftsfeld Asset Service (AS) führt die Planung, Steuerung, Durchführung, Überprüfung und Dokumentation sämtlicher Instandhaltungsmaßnahmen in den Erzeugungsanlagen durch. Die Aufbaustruktur des Geschäftsfelds AS ist in der Abbildung 10 dargestellt.

Die Abteilung Auftragsplanung und –steuerung (ASP) ist in Planungsteams für die einzelnen Anlagenbereiche KWK Kraft-Wärme-Kopplung, KS Klärschlamm und Sondermüll, HW Hausmüll und Wärme und INFRA Infrastruktur sowie ein 4 Mann starkes Diagnostiker-Team gegliedert.

Die ausführenden Abteilungen sind in Service Erzeugungsanlagen (ASS), Instandhaltungsteams Erzeugungsanlagen (AST) und Infrastrukturservice (ASI) unterteilt. Die Abteilung ASS ist zentral organisiert. Es sind Spezialisten, die in allen Werken zum Einsatz kommen können. Die Abteilung AST besteht aus Instandhaltungsteams denen gewisse Anlagenbereiche an einem Standort zugeordnet sind. In diesen Teams ist sowohl mechanisches als auch elektrotechnisches Personal eingegliedert. Die Abteilung ASI ist in die Bereiche Kraftwerksanlagen und Müllverbrennungsanlagen geteilt.

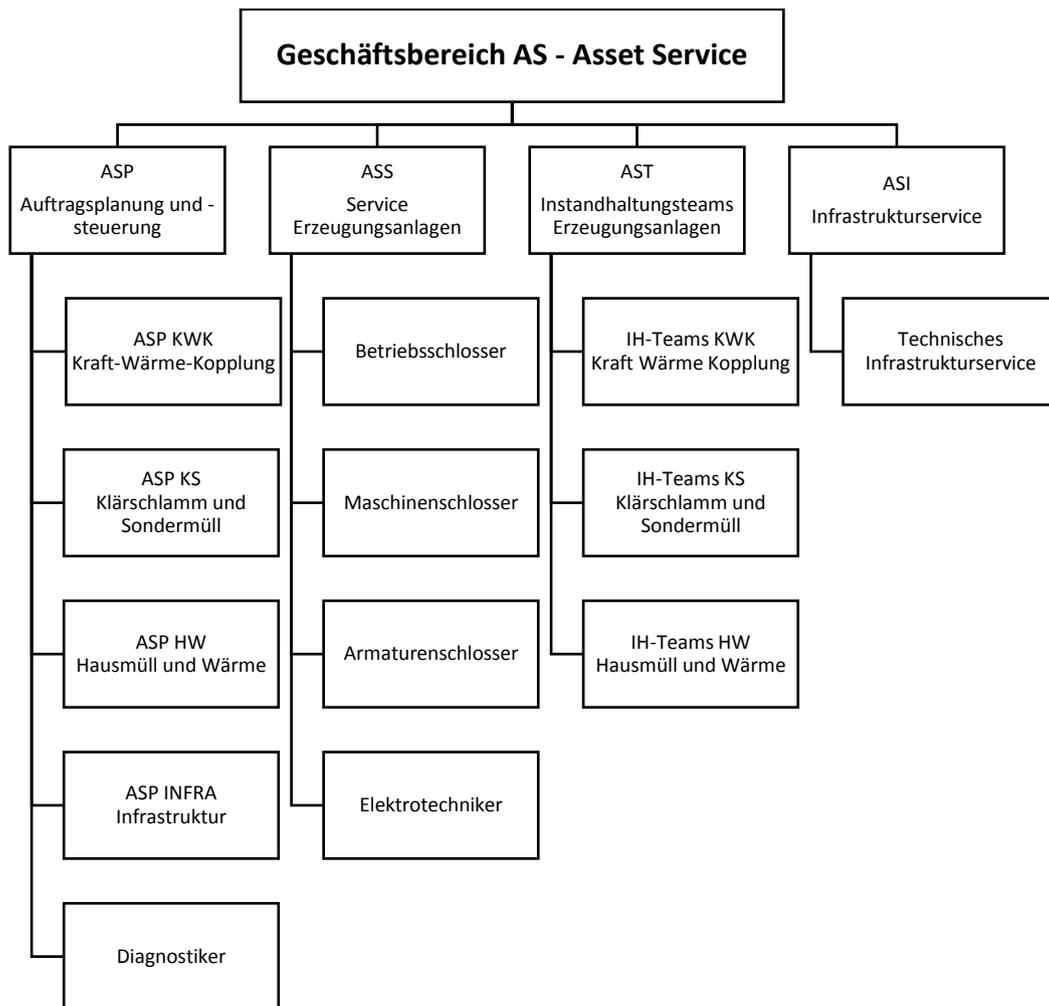


Abbildung 10: Organigramm Geschäftsbereich AS.

Sämtliche Tätigkeiten im Geschäftsbereich AS werden über ein Auftragssystem im SAP (ERP-System mehrerer Geschäftsbereiche) abgewickelt. Störmeldungen sowie geplante Tätigkeiten werden durch ASP-Personal den jeweiligen ausführenden Einheiten zugewiesen. Ursachenfeststellungen sowie kurzfristige Störungsbehebungen werden von den lokal anwesenden Instandhaltungsteams abgearbeitet. Zeitlich aufwändigere sowie vorgeplante Reparaturen werden von ASS durchgeführt. Diese Ablauforganisation der Instandhaltung wurde bereits 2011 in der Fernwärme Wien entwickelt.

In der Abteilung ASP wird Maschinendiagnose durch Planungspersonal eingeplant und durch Diagnostiker durchgeführt. Zustandsüberwachung wird in Form von Wartungsplänen oder Einzelaufträgen durchgeführt. Aus Wartungsplänen werden nach festgelegten Intervallen Aufträge erstellt.

## 3.2 Erzeugungsanlagen

Die Erzeugungsanlagen der Wien Energie GmbH können in die Anlagentypen Thermische Abfallbehandlungsanlagen, Kraftwerksanlagen, ein Biomassekraftwerk, Fernheizwerke und Pumpstationen sowie regenerative Erzeugungsanlagen unterteilt werden. Zu den regenerativen Erzeugungsanlagen gehören Wasserkraftwerke im In- und Ausland, Photovoltaikanlagen sowie Windkraftwerke. (Papp & Matusch 2017:16) Die Anlagentypen der regenerativen Energien sowie das Biomassekraftwerk werden in dieser Masterarbeit nicht betrachtet.

Zu den thermischen Abfallbehandlungsanlagen der Wien Energie GmbH gehören die MVA Spittelau, MVA Flötzersteig und die SMVA Simmeringer Haide. Die MVA Pfaffenau ist im Eigentum der WKU GmbH und wird von der Wien Energie GmbH betrieben und instand gehalten (Papp & Matusch 2017:17). Die Kapazität der thermischen Behandlungsanlagen in Wien beträgt 810.000 t/a. Das ist knapp ein Drittel der Gesamtkapazität aller thermischen Abfallbehandlungsanlagen Österreichs (Fuchs 2018:72).

Am Standort Simmering werden 3 Gaskraftwerke sowie ein Biomassekraftwerk (Eigentümer: 67% Wien Energie, 33% Österreichische Bundesforste) nach dem KWK-Prinzip betrieben. Am Standort Donaustadt wird ein weiteres Gaskraftwerk im KWK-Prinzip betrieben. Zusätzlich werden vier Fernheizwerke an den Standorten Spittelau, Leopoldau, Arsenal und Inzersdorf zur Fernwärmeproduktion betrieben (Papp & Matusch 2017:16-17)

In den folgenden Unterkapiteln werden die in die thermischen Erzeugungsanlagen der Wien Energie GmbH beschrieben.

### 3.2.1 MVA Flötzersteig

Die thermische Abfallbehandlungsanlage Flötzersteig wurde in den Jahren 1959-1963 von der Firma Simmering-Graz-Pauker AG (SGP) errichtet. Erster Betreiber dieser ältesten thermische Abfallbehandlungsanlage Österreichs war die MA48. Im Jahr 1985 übernahmen die Heizbetriebe Wien, ein Vorgängerunternehmen der Wien Energie, die Anlage (Wien Energie 2018a).

Tabelle 1: Kenndaten MVA Flötzersteig. (Papp & Matusch 2017)

Feuerung	Rostfeuerung	3 Verbrennungslinien
Kapazität	200.000.t/a	Gemischter Siedlungsabfall
Thermische Leistung	51 MW	AHK Fa. SGP
Elektrische Leistung	–	

Der Abfall wird bei der Anlieferung direkt in den Müllbunker eingebracht. Im Bunker wird der Abfall von zwei Brückenkränen mit 3 m<sup>3</sup> fassenden Mehrschalengreifern durchmischt und in die drei Müllschurren der Verbrennungslinien eingebracht. Über einen Zuteiler in der Müllschurre gelangt der Abfall auf den Gegenlauf-Überschubrost. In der Rostzone wird Primärluft und darüber wird Sekundärluft eingebracht. Jeder Feuerraum ist mit zwei

Gasbrennern mit je 11,5 MW bestückt. Dadurch wird eine vollständige Verbrennung des Abfalls beim An- und Abfahrprozess gewährleistet. Außerdem können die Verbrennungslinien nur im Gasbetrieb ohne Müllbeschickung zur Sicherstellung der Fernwärmeversorgung umliegender Großabnehmer betrieben werden. Nach der Nachbrennkammer ist ein Eckrohr-Naturumlauf-Dampfkessel bestehend aus Verdampfer, Überhitzer und Economizer nachgeschaltet. Der überhitzte Dampf wird mit 270 °C und 16 bar<sub>ü</sub> an das Dampfnetz für Großabnehmer geliefert. Nach dem Abhitzekessel wird im Ersten Wärmetauscher des Wärmeverschiebesystems das Rauchgas auf ca. 175 °C abgekühlt bevor es in den Gewebefilter eingeleitet wird. Bei Eintritt in den Gewebefilter wird Aktivkoks mit Asche eingeblasen, welche in Verbindung mit den festen Bestandteilen an der Teflon Membran abgeschieden werden. Nach dem Gewebefilter ist eine zweistufige Nasswäsche nachgeschaltet. Im ersten Kreuzstromwäscher werden Chlorwasserstoffe, Fluorwasserstoffe sowie Schwermetalle abgetrennt. Durch Zudosierung von Kalkmilch wird das Waschwasser auf einen pH-Wert von 1,1 gehalten. In der zweiten Wäscherstufe wird Schefeldioxid mit Hilfe von Natronlauge abgeschieden. Es herrscht ein pH-Wert von 6,5. Nach der Nasswäsche und einem Tropfenabscheider wird das Rauchgas vor der DeNOx im zweiten Wärmetauscher des Wärmeverschiebesystems von ca. 60 °C auf ca. 110 °C aufgeheizt. Die Rauchgase aller drei Verbrennungslinien werden in einem weiteren Dampf-Gas-Wärmetauscher auf 180 °C aufgewärmt, bevor in der DeNOx in einer Selektiven Katalytischen Reduktion das Stickstoffmonoxid zu Stickstoff reduziert wird. Weiters werden Dioxine und Furane zu Wasser, Kohlendioxid und Chlorwasserstoff umgewandelt bevor das Rauchgas in den Kamin geleitet wird. Am Ende der Abwasserbehandlungsanlage wird Filterkuchen sowie Reinwasser ausgeschleust (Broschüre Flötzersteig).

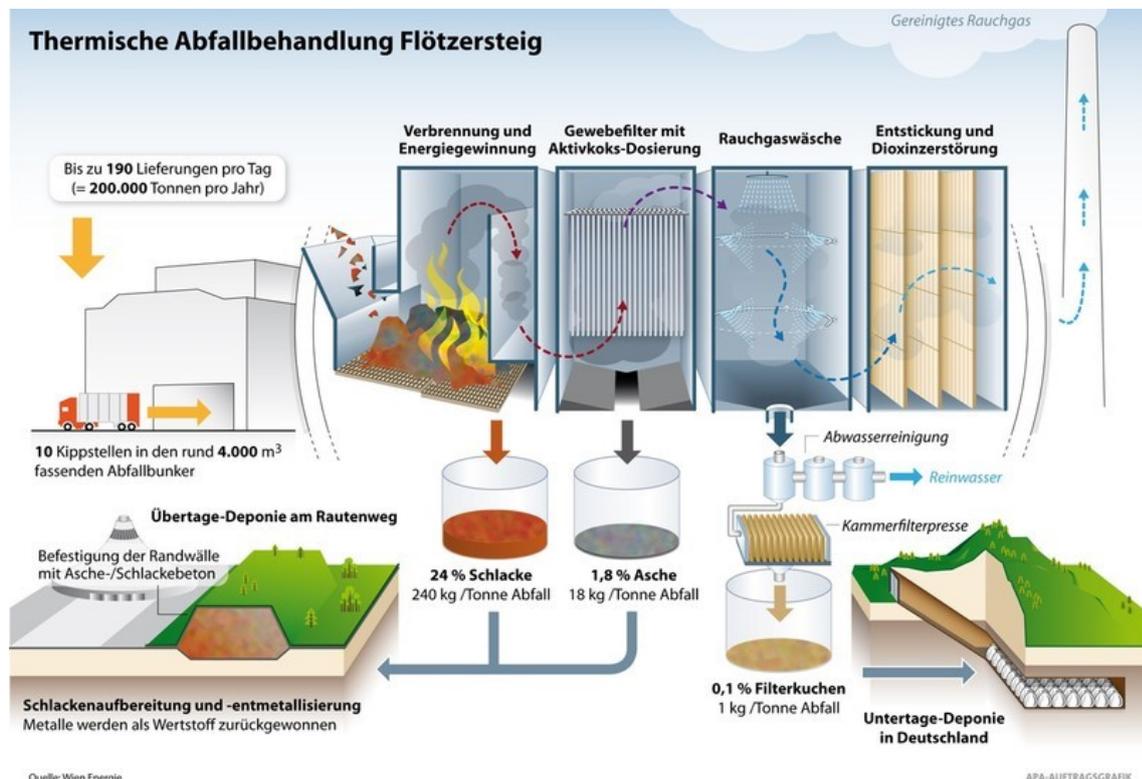


Abbildung 11: Verfahrensfliessbild MVA Flötzersteig. (Wien Energie 2018a)

### 3.2.2 MVA Spittelau

Die MVA Spittelau wurde in den Jahren 1966-1971 von der Firma Simmering-Graz-Pauker AG errichtet. Nach einem Brand im Jahr 1987 wurde die Anlage neu aufgebaut, wobei die Müllkessel nicht erneuert wurden. Im Rahmen dieses Neubaus wurde die Fassade der Anlage von Friedensreich Hundertwasser neu gestaltet. In den Jahren 2012 -2015 wurde die MVA Spittelau umgebaut und anlagentechnisch optimiert (Wien Energie 2018b).

Tabelle 2: Kenndaten MVA Spittelau. (Papp & Matusch 2017)

Feuerung	Rostfeuerung	2 Verbrennungslinien
Kapazität	250.000.t/a	Gemischter Siedlungsabfall
Thermische Leistung	60 MW	AHK Fa. Hitachi Power Europe
Elektrische Leistung	15 MW	1 Gegendruck-DT Fa. MAN

Die Siedlungsabfälle werden in einem Müllbunker mit einem Volumen von 7.000 m<sup>3</sup> zwischengelagert. Der vom 4 m<sup>3</sup> fassenden Müllgreifer abgeworfene Siedlungsabfall wird über einen Aufgabetrichter mittels Aufgabestößel auf den Vorschubrost in die Brennkammer eingebracht. Der etwa 10° zur Horizontalen geneigte Vorschubrost hat eine Förderleistung von 10 – 16 t/h. Primärluft wird über den Rost, Sekundärluft in der Brennkammer eingebracht. Unverbrannte Rückstände werden über den Nassentschlacker sowie den Plattenbandentschlacker in den Schlackebunker ausgetragen. Das Anfahren, der Warmhaltebetrieb und das Abfahren erfolgt mit zwei Gaszentralbrenner mit je einer Feuerungswärmeleistung von 15 MW. Der Dampfkessel ist ein Naturumlaufkessel bestehend aus Economiser, Verdampfer und Überhitzer und produziert Dampf mit den Parametern 400 °C und 40 bar. Zulässige Dampferzeugung ist 60 t/h pro Verbrennungslinie. Zur automatischen Abreinigung der Kessel sind Rußbläser sowie eine Kugelregenanlage installiert. Als erster Schritt der Rauchgasreinigung, die Entstaubung, ist ein Gewebefilter mit Kohledosierung zur Quecksilberabscheidung installiert. Die Nasswäsche besteht aus zwei Kreuzstromwäschern. In der ersten Wäscherstufe wird größtenteils HCl und HF abgeschieden. Es herrscht ein pH-Wert von 1. In der zweiten Wäscherstufe herrscht bei der Abscheidung von SO<sub>2</sub> durch Kalk ca. ein pH-Wert von 6. Nach der Nasswäsche ist eine DeNOx-Anlage als SCR eingebaut. Die Aufwärmung erfolgt über einen Gas-Gas-Wärmetauscher als Wärmeverschiebung sowie einen zusätzlichen Dampf-Gas-Wärmetauscher. Nach der Entsickung werden die Rauchgase über den Kamin abgeleitet.



Abbildung 12: Verfahrensfliessbild MVA Spittelau. (Wien Energie 2018b)

### 3.2.3 MVA Pfaffenau

Die thermische Abfallbehandlungsanlage Pfaffenau wurde von der Wiener Kommunal-Umweltschutzprojektgesellschaft mbH (WKU) projektiert, geplant und errichtet. Die WKU als 100%ige Tochter der Stadt Wien ist Eigentümer der seit 2008 in Betrieb befindlichen Anlage. Betriebsführung sowie Instandhaltungstätigkeiten werden von der Wien Energie GmbH als Dienstleistung durchgeführt (WKU 2018).

Tabelle 3: Kenndaten MVA Pfaffenau. [Umwelterklärung 17]

Feuerung	Rostfeuerung	2 Verbrennungslinien
Kapazität	250.000.t/a	Gemischter Siedlungsabfall und Sperrmüll
Thermische Leistung	60 MW	AHK Fa. AE&E
Elektrische Leistung	15 MW	1 Gegendruck-DT Fa. Siemens

Die Anlieferung der Abfälle in den Müllbunker erfolgt per LKW. Im Müllbunker wird ein Sperrmüllshredder betrieben. Die Mehrschalengreifer der zwei Brückenkräne haben einen Greiferinhalt von 8 m<sup>3</sup>. Über die zwei Müllschurren wird der Abfall auf den Verbrennungsrost der jeweiligen Verbrennungslinie beschickt. Die vollständige Verbrennung wird über die Primär- und Sekundärluft gesteuert. unverbrannte Rückstände werden über den Nassentschlacker ausgetragen. Der Nachbrennkammer ist der Abhitzekessel als Eintrommel-Naturumlaufdampfzeuger nachgeschaltet. Der entnommene Dampf aus dem Kesselkreislauf mit einer Temperatur von 400 °C und einem Nenndruck von 40 bar wird über

eine Entnahme-Gegendruckturbine entspannt. Die Restwärme wird ins Fernwärmenetz eingespeist. Die Verweilzeit der Rauchgase im Elektrofilter beträgt rund 16 s. Es wird Staub abgeschieden. Dem Elektrofilter ist eine zweistufige Nasswäsche nachgeschaltet. Zur effizienten Energienutzung ist ein Wärmeverschiebesystem als Gas-Gas-Wärmetauscher installiert. In der dritten von vier Rauchgasreinigungsstufen werden die Rauchgase über den Aktivkohlefilter geleitet. Durch die spezifische Oberfläche von 300 – 400 m<sup>2</sup>/g der Aktivkohle werden organische Schadstoffe adsorbiert. Die DeNOx-Anlage ist als SCR aufgebaut. Im Kamin werden die Rauchgase beider Verbrennungslinien abgeleitet (WKU GmbH o.j.).

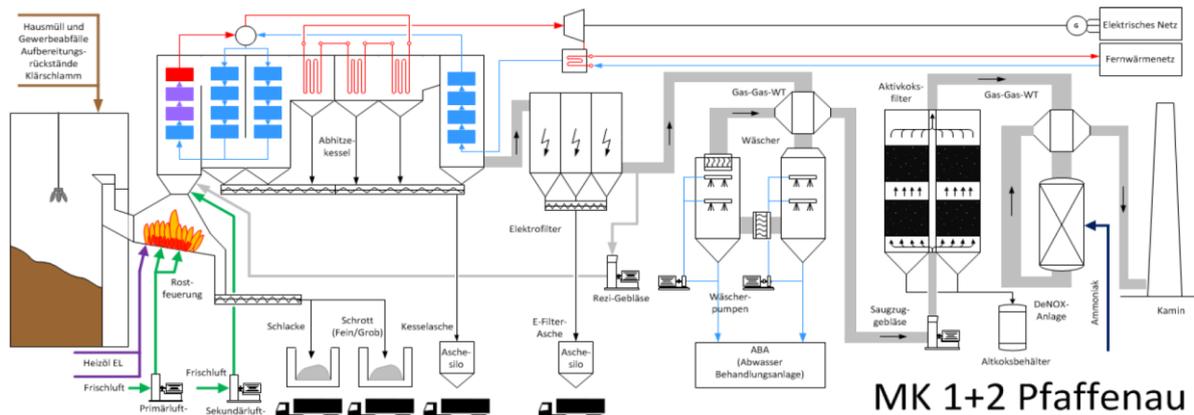


Abbildung 13: Verfahrensfließbild MVA Pfaffenau. (Wien Energie 2018e)

### 3.2.4 SMVA Simmeringer Haide

Im Jahr 1980 nahmen die Entsorgungsbetriebe Simmering EbS am heutigen Standort ihren Betrieb auf. Es wurden zwei Wirbelschichtöfen zur thermischen Beseitigung von Klärschlamm sowie zwei Drehrohröfen zur thermischen Beseitigung von Sondermüll in Betrieb genommen. Der Klärschlamm stammt von der gegenüberliegenden Hauptkläranlage Wien. Zwei weitere Wirbelschichtöfen wurden 1992 (WSO3) und 2003 (WSO4) in Betrieb genommen (vgl. Wien Energie 2018c, Rolland & Grech 2001:31, Böhmer et al. 2007:6).

Tabelle 4: Kenndaten SMVA Simmeringer Haide. (Papp & Matusch 2017)

Feuerung	Wirbelschicht	4 Verbrennungslinien
	Drehrohr	2 Verbrennungslinien
Kapazität	200.000 t/a	Siedlungsabfall und gef. Abfall
	225.000 t/a	Klärschlamm
Thermische Leistung	75 MW	AHK Fa. SGP/AE&E und RAFAKO
Elektrische Leistung	9 MW	2 Gegendruckt-DT Firma SGP

In der Sondermüllverbrennungsanlage Simmeringer Haide werden zu den einzelnen Verbrennungslinien Drehrohrofen 1-2 und Wirbelschichtöfen 1-4 die folgenden übergeordneten Anlagenkomponenten betrieben.

### **Tanklager**

Zur Lagerung von Brennstoffen und flüssigen Abfällen wird ein Tanklager mit einer Lagerkapazität von 3.600 m<sup>3</sup> betrieben (Ramer 2007:38).

### **Shredder-Anlage**

Es wird eine Rotorschere zur mechanischen Zerkleinerung von sperrigem Industrie- und Gewerbeabfall betrieben. Die Anlage hat eine Kapazität von 20.000 t/a und hat eine maximale Output-Kantenlänge von max. 80 mm (Ramer 2007:43).

### **Energietrakt**

Es wird überhitzter Dampf aller Verbrennungslinien im Werk (350 °C, 52 bar) im Energietrakt an zwei Entnahme-Gegendruckturbinen entspannt. Der erzeugte Strom wird zur Deckung des Eigenbedarfs eingesetzt. Die Restwärme wird im Kraft-Wärme-Kopplungsprozess im Fernwärmenetz genutzt (Stari 2012).

### **Abwasserbehandlungsanlage**

Die anfallenden Abwässer im Werk Simmeringer Haide werden in einer zentralen Abwasserbehandlungsanlage vorgereinigt, bevor sie in die Hauptkläranlage eingeleitet werden. Die Reinigung erfolgt durch Schwerkraftabscheidung, Neutralisation, Flockung und Fällung (Ramer 2007:20).

### **Sammel-DeNOx**

Seit 2006 werden die Rauchgase der Verbrennungslinien Drehrohrofen 1 - 2 und der Wirbelschichtöfen 1 - 3 über eine Sammel-DeNOx geleitet. Das Rauchgas wird auf 180 °C aufgeheizt, Ammoniakwasser eingedüst und über keramische Wabenkatalysatoren (SCR) geleitet (Böhmer et al. 2007:132-133).

Die Abgetrennte Flugasche wird in Aschesilos gesammelt.

Die Kessel- und E-Filter-Asche aus den Verbrennungslinien wird in die Aschesilos pneumatisch gefördert und zwischengelagert. Die Asche wird in die Behandlungsanlage für Verbrennungsrückstände der MA48 am Standort Rinterzelt vorbehandelt, bevor sie in die Deponie Rautenweg eingebracht wird. Die Asche der Drehrohrofen wird in Untertagedeponien für gefährliche Abfälle außerhalb Österreichs abgelagert (Stadt Wien 2018a).

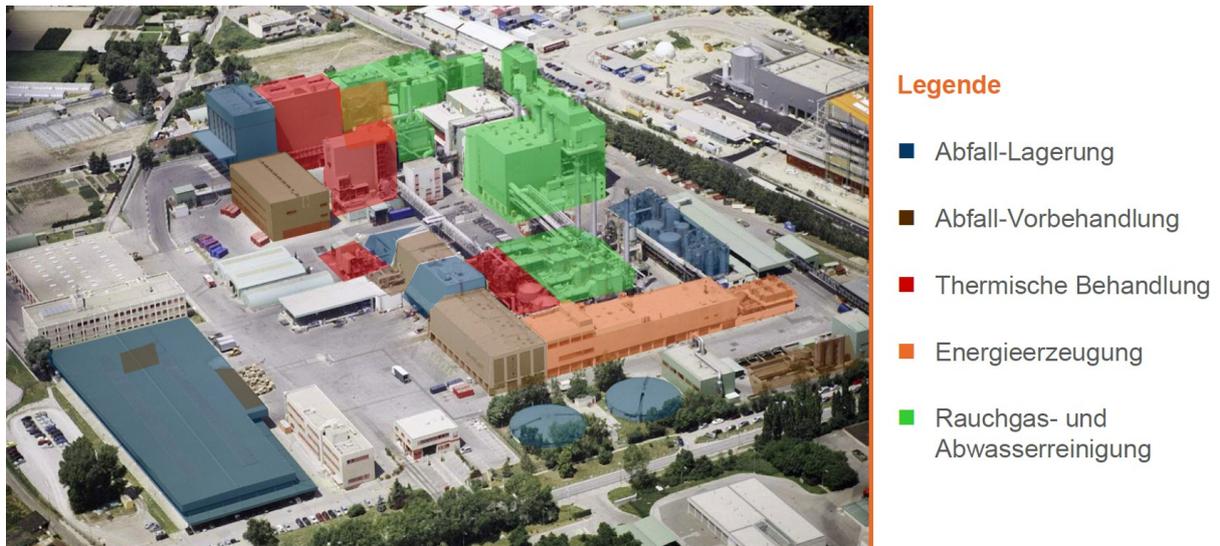


Abbildung 14: Anlagenpark Simmeringer Haide gegliedert in Funktionsbereiche. (Ramer 2007:12)

### 3.2.4.1 Drehrohrofen 1-2

In den Drehrohröfen werden gefährliche und nicht gefährliche Abfälle verbrannt. Es wird ein Müllbunker betrieben. Sondermüllfässer können direkt oder homogenisiert mit Bunkermüll beschickt werden. Es wird ein Fasslager mit einer Kapazität von 8.000 Fässer betrieben. Infektiöser Spitalmüll wird direkt über ein separates Beschickungssystem mit einer Lagerkapazität von 2.000 Fässern eingebracht. Flüssige Abfälle werden über Brennerlanzen in das Drehrohr eingebracht. Jedes der Drehrohre hat eine Kapazität von 50.000 t/a Abfälle.

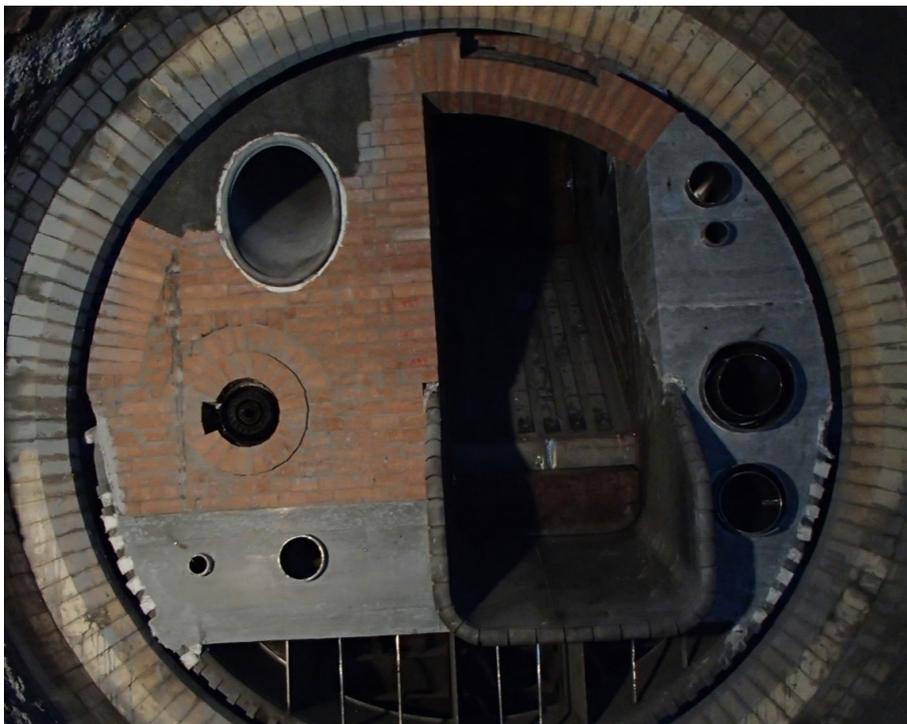


Abbildung 15: Ansicht Stirnwand drehrohrseitig – Drehrohrofen2.

Die Verbrennungsluft wird als Primärluft in der Stirnwand und über der Nachbrennkammer als Sekundär-/Tertiärluft eingebracht. Der Stahlmantel des Drehrohrs hat einen Außendurchmesser von 4,5 m und eine Länge von 12 m. Ausgebrannte Schlacke wird im Nassentschlacker schlagartig abgekühlt und über ein Plattenband ausgetragen. Der Abhitzekessel ist ein Naturumlaufkessel mit einer Leistung von 27 t/h überhitzten Dampf.

Die Rauchgasreinigung besteht aus folgenden Anlagenkomponenten:

- E-Filter
- zweistufigen Nasswäsche
- Aktivkohleadsorber
- Linienübergreifende Sammel-DeNOx.

Im E-Filter wird eine Gleichspannung von 40 kV zwischen den Elektroden zur Abscheidung von Asche angelegt. Die Asche aus dem Abhitzekessel und dem E-Filter wird über eine pneumatische Förderung in den Aschesilo gefördert. Die Nasswäsche wurden in den Verbrennungslinien DRO 1 & 2 in den Jahren 2011 bzw. 2012 erneuert und besteht aus zwei Kreuzstromwäschern. Das Wärmeverschiebesystem ist in Form von Wasser-Gas-Wärmetauschern ausgeführt (Stubenvoll et al. 2002, Ramer 2007, Handbuch DRO1+2).

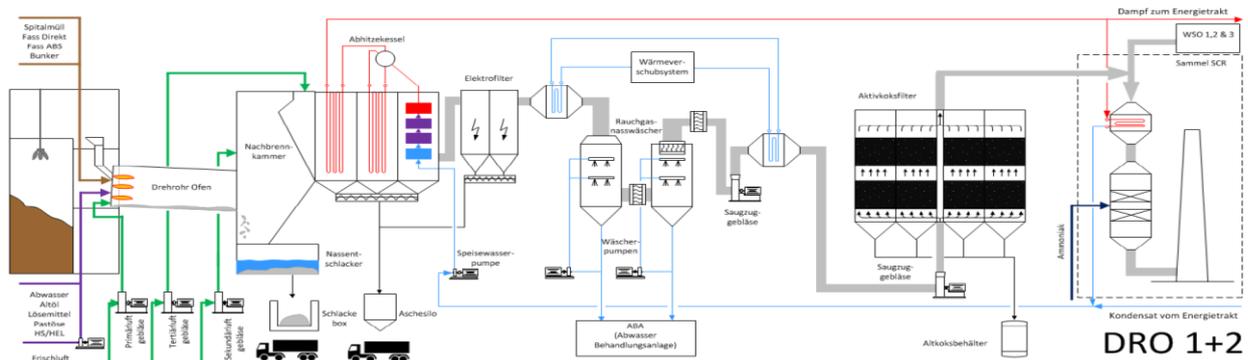


Abbildung 16: Verfahrensschema DRO. (Wien Energie 2018f)

### 3.2.4.2 Wirbelschichtofen 1 - 3

Der zur Verbrennung angelieferte Klärschlamm wird mit einer Trockensubstanz von durchschnittlich 3,5 % übernommen. Der Klärschlamm wird mit Zentrifugen eingedickt und mittels Dickstoffpumpen in die Wirbelschichtöfen eingebracht. Die Kapazität der Verbrennungslinien WSO 1 – 2 beträgt 65.000 t/a und der Verbrennungslinie WSO 3 100.000 t/a Dickschlamm. Die Wirbelschichtöfen WSO 1 – 3 sind als stationäre Wirbelschichtöfen ausgeführt. Es wird Quarzsand durch vorgewärmte Luft fluidisiert. Auf diese Wirbelschicht wird der eingedickte Klärschlamm eingebracht. Dieser verbrennt mit 850 °C. Es wird bei den Linien WSO 1 & 2 Ersatzbrennstoff dem Dickschlamm beigemischt. Beim WSO 3 wird Ersatzbrennstoff direkt in den Reaktor eingeblasen. In den Verbrennungslinien WSO 1 & 2 wird zusätzlich abgezogener Aktivkoks aus den Aktivkohleadsorber im Werk Simmeringer Haide und der MVA Pfaffenau verbrannt. Die Abhitzekessel sind als Naturumlaufkessel

ausgeführt und haben in den Linien WSO 1 & 2 eine Leistung von 16 t/h und beim WSO 3 26 t/h.

Die Rauchgasreinigung besteht aus folgenden Anlagenkomponenten:

- E-Filter
- vierstufige Nasswäsche
- Aktivkohleadsorber
- Linienübergreifende Sammel-DeNOx.

Der E-Filter sowie die Entaschung sind gleich aufgebaut, wie bei den Drehrohr-Verbrennungslinien. Die Nasswäsche besteht aus zwei Kreuzstromwäschern, einem Venturiwäscher sowie einem Elektroventuri. Die beiden Venturiwäscher werden in allen drei Verbrennungslinien nicht betrieben und werden nur durchströmt (Rolland & Grech 2001, Ramer 2007).

Ausblick: Die Erneuerung der Nasswäsche in den Verbrennungslinien WSO 1 & 3 wird zur Zeit geplant. Aufgrund des Projekts Energie-Optimierung-Schlammbehandlung EOS der EBS Wien Hauptkläranlage wird künftig weniger Klärschlamm mit geringerem Heizwert angeliefert werden. Eine zusätzliche Klärschlamm-trocknung wird projiziert, sodass Klärschlamm weiterhin ohne Stützfeuerung verbrannt werden kann. Die Trocknungsstufe soll aus einem mit Dampf betriebenen Dünnschichttrockner bestehen. Die Einstellung der Verbrennungslinie WSO2 wird angedacht. Langfristig werden die verbleibenden WSO 1 & 3 auf Klärschlammmonoverbrenner für eine Phosphorrückgewinnung umgestellt (Kleinhansl 2018).

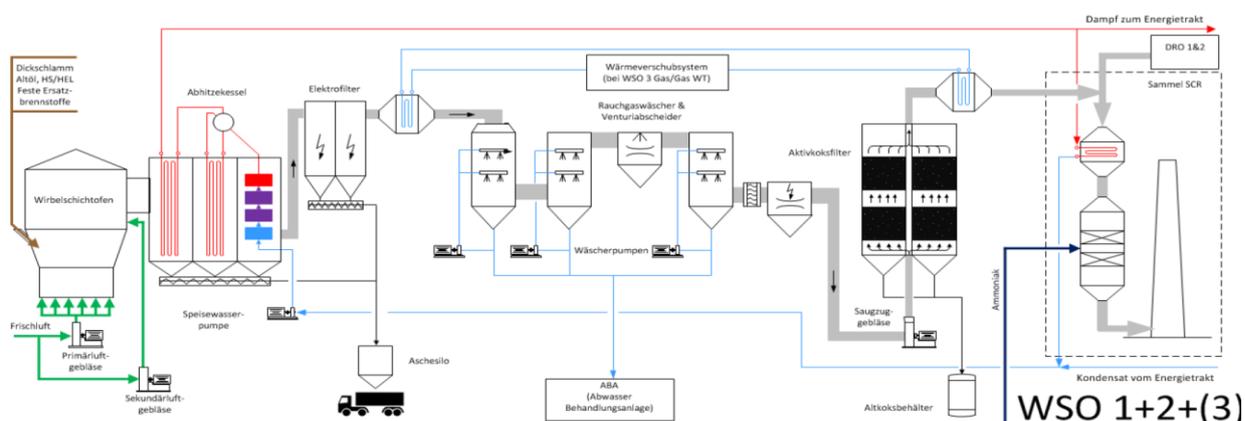


Abbildung 17: Verfahrensfliessbild WSO 1,2,(3). (Wien Energie 2018d)

### 3.2.4.3 Wirbelschichtofen 4

Der WSO 4 ist ein stationärer Wirbelschichtreaktor mit Bettascheaustrag und hat im Kombibetrieb eine Kapazität von ca. 90.000 t/a aufbereiteten Siedlungsabfall und ca. 20.000 t/a Dickschlamm. Der aufbereitete Siedlungsabfall stammt aus dem angrenzenden Abfalllogistikzentrum Pfaffenau und wird über ein 120 m langes Förderband angeliefert. Im Abfalllogistikzentrum werden Siedlungsabfälle mechanisch zerkleinert, klassiert und es

werden Metalle abgeschieden. Der Abfall wird im Müllbunker mit 1.500 t Lagerkapazität gelagert und mit 4 m<sup>3</sup> fassenden Mehrschalengreifern umgelagert und in die Müllschurren eingebracht. Die Behandlungstemperatur im Wirbelschichtreaktor hat 630 °C und steigt bis zum Ofenkopf auf über 850 °C. Der Abhitzekessel hat eine Leistung von 46 t/h.

Die Rauchgasreinigung des WSO 4 besteht auf folgenden Anlagenkomponenten:

- Elektrofilter
- zweistufige Nasswäsche
- Aktivkohleabsorber
- SCR Entstickungsanlage

Die Nasswäsche besteht aus zwei Kreuzstromwäschern. Im Nasswäscher 1 herrscht im Waschwasser ein pH-Wert von 1 und im Nasswäscher 2, der Gipsstufe, ein pH-Wert von 4. Die Wärmeverschiebung im Rauchgasreinigungsprozess wird mittels Gas-Gas-Wärmetauscher durchgeführt (vgl. Stadt Wien 2018b, Ramer 2007).

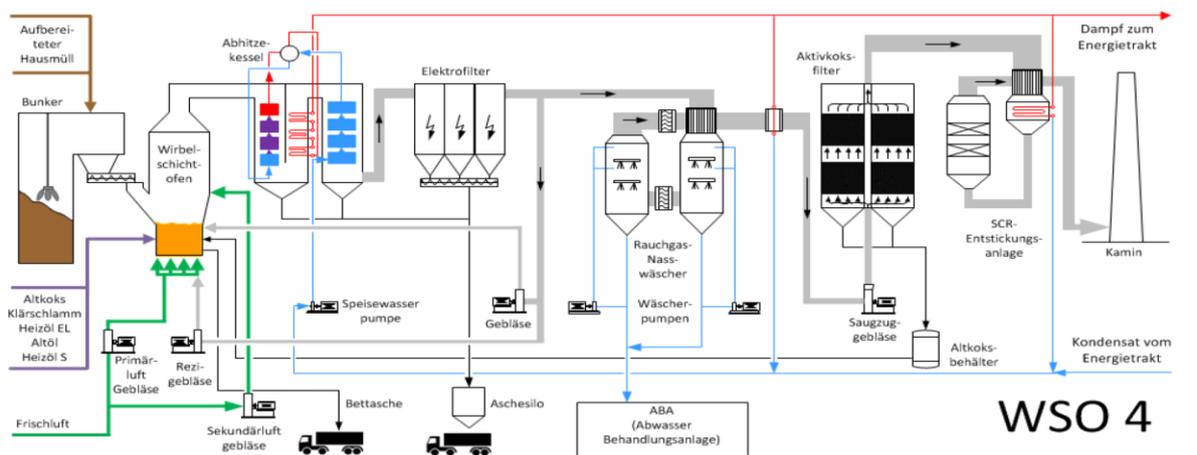


Abbildung 18: Verfahrensfließbild WSO4. (Wien Energie 2018g)

### 3.2.5 Kraftwerk Simmering

Im Jahr 1902 wurde erstmals am Kraftwerksstandort Simmering Strom produziert. Heute werden am Kraftwerksstandort auf einer Fläche über 300.000 m<sup>2</sup> drei Kraftwerksanlagen, ein Biomassekraftwerk, ein Wärmespeicher, ein Kleinwasserkraftwerk, eine Photovoltaikanlage sowie das größte Fernwärme-Verteilzentrum Europas betrieben (Broschüre Simmering). 2019 wurde eine neue Großwärmepumpe in Betrieb genommen, die aus dem Rücklauf der KWK-Anlagen Fernwärmewasser erzeugt.

Tabelle 5: Kenndaten Kraftwerksstandort Simmering. (Papp & Matusch 2017:16)

Anlagen Kraftwerksstandort Simmering	Thermische Leistung	Elektrische Leistung
KWK-Anlage Simmering 1	450 MW	710 MW
KWK-Anlage Simmering 2	150 MW	63 MW
KWK-Anlage Simmering 3	350 MW	365 MW

Der Kraftwerksblock Simmering 1 besteht in seiner heutigen Form seit 2008 und ist das leistungsstärkste Kraftwerk in Wien. Es werden zwei Gasturbinen mit einer gemeinsamen Dampfturbine als Kraft-Wärme-Kopplung betrieben (Papp & Matusch 2017:23). Die Gasturbinen haben je eine Nennleistung von 274 MW. Im Abhitzeessel werden bei Volllast 400 t/h Dampf erzeugt mit 120 bar<sub>ü</sub> und 535 °C. Die Nennleistung der Dampfturbine beträgt 280 MW (Kraftwerksdaten 2015).

Der Kraftwerksblock Simmering 2 besteht seit 1977 und wurde 2007 modernisiert. Er wird nur mit einer Gasturbine mit einer Nennleistung von 63 MW betrieben. Es können im KWK-Betrieb bei Volllast 150 MW Fernwärme ausgekoppelt werden. Dieser Block wird nur zur Abdeckung von Bedarfsspitzen eingesetzt (Papp & Matusch 2017; Kraftwerksdaten 2015).

Der Kraftwerksblock Simmering 3 ist in seiner heutigen Form bereits seit 1992 in Betrieb. Es ist eine Gasturbine mit einer Nennleistung von 82 MW installiert. Im Kessel kann neben Erdgas auch Heizöl schwer verbrannt werden. Der Kessel hat eine Dampfleistung von 985 t/h Dampf mit 213 bar<sub>ü</sub> und 540°C. Der Kessel ist ein Zwangsdurchlaufkessel. Zur Rauchgasreinigung werden eine SCR-Entstickungsanlage, ein E-Filter sowie eine Rauchgasentschwefelungsanlage in Form eines fünfstufigen Sprühabsorbers betrieben. Es werden dabei bis zu 7.000 kg Gips pro Stunde erzeugt. Die Dampfturbine hat eine Nennleistung von 340 MW (Papp & Matusch 2017, Kraftwerksdaten 2015, Böhmer et al. 2003).

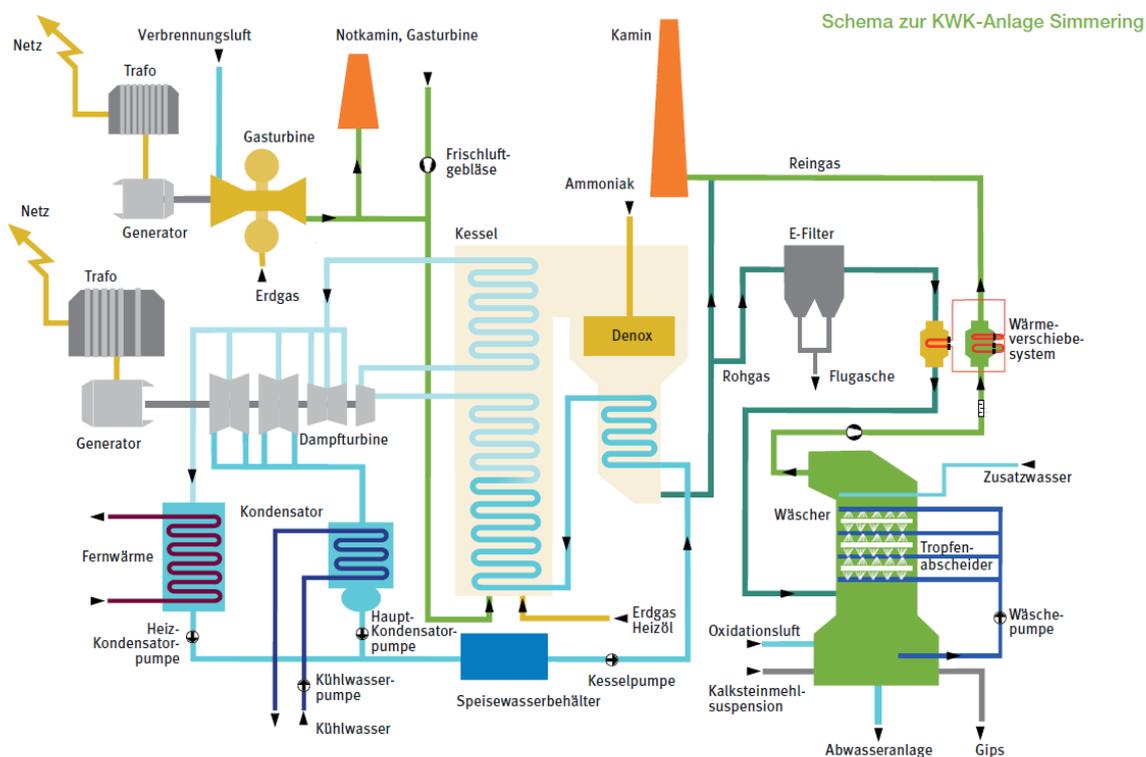


Abbildung 19: Verfahrensschema KWK-Anlage Simmering 3. (Papp & Matusch 2017:24)

### 3.2.6 Kraftwerk Donaustadt

Der Kraftwerksblock am Standort Donaustadt wurde 2001 in Betrieb genommen und ist eine der modernsten Kraftwerksanlagen Österreichs. Am Standort ist seit 2012 ein Solarkraftwerk in Betrieb (Papp & Matusch 2017:30).

Tabelle 6: Kenndaten Kraftwerk Donaustadt. (Papp & Matusch 2017:30)

Kraftwerksstandort Donaustadt	Thermische Leistung	Elektrische Leistung
KWK-Anlage Donaustadt	250 MW	395 / 347 MW

Es wird eine Gasturbine betrieben, die bei reiner Stromerzeugung eine Nennleistung von 395 MW hat. Im KWK-Betrieb werden 347 MW elektrisch sowie 250 MW Fernwärmeleistung erzeugt. Dabei kann der Wirkungsgrad zur eingesetzten Brennstoffwärmeleistung auf über 86% gesteigert werden. Im Abhitzeessel werden bei Vollast 270 t/h Frischdampf mit 110 bar<sub>0</sub> und 550 °C erzeugt (Papp & Matusch 2017).

### 3.2.7 Fernheizwerke

Zur Abdeckung der Spitzenlast in der Fernwärmeproduktion werden Heißwasser-Spitzenkessel betrieben. Diese Spitzenkessel werden vom Standort Spittelau aus geregelt und können ohne ständige Beaufsichtigung betrieben werden (Papp & Matusch 2017).

Tabelle 7: Kenndaten Fernheizwerke. (Papp & Matusch 2017:41)

Fernheizwerke	Thermische Leistung	Elektrische Leistung
Spittelau	340 MW	–
Leopoldau	230 MW	–
Arsenal	340 MW	–
Inzersdorf	340 MW	–

Es werden an den Standorten Spittelau, Arsenal und Inzersdorf je zwei und am Standort Leopoldau ein Heißwasserkessel betrieben. Ein Heißwasserkessel HWK hat eine Wärmeleistung von 170 MW und kann optional mit Gas oder Heizöl leicht betrieben werden. Der Wasserdurchsatz beträgt zwischen 2.200 und 2.400 t/h und die Vorlauftemperatur in das Fernwärmenetz beträgt ca. 170 °C. Zusätzlich werden am Standort Leopoldau seit 2014 zwei Dreizugkessel betrieben. Diese haben je eine Wärmeleistung von 30 MW (Papp & Matusch 2017).

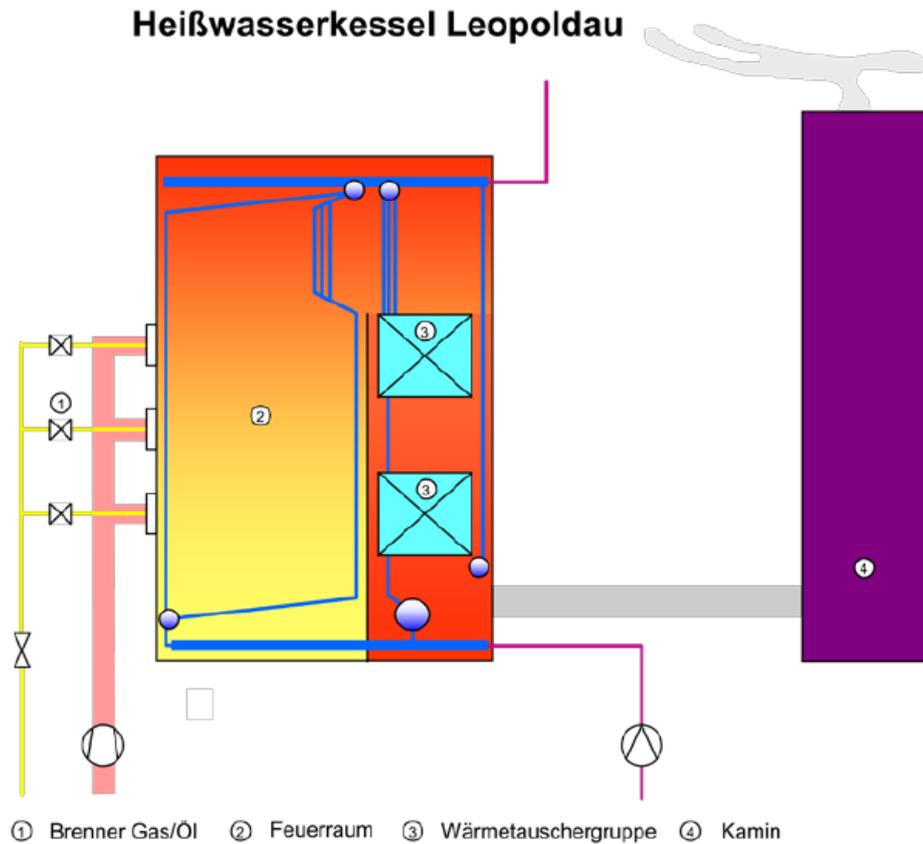


Abbildung 20: Verfahrensfliessbild HWK Leopoldau. (Radosztits o.J.:3)

Zum Betreiben des Fernwärmenetzes sind Pumpstationen an mehreren Standorten in Wien installiert.

## 4 Grundlagen der Maschinendiagnose

Zur Zustandsbewertung von Maschinen für eine zustandsorientierte Instandhaltung kommen unterschiedliche Diagnoseverfahren zum Einsatz. Die Grundlagen der einzelnen Verfahren können in physikalische und chemische Methoden unterteilt werden. Die Folgenden Methoden werden in diesem Kapitel beschrieben:

- Zerstörungsfreie Werkstoffprüfung
- Thermische Diagnoseverfahren
- Schwingungsanalyse
- Schallemissionsanalyse
- Partikel- und Betriebsmediendiagnostik
- Prozessparameterdiagnose

Die einzelnen Verfahren, die in der Wien Energie GmbH zum Einsatz kommen, werden im Kapitel 5 beschrieben.

Der Mensch kann mit seinen biologischen Sensoren sämtliche physikalischen und chemischen Erscheinungen, die in den Methoden beschrieben werden, detektieren. Bei der menschlichen Sensorik handelt es sich um eine subjektive Wahrnehmung, die stark von der Erfahrung des Technikers abhängt. In manchen Bereichen werden menschliche Eigenschaften für die technische Diagnostik nach wie vor genutzt (Sturm & Förster 1990:82).

### 4.1 Zerstörungsfreie Werkstoffprüfverfahren

Werkstoffprüfverfahren diagnostizieren den Werkstoffzustand. In der betrieblichen Praxis zur Zustandsbeurteilung von Maschinen kommt mehrheitlich die zerstörungsfreie Werkstoffprüfung zum Einsatz. Materialprobeentnahmen für eine zerstörende Prüfung bedeuten einen Eingriff in die Anlage. Es kann in der zerstörungsfreien Werkstoffprüfung zwischen Volumetrischen Prüfverfahren und Oberflächenprüfverfahren unterschieden werden. Es kommen einzelne physikalische Methoden in beiden Verfahren zum Einsatz (Sturm & Förster 1990:93, 100-101).

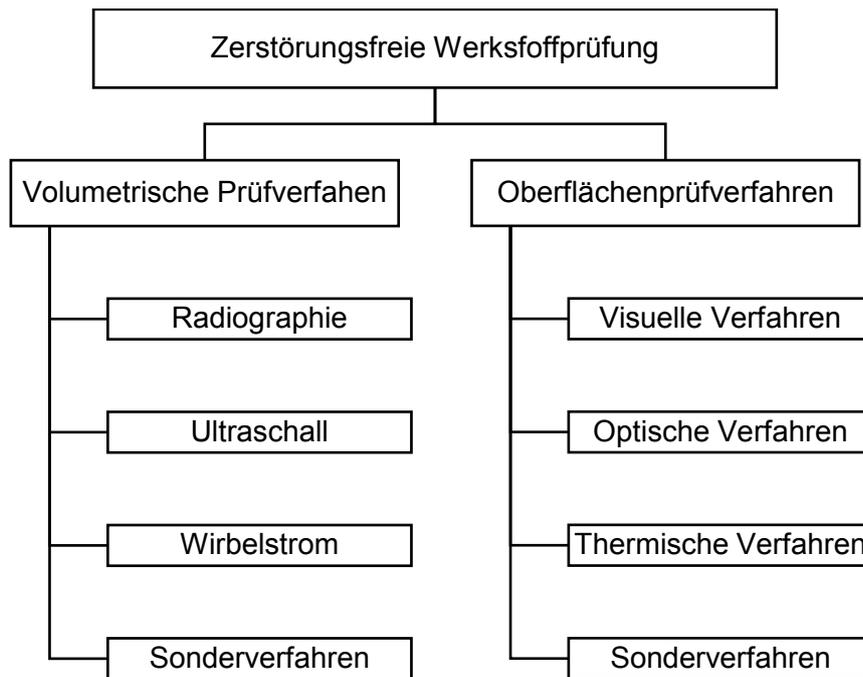


Abbildung 21: Zerstörungsfreie Werkstoffprüfverfahren nach Sturm & Förster 1990:100.

#### 4.1.1 Volumetrische Prüfverfahren

##### Radiographische Prüfverfahren

Röntgen-, Gamma-, oder Neutronenstrahlen werden beim Durchgang von Materie geschwächt. Die Strahlung wird bei Fehlerstellen anders geschwächt, als im fehlerfreien Material. Nach dem Werkstück wird die Strahlungsverteilung durch ein Aufnahmemedium wie z.B. ein Röntgenfilm aufgezeichnet. Beim Einsatz dieses Prüfverfahrens sind Strahlenschutzmaßnahmen zu treffen. Dieses Verfahren kommt zur Beurteilung von Materialfehlern zum Einsatz. Häufige Anwendung ist die Prüfung von Schweißverbindungen bei Neufertigung (Sturm & Förster 1990:93, 108-114).

##### Werkstoffprüfung mit Ultraschall

Die Werkstoffprüfung mit Ultraschall ist ähnlich den radiographischen Prüfverfahren, jedoch werden Schallimpulse emittiert. Es wird die Laufzeit oder Intensität zur Bestimmung von Materialdicken gemessen. Dieses Verfahren ist preiswerter und es können dickere Materialien auch gemessen werden. Außerdem sind keine Maßnahmen des Arbeitsschutzes notwendig (Sturm & Förster 1990:93, 115-120).

##### Wirbelstromverfahren

Beim Wirbelstromverfahren nutzt man die Beeinflussung von magnetischen Feldern durch metallische Körper. Fehlerbehaftete und fehlerfreie metallische Körper haben unterschiedlichen Einfluss. Diese Methode dient zur Vermessung von Rissen, zu Gefüge- und

Legierungsprüfungen sowie zu Wandstärkenmessungen von ca. 1 – 5 mm (Sturm & Förster 1990:93, 120-124).

### 4.1.2 Oberflächenprüfverfahren

Der Oberflächenzustand von Bauteilen wird durch Farbe, Form und Lage charakterisiert. Schädigungsprozesse verursachen Veränderungen dieser Merkmale (Sturm & Förster 1990:132). Die Oberflächenprüfverfahren können in Visuelle, Optische und Thermische Verfahren unterschieden werden. Die Thermischen Diagnoseverfahren werden in Kapitel 4.2.2 beschrieben.

Als visuelle Prüfung versteht man die Beurteilung von Oberflächenzuständen. Das Auge des Menschen dient als Sensor für die visuelle Wahrnehmung. Als optisches Verfahren bezeichnet man die Wandlung der optischen Information in elektrische Signale. Durch die selektive Auswertefähigkeit und Kombinationsfähigkeit des Menschen war die visuelle Prüfung einer automatischen Bildverarbeitung zur Erkennung von Schädigungsbildern lange überlegen (Sturm & Förster 1990:132-138). Durch die Verfügbarkeit von qualitativ hochwertigen und günstigen Sensorsystemen sowie der Zunahme der Leistungsfähigkeit von Rechnersystemen hat die automatische Bildverarbeitung stark an Bedeutung gewonnen und kann als zukunftssträchtige Disziplin angesehen werden (Puente León & Heizmann 2010:5).

Zur Begutachtung von Oberflächen können auch Hilfsmittel zur Schaffung der Zugänglichkeit benutzt werden. Eine bewährte Methode ist die Inspektion mittels Endoskop (Sturm & Förster 1990:132). Die Aufnahme von Bildern oder Videos durch Drohnen für Inspektionen gewinnen zunehmend an Bedeutung.

## 4.2 Thermische Diagnoseverfahren

Prozesse in Maschinen und Anlagen sind mit Energieumwandlung verbunden. Bei konstanten Umgebungsbedingungen stellt sich ein thermisches Gleichgewicht zwischen Objekt und Umgebung ein. Schädigungen können Auswirkungen auf den Energiehaushalt des Systems haben. Man spricht von der „Thermodynamik des Defekts“. In Tabelle 8 sind die Erscheinungsformen mit praktischen Beispielen für Temperaturänderungen aufgrund von Schädigungen angeführt. (Sturm & Förster 1990:173)

Tabelle 8: Erscheinungsformen der Schädigung als Ursache für Temperaturänderungen. (Sturm & Förster 1990:172)

Erscheinungsform	Praktische Beispiele
Volumetrisch	Materialschwächung durch Verschleiß und Korrosion Isolationsschäden Ablagerungen oder Verstopfungen Materialfehler(Einschlüsse, Risse)
Mechanisch	Lagerreibung Überlastung von Maschinen
Elektrisch	Übergangswiderstände an elektrischen Kontakten, Klemmverbindungen, Isolatoren

	Stromaufnahme elektronischer Bauelemente und elektrischer Maschinen
Chemisch	Reaktionen zwischen Bauteilwerkstoff und Prozessmedium Leckaustritt von Prozessmedium

Es kann in der thermischen Diagnose in berührende und berührungsfreie Temperatursensoren unterschieden werden.

#### 4.2.1 Berührende Temperaturmessung

Die berührende Temperaturmessung beruht auf den Gesetzmäßigkeiten des thermomechanischen, thermowiderstandselektrischen und thermospannungselektrischen Prinzips. Die Temperatursensoren können in mechanische und elektrische Sensoren unterschieden werden, wobei die elektrischen Sensoren in der Verbreitung dominieren (Sturm & Förster 1990:176).

Hauptanwendungsgebiet der berührenden Temperaturmessung in der Technischen Diagnostik ist die Überwachung von Lagern. Gleitlager können durch die Temperaturmessung des Öls oder durch Temperaturfühler im Lager oder Lagerschalen als Thermoelement überwacht werden. Bei Wälzlagern ist aufgrund der geringeren Schmierung die Erfassung einer Temperaturdifferenz wie z.B. Lager und Umgebungsluft sinnvoll. Die Platzierung des Temperatursensors direkt am Wälzlageraußenring ermöglicht eine frühest mögliche Erkennung eines Temperaturanstiegs (Sturm & Förster 1990:179-180).

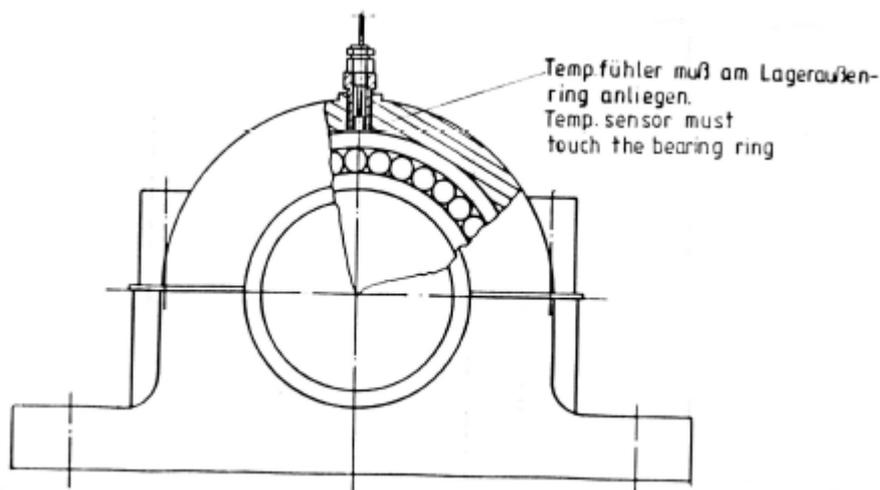


Abbildung 22: Temperaturüberwachung eines Wälzlagers am WSO1. (Sturm & Förster 1990:180)

#### 4.2.2 Berührungsfreie Temperaturmessung

Die berührungsfreie Temperaturmessung beruht auf der Detektion emittierter Wärmestrahlung. Diese Methode kommt u.a. bei sehr kleinen, sehr großen, schwer zugänglichen Objekten und bei Objekten mit hohen Temperaturen oder geringer Leitfähigkeit

zur Anwendung. Die punktförmige Temperaturmessung wird als Pyrometrie, die bildhafte Darstellung von Temperaturverläufen als Thermografie bezeichnet (Sturm & Förster 1990:181-182).

Mit Hilfe der Thermografie können große Flächen und dynamische Wärmestrahlungsvorgänge abgebildet werden. Dadurch ergeben sich eine Vielzahl an Anwendungsgebiete aus allen Erscheinungsformen (vgl. Tabelle 8) der Schädigung (Sturm & Förster 1990:190-191).

Die verbreitetste Anwendung der Thermografie ist die Überwachung von elektrotechnischen Anlagen. Dazu muss in den elektrischen Leitern mindestens ein Stromfluss von 200 mA herrschen und Abdeckungen müssen abgenommen werden (Maurer 2003:12).

In der mechanischen Anwendung der Thermografie findet eine Schadensbeurteilung häufig aufgrund eines Temperaturverlaufs statt. Dazu muss die Anfangstemperatur gemessen werden. Eine exakte Ursachenbestimmung ist nur bedingt möglich (Maurer 2003:12).

Die Anforderungen an das Thermografie-Personal sind so breit gestreut wie deren Anwendungsmöglichkeiten. Die Erstellung der Thermografiebilder bedarf keinen besonderen Fähigkeiten. Zur Auswertung ist neben einer grundlegenden physikalischen Ausbildung und einer schnellen Auffassungsgabe eine fachliche Eignung für das jeweilige Anwendungsgebiet notwendig (Maurer 2003:28).

### 4.3 Schwingungsanalyse

Das Betreiben von Maschinen ist unweigerlich mit dem Auftreten von Schwingungen verbunden. Die Ursache der Schwingungen ist zum Teil konstruktiv bedingt. Da jedoch auch mechanische Fehler immer Schwingungen verursachen, lässt sich der Zustand einer Maschine sehr zuverlässig über die Schwingungsanalyse erheben. Mit dieser Methode lassen sich auftretende Schadensbilder sehr frühzeitig erkennen (Kolerus & Wassermann 2011:1).

Schwingmessgrößen können in translatorische und rotatorische Bewegungen unterschieden werden. Schwingungsintensitäten werden in Auslenkung  $s$  in [ $\mu\text{m}$ ] oder [ $\text{mm}$ ], Geschwindigkeit  $v$  in [ $\mu\text{m/s}$ ] oder [ $\text{mm/s}$ ] oder in Beschleunigung in [ $\mu\text{m/s}^2$ ] oder [ $\text{mm/s}^2$ ] angegeben. Kritische Schwingungskomponenten haben ein höheres Intensitätsniveau als die Drehfrequenz. Daher wird zur besseren Darstellung der Schwingwerte eine logarithmische Skala verwendet (Sturm & Förster 1990:224-225).

#### 4.3.1 Messwertgewinnung

Zur Aufnahme der Schwingungen in Messwerte kommen Sensoren mit unterschiedlichen Physikalischen Effekten zum Einsatz. Ziel ist die mechanische Bewegung in ein elektrisches Signal umzuwandeln. Nachfolgend werden die wichtigsten Sensortypen beschrieben.

##### Wirbelstromaufnehmer

Wirbelstromaufnehmer beruhen auf dem Wirbelstromprinzip und messen Schwingungen berührungslos. Es wird ein hochfrequentes elektromagnetisches Feld induziert, welches vom Abstand des Messobjekts beeinflusst wird. Gefügeinhomogenität oder Unrundheit einer Welle kann das Messergebnis negativ beeinflussen. Dieser Sensortyp wird sehr häufig zur Messung von Schwingungen rotierender Wellen eingesetzt (Kolerus & Wassermann 2011:70-71).

### Elektrodynamische Geschwindigkeitsaufnehmer

Beim Elektrodynamischen Geschwindigkeitsaufnehmer wird bei Geschwindigkeit des Messobjekts durch einen federnd gelagerten Permanentmagnet und einer installierten Spule am Messkopf Spannung induziert. Die induzierte Spannung ist proportional zur Schwinggeschwindigkeit. Es kann nur ein kleiner Frequenzbereich gemessen werden und die Sensoren werden durch Magnetfelder beeinflusst (Kolerus & Wassermann 2011:71-72).

### Piezoelektrische Beschleunigungsaufnehmer

Piezoelektrische Materialien zeigen den Effekt, dass wenn eine Kraft bzw. Beschleunigung auf diese wirkt, bilden sich proportional zur Kraft elektrische Oberflächenladungen. Dieser Potentialunterschied zwischen gegenüberliegenden Oberflächen kann in Form von Elektroden abgegriffen werden. Diese Art von Sensor ist klein, robust, verschleißfrei und leicht monitrierbar. Es ist der am häufigsten eingesetzte Sensortyp (Kolerus & Wassermann 2011:73-82).

Neben Auswahl des richtigen Sensors sind Anforderungen an Einsatzbedingungen und Montageprinzipien zu beachten. Messpunkte und die Art der Ankopplung von Schwingungsaufnehmer zum Messobjekt sind von Bedeutung. Neben Temperatur- und Frequenzbereich der Sensoren hat auch die Befestigung von Sensor und Objekt entscheidenden Einfluss auf das Messergebnis. Schraubverbindungen stellen die Beste Verbindung dar. Messpunkte sind nach Art der zu messenden Beschleunigungskomponente (radial oder axial) und nach Steifigkeit des Übertragungswegs von Quelle zu Sensor zu wählen (Kolerus & Wassermann 2011:82-90).

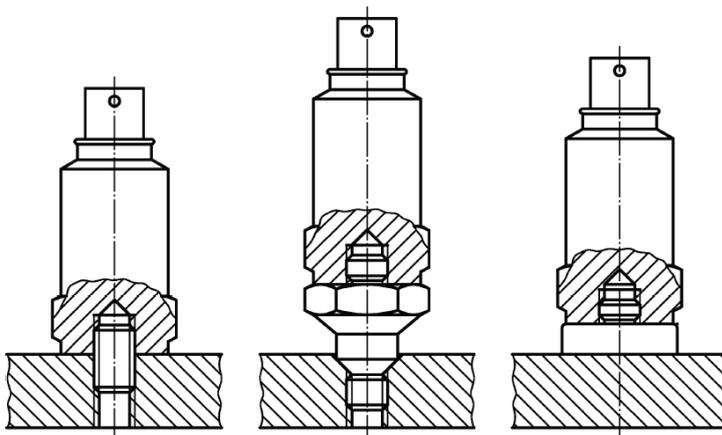


Abbildung 23: Ankopplungsverfahren für Schwingungsaufnehmer nach DIN ISO 10816-7

### 4.3.2 Diagnosesignale

Die gemessenen Diagnosesignale  $x(t)$  bestehen aus der Summe aller im Sensor eingefallener Signale. Die meisten Signalverläufe sind periodischer Natur und setzen sich aus einzelnen harmonischen Schwingungen zusammen. In Abbildung 24 sind die für Diagnostik bedeuteten Signalklassen aufgelistet. Determinierte Signale werden durch eine Mathematische Funktion beschrieben, Stochastische Signale nicht. Periodische Signale wiederholen sich im Zeitverlauf (Sturm & Förster 1990:193).

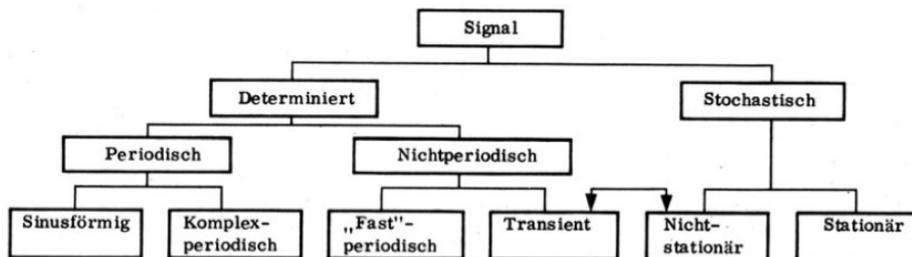


Abbildung 24: Klassifikation von Signalen. (Sturm & Förster 1990:193)

### 4.3.3 Messwertbeurteilung

In der Messwertgewinnung wurde das mechanische Signal der Schwingung in das Diagnosesignal umgewandelt. In der Messwertbeurteilung wird aus dem Diagnosesignal der Zustand des gemessenen Objekts beurteilt. Dazu gibt es unterschiedliche Vorgehensweisen.

#### Beurteilung des Effektivwerts

Bei dieser Methode wird das Gesamtschwingniveau einer Bauteilgruppe beurteilt. Als Messwerte werden Schwinggeschwindigkeit oder Schwingbeschleunigung herangezogen. Das Schwingniveau wird durch Bildung eines Effektivwerts (vgl. Formel 2) und des Spitzenwerts charakterisiert (Sturm & Förster 1990:238-239).

$$\bar{x} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i^2} \quad (2)$$

$\bar{x}$  = Effektivwert

N = Anzahl Messwerte

$x_i$  = diskreter Funktionswert zum Zeitpunkt  $t_i$

Häufige Anwendung dieser Beurteilungsform ist die Aufnahme von Gehäuseschwingungen. Dazu gibt es in Normen und Literatur (z.B. DIN ISO 10816) Schwingungsgrenzwerte, die zur Beurteilung herangezogen werden können. Es kann der Lagerzustand erhoben und eine Restnutzungsdauer aus Vergleichswerten abgeleitet werden (Sturm & Förster 1990:238-239). Die Schadensursache kann mit dieser Methode nicht erhoben werden.

#### Messwertanalyse / Frequenzanalyse

In der Messwertanalyse wird das Diagnosesignal in einzelne Signale (vgl. Abbildung 24) aufgespalten. Das Diagnosesignal setzt sich aus den Eigenfrequenzen und ggf. aus Schadfrequenzen der gemessenen Bauteilgruppe zusammen. So können bei einem Wälzlager die Rotationsfrequenz des Käfigs, Überrollfrequenz des Innen- und Außenrings, Wälzkörperfrequenz und Überrollfrequenz einer Kugelnunregelmäßigkeit festgestellt werden (Sturm & Förster 1990:226-230). Über diese Methode können Erkenntnisse über Schadensherkunft und Schadensfortschritt gewonnen werden.

In der Praxis erfolgt die Frequenzanalyse über einen Filter oder Fouriertransformation.

Der **Filter** ist nur in einem bestimmten Frequenzbereich durchlässig. Durch Anordnung mehrerer Filter können bestimmte Frequenzen, die den Zustand der Maschine wiedergeben, selektiert werden (Kolerus & Wassermann 2011:48-52).

Die Periodisch wiederkehrenden Signale und Frequenzen können mathematisch über Fourierreihen beschrieben werden. In der Frequenzanalyse kommt die Diskrete **Fouriertransformation** DFT zur Anwendung. Es wird ein zeitlich beschränktes Signal periodisch fortgesetzt und eine Fourierreihe als Näherung davon berechnet. Die Fast Fourier Transformation FFT ist eine schnelle und Speicherplatz sparende Form der DFT (Kolerus & Wassermann 2011:42).

#### 4.4 Schallemissionsanalyse

Als Schallemissionsanalyse bezeichnet man die Untersuchung von freigesetzten Körperschall. Schallemissionen treten bei jeder Nutzung durch Beanspruchung eines Objekts auf. Messungen von Schallemissionen finden in einem Frequenzbereich zwischen 50 kHz und 2 MHz statt. Diese Methode kann vielseitig eingesetzt werden. Einzige Voraussetzung ist, dass die zu messenden Schallereignisse von Störgeräuschen anderer Prozesse abgesondert werden müssen. Die Messung der Schallemissionen ist im Wesentlichen simultan zu den Prinzipien der Schwingungsdiagnostik (Sturm & Förster 1990:252-253).

Schallemissionen bestehen aus akustischen Wellen. Diese können u.a. mit folgenden Schallfeldgrößen beschrieben werden (Fellbaum 2012:19-31):

- Schalldruck  $p(t)$  in  $[N/m^2]$ ; Der Schalldruck ist der Verdichtungsdruck, der bei Ausbreitung einer Schallwelle den Atmosphärendruck überlagert.
- Schalldruckpegel  $L(t)$  in Dezibel; Der Schalldruckpegel beschreibt die Stärke eines Schallereignisses.

$$L(t) = 10 \log \frac{p_{ms}^2(t)}{p_0^2} \quad (3)$$

$$\text{mit } p_0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ N/m}^2$$

$p_{ms}$  = energetisch gemittelter Schalldruckverlauf

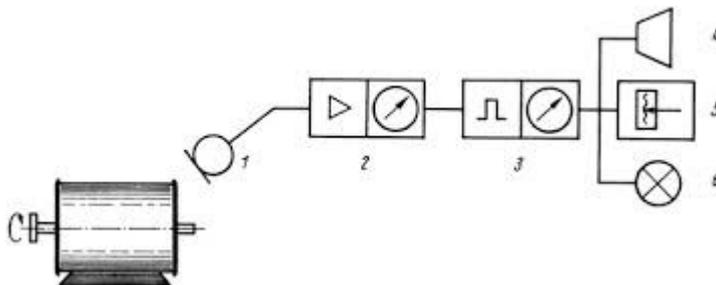
- Schallschnelle  $v$  in  $[m/s]$
- Schallausschlag  $\xi$  in  $[m]$

- Schalleistung  $P$  in [W]
- Schallintensität  $I$  in [W/m<sup>2</sup>]

Für die Schallemissionsanalyse ergibt sich eine Vielzahl an Anwendungsgebieten. Anschließend werden für zustandsorientiertes Asset Management relevante Verfahren beschrieben.

### Geräuschüberwachung

Lagerschädigung und Schmierungsverlust rufen einen Anstieg des Lärmpegels von Maschinen hervor. Schallemissionen angrenzender Baugruppen und Störgeräusche erschweren die Separation des zu untersuchenden Lagergeräuschs. Es können neben der Messung des Gesamtgeräuschpegels auch Frequenzanalysen durchgeführt werden. Aufgrund der häufig vorkommenden Störpegel sind gute Voraussetzungen in nur wenigen Anwendungsfällen gegeben (Sturm & Förster 1990:271).



1 Kondensatormikrofon; 2 Schallpegelmessgerät; 3 Frequenzanalysator; 4 Lautsprecher; 5 Pegelschreiber; 6 Signallampe

Abbildung 25: Maschinendiagnose durch Luftschallmessung. (Sturm & Förster 1990:271)

#### 4.4.1 Lagerdiagnostik

**Gleitlager** können aufgrund von Verschleiß des Lagermaterials ausfallen. Im Extremfall kommt es zur völligen Zerstörung infolge „Fressens“. Mit Hilfe der Schallemissionsmessung können Änderungen des Reibungsverhaltens gelagerter Paarungen diagnostiziert werden. Die Schallemissionen treten verzögerungsfrei und mit eindeutiger Korrelation zum Schadensfortschritt auf. Es kann auch zwischen Direktkontakten der Gleitpartner und Schmierstoffverschmutzung unterschieden werden (Sturm & Förster 1990:272-274).

**Wälzlager** senden bei Überrollungen von geschädigten Bereichen verstärkte Schallemissionen durch Rissflankenreibung, Partikel ausbröckelungen und Mikrostoße aus. Aufgrund der Wellenrotation entstehen periodische Impulse, welche ausgewertet werden können. Es kann Art, Ort und Fortschritt des Schadensbilds festgestellt werden (Sturm & Förster 1990:274-277).

#### 4.4.2 Leckagedetektion

Beim Austreten von Flüssigkeiten oder Gasen aus Lecköffnungen entstehen Druckschwankungen, die als Schallwellen sich im Medium, im Behälter und in der Atmosphäre

ausbreiten. Allgemein quantitative Zusammenhänge zwischen Körperschall und Leckagegröße können nicht angegeben werden, da es je nach Medium und Behälter zu unterschiedlichen Ursachen der Schallentstehung kommt (z.B. stationäre Strömung, Siede-, Kavitationsgeräusche etc.). Quantitative Zusammenhänge müssen im jeweiligen Anwendungsfall durch experimentelle Untersuchungen gewonnen werden. In Kombination mit dem Ortungsprinzip können Leckagen lokalisiert und quantifiziert werden (Sturm & Förster 1990:268-271).

Zusätzlich zu den beschriebenen Verfahren ist die Schallemissionsanalyse im Bereich der Werkstoffprüfung weit verbreitet. Anwendungsgebiete sind die Rissdetektion, Detektion von Spannungskorrosionsverläufen und Härtemessungen an unterschiedlichsten Werkstoffen von Hartmetall bis Kunststoff (Sturm & Förster 1990).

#### 4.5 Partikel- und Betriebsmediendiagnostik

Im Betrieb von Maschinen kommt es zu Wechselwirkungen zwischen Medien und den Konstruktionswerkstoffen. Durch Schädigungsprozesse werden Partikel in Betriebsmedien angereichert bzw. führen zu Verunreinigungen derer. Verunreinigungen können auch durch Rückstände aus Fertigung und Montage sowie einer verschmutzten Umgebung sich im Betriebsmedium anreichern. Die Analyse dieser Verunreinigungen der Betriebsmedien können zur Zustandsbeurteilung herangezogen werden. Der Zunahmeverlauf der Partikel im Schadprozess ist in Abbildung 26 dargestellt. Die Qualität dieser Analysen hängt stark von der Probenahmequalität ab. Verfahren zum Partikeldiagnose sind die Magnetdetektion, Ferrographie, Spektroskopie und die Radioaktive Spurenanalyse (Sturm & Förster 1990:181-312).

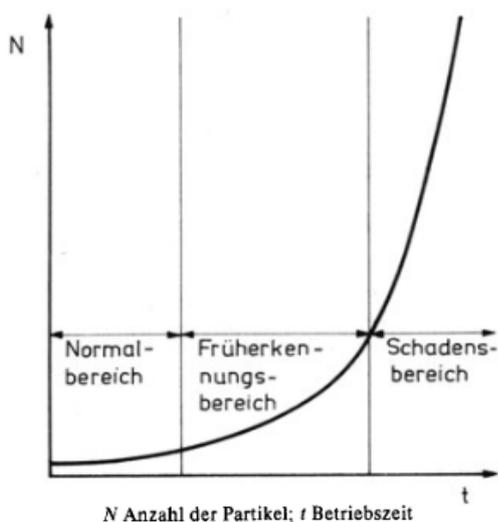


Abbildung 26: Verlauf von Abnutzungsvorgängen mit Partikelabgabe. (Sturm & Förster 1990:299)

Ein weiteres mittels Betriebsmediendiagnose mögliches Verfahren ist die Leckdetektion. Bei diesem Verfahren wird mittels Überdruck oder Vakuum die Dichtheit von Kreislaufsystemen

wie Rohrleitungen, Behälter, Armaturen oder Pumpen ermittelt. Ergebnis ist die Leckrate (Sturm & Förster 1990:313).

## **4.6 Prozessparameterdiagnose**

Produktionsprozesse werden unter der Einhaltung von vorgegebenen Prozessparameter betrieben. Die Prozessparameter wie Druck, Temperatur, Drehzahl etc. stellen eine Beanspruchung der Anlage dar. Schädigungen können rückwirkend Änderungen der Prozessparameter hervorrufen, welche ausgewertet werden können. Die Prozessparameterdiagnose stellt eine Ergänzung der Betriebsüberwachung dar (Sturm & Förster 1990:280).

	Vorteile	Nachteile	Anforderung Ausführung	Anforderung Analyse
<b>Ölstandmessung</b>	effektiv automatisierbar einfache Anwendung keine aufwändigen Geräte	reines Qualitätsmaß ungenau geringe Schadenserfassung	gering	gering
<b>Thermografie</b>	flexibel anwendbar (Handgeräte) verständlich kostengünstig	schwer automatisierbar späte Warnzeichen kurze Reaktionszeit	durchschnittlich	Fachwissen
<b>Ölanalyse</b>	sehr gute Schadensausfallbestimmung gute Vorwarnzeit erkennen von komplexen Schadenszusammenhängen	noch nicht automatisierbar Analyse im Labor teuer manuelle Bearbeitung notwendiges Expertenwissen	gering	Expertenwissen
<b>Schwingungsanalyse</b>	sehr weit entwickelt gute nachträgliche Modernisierung breites Anwendungsgebiet hohe Erfolgsraten gute Schadensverfolgung fairer Preis sehr gute Vorwarnzeit	Expertenwissen zur tieferen Analyse Grenzwertwissen	Fachwissen	Expertenwissen
<b>Geräuschanalyse</b>	gute nachträgliche Modernisierung automatisierbar	begrenzt Einsatzgebiet geringe Erfolgsquote Expertenwissen Abgrenzung der Messwerte Grenzwertwissen starke Konkurrenz durch Schwingungsanalyse	Fachwissen	Expertenwissen
<b>Betriebsmittelverbrauch</b>	einfach messbar wenig Expertenwissen nötig großes Einsatzgebiet vielfältige Anwendung keine aufwändigen Geräte notwendig	ungenau berücksichtigt lediglich Standartnutzung bzw. -verbrauch Grenzwertwissen erfordert lückenlose Datenerfassung	gering	Fachwissen
<b>Stromaufnahme</b>	gute nachträgliche Modernisierung kostengünstig wachsende Bedeutung durch Bedeutungszunahme der Nachhaltigkeit	Expertenwissen Grenzwertwissen geringe Vorwarnzeit	Fachwissen	Fachwissen

Abbildung 27: Vor- und Nachteile verschiedener Diagnosearten. (Pawellek 2013:126)

## 5 Diagnosemethoden

In diesem Kapitel werden praktischen Anwendungen von zustandsorientiertem Asset Management in den Erzeugungsanlagen der Wien Energie ausgeführt. Die dazugehörigen theoretischen Grundlagen sind aus dem Kapitel „Grundlagen der Maschinendiagnose“ zu entnehmen.

### 5.1 Eingesetzte Diagnosemethoden

Hier werden die bereits eingesetzten Diagnosemethoden beschrieben. Es wird sowohl die Herangehensweise zur Aggregateauswahl als auch die technische Umsetzung ausgeführt.

#### 5.1.1 Schwingungsmessung

An Aggregaten der betrachteten Erzeugungsanlagen werden Schwingungen mittels Onlinemessung und mittels Einzelmessungen durch mobile Schwingungsmessgeräte realisiert.

Die Schwingungsmessung als Onlinemessung wird in Form von installierten Schwingungsaufnehmern in Lagergehäusen zur permanenten Aufzeichnung eines Summenwerts realisiert. Diese Messungen sind an Gebläsen größerer Leistung, den Zentrifugen im Werk Simmeringer Haide und an Turbinen installiert. Die Messspannung beträgt 10V. Die Messergebnisse werden teilweise leittechnisch erfasst. Bei einer Grenzwertüberschreitung des Summenwerts löst ein Alarm eine Detailbegutachtung mittels mobiler Schwingungsmessung des Aggregats aus. Das Diagnostiker-Team (ASP-DG) greift auf die Messwerte Online-Schwingungsmessung zurück, ist jedoch nicht für den Betrieb des Messsystems zuständig. An den Aggregaten mit Online-Schwingungsmessung ist zusätzlich eine Lagertemperaturmessung eingebaut.

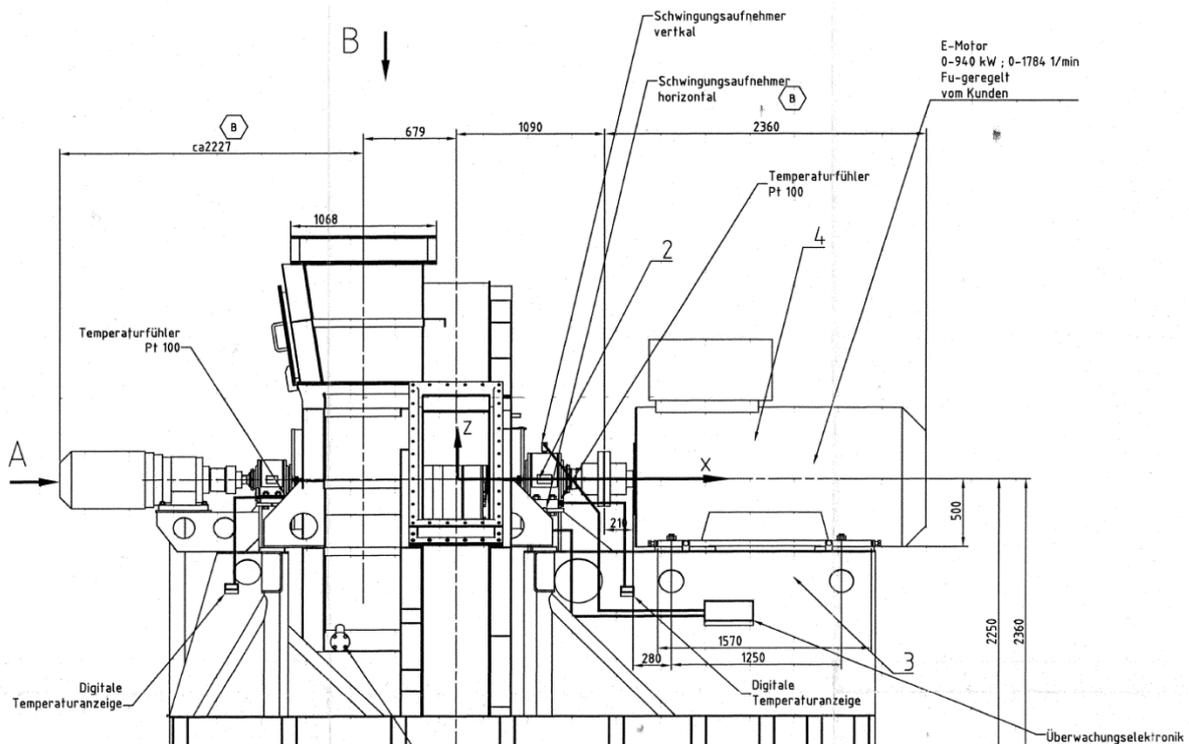


Abbildung 28: Radialventilator mit Temperatur- und Schwingungsüberwachung.

Die mobile Schwingungsmessung wird durch ASP-DG durchgeführt. Die Diagnoseaufträge der einzelnen Aggregate werden in Form von Wartungs- und Inspektionsaufträgen automatisch nach voreingestellten Zeitintervallen generiert. Die aufgenommenen Schwingungswerte werden mittels Frequenzanalyse ausgewertet und interpretiert. Die Berichterstattung erfolgt in Form eines mehrseitigen Berichts, der dem Diagnoseauftrag angehängt wird und zusätzlich an die zugeordnete Personengruppe ausgesendet wird.

Die Vorgehensweise zur Aggregateauswahl für die Mobile Schwingungsmessung sowie die eingesetzten Messgeräte sind in den Bereichen Müllverbrennung und Kraftwerksanlagen unterschiedlich.

### Mobile Schwingungsmessung im Bereich Müllverbrennung

In seiner Masterarbeit hat Weiler 2010 die Implementierung der mobilen Schwingungsüberwachung in den Anlagen Spittelau und Flötzersteig vorbereitet. Zur Aggregateauswahl wurde die 2009 von Kößlbacher und Weiler erstellte Risikobeurteilung ausgewählter Baugruppen herangezogen. In dieser Risikobeurteilung wurden Baugruppen mit hohem Potential für zustandsorientierte Instandhaltung in den Werken Spittelau und Flötzersteig selektiert. Angelehnt an diese Methodik wurde die mobile Schwingungsüberwachung in allen Erzeugungsanlagen der ehemaligen Fernwärme Wien GmbH eingeführt.

Als Messgerät kommt der FAG Detector III von SCHAEFLER zum Einsatz. Es kann mit der zum Messgerät beigesteuerten Software eine Frequenzanalyse durchgeführt werden. Die Schadfrequenzen können aus einer Lagerdatenbank entnommen werden. Die Zykluszeit pro Messung wurde von Weiler 2010 mit 2,5 h pro Messung ermittelt. Die Ergebnisse der

Messungen werden im Bericht in einem Ampelsystem (rot, gelb, grün) dargestellt. Zusätzlich werden abgeleitete Maßnahmen (z.B. Lagertausch) vorgeschlagen.

### **Mobile Schwingungsmessung im Bereich Kraftwerksanlagen**

Die Aggregateauswahl in den Kraftwerksanlagen erfolgte von technisch erfahrenen Mitarbeitern mit hoher Anlagenkenntnis. Es wurde keine strukturierte Risikobeurteilung oder dgl. herangezogen.

Als Messgerät kommt CSI 2130 von Emerson zum Einsatz. Zur Auswertung und Verwaltung der Messwerte wird die Software RBM-View verwendet. Die Zykluszeit pro Messung wurde nach praktischen Erfahrungen mit 1,5 h pro Messung festgelegt.

Als Sensoren für die mobile Schwingungsmessung kommen in beiden Bereichen piezoelektrischer Beschleunigungsaufnehmer mit einer Messspannung von 100 mV/g zum Einsatz.

### **5.1.2 Endoskopie**

Endoskopie kommt zur optischen Innenuntersuchung von Behältern und größeren Aggregaten zum Einsatz. Die Diagnoseaufträge werden in Form von Wartungs- und Inspektionsaufträgen automatisch generiert. Das ursprüngliche Einsatzgebiet der Endoskopie waren Innenuntersuchungen von Turbinen. Damit kann die Notwendigkeit einer Gehäuseöffnung abgeschätzt werden. Diese Untersuchungen werden inzwischen von der externen Wartungsfirma selbst durchgeführt.

Das eingesetzte Messgerät ist das System IPLEX von Olympus. Das Knowhow zum Umgang mit diesem System ist im Bereich Kraftwerksanlagen angesiedelt. Die Zykluszeit pro Messung ist vom jeweiligen Einsatz abhängig.

### **5.1.3 Ölanalyse**

Ölanalysen werden an Getriebe- und Hydraulikölen durchgeführt. Die Probenahme der Ölproben wird durch Instandhaltungspersonal durchgeführt. Die Betreuung des Messgeräts und Durchführung der Analysen wird durch den Betriebstagdienst am Standort Simmering durchgeführt. Als Messgerät kommt der Spectro 5200 TriVector Analyzer zum Einsatz. Die Ergebnisse der analysierten Parameter werden in den Kategorien Verschleiß, Kontamination und Zusammensetzung sowie in einer Partikel Anzahl Größen-Verteilung dargestellt.

Die Interpretation der Analysen sowie die Berichterstellung werden durch ASP-DG durchgeführt. Der Zeitaufwand beträgt 1 h pro Analyse.

Detailliertere Schmiermittelanalysen, die mit dem Spectro 5200 TriVector Analyzer nicht durchgeführt werden können, werden in das Zentrallabor der Wiener Linien GmbH & Co KG zur externen Untersuchung übermittelt.

### **5.1.4 Thermografie**

Thermografie, als berührungsfreie Temperaturmessung, kommt sowohl im Bereich mechanischer Anlagen als auch bei Elektroanlagen zum Einsatz.

Die Durchführung, Interpretation und Berichterstellung von Thermografien an mechanischen Aggregaten wie Behältern, Rauchgaskanälen und Kompensatoren werden durch ASP-DG durchgeführt. Dazu wird die Wärmebildkamera FLIR 335 eingesetzt. Eine berührende Temperaturmessung kann mit dem Easy View 11A durchgeführt werden.

Die Vorgehensweise zur Thermografie an Elektroanlagen wie Transformatoren, Frequenzumrichter und Schaltanlagen in den Anlagen Spittelau und Flötzersteig hat Kößlbacher 2011 in seiner Diplomarbeit erarbeitet. Zur Aggregateauswahl wurde die 2009 von Kößlbacher und Weiler erstellte Risikobeurteilung ausgewählter Baugruppen herangezogen. Die Messung, Auswertung sowie Berichterstattung wird durch Elektrotechniker aus den Instandhaltungsteams Abt. AST durchgeführt. Die Aufträge zur regelmäßigen Thermografie werden in Form von Wartungs- und Instandhaltungsaufträgen automatisch generiert. Zum Einsatz kommen die Wärmebildkameras Fluke Ti25 und Fluke Ti40.

### **5.1.5 Wandstärkenmessung**

Wandstärkenmessung von Metallen wird an Behältern, Armaturen und Rohrleitungen durchgeführt. Die Diagnoseaufträge werden sowohl in Form von Einzelaufträgen, als auch automatisch aus Wartungs- und Inspektionsplänen generiert.

Im Bereich Müllverbrennung kommt der TD 225-01 US von Sauter GmbH und im Bereich Kraftwerksanlagen der Thickness Gaug MMX-6 von Dacota Ultrasonics zum Einsatz. Beide Messgeräte bestimmen die Wandstärke mittels Ultraschall.

### **5.1.6 Ultraschallmessung zur Leckageortung**

Ultraschallmessungen werden von ASP-DG zur Leckageortung von Druckluftleckagen durchgeführt. Diese Messungen werden in periodischen Abständen an ganzen Anlagenteilen durchgeführt. Geortete Druckluftleckagen werden je nach Schwere sofort behoben (z.B. lockere Schraubverbindungen) oder für eine Behebung im nächsten Stillstand markiert.

Im beiden Bereichen wird der SDT270 mit Richtmikrofon eingesetzt. Es kann aus der gemessenen Intensität der Schallwellen der Leckagevolumenstrom abgeleitet und somit auch eine direkte wirtschaftliche Betrachtung der Leckagebehebungen gegeben werden.

## **5.2 Potentielle Diagnosemethoden**

In diesem Unterkapitel werden Methoden zur Zustandsbeurteilung beschrieben, die in Zukunft in den Erzeugungsanlagen der Wien Energie zu einer breiten Anwendung kommen können.

### **5.2.1 Dichtheitsprüfung von Behältern mittels Ultraschall**

Die Leckageortung von Druckluftleckagen mit dem Ultraschallmessgerät SDT270 wird bereits durchgeführt. Es wird ein Medienverlust (Druckluft) geortet und quantifiziert. Mit dem Einsatz eines Schalltransmitters, der zum Equipment des SDT270 gehört, ergibt als Anwendungsgebiet die Möglichkeit Leckagen in Behältern medienfrei zu erkennen. Die

erzeugten Schallwellen im Inneren des Behälters werden durch Risse und Löcher weniger geschwächt, als durch die intakte Behälterwand. Durch den Einsatz des Richtmikrofons können diese Stellen geortet werden.

Bei der medienfreien Prüfung ergeben sich zwei wesentliche Vorteile im Gegensatz zur Dichtheitsprüfung mit Medienbeaufschlagung. Es müssen keine aufwändigen Montagearbeiten zur Vor- und Nachbereitung durchgeführt werden und es besteht kein Gefahrenpotential, da kein Druck im Behälter aufgebaut wird. Zur Durchführung dieser Messung ist Expertenwissen notwendig (Pawellek 2013:126).

Diese Methode wird in den Erzeugungsanlagen der Wien Energie bereits durch die Firma TPA KKS GmbH zur gesetzlich vorgeschriebenen Überprüfung von Druckgeräten durchgeführt.

### **5.2.2 Oberflächenprüfung mit Drohnen**

Optische Begutachtungen von großen und schwer zugänglichen Anlagenteilen in den Erzeugungsanlagen müssen zurzeit unter Zuhilfenahme von Gerüsten oder Hebezeugen durchgeführt werden. Optische Begutachtungen an solchen schwer zugänglichen Anlagenteilen werden nur im Rahmen von Schadensfeststellungen durchgeführt.

In der Wien Energie gibt es bereits ein Team, welches sich mit dem Thema „Smart Inspection“ beschäftigt. Unter Zuhilfenahme von Drohnen können Bilddokumentationen erstellt und mittels spezieller Software auch automatisch ausgewertet werden. Hauptanwendungsfelder sind die Inspektion von Windkraftanlagen, Photovoltaikanlagen, Fernwärmenetze und Industriekaminen. (Wien Energie 2018h)

Unter Zuhilfenahme von Drohnen können optische Begutachtungen in den Erzeugungsanlagen auch innerhalb von Behältern günstig und schnell durchgeführt werden. Es ergibt sich somit die Möglichkeit Zustandsbeurteilungen von Oberflächen regelmäßig durchzuführen.

### **5.2.3 Umfassende Prozessparameterdiagnose mit Künstlicher Intelligenz**

Im Rahmen der Wien Energie Innovationschallenge 2017 wurde das Projekt „Predictive Plant Maintenance“ gestartet. Dabei wird mit externen Projektpartnern der praktische Einsatz einer vorausschauenden Instandhaltungsstrategie gepaart mit künstlicher Intelligenz erprobt.

Ziel des Projekts ist einen drohenden Anlagenstillstand bei Analyse sämtlicher leittechnisch erfasster Prozessparameter mittels künstlicher Intelligenz frühest möglich zu erkennen. Anlagenausfälle sollen der selbstlernenden Software antrainiert werden und diese soll daraus einen Gesundheitszustand der Anlage mit entsprechenden Vorhersagen wiedergeben. Als Versuchsanlagen wurden aus den Erzeugungsanlagen die Verbrennungslinien DRO 1 und 2 in der Simmeringer Haide gewählt sowie der Bereich der Windkraftanlagen.

In einem „Offline-Pilot“ konnten 9 von 11 Kesselschäden vorhergesagt werden. In Summe konnten jedoch nur ca. 40% aller Anlagenausfälle vorhergesagt werden. Da eine verlässliche Vorausschau nur für trainierte Ereignisse der Software möglich ist, müssen in der aktuellen

Projektphase die Systemgrenzen enger auf Baugruppen gesetzt werden, die häufiger ausfallen (Feda et al. 2018).

Im Allgemeinen gibt es durch die fortschreitende Digitalisierung vielfältige Anwendungsgebiete in den Erzeugungsanlagen für die automatische Auswertung von Prozessparametern.

## 6 Risikobeurteilung

Mit dem Begriff Risiko wird sowohl eine drohende Gefahr, wie die Möglichkeit des Eintritts eines Schadens, als die Chance auf Gewinn wie z.B. im Spiel oder bei Kapitalanlagen verbunden. Das Vorhandensein einer Unsicherheit in Hinblick auf eine mögliche Veränderung charakterisiert das Risiko (Cottin & Döhler 2013:1-4).

Risiko im technischen Umfeld wird häufig Risiko als Produkt von Schadenseintrittswahrscheinlichkeit und aus dem Gefahrenpotential definiert. Gefahrenpotential kann gleich dem potentiellen Schadensmaß verstanden werden (Teßmer 2012:141).

$$R = S * H \quad (4)$$

R = Risiko realisierter oder nicht realisierter Instandhaltung

S = Eintrittshäufigkeit von Störungen (entspricht F(t))

H = Schadensausmaß (Pawellek 2013:134)

Gibt es keine abnutzungsabhängige Leistungsminderung ist nur der Zustand funktionsfähig oder nicht funktionsfähig von Bedeutung. Da das Risiko auf eine statistisch ermittelte Eintrittswahrscheinlichkeit beruht, ist der Risikowert selbst ein statistischer Wert. Das Risiko einer Anlage setzt sich aus den Teilrisiken einzelner Bauteile zusammen (Pawellek 2013:134).

$$R = \sum_{i=1}^n R_i = \sum_{i=1}^n S_i * H_i \quad (5)$$

R = Gesamtrisiko

R<sub>i</sub> = Komponentenrisiko

i = Zählindex

n = Anzahl der Komponenten

S<sub>i</sub> = Mit dem Ausfall der Komponente verbundener Schaden (€/Ereignis)

H<sub>i</sub> = Schadenshäufigkeit (Ereignis/Jahr)

(Pawellek 2013:134)

Da jedoch diese mathematische Betrachtung bei fehlender oder unzureichender Datenbasis nicht anwendbar ist, kann eine subjektive Bewertung durchgeführt werden. Diese Bewertung hängt stark von der Erfahrung und der subjektiven Einstellung des Bewerter ab. Je höher die theoretischen Kenntnisse und die praktischen Erfahrungen der Bewerter, desto verlässlicher werden die Ergebnisse der Risikobeurteilung sein (Teßmer 2012:141).

Zur Ermittlung und Darstellung des Risikowerts können unterschiedliche Methoden gewählt werden. Schenk (Schenk 2010:170) ermittelt die Bedeutung von Anlagenbedeutung mittels

Risikoprioritätszahl. Dieser Wert ist ähnlich zur Formel  $R = S * H$  (4) das Produkt aus Eintrittswahrscheinlichkeit, Folgen des Ausfalls sowie Möglichkeit eines rechtzeitigen Entdeckens. Umso höher die Risikoprioritätszahl, desto größer die Bedeutung der Komponente.

Das Zusammenfassen des Risikos zu einem Einzelwert macht Risiken miteinander vergleichbar. Es lässt sich eine Akzeptanzgrenze des Risikos festlegen. Jedoch bedeutet die Darstellung des Risikos in einem Wert einen Informationsverlust. Risiken mit geringer Eintrittswahrscheinlichkeit und hohem Schadensausmaß können existenzbedrohend für Unternehmen sein. Hingegen ein gleich großes Risiko aus geringem Schadensausmaß und hoher Eintrittswahrscheinlichkeit bedeutet lediglich eine gleichmäßige Belastung des Betriebs (Strohmeier 2007:36).

Häufig wird die Eintrittswahrscheinlichkeit und Auswirkung in einer Risikomatrix visualisiert. Je weiter ein Risiko in der Risikomatrix (vgl. Abbildung 29) im rechts oberen Bereich positioniert ist, desto höher ist das Risiko. Es kann eine einfache objektive Gruppendarstellung von Risiken erstellt werden. Durch das Festlegen von Bereichen können Risiken gruppiert werden (Strohmeier 2007:36-37).

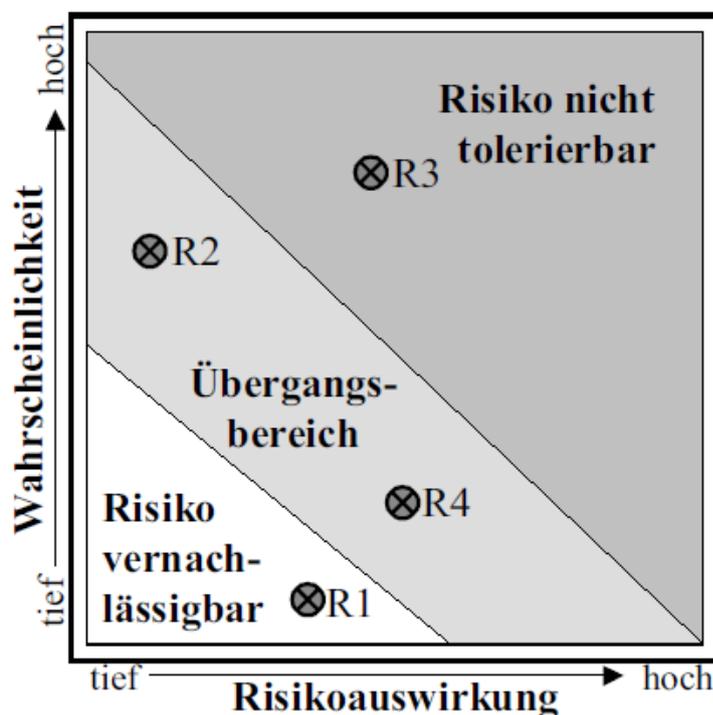


Abbildung 29: Darstellung von Risiken (R1 bis R4) in einer Risikomatrix. (Strohmeier 2007:37)

Eine weitere im Bereich der Maschinensicherheit verbreitete Möglichkeit zur Erhebung des Risikos ist die Verwendung eines Risikographen. Es ist ein Entscheidungsbaum anhand dessen man durch Beantworten von Fragen zu einem Sicherheitslevel oder Sicherheits-Integritätslevel der Betrachtungseinheit gelangt. Die Einstufung wird maßgeblich durch den Graphen (vgl. Abbildung 30) beeinflusst. Die unterschiedlichen Parameter (vgl. Tabelle 9) haben aufgrund der Reihenfolge der Beantwortung eine unterschiedliche Bedeutung. Es

handelt sich um eine strukturierte, jedoch verbale Einstufung in grobe Kategorien (Braband 2007:674).

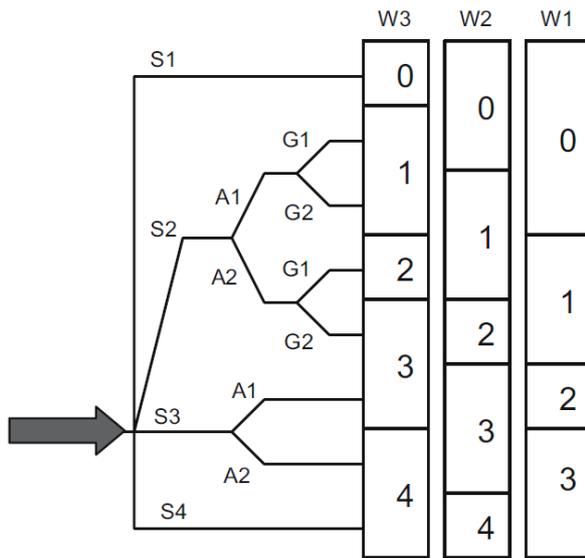


Abbildung 30: Schematische Darstellung eines Risikographen. (Braband 2007:675)

Tabelle 9: Parameter des Risikographen nach VDI 2180. (VDI/VDE 2180 2018-02)

Parameter	Wert	Beschreibung
Schadensausmaß	S1	leichte Verletzung
	S2	schwere irreversible Verletzung(en) oder Tod
	S3	Tod mehrerer Personen
	S4	katastrophale Auswirkungen, sehr viele Tote
Aufenthaltsdauer	A1	seltener bis öfter
	A2	häufig bis dauernd
Gefahrenabwehr	G1	möglich unter bestimmten Bedingungen
	G2	kaum möglich
Wahrscheinlichkeit des unerwünschten Ereignisses	W1	sehr gering
	W2	gering
	W3	relativ hoch

Neben der Risikoanalyse und -darstellung gibt es auch weitere anerkannte Methoden, um eine Vielzahl von Aggregaten überblicksmäßig in Kategorien einzustufen. Eine verbreitete Methode ist die ABC-Analyse.

Die **ABC-Analyse** ist ein Tool zur Strukturierung großer Datenmengen zur Schwachstellenermittlung. Es ist eine Einteilung aufgrund der Beobachtung, dass ein kleiner Teil der Maschinen den größten Anteil der Instandhaltungskosten verursachen. Ähnlich dem Pareto-Prinzip gilt die Annahme, dass 20% der Maschinen 80% der Instandhaltungskosten verursachen. Kritische Maschinen aus dem Bereich A (vgl. Abbildung 31) stellen Schwachstellen dar. Das Interesse der Instandhaltung sollte vor Allem diesen Maschinen gelten (Pawellek 2013:111-112).

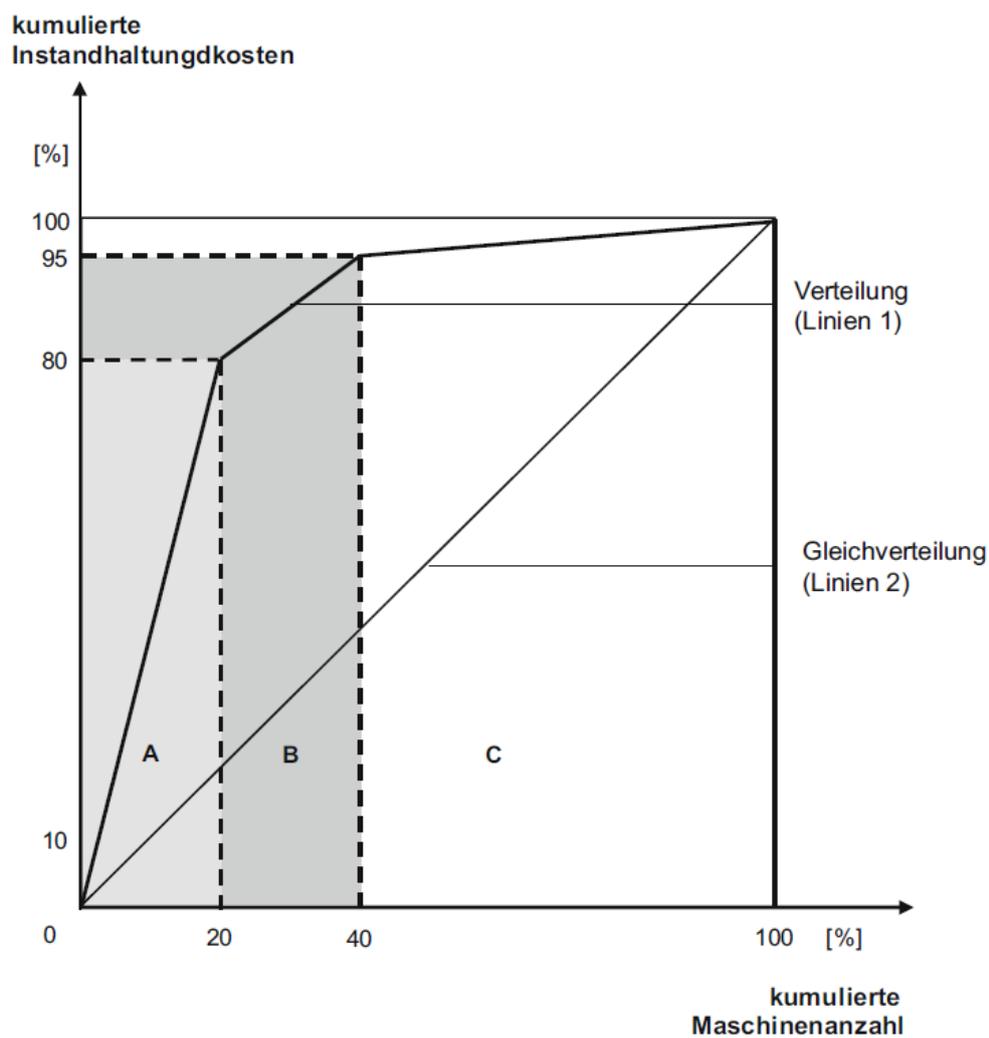


Abbildung 31: Verteilungskurve ABC-Schema. (Pawellek 2013:112)

## 7 Personalmanagement

Zur Durchführung von Maschinendiagnosen und -bewertungen müssen Mitarbeiter mit speziellen technischen Fähigkeiten eingesetzt werden. Neben dem Fachwissen ist auch eine gewisse Hartnäckigkeit gefragt, bis Ursachen festgestellt werden.

Die ÖNORM EN 15628 2014-12 beschreibt drei Personentypen, die in der Instandhaltung zum Einsatz kommen. Die IH-Fachkraft stellt die ausführende Komponente von geplanten und ungeplanten Instandhaltungstätigkeiten dar und ist für die Erfüllung von vorhandenen Regelungen verantwortlich. Die IH-Führungskraft bzw. der IH-Ingenieur koordiniert Tätigkeiten zum Erfüllen der Ziele wie Jahresbudget, Verfügbarkeit und Qualität. Er ist bereits für das Managen und Entwickeln zuständig. An oberster Stelle ist der IH-Leiter. Er ist für die Sicherstellung der Ziele verantwortlich und legt u.a. die Organisationsstruktur fest (ÖNORM EN 15628 2014-12:7-8).

Neben dem Einsatzgebiet sind auch die häufigen Eigenschaften von Personengruppen notwendig, um diese in eine gewünschte Richtung weiterentwickeln zu können.

Nach Hering (Hering 2014) können die Eigenschaften von Ingenieuren in einem Verhaltensmodell beschrieben werden. Es wird im persolog-Persönlichkeits-Modell zwischen vier unterschiedlichen Verhaltensweisen unterschieden. Die Verhaltensweisen bestimmen persönliche Positionen und Überzeugungen und werden von der Persönlichkeit sowie der externen Umgebung geprägt.

- Der Typ Dominant (D) ist risikobereit und entscheidungswillig. Er vernachlässigt jedoch wichtige Details. Vertreter sind Führungskräfte und Profisportler.
- Der Typ Initiativ (I) ist Netzwerker und kann seine Umgebung motivieren. Er gibt zu optimistische Einschätzungen ab. Vertreter sind Verkäufer und Moderatoren.
- Der Typ Stetig (S) liebt klare Aufgaben und konzentriert sich auf diese. Jedoch geht er keine neuen Wege. Vertreter sind Verwaltungsangestellte und Bandarbeiter.
- Der Typ Gewissenhaft (G) denkt kritisch und genau und entscheidet nach Daten und Fakten. Er denkt zu vorsichtig und pessimistisch. Vertreter sind Programmierer, Planer und Entwickler (Hering 2014:8-16).

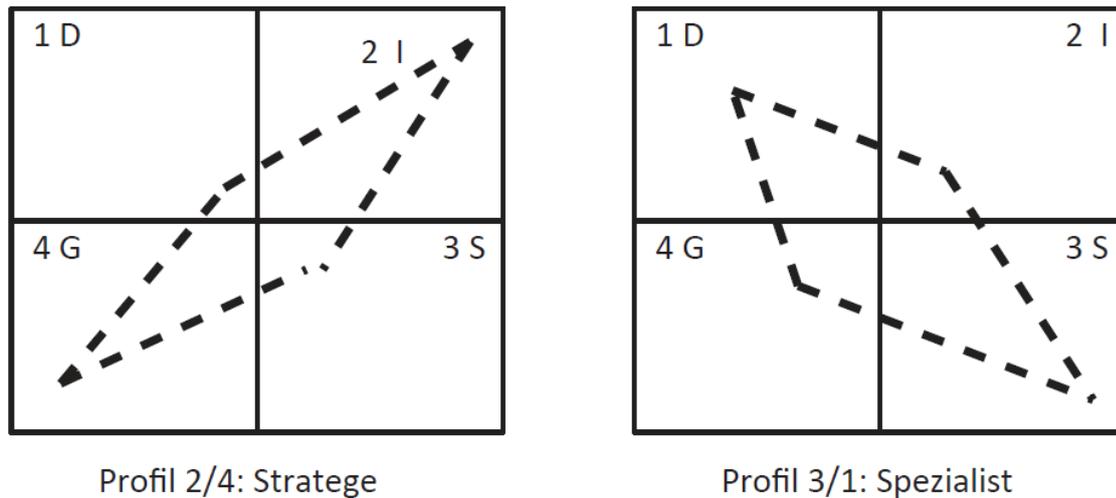


Abbildung 32: Übliche Verhaltensweisen für Ingenieure im Verhaltensmodell nach persolog. (Hering 2014:10)

Der Spezialist widmet sich klar umrissenen Aufgaben und erledigt diese mit Ruhe und Sorgfalt. Er ist Knowhow-Träger. Der Strategie als konträrer Typ erwägt viele Handlungsmöglichkeiten und analysiert, bevor eine Maßnahme ergreift (Hering 2014:11)

In der Auflistung von Diagnosemethoden mit Anforderungen an Wissen (vgl. Abbildung 27) des durchführenden Personals ist zu erkennen, dass bei der Anwendung der einzelnen Diagnosemethoden häufig Fachwissen und in der Analyse meist Expertenwissen vorausgesetzt wird (Pawellek 2013:126).

Maschinendiagnosen werden von einer IH-Fachkraft durchgeführt, die häufig Eigenschaften eines Spezialisten voraussetzen. Um jedoch Veränderungen bzw. die Anwendung von Innovationen beim Spezialisten zu erzielen, muss das Ziel in kleinen Schritten angeleitet und ausdrücklich erteilt werden. Eine Unterstützung bei der Umsetzung neuer Methoden ist durch eine IH-Führungskraft notwendig (Hering 2014, ÖNORM EN 15628 2014-12).

## 8 Praktischer Teil / Ergebnisse

Zur bestmöglichen zukünftigen Ausrichtung von zustandsorientiertem Asset Management ist die Erhebung des Ist Standes notwendig. Mit den Erkenntnissen welche Diagnosemethoden in welchem Ausmaß durchgeführt werden, kann aufgrund einer Risikobeurteilung der untersuchten Aggregate eine notwendige Entwicklung abgeleitet werden. Im dritten Teil der praktischen Auswertung wird die aufgrund der Risikobewertung freiwerdende Personalkapazität von ASP-DG betrachtet.

### 8.1 Status Quo im Geschäftsfeld Asset Service

Zur Abbildung des Ist-Standes von zustandsorientiertem Asset Management in der Wien Energie GmbH wurden die beteiligten Personengruppen (Diagnostiker und Auftragsplaner) befragt. Zusätzlich wurden sämtliche im SAP abgebildeten Diagnoseaufträge aus dem Kalenderjahr 2017 ausgewertet. Es konnte somit eine objektive Auswertung zu den eingesetzten Diagnosemethoden geschaffen werden. Zusätzlich werden die Detaillergebnisse zu den Diagnosemethoden aus der Ist-Stand-Erhebung in Form einer Portfoliomatrix überblicksmäßig dargestellt.

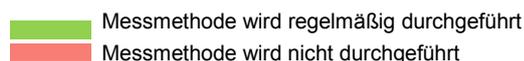
#### 8.1.1 Interview ASP-DG

ASP-DG besteht aus vier Personen wobei je zwei Personen aus dem Bereich der ehemaligen Fernwärme Wien GmbH (Bereich Müllverbrennung) und zwei Personen dem Bereich der Kraftwerksanlagen der Wien Energie GmbH zugeordnet werden. Diese vier Personen können wie die Spezialisten der Abteilung ASS in allen Werken zum Einsatz kommen. Die Zusammenführung von Maschinendiagnose aus dem Bereich ehemaliger Fernwärme Wien GmbH und den Kraftwerksanlagen der Wien Energie GmbH ist noch nicht abgeschlossen. ASP-DG agiert noch in Form von zwei Diagnostiker Teams. Daher wurden zwei Interviews mit den Teams (Bereich Müllverbrennung und Bereich Kraftwerksanlagen) durchgeführt.

Schwerpunkt der Befragung lag bei der Erhebung der eingesetzten Diagnosemethoden. Die eingesetzten Messgeräte, der Zeitaufwand pro Messung, ob Knowhow zur Interpretation der Messergebnisse vorhanden ist und weitere Entwicklungsfelder im Bereich Maschinendiagnose aus der Sicht von ASP-DG wurden erhoben. In der Tabelle 10 sind die eingesetzten Methoden und Messgeräte dargestellt.

Tabelle 10: Eingesetzte Messmethoden und Messgeräte in ASP-DG.

	Bereich Müllverbrennung	Bereich Kraftwerksanlagen
Schwingungsmessung	FAG Detector III	Emerson CSI 2130
Endoskopie	–	Olympus Iplex
Ölanalyse	–	Spectro 5200 TriVector Analyzer
Thermografie	Fluke Ti25 & Fluke Ti40	Flir 335, CSI 515 & Easy View 11A
Wandstärkenmessung	Sauter TD 225-01 US, Dakota Ultrasonics Thickness Gauge MX-2	Dacota Ultrasonics Thickness Gaug MMX-6
Öldruckmessung	–	Hydrotechnik Mult System 5050
Ultraschallmessung	HDS SDT270	HDS SDT270



stand: 04/2019

Im **Bereich Müllverbrennung** sind die Schwingungsmessung sowie die Wandstärkenmessung etabliert. Schwingungsmessung ist die am häufigsten angewandte Messmethode und wird in allen Erzeugungsanlagen aus dem Bereich durchgeführt. Das Personal hat Erfahrung mit der Auswertung der Schwingungsanalysen und den relevanten Aggregaten. Wandstärkenmessung wird im Werk Simmeringer Haide an den Abhitzekeßeln regelmäßig durchgeführt. 2017 wurde ein Ultraschall-Messgerät zur Leckageortung an Druckluftverrohrungen angeschafft. Erste Messungen wurden bereits im Werk Pfaffenau durchgeführt.

Die Diagnostiker aus dem Bereich Müllverbrennung sehen Entwicklungsfelder in der Anpassung der Messintervalle bei der Schwingungsmessung an die Betriebsstunden der jeweiligen Aggregate. Außerdem ist die dokumentierte Festlegung einer Instandhaltungsstrategie von Aggregaten notwendig. Bei Auftreten von Lagerschwingungen wird ASP-DG bei jedem Aggregat zur Diagnose beauftragt. Wenn jedoch eine reaktive Instandhaltung festgelegt wurde, ist die Zustandsbeurteilung nicht Teil der Strategie.

Im **Bereich Kraftwerksanlagen** wird ein breites Spektrum von Messmethoden angewendet. Schwingungsmessung ist auch in diesem Bereich die am häufigsten durchgeführte Messmethode. Endoskopie wird regelmäßig durchgeführt. Hauptanwendungsgebiet der Endoskopie ist die Innenuntersuchung von Turbinen zum Festlegen des Revisionsaufwandes. Diese Inspektionstätigkeiten werden mittlerweile von einem externen Servicedienstleister durchgeführt. Ölanalysen werden an Turbinenölen sowie an Getriebeölen der Windkraftanlagen durchgeführt, wobei die Probenahme sowie Analyse nicht von ASP-DG durchgeführt werden. Lediglich die Koordination, Auswertung und Dokumentation wird durchgeführt. Bei kritischen Analyseergebnissen von Schmiermitteln wird eine zusätzliche Probe an das Labor der Wiener Linien zur Analyse gesendet. Thermografie wird an Turbinen und Rauchgaskanälen durchgeführt. Das Knowhow zur Thermografie von Elektroanlagen ist in ASP-DG nicht vorhanden. Wandstärkenmessung wird an Behältern durchgeführt. Ultraschallmessungen zur Leckageortung wird regelmäßig an den einzelnen Anlagen durchgeführt.

Die Diagnostiker aus dem Bereich der Kraftwerksanlagen sehen mögliche Entwicklungsfelder im Ausbau der Leckageortung mittels Ultraschall. Es können neben Druckluftleitungen auch Wärmetauscher und Rohrleitungen mittels einem Schalltransmitter medienfrei auf Leckagen untersucht werden. Bei der Schwingungsmessung ist der Umstieg der Messung auf stationäre Messung zur Aufnahme von Schwingungssummenwerten sinnvoll. Es könnten sich von Seiten ASP-DG häufige Ausfahrten in die Außenwerke erspart werden.

### 8.1.2 Interview Auftragsplanung

Der zweite Fragebogen richtet sich an die Auftragsplaner. Die Planer-Teams ASP-HW sowie ASP-KS sind für die Müllverbrennungsanlagen sowie Heißwasserkessel zuständig. In diesem Bereich sind zurzeit hauptsächlich die Diagnostiker aus dem Bereich Müllverbrennung im

Einsatz. ASP-KWK verplant Aufträge in den Kraftwerksstandorten Simmering und Donaustadt. An diesen Standorten sind Diagnostiker aus dem Bereich Kraftwerksanlagen im Einsatz.

Der Einsatz von Maschinendiagnose ist nicht abteilungsübergreifend geregelt. Nur bei der Schwingungsmessung werden Aggregate in allen Erzeugungsanlagen zustandsbeurteilt. In diesem Fragebogen wird die Verbreitung der einzelnen Diagnosemethoden in den Planerteams erhoben. Des Weiteren sind Fragen bezüglich Zufriedenheit und Verbesserungspotential in der Berichterstattung von ASP-DG zu finden. Die Erkenntnisse aus diesen beantworteten Fragen sind Ausgangspunkt einer vereinheitlichten Berichterstattung von ASP-DG über alle Diagnosemethoden.

Der Fragebogen wurde an alle Planer ausgesendet, mit der Vorgabe diesen binnen 9 Tagen zu beantworten. Dieser wurde von ca. 37 % des Personals beantwortet. Es sind alle drei Planungsteams abgebildet.

### Frage1: Welche Diagnosemethoden werden von Ihnen durchgeführt?

Es ist klar zu erkennen, dass die Schwingungsüberwachung über alle Planer-Teams die verbreitetste Diagnosemethode ist. Die unterschiedlichen Diagnosemethoden sind in den einzelnen Teams unterschiedlich stark verbreitet, wobei das Team ASP-KWK das breiteste Diagnoseportfolio anwendet.

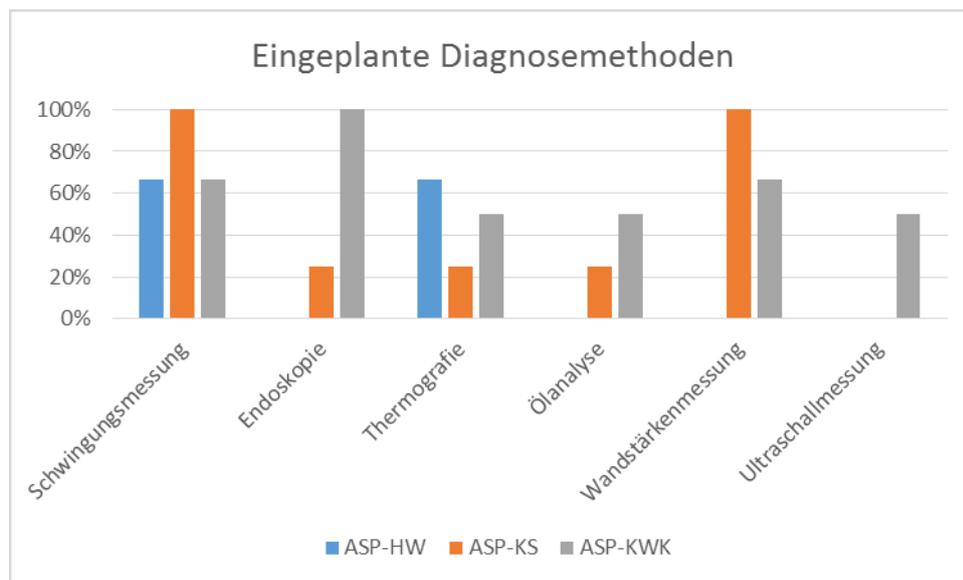


Abbildung 33: Eingeplante Diagnosemethoden nach in den Planer-Teams.

### Frage2: Ist die Einführung weiterer Diagnosemethoden in Ihrem Bereich Notwendig?

Im Team ASP-HW wurde kein Erweiterungsbedarf angegeben.

Aus dem Team ASP-KS wurde einerseits die Notwendigkeit des verstärkten Einsatzes der verfügbaren Diagnosemethoden wie Thermografie, Ultraschall und Ölanalyse erkannt. Außerdem wird der Einsatz technologisch moderner Diagnosemethoden wie optische Bildauswertung und der Einsatz von Drohnen vorgeschlagen.

Aus dem Team ASP-KWK wurde kein Erweiterungsbedarf neuer Diagnosemethoden kommuniziert. Der verstärkte Einsatz von automatisierter Zustandsüberwachung (Schwingungen, Stromaufnahmen und Temperatur) vorgeschlagen.

**Frage3: Welche Informationen/Rückmeldungen erhalten Sie von durchgeführten Diagnosen?**

Diese Frage zielt darauf ab, ob der aktuelle Weg der Berichterstattung den Planern bekannt ist. Im Instandhaltungsauftrag wird ein Rückmeldungstext über die durchgeführten Analysen und den Zustand des Aggregats von ASP-DG verfasst. Zusätzlich werden Messberichte erstellt und per E-Mail an die zuständigen Planer übermittelt. Bei kritischem Maschinenzustand wird eine Störmeldung von ASP-DG verfasst.

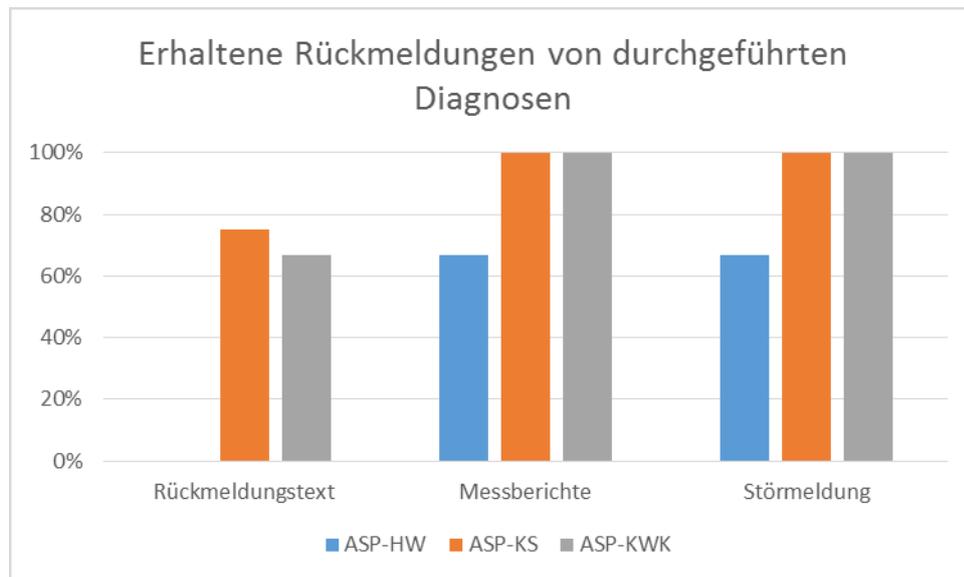


Abbildung 34: Erhaltene Rückmeldungen von durchgeführten Diagnosen.

Planer aus allen Teams geben an, keinen Rückmeldungstext im Auftrag zu erhalten. Die überwiegende Mehrheit gibt an, die relevanten Messberichte sowie die Störmeldungen bei kritischem Maschinenzustand zu erhalten. Im Bereich ASP-KWK geben alle Planer an, zusätzlich persönlich Rücksprache über den Maschinenzustand zu halten. Zwei erfahrene Planer aus dem Team ASP-HW geben diese persönliche Rücksprache ebenso an.

**Frage4: Wie zufrieden sind sie mit der bestehenden Berichterstattung?**



**Frage5: Welche Informationen von Diagnoseergebnissen sind Ihrer Meinung nach notwendig? Welche Informationen sollen in Zukunft kommen?**

Die Planer aus dem Team ASP-HW geben keinen Verbesserungsbedarf zur bestehenden Berichterstattung an.

Im Team ASP-KS wird die Sinnhaftigkeit zur Darstellung des Maschinenzustands in Form eines Ampelsystems unterstrichen. Jedoch müssen die Grenzen klar definiert sein und eine Konsequenz in Form einer Intervallanpassung bei Änderung des Zustands durchgeführt werden.

Aus dem Team ASP-KWK kommt der Wunsch zur Darstellung des zeitlichen Verlaufs des Maschinenzustands auf Messberichten.

Eine mangelnde Eigenverantwortung von ASP-DG wird thematisiert.

**Frage6: Sind die Schnittstellen zwischen Diagnose und Reparatur Ihrer Meinung nach klar definiert? Wo liegen diese?**

Die Schnittstellen sind von Seiten der Planungsteams klar definiert. Aus dem Team ASP-KS wird die Koordination von Fremdfirmen zur Wartung von Aggregaten mit Zustandsbeurteilung von ASP-DG als verbesserungswürdig angesehen.

### **8.1.3 SAP-Auswertung durchgeführter Maschinendiagnose**

Um die Aussagen von den beteiligten Personengruppen zu objektivieren und die kapazitive Auslastung von ASP-DG zu erheben wurde eine Datenauswertung der Diagnoseaufträge aus dem Jahr 2017 durchgeführt. Dazu mussten die Daten unterschiedlicher Datenbanken zusammengeführt werden. Es wurde die Kosten der Aufträge (SAP Transaktionscode IW39N) mit der Vorgangsliste (SAP Transaktionscode IW37N) verknüpft. Somit konnten die relevanten Diagnoseaufträge über den verantwortlichen Arbeitsplatz ASP-DG und die rückgemeldeten Arbeitsstunden von ASP-DG ausgewertet werden.

In dieser Auswertung ist nur Zustandsbeurteilung von ASP-DG abgebildet. Beurteilungen durch externe Fachfirmen oder andere Abteilungen sind in dieser Auswertung nicht miteinbezogen.

Im ersten Teil der Auswertung wurde die Anzahl der Diagnoseaufträge gegenüber den Werken und den Diagnosemethoden dargestellt.

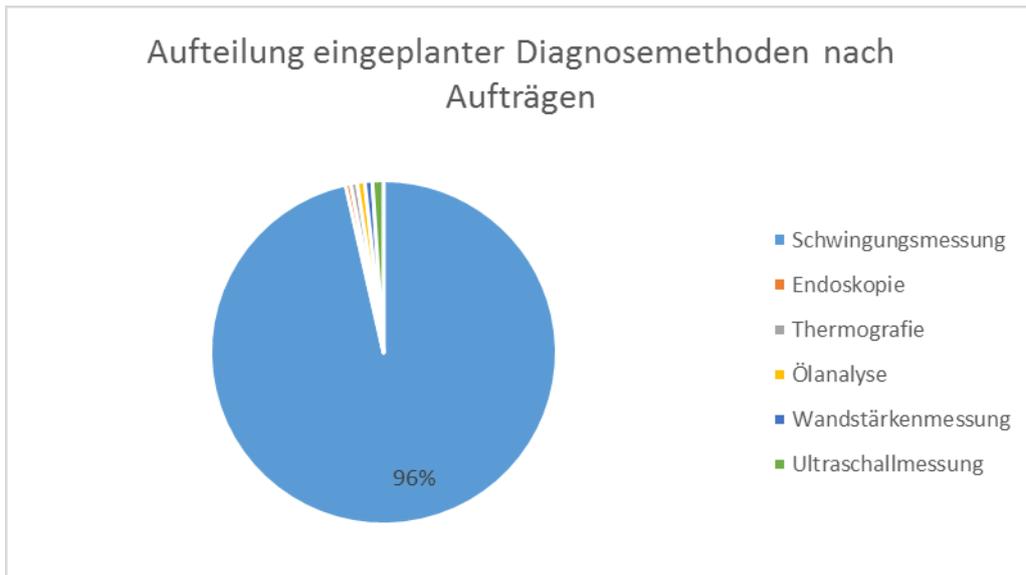


Abbildung 35: Aufteilung eingeplanter Diagnosemethoden nach Aufträgen.

Von den 1.842 eingeplanten Diagnoseaufträgen waren 2017 96% Schwingungsüberwachungen. Der Anteil von Ultraschallmessung beträgt 1%. Die restlichen Diagnosemethoden kommen je zu einem gleichen großen Anteil von ca. 0,75% zum Einsatz.

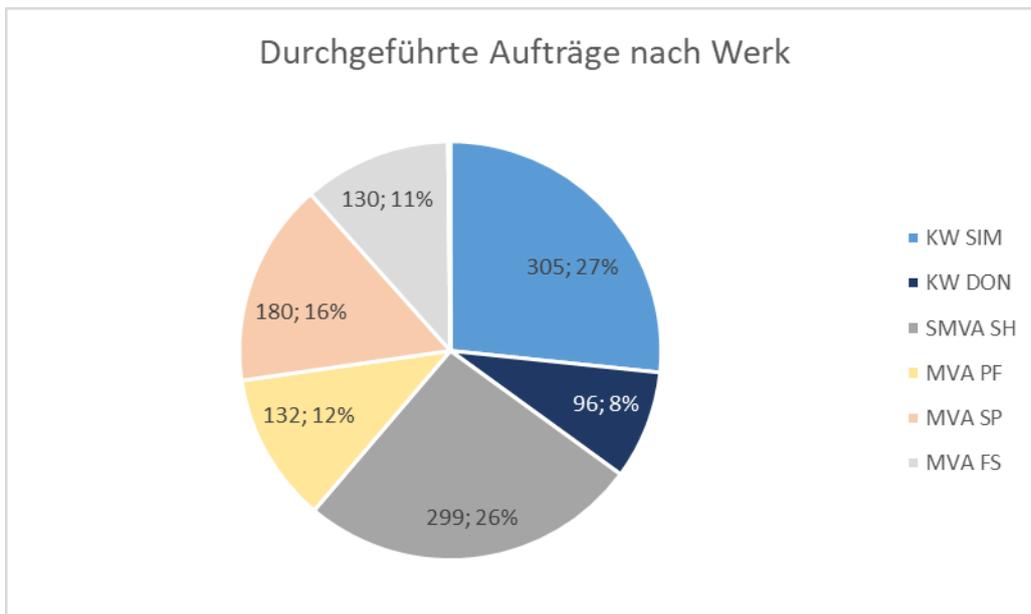


Abbildung 36: Durchgeführte Aufträge nach Werk.

Ein Diagnoseauftrag wurde als durchgeführt eingestuft, wenn die rückgemeldeten Arbeitsstunden größer 0,5 Arbeitsstunden waren. Über alle Werke wurden 2017 62% der Diagnoseaufträge durchgeführt. Am Kraftwerksstandort Simmering wurden nur 305 von 902 (34%) erstellten Diagnoseaufträgen als durchgeführt ausgewertet.

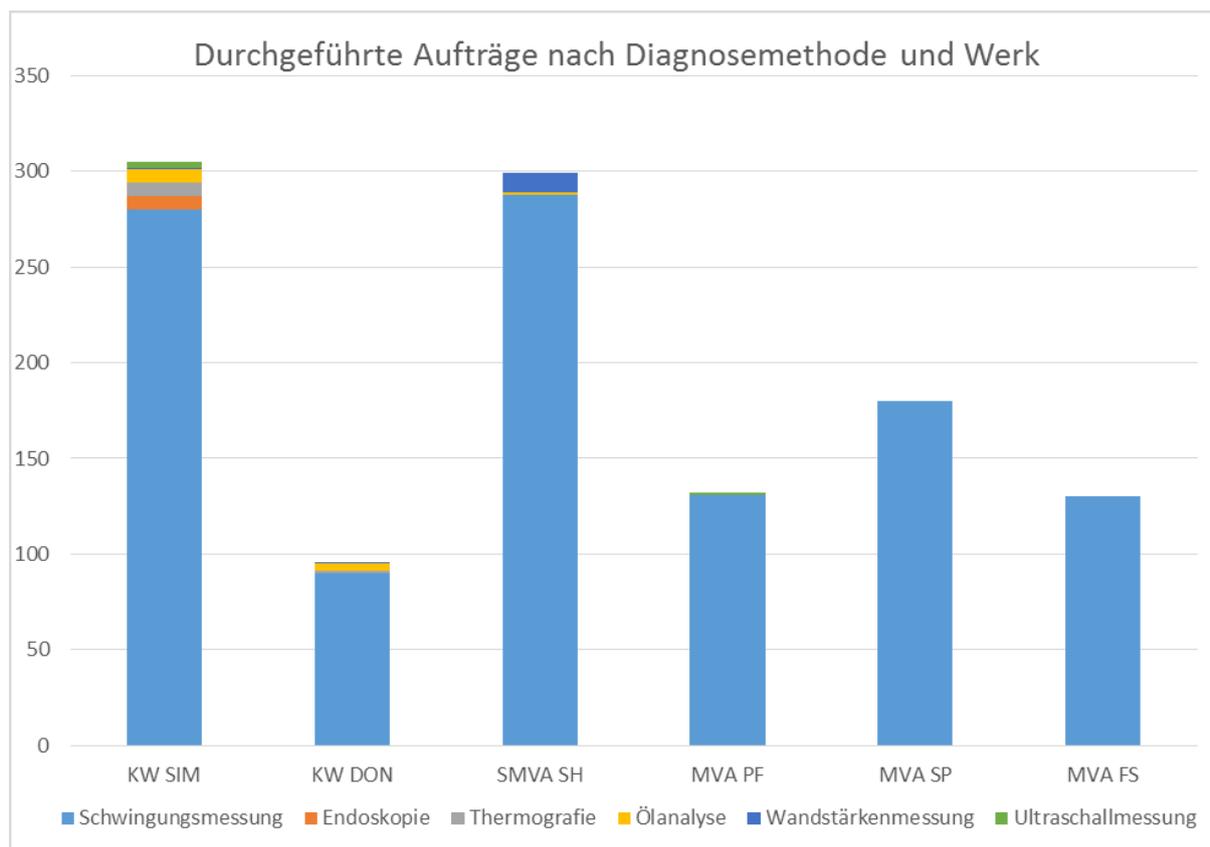


Abbildung 37: Durchgeführte Aufträge nach Diagnosemethode und Werk.

In der Aufteilung der eingesetzten Diagnosemethoden nach Werken ist zu erkennen, dass die Schwingungsüberwachung in allen Anlagen zur Anwendung kommt. In den Kraftwerksstandorten kommen alle Diagnosemethoden zum Einsatz. In der Müllverbrennungsanlagen Simmeringer Haide wurden 2017 neben Schwingungsmessungen Wandstärkenmessungen und eine Ölanalyse von ASP-DG durchgeführt. Am Standort Pfaffenau wurde 2017 Leckageortung mittels Ultraschall erstmals durchgeführt. An den Standorten Spittelau und Flötzersteig wird von ASP-DG nur Schwingungsüberwachung durchgeführt. Es wird von ASP-HW an den Standorten Spittelau und Flötzersteig Thermografie von Elektroanlagen (Schaltschränke, Transformatoren und FU's) eingeplant und von ASS durchgeführt.

Im zweiten Teil der Auswertung wurden die rückgemeldeten Stunden der Diagnoseaufträge betrachtet.

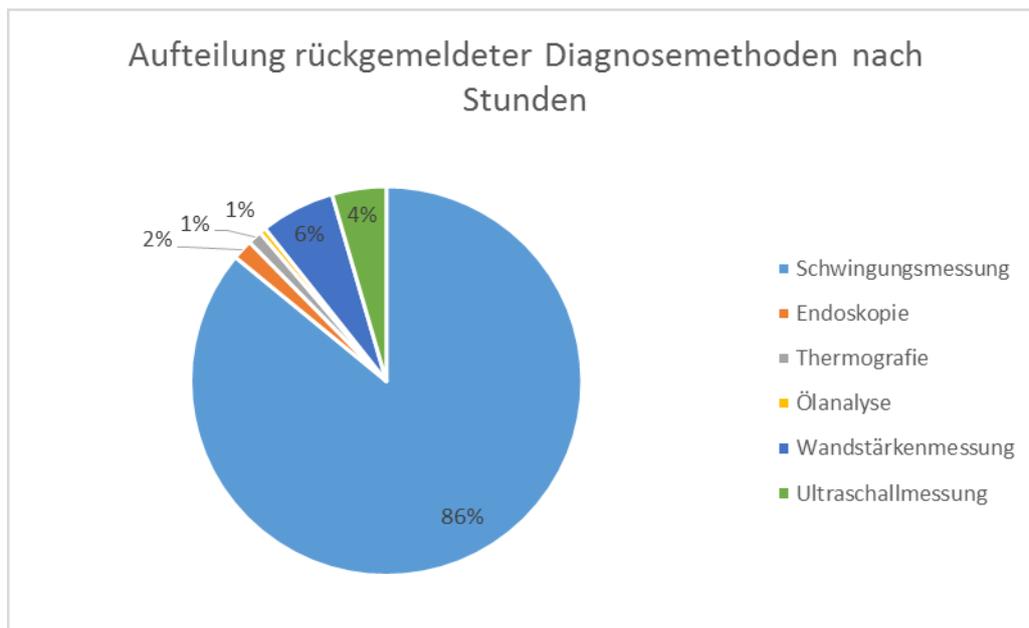


Abbildung 38: Aufteilung rückgemeldeter Diagnosemethoden nach Stunden.

In der Aufteilung der rückgemeldeten Diagnosemethoden nach Stunden (vgl. Abbildung 38) ist der Anteil der Schwingungsmessung 86% und somit geringer als bei der Aufteilung nach Diagnoseaufträgen. Diese Änderung ergibt sich aufgrund der unterschiedlichen Diagnosezeiten bei den einzelnen Methoden. Aufträge für Schwingungsmessungen werden für einzelne Aggregate aus Wartungsplänen generiert und haben eine Plan-Dauer von 1,5 h pro Diagnose im Bereich Kraftwerksanlagen und 2,5 h im Bereich Müllverbrennung. Aufträge für Wandstärkenmessungen haben je nach Aggregat einen geplanten Zeitaufwand zwischen 12 und 32 h. Aufträge für Leckageortungen mittels Ultraschall werden für übergeordnete Anlagenbereiche erstellt und haben Plan-Zeitaufwände von 40 bis 130 Mannstunden.

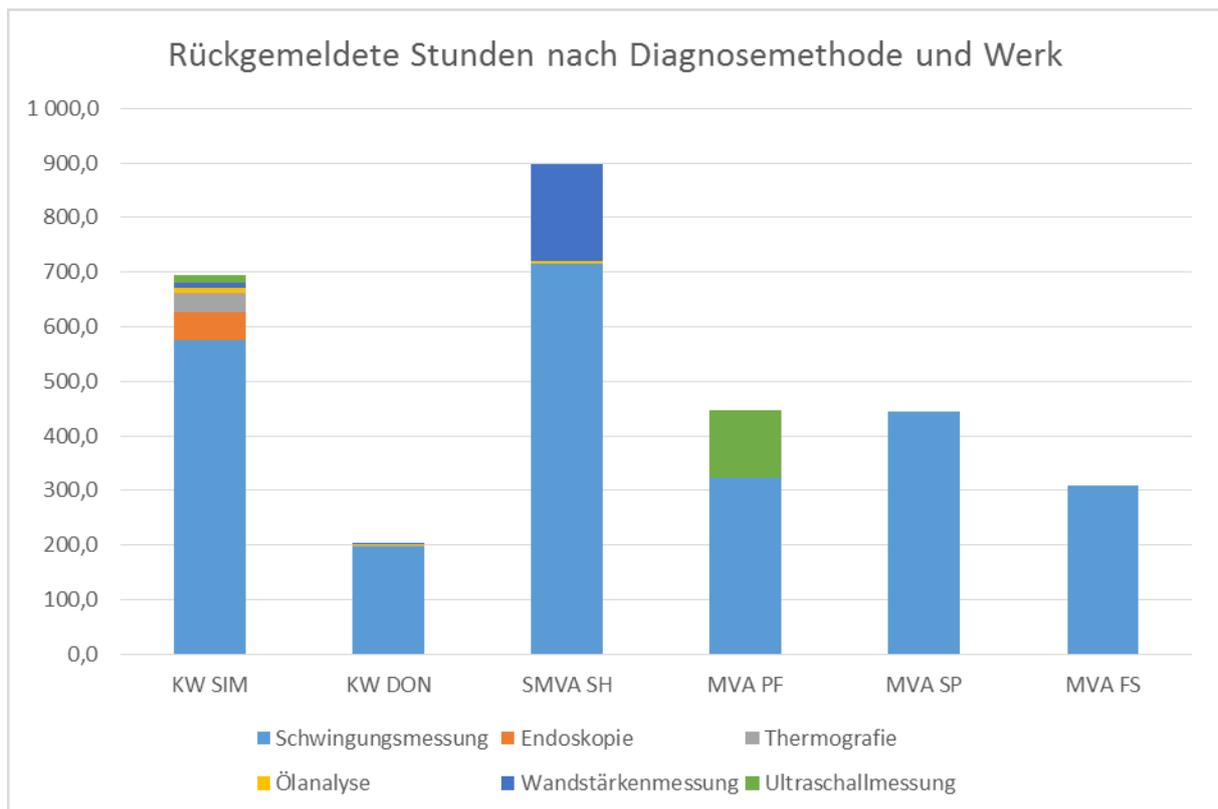


Abbildung 39: Rückgemeldete Stunden nach Diagnosemethode und Werk.

Bei den rückgemeldeten Stunden aufgeteilt nach Diagnosemethode und Werk (vgl. Abbildung 39) liegt mit rund 900 Mannstunden für Maschinendiagnose das Werk Simmeringer Haide voran. Der erhöhte Stundenaufwand im Vergleich zu gleich Anzahl an durgeführten Diagnoseaufträgen (vgl. Abbildung 37) lässt sich aufgrund den längeren Durchführungszeiten pro Diagnose bei der Schwingungsmessung zurückführen. Auch für Wandstärkenmessung im Werk Simmeringer Haide und Ultraschallmessung im Werk Pfaffenau wurde eine hohe Stundenzahl pro Diagnose eingeplant.

#### 8.1.4 Portfoliodarstellung der Diagnosemethoden

Zur vereinfachten Darstellung der in Kapitel 5 „Diagnosemethoden“ beschriebenen Methoden wurde Wachstum, Verbreitung sowie Arbeitsaufwand in einem Blasendiagramm angelehnt an die Portfolio-Analyse oder Vier-Felder-Matrix dargestellt.

In der Portfolioanalyse nach BCG ist auf der X-Achse der relative Marktanteil und auf der Y-Achse die Marktwachstumsrate aufgetragen. Je nach Lage in der 2x2-Matrix ergeben sich unterschiedliche Vorgehensweisen (Schawel & Billing 2012:32-34).

Als Marktanteil wurde die Verbreitung der Diagnosemethode in den einzelnen Werken aus der SAP-Datenauswertung herangezogen. Das Marktwachstum wurde aufgrund der Erkenntnisse aus den Interviews mit Planern und Diagnostikern subjektiv bewertet. Als „Umsatz“ wurden die abgeleiteten Stunden für Diagnose aus der SAP-Datenauswertung herangezogen. Die Bewertungen für die potentiellen Diagnosemethoden wurden subjektiv bewertet.

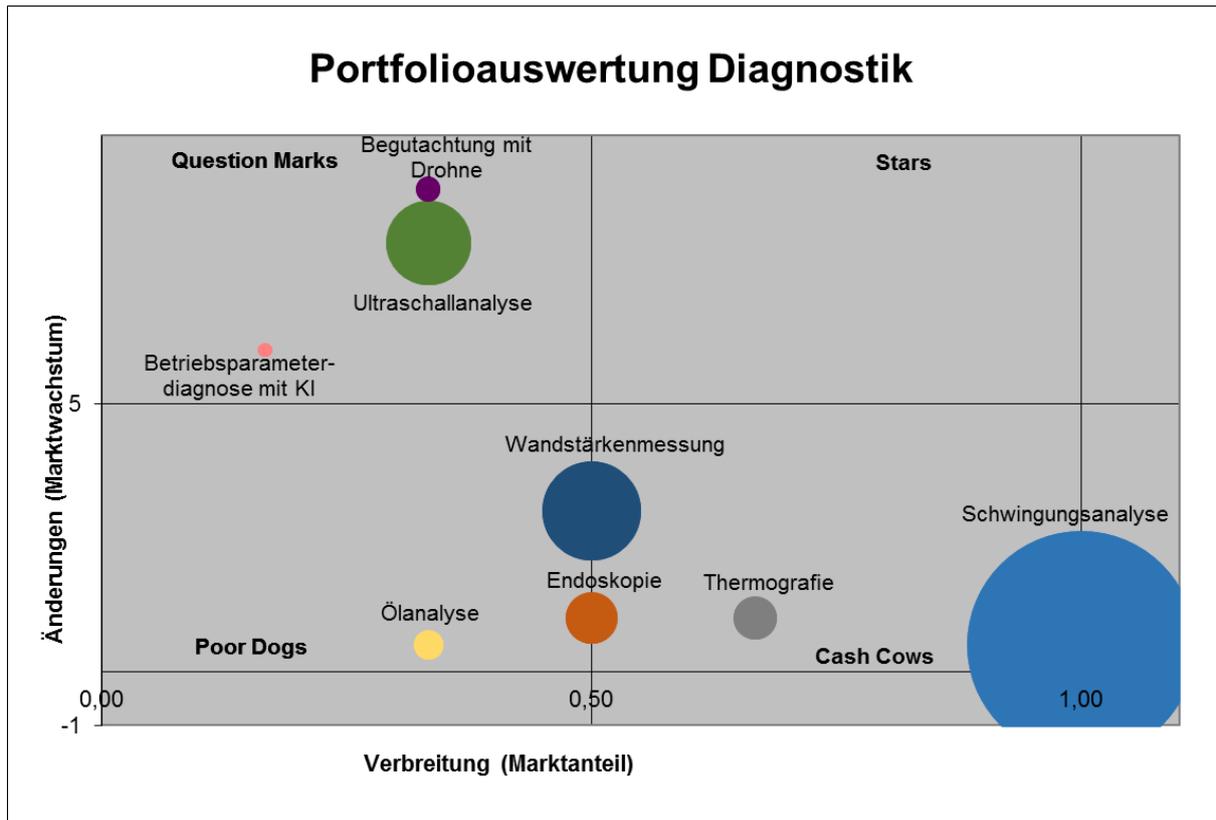


Abbildung 40: Portfolioauswertung Diagnosemethoden.

Für den Bereich der Question Marks gibt es die Möglichkeit zu investieren oder mittelfristig zu deinvestieren. Im Bereich der Stars sind Investitionen am Sinnvollsten. Im Bereich der Cash Cows wird Profit ohne weitere Investitionen abgeschöpft und im Bereich der Poor Dogs empfiehlt sich eine Deinvestition (Schawel & Billing 2012).

## 8.2 Instandhaltungsstrategie der Wien Energie GmbH

In den Jahren 2012 bis 2014 wurde die „Instandhaltungsstrategie“ ausgearbeitet. Durch eine strukturierte Risikobeurteilung werden die erforderlichen Instandhaltungsmaßnahmen und Vorgehensweisen von Baugruppen definiert.

Tabelle 11: Kenndaten der Instandhaltungsstrategie.

Arbeitsaufwand zur Erstellung:	1.850 Personenstunden
Beteiligte Personen:	17 Mitarbeiter
Abgebildete Anlagen:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• MVA Flötzersteig</li> <li>• HWK Inzersdorf</li> <li>• HWK Kagran</li> <li>• HWK Leopoldau</li> <li>• MVA Pfaffenau</li> <li>• MVA Spittelau</li> <li>• MVA Simmeringer Haide</li> </ul>

Umfang der Beurteilung:	1.851 Klassifizierungen mit ca. 100.000 dahinter stehenden Technischen Plätzen
-------------------------	--

### Beschreibung der Bewertung

Die verfahrenstechnischen Anlagen sind in technische Funktionsgruppen aufgegliedert. Die Funktionsgruppen sind über die verfahrenstechnische Grundoperation (z.B. Mischen, Fördern, Kühlen...) und dem Medium (z.B. Rauchgas, Sand, Waschwasser...) definiert. So gibt es z.B. die Funktionsgruppe „Rauchgas fördern“, die aus Rauchgaskanälen, Armaturen, Kompensatoren und Gebläsen besteht. Die technischen Funktionsgruppen sind in den R&I-Verfahrensschemata farblich markiert und gekennzeichnet (vgl. Abbildung 41).

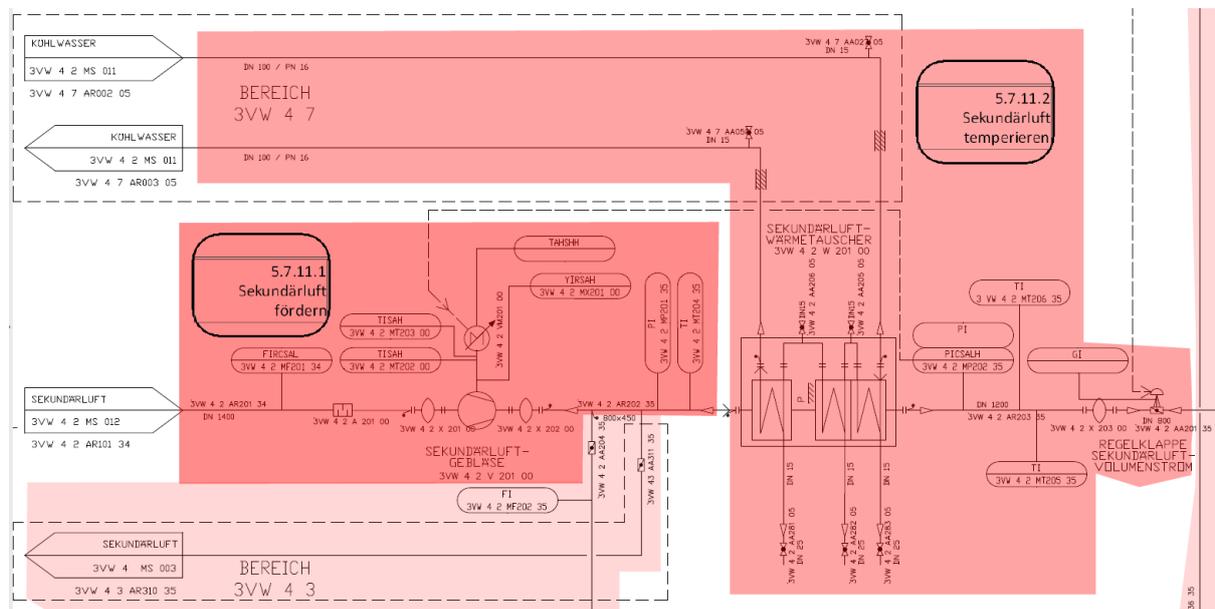


Abbildung 41: Auszug aus R&I-Sekundärluftsystem WSO4; Funktionsgruppen eingefärbt

Die Risikoklassifizierung wurde über einen Risikographen mit den Kriterien Schadensauswirkung, Schadensausmaß/Produktschaden, Gefahrenabwendung und Eintrittswahrscheinlichkeit durchgeführt. Für eine einheitliche Bewertung wurde ein Leitfaden für die Bewertung von Funktionsgruppen zur Verfügung gestellt. Die Bewertung wurde von erfahrenerm Personal aus den jeweiligen Verbrennungsanlagen durchgeführt.

Ergebnis des Risikographen ist die Einstufung in eine Risikoklasse. Es gibt die Risikoklassen A, B, und C, wobei A der höchsten Risikoklassifizierung entspricht. Für die Risikoklasse A ist grundsätzlich eine vorbeugende Wartung vorgesehen. Zusätzlich zu den Risikoklassen gibt es eine W&I-Klasse, die aus der geforderten Reaktionszeit zur Instandsetzung ermittelt wird. In Kombination aus Risikoklasse und W&I-Klasse gibt es die Bewertungen A-A, A-B, B-B, B-C und C-C.

Zusätzlich zum Graphen sind Kurzbegründungen angeführt, um die Entscheidung nachvollziehen zu können und das Wissen des Bewertungspersonals zu dokumentieren. Die gewünschte Reaktionszeit in Tagen zur Instandsetzung bei Ausfall ist ebenfalls angeführt. In

einem weiteren Schritt sollen die Risikoklassen mit den einzelnen technischen Plätzen TP verknüpft werden. Dies erfolgt aufgrund des enormen Aufwands (ca. 100.000 Technische Plätze) schrittweise. Die Instandhaltungsstrategie wird als erstes in den Instandhaltungsprozess des WSO4 in der Simmeringer Haide überführt. Schrittweise sollen weitere Anlagen folgen.

Die Ergebnisse der Instandhaltungsstrategie werden in einer Microsoft Access-Datenbank verwaltet und können über diese visualisiert werden.

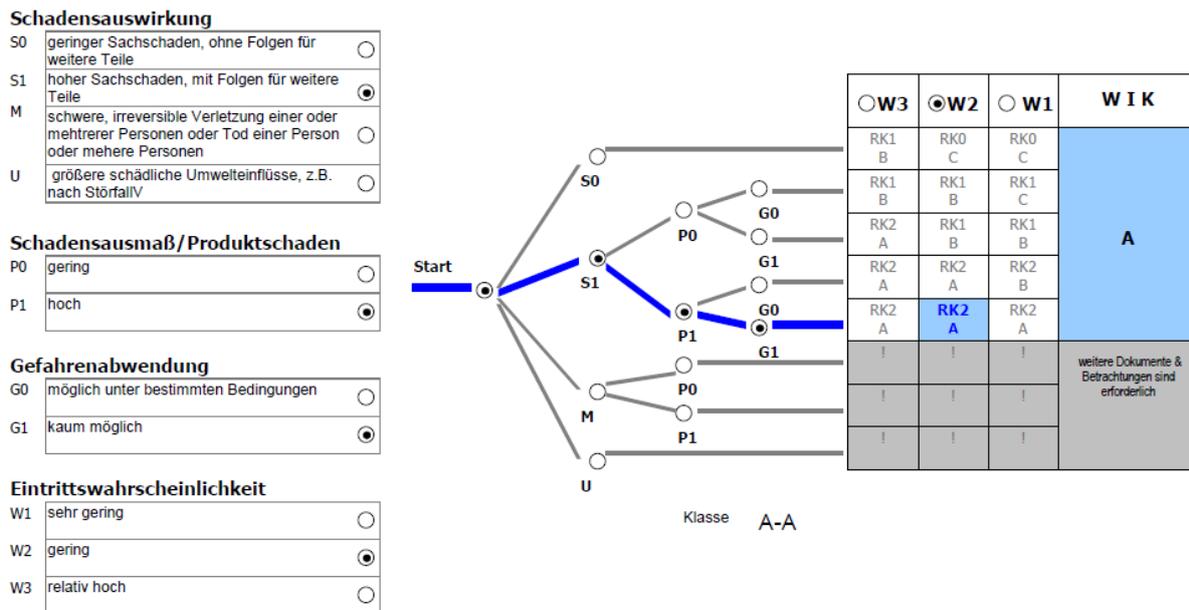


Abbildung 42: Risikograph der Funktionsgruppe „Rauchgas fördern WSO\_3“.

Ähnlich der Vorgehensweise in den Anlagen der ehemaligen Fernwärme Wien wurde eine Instandhaltungsstrategie in den Kraftwerksanlagen erstellt. Aufgrund einer etwas anderen Bearbeitungsmethode ist diese für eine weitere Verwendung zur Risikoabschätzung nicht verwendbar.

### 8.3 Risikobewertung für Aggregate mit Schwingungsmessung

Aus dem Interview mit ASP-DG (vgl. Interview ASP-DG) und der Datenanalyse (vgl. SAP-Auswertung durchgeführter Maschinendiagnose) resultiert, dass Schwingungsanalyse die dominierende Diagnosemethode ist und ASP-DG ressourcentechnisch überplant ist. Es werden mehr Diagnoseaufträge automatisch erstellt, als abgearbeitet werden können. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit die Häufigkeit von Schwingungsüberwachungen an Aggregaten in allen Erzeugungsanlagen näher zu betrachten.

Die Vorgehensweise der bisherigen Aggregateauswahl zur Schwingungsmessung wurden im Kapitel „Schwingungsmessung“ erläutert. Mit der Instandhaltungsstrategie steht erstmals eine einheitliche Risikobewertung von Anlagenbereichen in den Anlagen der ehemaligen Fernwärme Wien (vgl. Tabelle 11) zur Verfügung.

Die folgenden Arbeitsschritte wurden für die Risikobewertung für Aggregate mit Schwingungsüberwachung durchgeführt:

1. Überprüfung der bisherigen Aggregateauswahl auf Vollständigkeit
2. Übertragung der Risikobewertung aus IH-Strategie auf Aggregate
3. Reihung der Aggregate aufgrund der Merkmale Aggregatetyp, Risikobewertung und Redundanz

### 8.3.1 Überprüfung der bisherigen Aggregateauswahl auf Vollständigkeit

Um die bisherige Aggregateauswahl auf Vollständigkeit zu überprüfen, wurden alle im Kraftwerks-Kennzeichnungs-System (KKS) hinterlegten Pumpen und Gebläse der MVA Pfaffenau betrachtet.

Von Insgesamt 433 Aggregaten (davon 219 Ventilatoren und Gebläse und 214 Pumpen) wurden bisher 57 Aggregate für eine Zustandsbeurteilung mittels mobiler Schwingungsüberwachung ausgewählt. Nach durchgeführter Risikobewertung (Schritt 2 und 3) können die bisher ausgewählten Aggregate als die für Schwingungsmessung am meisten relevanten Aggregate bestätigt werden (vgl. Abbildung 43). Mit dieser Erkenntnis wurden die bisherigen Listen mit Aggregate für Schwingungsmessung von ASP-DG aus den anderen Werken übernommen und für die Risikobewertung herangezogen.

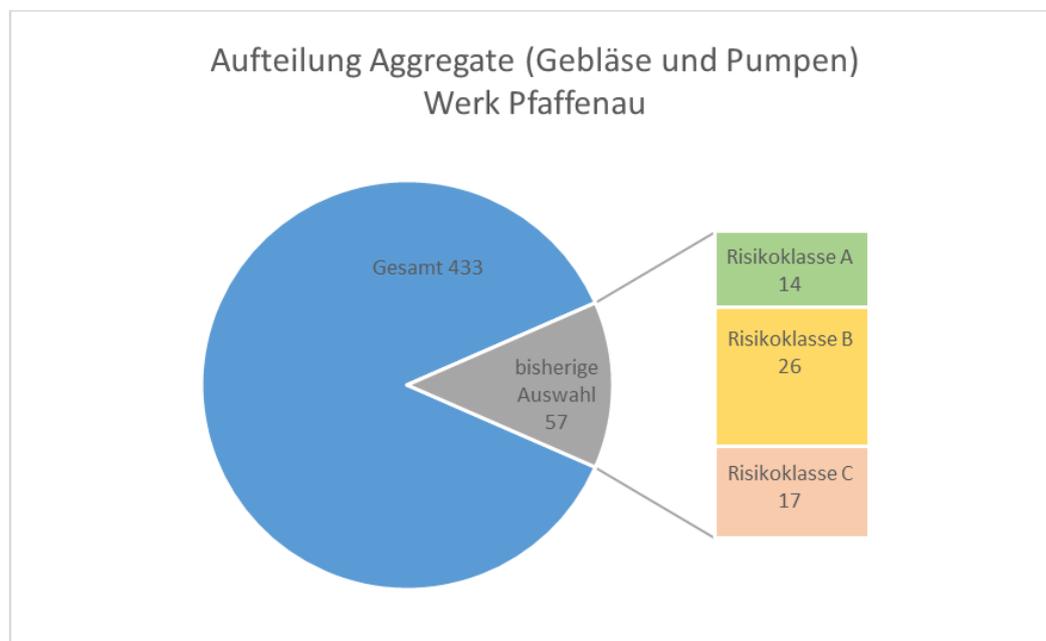


Abbildung 43: Aufteilung Aggregate (Gebläse und Pumpen) Werk Pfaffenau.

### 8.3.2 Übertragung der Risikobewertung aus IH-Strategie auf Aggregate

Die Funktionsgruppen der IH-Strategie bestehen aus mehreren einzelnen Bauteilen bzw. Aggregaten. Pumpen und Gebläse übernehmen für die Erfüllung einer Funktion der Funktionsgruppe mit Bezeichnung „Medium-Fördern“ eine „Schlüsselrolle“ ein. Daher wurde die Bewertung aus der Funktionsgruppe für die Schlüsselaggregate übernommen.

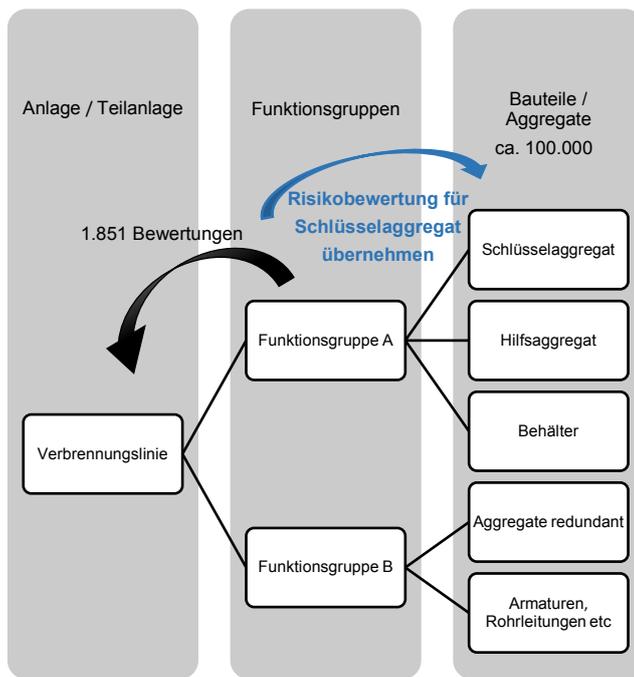


Abbildung 44: Verwendung der IH-Strategie.

Da jedoch redundante Aggregate im Zusammenspiel für die Funktionserfüllung verantwortlich sind, ist die zusätzliche Bewertung ob redundant oder nicht von Bedeutung. Die Information, ob parallel angeordnete Aggregate redundant sind, wurde aus den Begleittexten der IH-Strategie entnommen und in die Bewertungsmatrix mitaufgenommen.

### 8.3.3 Reihung der Aggregate aufgrund der Merkmale Aggregatetyp, Risikobewertung und Redundanz

Die vorausgewählten Aggregate für die Schwingungsmessung werden nach den Eigenschaften Risikoklassen aus der IH-Strategie sowie Redundanz in der Bewertungsmatrix (vgl. Tabelle 12) gereiht. Es gibt drei Priorisierungsstufen „A“, „B“ und „C“ sowie die Aussage, dass Zustandsbeurteilung nicht zielführend ist. Diese Kategorie ist mit „-„ gekennzeichnet.

Den Gebläsen werden ein höherer strategischer Stellenwert beigemessen, da in der Regel der Ausfall eines Gebläses zu einem Ausfall der Teilanlage führt. Das Schadensausmaß in wirtschaftlicher Sicht ist somit höher.

Tabelle 12: Bewertungsmatrix für selektierte Aggregate.

Priorisierungsstufe	A-A	A-A	B-B	B-B	C-C	C-C
Redundant	nein	ja	nein	ja	nein	ja
Gebläse	A	A	B	B	C	C

Pumpe	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	-	-
-------	----------	----------	----------	----------	---	---

Durch diese Vorgehensweise werden die Aggregate mit mobiler Schwingungsmessung in drei Kategorien eingeteilt.

Aggregate mit **Priorisierung „A“** stellen die kritischen Aggregate dar. Auf diese ist der Fokus zur Zustandsbeurteilung zu legen. Der Ausfall dieser Komponenten geht mit dem Ausfall der Anlage/Teilanlage einher.

Aggregate mit **Priorisierung „B“** haben eine strategische Bedeutung, jedoch bei Ausfall keinen direkten Einfluss auf die Funktion der Anlage/Teilanlage. Zustandsbeurteilung dieser Aggregate kann optional mit verlängerten Intervallen durchgeführt werden.

Aggregate mit **Priorisierung „C“** haben keine strategische Bedeutung. Sie sind im Regelbetrieb der Anlage/Teilanlage nicht in Betrieb oder verrichten nur Hilfsfunktionen, die über die Dauer einer Schadensbehebung nicht für den Betrieb der Anlage/Teilanlagen benötigt werden.

### 8.3.4 Selektierte Aggregate

Nach Durchführung der in den Kapiteln 8.3.1, 8.3.2 und 8.3.3 beschriebenen Arbeitsschritte ergeben sich Aggregatelisten mit Zuordnungen der einzelnen Aggregate zu den Priorisierungsstufen „A“, „B“ und „C“.

Zusätzlich zu den Bewertungen aus der IH-Strategie wurden die folgenden Regeln zur Änderung der Priorisierungsstufen als Korrektur angewendet:

1. Turbinen haben immer die Priorisierungsstufe „A“
2. Bei einer Prioritätenänderung aufgrund veränderter Betriebsweise der Anlage seit der Erstellung der IH-Strategie wurde die Priorisierungsstufe manuell geändert. Diese Aggregate sind mit einem „P“ gekennzeichnet.
3. (Not)-Aggregate, die zum An- oder Abfahren eines Anlagenteils benötigt werden, oder die nur im Störfall kurzfristig die Funktion des Anlagenteils aufrechterhalten, wurden mit einem „N“ gekennzeichnet. Da diese Aggregate nur für bestimmte Betriebszuständen in Betrieb genommen werden, ist eine kontinuierliche Zustandsbeurteilung nicht zielführend. Es wurde daher die Priorisierungsstufe „C“ vergeben.
4. (Bereitschafts)-Aggregate, die nur bei einer bestimmten gesteigerten vorgegebenen Wärmemenge in Betrieb genommen werden, wie z.B. Fernwärmepumpen oder Heißwasserkessel wurden mit einem „B“ gekennzeichnet. Die Priorisierungsstufe wurden nicht geändert, der Zeitaufwand für Schwingungsmessung kann jedoch aufgrund der geringeren Planverfügbarkeit reduziert werden.

Die Bewertung der Aggregate ist gegliedert in die Standorte:

- SH Simmeringer Haide
- PF Pfaffenau
- SP Spittelau
- FS Flötzersteig
- Außenwerke (Leopoldau, Inzersdorf und Arsenal)

In der Tabelle 13 ist die Aufteilung der selektierten Aggregate dargestellt. Die vollständigen Listen sind im Anhang zu finden.

Tabelle 13: Aufteilung der selektierten Aggregate nach Priorisierungsstufen.

Standort	Gebläse			Pumpen			Turbine	Summe
	A	B	C	A	B	C	A	
Werk SH	41	27	2	2	58	20	2	152
Werk PF	14	8	8	0	18	9	1	58
Werk SP	15	1	6	0	34	13	1	70
Werk FS	20	0	0	0	12	6	0	38
Außenwerke	11	0	0	6	18	0	0	35
Summe	101	36	16	8	140	48	4	353

Die Standorte Simmering, Donaustatt und Pumpstationen wurden aufgrund der fehlenden Datengrundlage (vgl. 8.2) nicht bewertet. Im Kapitel „Personalressourcenbetrachtung“ wird der Aufwand für Schwingungsüberwachung in diesen Anlagen grob abgeschätzt.

## 8.4 Personalressourcenbetrachtung für Schwingungsmessung

Wie bereits im Kapitel „Status Quo im Geschäftsfeld Asset Service“ dargestellt ist die Schwingungsanalyse zur Zustandsbeurteilung die dominierende Messmethode. Im Jahr 2017 wurden ca. 2.630 Personenstunden für Schwingungsanalysen aufgewendet bzw. waren 96% aller durchgeführten Diagnoseaufträge von ASP-DG Schwingungsanalysen.

Durch eine Anpassung des Messplans sowie die daraus zu berechnende Stundenbetrachtung kann eine effizientere Gestaltung von Schwingungsanalysen quantifiziert werden.

### 8.4.1 Messplan anpassen

Die Intervalle vom Messplan sind an die Priorisierungsstufen aus der Risikoabschätzung sowie an den Maschinenzustand aus der letzten Messung anzupassen.

#### Intervall für Schwingungsmessung an Priorisierungsstufen anpassen:

Aus der Priorisierungsstufe „A“, „B“ oder „C“ kann die Bedeutung des Aggregats für die aufrechte Funktion der Anlage bzw. Teilanlage abgeleitet werden. Je höher die Priorisierung, desto kürzer ist das Intervall zu wählen. Priorisierungsstufe „C“ wird aus der Zustandsbeurteilung herausgenommen.

#### Intervall für Schwingungsmessung an Maschinenzustand anpassen:

Der Maschinenzustand wird in der aktuellen Berichterstattung im Ampelsystem dargestellt (Rot, Gelb, Grün). Bei geändertem Maschinenzustand wird zurzeit das Messintervall nicht verkürzt. Durch eine Intervallverkürzung bei einer Verschlechterung des Maschinenzustands kann der Zeitpunkt bis zum Ende der Gebrauchsdauer besser abgeschätzt werden.

Tabelle 14: Messintervall in Monaten an Maschinenzustand und Priorisierungsstufe angepasst.

	Maschinenzustand	
	Status Gelb	Status Grün
Priorisierungsstufe A	2	4
Priorisierungsstufe B	6	12
Priorisierungsstufe C	-	-

### Messdauer anpassen

Zurzeit werden zwei unterschiedliche Messgeräte sowie unterschiedliche Zykluszeiten zur Schwingungsmessung angewendet (vgl. Schwingungsmessung).

Durch Umrüsten vom FAG Detector III im Bereich Müllverbrennung auf den Emerson CSI 2130 – wie im Bereich Kraftwerksanlagen eingesetzt – könnte der Messzyklus reduziert werden.

Bei einer Verkürzung um eine Stunde auf 1,5h pro Messung ergibt das eine freiwerdende jährliche Personalkapazität von 732 h.

Zusätzliche nicht quantifizierbare Vorteile sind weitere Auswertefunktionen, ein größerer Zwischenspeicher sowie der Einsatz eines Messgeräts für Schwingungsmessung über ganz ASP-DG.

## 8.4.2 Stundenbetrachtung

### Aufteilung Status Grün zu Gelb

Um die voraussichtlichen Messungen berechnen zu können, muss die Aufteilung der Aggregate mit Maschinenzustand Gelb und Grün abgeschätzt werden. Dazu wurden 15 Schwingungsreports aus dem Jahr 2017 mit insgesamt 359 Zustandsbeurteilungen ausgewertet. Rund **33%** der Beurteilungen waren **Gelb**. Der Rest der Messungen wird dem Maschinenzustand **Grün** mit **66%** zugeordnet. Vereinzelt Messungen waren Rot oder konnten nicht gemessen werden. Bei kritischem Maschinenzustand (Rot) muss eine Reparatur unverzüglich eingeleitet werden.

### Berechnung der voraussichtlichen Messungen im Bereich Müllverbrennung

Aus der ausgewerteten Aufteilung der Maschinenzustände (Gelb und Grün) sowie den Messintervallen (vgl. Tabelle 14) lassen sich aus der Aufteilung der Aggregate in die Priorisierungsstufen 686 voraussichtliche Messungen pro Jahr berechnen.

Tabelle 15: Berechnung voraussichtliche Messungen im Bereich Müllverbrennung.

Priorisierungsstufe	Anzahl Aggregate					Summe
	Werk SH	Werk PF	Werk SP	Werk FS	Außenwerke	
A	45	15	16	20	17	113
B	85	26	35	12	18	176
C	22	17	19	6	0	64
Ø Messungen pro Jahr	293,0	94,6	110,6	95,9	91,9	686,0

**Abschätzung der voraussichtlichen Messungen im Bereich Kraftwerksanlagen**

Mit den Erkenntnissen aus der Überprüfung der bisherigen Aggregateauswahl auf Vollständigkeit wurden die Aggregatelisten aus den Werken Simmering und Donaustadt zur Abschätzung der relevanten Aggregate herangezogen. Am Standort Simmering werden zurzeit an 347 Aggregaten (Turbinen, Gebläse und Pumpen) Zustandsbeurteilungen mittels Schwingungsanalyse und am Standort Donaustadt an 69 Aggregaten durchgeführt.

Da im Bereich der Kraftwerksanlagen keine Risikobeurteilung einzelner Aggregate zur Verfügung steht, wurde die Aufteilung in Priorisierungsstufen aus dem Bereich Müllverbrennung für den Bereich Kraftwerksanlagen übernommen. Analog zur obigen Berechnung ergeben sich 808 voraussichtliche Messungen pro Jahr.

Tabelle 16: Berechnung der voraussichtlichen Messungen im Bereich Kraftwerksanlagen.

Priorisierungsstufe	Aufteilung aus Bereich Müllverbrennung	Anzahl Aggregate		Summe
		Werk SIM	Werk DON	
A	32%	111	22	133
B	50%	173	34	207
C	18%	63	13	75
Ø Messungen pro Jahr		674,3	134,1	808

**Potential im Vergleich zu 2017**

Die erwarteten Schwingungsmessungen in allen Werken aus der Risikopriorisierung liegen ca. 17% unter den eingeplanten Messungen 2017.

Da in den Außenwerken Pauschalmessaufträge für mehrere Aggregate erstellt werden, ist ein Vergleich vom Status Quo zur Erwartung aus der Risikopriorisierung in diesem Bereich nicht aussagekräftig.

Durch die Verkürzung der Intervalle (vgl. Tabelle 14) kann der Abnutzungsvorrat einzelner Aggregate im Bereich zur Grenze der Funktionserfüllung (vgl. Abbildung 8) besser modelliert werden. Somit kann gleichzeitig die Qualität der Zustandsbeurteilung gesteigert und die Anzahl der Messungen sowie der Zeitaufwand für Schwingungsmessungen gesenkt werden.

Tabelle 17: Gegenüberstellungen der Schwingungsmessungen aus Status Quo zu Erwartung aus Risikopriorisierung.

Standort	Anzahl Diagnoseaufträge für Schwingungsmessung		Anzahl Schwingungsmessungen als Erwartung aus Priorisierung
	Eingeplant 2017	Durchgeführt 2017	
Werk SH	327	288	293
Werk PF	141	131	95
Werk SP	186	180	111
Werk FS	132	130	96
Außenwerke	18	18	92
Werk SIM	867	280	674
Werk DON	122	90	134
Summe	1793	1117	1494

### Personalkapazität für Schwingungsmessung

Aus der erwarteten Anzahl an Schwingungsmessungen (vgl. Tabelle 17) lassen sich mit den bestehenden Messdauern (2,5h im Bereich Müllverbrennung und 1,5h im Bereich Kraftwerksanlagen) die zu erwartende Personalkapazität für Schwingungsmessungen errechnen (vgl. Tabelle 18).

Durch eine Optimierung der Messdauer im Bereich Müllverbrennung (vgl. Messplan anpassen) kann die Personalkapazität reduziert werden. Da bei einem Umstieg des Messgeräts mit einer Übergangszeit zu rechnen ist, wurden zwei Fälle betrachtet. In einer ersten kurzfristigen Verkürzung der Messdauer auf 2h kann die Auswertesoftware mit den Maschinendaten nachgepflegt werden bis mittelfristig die Messdauer 1,5h wie im Bereich Kraftwerksanlagen beträgt.

Tabelle 18: Zeitaufwand für Schwingungsmessungen mit unterschiedlicher Messdauer.

Standort	Anzahl Stunden		
	Messdauer 2,5h und 1,5h	Messdauer 2h und 1,5h	Messdauer 1,5h
Werk SH	732,6	586,1	439,6
Werk PF	236,4	189,1	141,9
Werk SP	276,4	221,1	165,8
Werk FS	239,8	191,8	143,9
Außenwerke	229,8	183,8	137,9
Werk SIM	1011,5	1011,5	1011,5
Werk DON	201,1	201,1	201,1
Summe	2927,6	2584,6	2242

## 8.5 Strategische Ausrichtung der Maschinendiagnose

In einer abschließenden Gesamtbetrachtung der jährlichen Stunden von ASP-DG lässt sich aus der freiwerdenden Personalkapazität die bestmögliche Ausrichtung des Diagnose-Portfolios ableiten.

Die Produktivität aus der Kapazitätsplanung beträgt im Geschäftsfeld Asset Service 6,5 Stunden täglich oder 1.400 Stunden pro Jahr. Dieser Wert beinhaltet bereits Abwesenheiten wie Urlaub und Krankenstand. Abzüglich Produktivstunden für Fortbildungen, organisatorische Zeitaufwände und dergleichen wurde eine Nettoproduktivität für Maschinendiagnose von 1.200 Stunden jährlich angenommen.

Mit 4 Mitarbeitern stehen somit 4.800 Stunden für Maschinendiagnose zur Verfügung. Mit den Stunden für Schwingungsmessung aus der Risikobeurteilung in Kombination mit einer Verkürzung der Messdauer (3 Betrachtungen) und den bisherigen Stunden für die weiteren Diagnosemethoden lässt sich die freiwerdende Kapazität für Maschinendiagnose errechnen und darstellen (vgl. Abbildung 45).

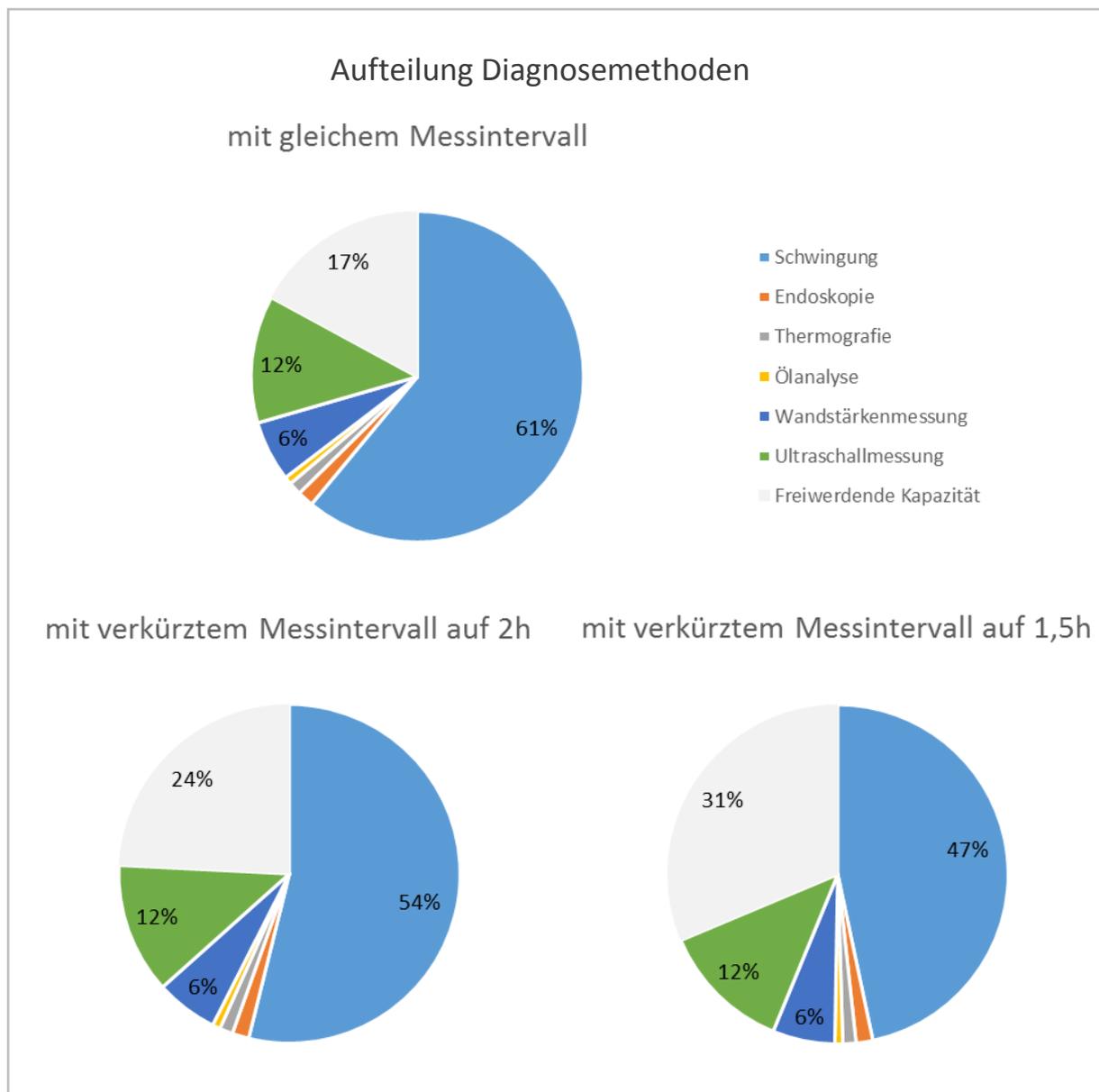


Abbildung 45: Aufteilung Diagnosemethoden mit freiwerdender Personalkapazität.

Die freiwerdende Personalkapazität beträgt durch die Risikobewertung bei bestehender Intervalldauer rund 800 Personalstunden. Bei einer Intervalldauer von 1,5 Stunden pro Schwingungsmessung in ganz ASP-DG werden jährlich rund 1.500 Stunden oder ein Viertel der Personalkapazität frei.

Zur Auswahl der Diagnosemethoden die durch die freiwerdende Personalkapazität zu forcieren sind kann wiederum die Portfolioauswertung (vgl. Abbildung 40) aus dem Ist-Zustand (vgl. Status Quo im Geschäftsfeld Asset Service) herangezogen werden. Zur Reihung der Methoden wurde die Summe aus Verbreitung und Änderung der einzelnen Methoden herangezogen.

Die Ultraschallmessung als vergleichbar junge Messmethode (Question Mark) ist die Diagnosemethode mit dem höchsten Potential. Es ist in Form von Personalkapazität zu investieren. Die Wandstärkenmessung sowie die Thermografie sind etablierte Messmethoden, die jedoch noch keine vollständige Verbreitung in den einzelnen Erzeugungsanlagen haben. Ein verstärkter Einsatz dieser Methoden ist sinnvoll und kann unmittelbar durchgeführt werden.

## 9 Diskussion

Im Rahmen der Arbeit wurde das zustandsorientierte Asset Management der Wien Energie GmbH analysiert und die bestmögliche strategische Ausrichtung als Konzept ausgearbeitet. Durch eine Auswertung der gegenwärtigen Ablauforganisation, eine Effizienzsteigerung durch Anwendung einer Risikobewertung sowie abgeleiteten Empfehlungen für die bestmögliche strategische Ausrichtung konnten die gesetzten Ziele erreicht werden. In weiterer Folge sind die entwickelten Optionen in der Umsetzungsphase zu realisieren.

### 9.1 Status Quo

Der ausgewertete Status Quo von Diagnostik im Geschäftsfeld AS zeigt, dass trotz zusammengeführter Aufbauorganisation die Zusammenführung zwischen der ehemaligen Fernwärme Wien GmbH und dem Kraftwerksbereich der Wien Energie GmbH noch nicht vollständig abgeschlossen ist. ASP-DG agiert in Form von zwei Zwei-Mann-Teams.

Es kommt ein breites Spektrum an Messmethoden wie Schwingungsanalyse, Endoskopie, Thermografie, Ölanalysen, Wandstärkenmessungen und Ultraschallmessungen zum Einsatz. In der quantitativen Auswertung der Diagnoseaufträge wird schnell klar, dass die Schwingungsanalyse mit 86% aller rückgemeldeten Stunden für Diagnostik die dominierende Messmethode ist.

Zusätzlich ist ASP-DG vor Allem im Bereich der Schwingungsanalyse stark überplant. Diese Einschätzung war in der subjektiven Meinung bereits vorhanden. Dieser Punkt konnte durch die Datenauswertung bestätigt werden. 2017 konnten nur 62% der eingeplanten Diagnostik-Aufträge abgearbeitet werden. Trotz eines nicht zu bewältigenden Arbeitsumfangs gibt es kaum Bestrebungen die Anzahl der Schwingungsmessungen zu reduzieren.

Als Methodik zur Erhebung vom Status Quo wurden einerseits Interviews mit ASP-DG sowie den Auftragsplanern durchgeführt. Zusätzlich wurden sämtliche Diagnoseaufträge aus dem SAP aus dem Kalenderjahr 2017 ausgewertet. An dieser Stelle muss erwähnt werden, dass 2017 ein Mitarbeiter aus ASP-DG pensioniert wurde. Die freigewordene Arbeitsstelle wurde nachbesetzt, jedoch ist die Produktivität im betroffenen Zeitraum geringer.

### 9.2 Effizienzsteigerung durch Risikobewertung

Aus den theoretischen Erhebungen geht hervor, dass die Risikobewertung die Methode der Wahl zur Priorisierung bzw. Reduktion der relevanten Aggregate ist. In Form der Instandhaltungsstrategie der Wien Energie liegt eine umfangreiche Risikobeurteilung von Aggregategruppen der Erzeugungsanlagen vor. Diese muss jedoch auf die einzelnen zu messenden Aggregate überführt werden.

Durch die Risikobeurteilung konnten die bestehenden Aggregatelisten für die Schwingungsmessung von nicht für die Zustandsbeurteilung relevanten Aggregate bereinigt werden. Außerdem kann innerhalb der Auswahl priorisiert werden. Die Anpassung der Intervalldauer an den Zustand der Aggregate erhöht die Messdichte am Lebensende von

Komponenten und somit die Diagnosequalität. Zusätzlich kann durch einen Messgeräte-Umstieg die Messdauer verkürzt werden.

Zur Überprüfung, ob die bestehenden Aggregatelisten vollständig sind wurden alle Gebläse und Pumpen aus dem Werk Pfaffenau mit der IH-Strategie abgeglichen. Da die Daten in diesem Bereich vollständig waren, wurden die Listen aus den weiteren Werken in einem iterativen Schritt als vollständig betrachtet. Im Bereich der Kraftwerksanlagen steht keine Risikobeurteilung zur Verfügung. Zur Personalressourcenbetrachtung wurde die Aufteilung in die Risikoklassen „A“, „B“ und „C“ aus dem Bereich Müllverbrennungsanlagen für den Bereich Kraftwerksanlagen übernommen.

Aufgrund der Größe des Anlagenparks der Wien Energie GmbH wäre eine Risikobewertung aller Aggregate ein im Rahmen dieser Masterarbeit nicht zu bewältigender Arbeitsumfang. Die gewählte Methodik in Form von Überprüfung der vorliegenden Daten sowie die Überführung einer ausgewerteten Aufteilung in jene Bereiche, in denen keine Risikobewertung zur Verfügung steht, lässt mit einem akzeptablen Arbeitsaufwand die Effizienzsteigerung quantifizieren. In weiterer Folge ist die Datengrundlage Risikobewertung im Bereich Kraftwerksanlagen herzustellen.

### 9.3 Strategische Ausrichtung

Die ausgewertete Aufteilung in Risikoklassen sowie die Möglichkeit die Intervalle der einzelnen Messungen anzupassen bildet eine Funktion, welche das Verhältnis zwischen zu messenden Aggregaten und Personaleinsatz beschreibt. Es wird in einem ersten Schritt die Reduktion der Schwingungsmessungen auf die Risikoklassen „A“ und „B“ in verminderter Intensität angestrebt. In Summe wird durch die Umsetzung der vorgeschlagenen Maßnahmen rund ein Viertel der Personalkapazität (oder eine Person) von ASP-DG frei.

Die weiteren zu forcierenden Diagnosemethoden konnten durch eine Portfoliodarstellung (vgl. Abbildung 40) vorhandener Daten erhoben werden. Der verstärkte Einsatz von Thermografie, Wandstärkenmessung sowie in Ultraschallanalysen ist anzustreben.

Im Bereich der Thermografie wäre ein Anwendungsbeispiel die Zustandsbeurteilung von E-Anlagen wie Frequenzumrichter und Verteilerschränke. Auch hier kann der risikobasierte Ansatz analog der Schwingungsmessung zur Anwendung kommen. Wandstärkenmessungen an Behältern in älteren Anlagenteilen können unvorhersehbare Leckagen verhindern. Die Ultraschallanalyse ist vor Allem zur Ortung von Druckluftleckagen einzusetzen. Druckluft nimmt in der Produktion einen wesentlichen Kostenanteil der Betriebsmedien ein. Die Behebung der Druckluftleckagen kann direkt wirtschaftlich dargestellt werden.

Die neuen Anwendungsfälle müssen von der Planungsabteilung vorbereitet und die Diagnosen von ASP-DG umgesetzt werden. Da zu einer kompetenten Durchführung und Auswertung von Maschinendiagnosen der Spezialist als konträrer Typ zum Strategen im Einsatz ist, ist vom Diagnostiker nur geringe Eigeninitiative zur Weiterentwicklung von Condition Monitoring zu erwarten.

Meiner Meinung nach muss die strategische Weiterentwicklung von ASP-DG langfristig durch eine Führungskraft von Wien Energie GmbH betreut werden. Diese Person sollte in der Aufbauorganisation als direkter Vorgesetzter in ASP-DG verankert werden und neben der Entwicklung von Condition Monitoring auch die Strategische Entwicklung von ASP vorantreiben.

## 10 Zusammenfassung

Ziel dieser Arbeit ist das zustandsorientierte Asset Management innerhalb der Wien Energie GmbH nach strategischen Gesichtspunkten zu untersuchen und Potentialfelder für eine Weiterentwicklung aufzuzeigen.

Die Durchführung von Zustandsbeurteilungen wird im Geschäftsfeld Asset Service durch eine 4 Mann starke Diagnostiker-Gruppe (ASP-DG) realisiert. Diese Gruppe ist in die Aufbau- und Ablauforganisation integriert. Die Diagnoseaufträge sowie die Berichterstattung werden über das ERP-System (SAP-PM) abgewickelt. Fokus der Erhebungen und Empfehlungen dieser Arbeit liegt auf einer effizienten Gestaltung des Personaleinsatzes von ASP-DG. Auf den Einsatz automatisierter Onlinemessungen wird nicht eingegangen.

Die Forschungsfragen zur Aufgabenstellung sind:

1. Wie ist der Status Quo von zustandsorientiertem Asset Management in der Wien Energie GmbH?
2. Gibt es Potential zur Effizienzsteigerung in ASP-DG?
3. In welche Richtung soll sich das zustandsorientierte Asset Management der Wien Energie GmbH weiterentwickeln?

Im Theoretischen Teil wird auf die Grundlagen der Instandhaltung und Maschinendiagnose, Risikobeurteilung, Personalmanagement eingegangen. Außerdem werden die Aufbau- und Ablauforganisation vom Geschäftsfeld Asset Service sowie die betrachteten Erzeugungsanlagen beschrieben. Wesentliche Erkenntnis aus den theoretischen Erhebungen ist, dass unterschiedliche Diagnosemethoden (Schwingungsmessung, Thermografie, Wandstärkenmessung, etc.) für eine Strategieauswahl nur durch eine Gesamtkostenbetrachtung vergleichbar werden. Aufgrund von komplexen Anlagenstrukturen, der hohen Aggregateanzahl sowie der vom Betriebszustand abhängigen Ursache-Wirkungsbeziehungen ist solch eine Gesamtkostenbetrachtung kaum zu bewerkstelligen. Somit stellt der risikobasierte Ansatz die Methode der Wahl zur Ermittlung der kritischen Aggregate dar. Bei kritischen Aggregaten gilt: umso mehr Zustandsbeurteilung, desto besser.

Der praktische Teil kann wiederum in eine Analysephase sowie in eine Gestaltungsphase untergliedert werden. Die Datenerhebung der Analysephase wurde in Form von 2 Fragebögen an die beteiligten Personengruppen sowie einer SAP-Datenauswertung aller Diagnoseaufträge aus dem Kalenderjahr 2017 bewerkstelligt. Neben einer aktuellen Auflistung der eingesetzten und potentiellen Diagnosemethoden wird auch die Instandhaltungsstrategie der Wien Energie GmbH beschrieben. Diese ist eine über alle Werke reichende Risikobeurteilung von zusammenhängenden Aggregategruppen. Aus den Fragebögen kann man ableiten, dass die Zusammenführung zu einem Geschäftsbereich Asset Service 2015 im Bereich der Diagnostik noch nicht vollständig abgeschlossen ist. Eine Trennung in die Bereiche Müllverbrennung (Müllverbrennungsanlagen und Heißwasserkessel) sowie Kraftwerksanlagen ist zu erkennen. Die Datenauswertung zeigt, dass ASP-DG überplant ist. Es können nicht alle eingeplanten Diagnoseaufträge vollständig abgearbeitet werden. 2017 konnten nur 64% der eingeplanten Stunden auch abgearbeitet werden. Die

Schwingungsmessung ist die mit Abstand am häufigsten eingeplante und durchgeführte Messmethode. So waren 2017 96% aller erstellten Diagnoseaufträge Schwingungsmessungen. Aus der Verbreitung der einzelnen Messmethoden, der Häufigkeit sowie der Änderung wurde eine Portfolioauswertung eingesetzter und potentieller Diagnosemethoden erstellt. Diese grafische Darstellung erhobener Daten (vgl. Abbildung 46) ist die Grundlage für eine strategische Weiterentwicklung von ASP-DG.

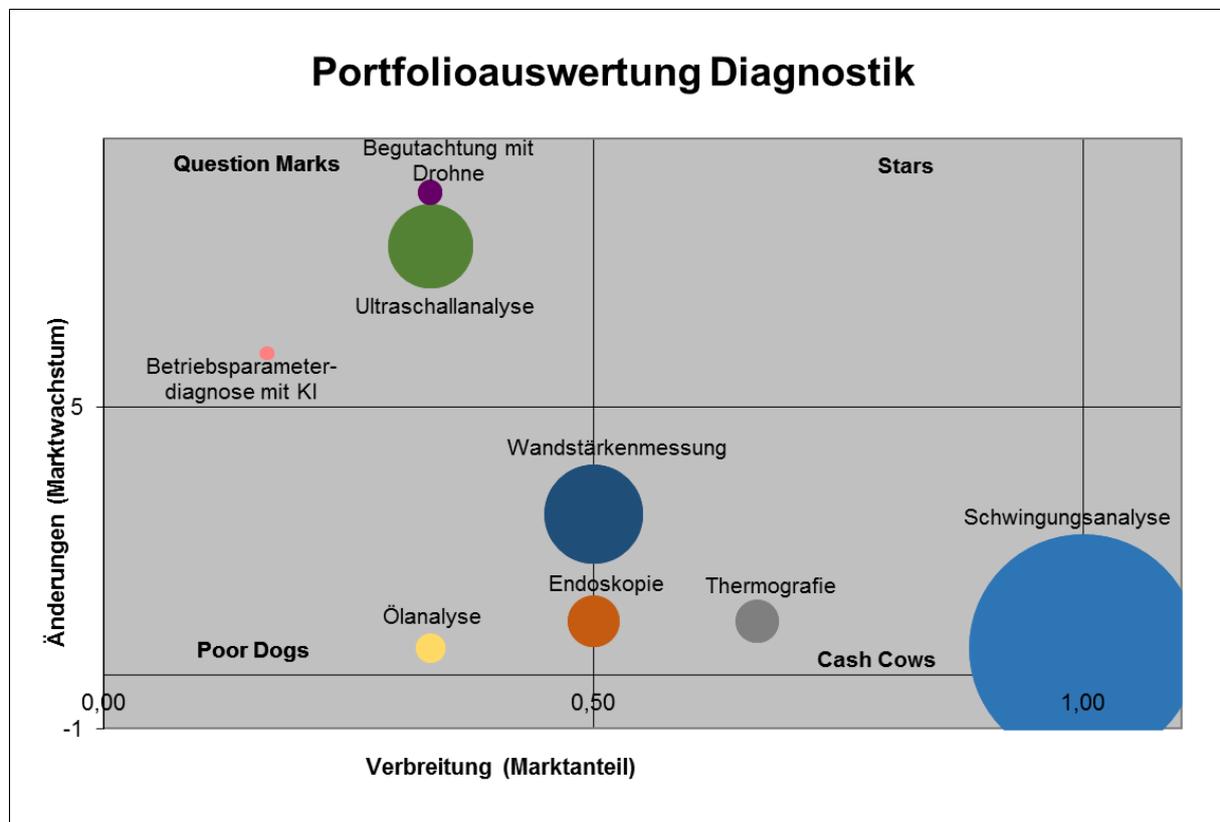


Abbildung 46: Portfolioauswertung Diagnosemethoden.

Aus der Erhebung des Status Quo lässt sich ableiten, dass im Bereich der Schwingungsanalyse das größte Entwicklungspotential besteht. Es wurden die Aggregate mit den aus der IH-Strategie übernommenen Risikoklassen (A-B-C) und ob redundant einer Klassifizierung unterzogen. Ergebnis aus diesem Arbeitsschritt ist, dass die bisherige Aggregateauswahl bereits um 18% reduziert werden kann. Durch eine Anpassung der Messintervalle an den aktuellen Zustand (Zustand aus der letzten Messung) und die Risikoklassifizierung kann sowohl die Diagnosequalität verbessert, als auch Personalkapazität eingespart werden. In Summe kann durch die beschriebenen und berechneten Empfehlungen rund ein ganzes Vollzeitäquivalent innerhalb ASP-DG für weitere Zustandsbeurteilungen freigemacht werden. Mit dieser Personalkapazität sind die Diagnosemethoden Thermografie, Wandstärkenmessung und Ultraschallanalyse zur Leckageortung zu forcieren.

Zur Erstellung dieser Arbeit wurden unterschiedliche wissenschaftliche Methoden verwendet. Informationen im theoretischen Teil wurde mittels Recherche aus Literatur und internen Datenquellen aus der Wien Energie GmbH erhoben. In der Analysephase vom praktischen Teil wurden zwei Interviews als Umfragen sowie Datenauswertungen als Inhaltsanalyse

durchgeführt. In der Gestaltungsphase vom praktischen Teil wurde ein Konzept zur strategischen Weiterentwicklung von ASP-DG ausgearbeitet. Dabei wurde die Datenqualität in der MVA Pfaffenau vollständig überprüft und als iterativen Schritt auf die weiteren Erzeugungsanlagen aus dem Bereich Müllverbrennung geschlossen.

Die Ergebnisse dieser Arbeit stellen ein ausgearbeitetes Konzept zur Weiterentwicklung von ASP-DG dar. Entscheidungen zur Weiterentwicklung sind empirisch erhoben. In einem weiteren Schritt sind die Erkenntnisse zu kommunizieren und Ziele von den zuständigen Führungskräften in AS bzw. ASP zu setzen. Die Umsetzung sollte von einem unmittelbar weisungsbefugten strategisch denkenden Instandhaltungsingenieur geleitet werden.

# 11 Verzeichnisse

## 11.1 Literatur

- Biedermann, H., 2008. Ersatzteilmanagement Effiziente Ersatzteillogistik für Industrieunternehmen. Springer Verlag, Heidelberg, pp. 11-12.
- Böhmer, S., Kügler, I., Stoiber, H., Walter, B., 2007. Abfallverbrennung in Österreich. Statusbericht 2006. Umweltbundesamt GmbH, Wien.
- Böhmer, S., Schindler, I., Szendnyj, I., Winter, B., 2003. Stand der Technik bei Kaloritschen Kraftwerken und Referenzanlagen in Österreich. Umweltbundesamt GmbH, Wien.
- Braband, J., 2007. Handbuch Eisenbahninfrastruktur. Lothar Fendrich (Hrsg.). Springer Verlag, Heidelberg.
- Cottin, C., Döhler, S., 2013. Risikoanalyse. Modellierung, Beurteilung und Management von Risiken mit Praxisbeispielen. Springer Verlag, Wiesbaden.
- Feda, Höfler, Schieber, Scholz, Schreiner, 2018. Predictive Plant Maintenance. Wien Energie. Präsentation, Wien.
- Fellbaum, K., 2012. Sprachverarbeitung und Sprachübertragung. Springer Verlag, Berlin.
- Friedl, G., o.J.. Handbuch – Modul 4.1: DRO1+2. Wien Energie Fernwärme, Wien.
- Fuchs, V., 2018. Die Bestandsaufnahme der Abfallwirtschaft in Österreich. Statusbericht 2018. Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, Wien.
- Heller, T., Prasse, C., 2018. Total Productive Management – ganzheitlich. Einführung in der Praxis. Springer Verlag, Berlin.
- Hering, E., 2014. Personalmanagement für Ingenieure. Springer Verlag, Wiesbaden.
- Isopp, J., 2018. Grundlagen Condition Monitoring und Predictive Maintenance. Seminar an den Instandhaltungstagen 2018. Salzburg.
- Kolerus, J., Wassermann, J., 2011. Zustandsüberwachung von Maschinen. Das Lehr- und Arbeitsbuch für den Praktiker. Expert Verlag, Renningen.
- Kößlbacher, M., 2011. Implementierung zustandsorientierter Instandhaltungsmaßnahmen in den Bereichen Schmierung & Thermografie am Beispiel der MVA Spittelau & Flötzersteig. Diplomarbeit, Leoben.
- Kößlbacher, M., Weiler, A., 2009. Methoden der Zustandsorientierten Instandhaltung am Beispiel der MVA Spittelau & Flötzersteig. Bachelorarbeit, Leoben.
- Ladengruber, R., 2014. Web basierte Lösung zur mobilen Erfassung von Instandhaltungsmeldungen im Zusammenhang mit SAP als ERP System. Disserta Verlag, Hamburg.
- Maringer, G., 2017. Revisionsbericht DRO2. Wien Energie Abt. Auftragsplanung und –steuerung, Wien.

- Matusch, I., 2017. Der neue Weg von Wien Energie. Energiegeladen in die Zukunft. Jahrbuch 2016. Wien Energie GmbH, Wien.
- Matyas, K., 2010. Instandhaltungslogistik Qualität und Produktivität steigern. Hanser Verlag, München.
- Papp, A., Matusch, I., 2017. Energie ist unsere Verantwortung. Umwelterklärung 2017 der Strom- und Wärmeerzeugungsanlagen von Wien Energie (Aktualisierung). Wien Energie GmbH, Wien.
- Pawellek, G., 2013. Integrierte Instandhaltung und Ersatzteillogistik. Vorgehensweisen, Methoden, Tools. Springer-Verlag, Hamburg.
- Puente León, F., Heizmann, M., 2010. Forum Bildverarbeitung. Scientific Publishing, Karlsruhe.
- Radosztits, A., o.J.. Heißwasserkessel Leopoldau. Technische Modulschulung SF-Modul-4.6. Wien Energie Fernwärme, Wien.
- Ramer, A., 2009. Die Anlage Simmeringer Haide. Präsentation. Wien Energie Färnwärme, Wien.
- Rolland, C., Grech, H., 2001. Stand der Abfallbehandlung in Österreich in Hinblick auf das Jahr 2004. Umweltbundesamt GmbH, Wien.
- Schawel, C., Billing, F., 2012. Top 100 Management Tools. Gabler Verlag, Wiesbaden.
- Schenk, M., 2010. Instandhaltung technischer Systeme Methoden und Werkzeuge zur Gewährleistung eines sicheren und wirtschaftlichen Anlagenbetriebs. Springer Verlag, Heidelberg.
- Schuh, G., Kampker, A., Franzkoch, B., Wemhöner, N., 2005. Intelligent Maintenance. Potentiale zustandsorientierter Instandhaltung. Studeie. Ifm electroniv GmbH, Essen.
- Stadt Wien, 2018a. Behandlungsanlage für Verbrennungsrückstände [online] <https://www.wien.gv.at/umwelt/ma48/entsorgung/abfallbehandlungsanlagen/aba/verbrennungsrueckstaende.html> [16.09.2018].
- Stadt Wien, 2018b. Abfalllogistikzentrum Pfaffenau [online] <https://www.wien.gv.at/umwelt/ma48/entsorgung/abfallbehandlungsanlagen/alz-pfaffenau.html> [16.09.2018].
- Stari, C., 2012. Energietechnik – thermische Anlagen. Modulschulung, Wien Energie Fernwärme, Wien.
- Strohmeier, G., 2007. Ganzheitliches Risikomanagement in Industriebetrieben. Grundlagen, Gestaltungsmodell und praktische Anwendung. Deutscher Universitäts-Verlag, Wiesbaden.
- Strunz, M., 2012. Instandhaltung. Grundlagen Strategien Werkstätten. Springer Verlag, Heidelberg.

- Stubenvoll, J., Böhmer, S., Szendnyj, I., 2002. Stand der Technik bei Abfallverbrennungsanlagen. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien.
- Sturm, A., Förster, R., 1990. Maschinen- und Anlagendiagnostik für die zustandsbezogene Instandhaltung. B.G. Teubner, Stuttgart.
- Teßmer, I., 2012. Immissionsschutz – Aktuelle Entwicklungen im anlagenbezogenen Planungsprozess und Immissionsschutz – Band 3. Thomé-Kozmiensky, K., Versteyl, A., Thiel, S., Rotard, W., Appel, M., TK Verlag, Neuruppin.
- Weiler, A., 2010. Implementierung eines Systems zur Schwingungsüberwachung an Maschinen mit rotierenden Bauteilen in den MVAs Spittelau und Flötzersteig. Diplomarbeit, Leoben.
- Wien Energie (Hrsg.), Kraftpaket Simmering. Infobroschüre, Wien.
- Wien Energie Fernwärme (Hrsg.), Flötzersteig. Die Thermische Abfallbehandlungsanlage. Broschüre, Wien.
- Wien Energie GmbH, 2015. Technische Daten der Kraftwerksanlagen ab 2015.
- Wien Energie, 2018a. Müllverbrennungsanlage Flötzersteig. [online] <https://www.wienenergie.at/eportal3/ep/channelView.do?channelId=-49103> [16.09.2018].
- Wien Energie, 2018b. Müllverbrennungsanlage Spittelau [online] <https://www.wienenergie.at/eportal3/ep/channelView.do/pageTypeld/67831/channelId/-49106> [16.09.2018].
- Wien Energie, 2018c. Müllverbrennungsanlage Simmeringer Haide [online] <https://www.wienenergie.at/eportal3/ep/channelView.do/channelId/-49104> [16.09.2018].
- Wien Energie, 2018d. TPS Tageskennzahlen WSO 1,2 &3. Monatsbericht 06.07.2018, Wien.
- Wien Energie, 2018e. TPS Tageskennzahlen MK 1&2 Pfaffenau. Monatsbericht 06.07.2018, Wien.
- Wien Energie, 2018f. TPS Tageskennzahlen DRO1&2. Monatsbericht 06.07.2018, Wien.
- Wien Energie, 2018g. TPS Tageskennzahlen WSO4. Monatsbericht 06.07.2018, Wien.
- Wien Energie, 2018h. Smart Inspection. Powering the digital future. Präsentation, Wien.
- WKU GmbH (Hrsg.), Die MVA Pfaffenau im Detail. Flash Präsentation, Wien.
- WKU GmbH, 2018. MVA Pfaffenau [online] <http://www.wku.at/MVA-Pfaffenau.11.0.html> [16.09.2018].
- DIN 31051: 2012-09. Grundlagen der Instandhaltung. Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin.
- DIN ISO 10816-7: 2009-09. Mechanische Schwingungen - Bewertung der Schwingungen von Maschinen durch Messungen an nicht-rotierenden Teilen - Teil 7: Kreiselpumpen für den industriellen Einsatz. Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin.

ÖNORM EN 13306: 2018-01. Instandhaltung – Begriffe der Instandhaltung. Austrian Standards International, Wien.

ÖNORM EN 15628: 2014-12. Instandhaltung – Qualifikation des Instandhaltungspersonals. Austrian Standards International, Wien.

## 11.2 Abkürzungsverzeichnis

Abt.	Abteilung
AHK	Abhitzekeessel
bzw.	beziehungsweise
bar <sub>ü</sub>	Bar Überdruck
ca.	Zirka
DFT	Diskrete Fouriertransformation
DT	Dampfturbine
Fa.	Firma
FFT	Fast Fourier Transformation
FU	Frequenzumrichter
gef.	gefährlich
GWh	Gigawatt Stunden
H	Stunde(n)
ich	Instandhaltung(s)
kHz	Kilohertz
KI	Künstliche Intelligenz
KKS	Kraftwerk-Kennzeichensystem
KV	Kilovolt
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
mA	Milliampere
MHz	Megahertz
MW	Megawatt
m <sup>3</sup>	Kubikmeter
m <sup>2</sup> /g	Quadratmeter pro Gram
PV	Photovoltaik
S	Sekunden
SCR	selektive katalytische Reduktion
t/a	Tonnen pro Jahr
t/h	Tonnen pro Stunde
u.a.	Unter Anderem
V	Volt
z.B.	zum Beispiel
°C	Grad Celsius

### 11.3 Tabellen

Tabelle 1: Kenndaten MVA Flötzersteig. (Papp & Matusch 2017) .....	19
Tabelle 2: Kenndaten MVA Spittelau. (Papp & Matusch 2017) .....	21
Tabelle 3: Kenndaten MVA Pfaffenau. [Umwelterklärung 17] .....	22
Tabelle 4: Kenndaten SMVA Simmeringer Haide. (Papp & Matusch 2017) .....	23
Tabelle 5: Kenndaten Kraftwerksstandort Simmering. (Papp & Matusch 2017:16) .....	28
Tabelle 6: Kenndaten Kraftwerk Donaustadt. (Papp & Matusch 2017:30) .....	30
Tabelle 7: Kenndaten Fernheizwerke. (Papp & Matusch 2017:41) .....	30
Tabelle 8: Erscheinungsformen der Schädigung als Ursache für Temperaturänderungen. (Sturm & Förster 1990:172) .....	34
Tabelle 9: Parameter des Risikographen nach VDI 2180. (VDI/VDE 2180 2018-02) .....	52
Tabelle 10: Eingesetzte Messmethoden und Messgeräte in ASP-DG. ....	56
Tabelle 11: Kenndaten der Instandhaltungsstrategie. ....	65
Tabelle 12: Bewertungsmatrix für selektierte Aggregate. ....	69
Tabelle 13: Aufteilung der selektierten Aggregate nach Priorisierungsstufen. ....	71
Tabelle 14: Messintervall in Monaten an Maschinenzustand und Priorisierungsstufe angepasst. ....	72
Tabelle 15: Berechnung voraussichtliche Messungen im Bereich Müllverbrennung. ....	72
Tabelle 16: Berechnung der voraussichtlichen Messungen im Bereich Kraftwerksanlagen. .73	
Tabelle 17: Gegenüberstellungen der Schwingungsmessungen aus Status Quo zu Erwartung aus Risikopriorisierung. ....	73
Tabelle 18: Zeitaufwand für Schwingungsmessungen mit unterschiedlicher Messdauer. ....	74

### 11.4 Abbildungen

Abbildung 1: Schlagworte zur Thematik. ....	4
Abbildung 2: Aufbau der Masterarbeit. ....	6
Abbildung 3: Verlauf des Abnutzungsvorrats einer Betrachtungseinheit. (Matyas 2010:31)...	7
Abbildung 4: Kostenverlauf in Abhängigkeit von der Instandhaltungstätigkeit. (Matyas 2010:45) .....	9
Abbildung 5: Entwicklung der Instandhaltung. (Matyas 2010:25) .....	10
Abbildung 6: Instandhaltungsstrategien. (Schenk 2010:27) .....	11

Abbildung 7: Regelgröße Zeit bei periodisch vorbeugender Instandhaltung. (Schenk 2010:29) .....	12
Abbildung 8: Regelgröße Abnutzungsvorrat bei der zustandsabhängigen Instandhaltung. (Schenk 2010:30).....	13
Abbildung 9: Entscheidungsbaum einer wissensbasierten Strategiewahl. (Pawellek 2013:143).....	15
Abbildung 10: Organigramm Geschäftsbereich AS.....	18
Abbildung 11: Verfahrensfliessbild MVA Flötzersteig. (Wien Energie 2018a).....	20
Abbildung 12: Verfahrensfliessbild MVA Spittelau. (Wien Energie 2018b) .....	22
Abbildung 13: Verfahrensfliessbild MVA Pfaffenau. (Wien Energie 2018e).....	23
Abbildung 14: Anlagenpark Simmeringer Haide gegliedert in Funktionsbereiche. (Ramer 2007:12).....	25
Abbildung 15: Ansicht Stirnwand drehrohrseitig – Drehrohrfenster.....	25
Abbildung 16: Verfahrensschema DRO. (Wien Energie 2018f).....	26
Abbildung 17: Verfahrensfliessbild WSO 1,2,(3). (Wien Energie 2018d).....	27
Abbildung 18: Verfahrensfliessbild WSO4. (Wien Energie 2018g) .....	28
Abbildung 19: Verfahrensschema KWK-Anlage Simmering 3. (Papp & Matusch 2017:24)...	29
Abbildung 20: Verfahrensfliessbild HWK Leopoldau. (Radosztits o.J.:3).....	31
Abbildung 21: Zerstörungsfreie Werkstoffprüfverfahren nach Sturm & Förster 1990:100.....	33
Abbildung 22: Temperaturüberwachung eines Wälzlagers am WSO1. (Sturm & Förster 1990:180).....	35
Abbildung 23: Ankopplungsverfahren für Schwingungsaufnehmer nach DIN ISO 10816-7 ..	37
Abbildung 24: Klassifikation von Signalen. (Sturm & Förster 1990:193) .....	38
Abbildung 25: Maschinendiagnose durch Luftschallmessung. (Sturm & Förster 1990:271) ..	40
Abbildung 26: Verlauf von Abnutzungsvorgängen mit Partikelabgabe. (Sturm & Förster 1990:299).....	41
Abbildung 27: Vor- und Nachteile verschiedener Diagnosearten. (Pawellek 2013:126).....	43
Abbildung 28: Radialventilator mit Temperatur- und Schwingungsüberwachung.....	45
Abbildung 30: Darstellung von Risiken (R1 bis R4) in einer Risikomatrix. (Strohmeier 2007:37).....	51
Abbildung 31: Schematische Darstellung eines Risikographen. (Braband 2007:675) .....	52
Abbildung 32: Verteilungskurve ABC-Schema. (Pawellek 2013:112).....	53
Abbildung 33: Übliche Verhaltensweisen für Ingenieure im Verhaltensmodell nach persolog. (Hering 2014:10) .....	55

Abbildung 34: Eingeplante Diagnosemethoden nach in den Planer-Teams.....	58
Abbildung 35: Erhaltene Rückmeldungen von durchgeführten Diagnosen.....	59
Abbildung 36: Aufteilung eingeplanter Diagnosemethoden nach Aufträgen.....	61
Abbildung 37: Durchgeführte Aufträge nach Werk.....	61
Abbildung 38: Durchgeführte Aufträge nach Diagnosemethode und Werk. ....	62
Abbildung 39: Aufteilung rückgemeldeter Diagnosemethoden nach Stunden. ....	63
Abbildung 40: Rückgemeldete Stunden nach Diagnosemethode und Werk. ....	64
Abbildung 41: Portfolioauswertung Diagnosemethoden.....	65
Abbildung 42: Auszug aus R&I-Sekundärluftsystem WSO4; Funktionsgruppen eingefärbt...66	
Abbildung 43: Risikograph der Funktionsgruppe „Rauchgas fördern WSO_3“.....	67
Abbildung 44: Aufteilung Aggregate (Gebläse und Pumpen) Werk Pfaffenau.....	68
Abbildung 45: Verwendung der IH-Strategie.....	69
Abbildung 46: Aufteilung Diagnosemethoden mit freiwerdender Personalkapazität.....	75
Abbildung 41: Portfolioauswertung Diagnosemethoden.....	81

## Anhang

- Liste der selektierten Aggregate mit Risikobeurteilung.

## Liste der selektierten Aggregate mit Risikobeurteilung

Bezeichnung	Werk Simmeringer Haide						Priorisierung
	KKS-Nummer	Aggregatetyp	Teilanlage	Risikoklasse	Redundanz		
Turbine 1	EA-SH-3VE11Y_60100	Turbine	SH	A-A	nein	A	
Turbine 1	EA-SH-3VE12Y_65100	Turbine	SH	A-A	nein	A	
Gebläse Sperrluft RRA	EA-SH-3RD00V_00100	Gebläse	SH	A-A	nein	A	
Drehkolbengebläse f. Steuerluft-Sperrlu&	EA-SH-3RF04V_10100	Gebläse	SH	A-A	nein	A	
Saugzuggebläse WSO 4	EA-SH-3RF61V_00100	Gebläse	WSO4	A-A	nein	A	
Vorwärmventilator V_001	EA-SH-3RF62V_00100	Gebläse	WSO4	A-A	nein	A	
Gebläse Sperrluft RRA	EA-SH-3RW00V_00100	Gebläse	SH	A-A	nein	A	
Abgasturbolader (A4) DG5	EA-SH-3VE13V_50200	Gebläse	SH	A-A	nein	A	
Primärluftgebläse	EA-SH-3VW42V_10100	Gebläse	WSO4	A-A	nein	A	
Austragsluftgebläse	EA-SH-3VW42V_15100	Gebläse	WSO4	A-A	nein	A	
Sekundärluftgebläse	EA-SH-3VW42V_20100	Gebläse	WSO4	A-A	nein	A	
Rezi-Gas-Gebläse	EA-SH-3VW42V_60100	Gebläse	WSO4	A-A	nein	A	
Abluftventilator vor Luftbrunnen	EA-SH-3AN21V_05000	Gebläse	ST	C-C	nein	C	
Abluftventilator vor Filtergruppen 1/2	EA-SH-3AN21V_05100	Gebläse	ST	C-C	nein	C	
Motor zu Hydraulikölpumpe A105	EA-SH-3AZ11AM10500	Pumpe	ABS	B-C	nein	B	
Turbokesselspeisepumpe 1	EA-SH-3VE31P_61200	Pumpe	SH	A-A	ja	B	
Turbokesselspeisepumpe 2	EA-SH-3VE31P_61300	Pumpe	SH	A-A	ja	B	
Elektro-Kesselspeisepumpe 1	EA-SH-3VE31P_61400	Pumpe	SH	A-A	ja	B	
Elektro-Kesselspeisepumpe 2	EA-SH-3VE31P_61500	Pumpe	SH	A-A	ja	B	
Fernwärmepumpe	EA-SH-3VE5_P_60800	Pumpe	SH	A-A	ja	B	
Fernwärmepumpe	EA-SH-3VE5_P_60900	Pumpe	SH	A-A	ja	B	

Kondensatpumpe Wärmetauscher Fernwärme	EA-SH-3VE42P_60600	Pumpe	SH	A-A	ja	B
Kondensatpumpe Wärmetauscher Fernwärme	EA-SH-3VE42P_60700	Pumpe	SH	A-A	ja	B
Rezi-Gebläse 1	EA-SH-3ND02V_00100	Gebläse	SH	A-A	ja	B
Rezi-Gebläse 2	EA-SH-3ND02V_00200	Gebläse	SH	A-A	ja	B
Gebläse Reingas RRA DRO 1	EA-SH-3RD16V_00100	Gebläse	DRO1	A-A	nein	A
Rauchgasgebläse	EA-SH-3RF13V_00100	Gebläse	DRO1	A-A	nein	A
Gebläse Brenner DRO 1	EA-SH-3VD11V_20100	Gebläse	DRO1	n.B.	nein	A
Gebläse Primärluft	EA-SH-3VD11V_40100	Gebläse	DRO1	A-A	nein	A
Gebläse Tertiärluft	EA-SH-3VD12V_40300	Gebläse	DRO1	B-C	ja	B
Gebläse Sekundärluft	EA-SH-3VD12V_40400	Gebläse	DRO1	B-C	ja	B
Gebläse Kühlluft DRO 1,NBK	EA-SH-3VD12V_90100	Gebläse	DRO1	A-A	nein	A
Gebläse Saugzug (Not Saugzug)	EA-SH-3VD15V_40500	Gebläse	DRO1	A-A	nein	A
Gebläse Reingas RRA DRO 2	EA-SH-3RD26V_00100	Gebläse	DRO2	A-A	nein	A
Rauchgasgebläse	EA-SH-3RF23V_00100	Gebläse	DRO2	A-A	nein	A
Brennergebläse DRO 2	EA-SH-3VD21V_20100	Gebläse	DRO2	n.B.	nein	A
Gebläse Primärluft	EA-SH-3VD21V_40100	Gebläse	DRO2	A-A	nein	A
Gebläse Tertiärluft	EA-SH-3VD22V_40300	Gebläse	DRO2	B-C	ja	B
Gebläse Sekundärluft	EA-SH-3VD22V_40400	Gebläse	DRO2	B-C	ja	B
Gebläse Kühlluft DRO 2,NBK	EA-SH-3VD22V_90100	Gebläse	DRO2	A-A	nein	A
Gebläse Saugzug (Not Saugzug)	EA-SH-3VD25V_40500	Gebläse	DRO2	A-A	nein	A
Prozesswasserpumpe 1	EA-SH-3RD12P_00100	Pumpe	DRO1	A-A	ja	B
Prozesswasserpumpe2	EA-SH-3RD12P_00200	Pumpe	DRO1	A-A	ja	B
Prozesswasserpumpe 3	EA-SH-3RD12P_00300	Pumpe	DRO1	A-A	ja	B
Prozesswasserpumpe 4	EA-SH-3RD13P_00400	Pumpe	DRO1	A-A	ja	B
Prozeßwasserpumpe zu Wäscher 2	EA-SH-3RD13P_00500	Pumpe	DRO1	A-A	ja	B
Prozesswasserpumpe 6	EA-SH-3RD13P_00600	Pumpe	DRO1	A-A	ja	B
Prozesswasserpumpe 1	EA-SH-3RD22P_00100	Pumpe	DRO2	A-A	ja	B
Prozesswasserpumpe2	EA-SH-3RD22P_00200	Pumpe	DRO2	A-A	ja	B
Prozesswasserpumpe 3	EA-SH-3RD22P_00300	Pumpe	DRO2	A-A	ja	B
Prozesswasserpumpe 4	EA-SH-3RD23P_00400	Pumpe	DRO2	A-A	ja	B

Prozeßwasserpumpe zu Wäscher 2	EA-SH-3RD23P_00500	Pumpe	DRO2	A-A	ja	B
Prozesswasserpumpe 6	EA-SH-3RD23P_00600	Pumpe	DRO2	A-A	ja	B
Rauchgasgebläse RNR	EA-SH-3RF33V_00100	Gebläse	WSO1	A-A	nein	A
Gebläse Reingas RRA WSO 1	EA-SH-3RW16V_00100	Gebläse	WSO1	A-A	nein	A
Gebläse Druckerhöhung, Brenner WSO 1	EA-SH-3VW12V_20300	Gebläse	WSO1	B-B	ja	B
Gebläse Primärluft	EA-SH-3VW12V_40100	Gebläse	WSO1	B-B	nein	B
Gebläse Sekundärluft	EA-SH-3VW12V_40500	Gebläse	WSO1	B-B	nein	B
Verbrennungsluftgebläse für X 201, X 202	EA-SH-3VW12V_40600	Gebläse	WSO1	B-B	ja	B
Gebläse Saugzug	EA-SH-3VW15V_40300	Gebläse	WSO1	A-A	nein	A
Gebläse Ersatzprimärluft WSO	EA-SH-3VW01V_60200	Gebläse	WSO	n.B.	nein	B
Rauchgasgebläse	EA-SH-3RF43V_00100	Gebläse	WSO2	A-A	nein	A
Gebläse Reingas RRA WSO 2	EA-SH-3RW26V_00100	Gebläse	WSO2	A-A	nein	A
Gebläse Druckerhöhung, Brenner WSO 2	EA-SH-3VW22V_20300	Gebläse	WSO2	B-B	ja	B
Gebläse Primärluft	EA-SH-3VW22V_40100	Gebläse	WSO2	B-B	nein	B
Gebläse Sekundärluft	EA-SH-3VW22V_40500	Gebläse	WSO2	B-B	nein	B
Verbrennungsluftgebläse für X 201, X 202	EA-SH-3VW22V_40600	Gebläse	WSO2	B-B	ja	B
Gebläse Saugzug	EA-SH-3VW25V_40300	Gebläse	WSO2	A-A	nein	A
Prozeßwasserpumpe zu Wäscher 1	EA-SH-3RW12P_00100	Pumpe	WSO1	A-A	ja	B
Prozeßwasserpumpe zu Wäscher 1	EA-SH-3RW12P_00200	Pumpe	WSO1	A-A	ja	B
Prozeßwasserpumpe zu Wäscher 2	EA-SH-3RW13P_00300	Pumpe	WSO1	A-A	ja	B
Prozeßwasserpumpe zu Wäscher 2	EA-SH-3RW13P_00400	Pumpe	WSO1	A-A	ja	B
Wäscherpumpe 5	EA-SH-3RW14P_00500	Pumpe	WSO1	A-A	nein	C
Wäscherpumpe 6	EA-SH-3RW15P_00600	Pumpe	WSO1	A-A	nein	C
Prozeßwasserpumpe zu Wäscher 1	EA-SH-3RW22P_00100	Pumpe	WSO2	A-A	ja	B
Prozeßwasserpumpe zu Wäscher 1	EA-SH-3RW22P_00200	Pumpe	WSO2	A-A	ja	B
Prozeßwasserpumpe zu Wäscher 2	EA-SH-3RW23P_00300	Pumpe	WSO2	A-A	ja	B
Prozeßwasserpumpe zu Wäscher 2	EA-SH-3RW23P_00400	Pumpe	WSO2	A-A	ja	B
Wäscherpumpe 5	EA-SH-3RW24P_00500	Pumpe	WSO2	A-A	nein	C
Wäscherpumpe 6	EA-SH-3RW25P_00600	Pumpe	WSO2	A-A	nein	C
Prozeßwasserpumpe zu Wäscher 1	EA-SH-3RW32P_00100	Pumpe	WSO3	A-A	ja	B

Prozeßwasserpumpe zu Wäscher 1	EA-SH-3RW32P_00200	Pumpe	WSO3	A-A	ja	B
Prozeßwasserpumpe zu Wäscher 2	EA-SH-3RW33P_00300	Pumpe	WSO3	A-A	ja	B
Prozeßwasserpumpe zu Wäscher 2	EA-SH-3RW33P_00400	Pumpe	WSO3	A-A	ja	B
Wäscherpumpe 5	EA-SH-3RW34P_00500	Pumpe	WSO3	A-A	nein	C
Wäscherpumpe 6	EA-SH-3RW35P_00600	Pumpe	WSO3	A-A	nein	C
Umwälzpumpe DRO1 P001 (Heißwasserpumpe1)	EA-SH-3RV11P_00100	Pumpe	DRO1	n.B.	ja	B
Umwälzpumpe DRO1 P002 (Heißwasserpumpe2)	EA-SH-3RV11P_00200	Pumpe	DRO1	n.B.	ja	B
Umwälzpumpe DRO2 P001 (Heißwasserpumpe1)	EA-SH-3RV21P_00100	Pumpe	DRO2	n.B.	ja	B
Umwälzpumpe DRO2 P002 (Heißwasserpumpe2)	EA-SH-3RV21P_00200	Pumpe	DRO2	n.B.	ja	B
Umwälzpumpe WSO1 P001 (Heißwasserpumpe1)	EA-SH-3RV31P_00100	Pumpe	WSO1	n.B.	ja	B
Umwälzpumpe WSO1 P002 (Heißwasserpumpe2)	EA-SH-3RV31P_00200	Pumpe	WSO1	n.B.	ja	B
Umwälzpumpe WSO2 P001 (Heißwasserpumpe1)	EA-SH-3RV41P_00100	Pumpe	WSO2	n.B.	ja	B
Umwälzpumpe WSO2 P002 (Heißwasserpumpe2)	EA-SH-3RV41P_00200	Pumpe	WSO2	n.B.	ja	B
Druckerhöhungsgebläse WSO3	EA-SH-3ND01V_00100	Gebläse	WSO3	A-A	nein	A
Rauchgasgebläse	EA-SH-3RF53V_00100	Gebläse	WSO3	A-A	nein	A
Gebläse Reingas RRA WSO 3 - Saugzuggebläse	EA-SH-3RW36V_00100	Gebläse	WSO3	A-A	nein	A
Primärluftgebläse 1	EA-SH-3VW32V_11100	Gebläse	WSO3	B-B	ja	B
Primärluftgebläse 2	EA-SH-3VW32V_12100	Gebläse	WSO3	B-B	ja	B
Sekundärluftgebläse	EA-SH-3VW32V_23000	Gebläse	WSO3	B-B	nein	B
Anfahrbrönnnerluftgebläse 1	EA-SH-3VW32V_31000	Gebläse	WSO3	B-B	nein	B
Anfahrbrönnnerluftgebläse 2	EA-SH-3VW32V_32000	Gebläse	WSO3	B-B	nein	B
Sperrluftgebläse	EA-SH-3VW33V_04000	Gebläse	WSO3	B-B	nein	B
Notsaugzuggebläse	EA-SH-3VW35V_11100	Gebläse	WSO3	A-A	nein	A
Abluftventilator	EA-SH-3NC05V_00100	Gebläse	WSO3	A-A	nein	A
Ventilator Förderluft Leichtfraktion	EA-SH-3VW31V_32000	Gebläse	WSO3	n.B.	nein	B
Rezi-Gebläse 1	EA-SH-3ND02V_00100	Gebläse	WSO3	A-A	ja	B
Rezi-Gebläse 2	EA-SH-3ND02V_00200	Gebläse	WSO3	A-A	ja	B
Speisewasserpumpe 1	EA-SH-3VW38P_71000	Pumpe	WSO3	B-B	ja	C
Speisewasserpumpe 2	EA-SH-3VW38P_73000	Pumpe	WSO3	B-B	ja	C
Luvo-Kondensatpumpe 1	EA-SH-3VW38P_61000	Pumpe	WSO3	B-C	ja	C

Luvo-Kondensatpumpe 2	EA-SH-3VW38P_63000	Pumpe	WSO3	B-C	ja	C
Kondensatpumpe 1	EA-SH-3VW38P_51000	Pumpe	WSO3	A-B	ja	B
Kondensatpumpe 2	EA-SH-3VW38P_53000	Pumpe	WSO3	A-B	ja	B
Förderluftgebläse 1	EA-SH-3VW31V_35100	Gebälse	WSO3	A-A	nein	A
Förderluftgebläse 2	EA-SH-3VW31V_36100	Gebälse	WSO3	A-A	nein	A
Primärluftgebläse	EA-SH-3VW42V_10100	Gebälse	WSO4	A-A	nein	A
Austragsluftgebläse	EA-SH-3VW42V_15100	Gebälse	WSO4	A-A	nein	A
Sekundärluftgebläse	EA-SH-3VW42V_20100	Gebälse	WSO4	A-A	nein	A
Verbrennungsluftgebläse Anfahrbrenner 1&	EA-SH-3VW42V_31100	Gebälse	WSO4	B-B	nein	B
Verbrennungsluftgebläse Anfahrbrenner 2&	EA-SH-3VW42V_32100	Gebälse	WSO4	B-B	nein	B
Rezi-Gas-Gebälse	EA-SH-3VW42V_60100	Gebälse	WSO4	A-A	nein	A
HD-Rezi-Gas-Gebälse	EA-SH-3VW42V_60200	Gebälse	WSO4	A-B	nein	B
Saugzuggebläse WSO 4	EA-SH-3RF61V_00100	Gebälse	WSO4	A-A	nein	A
Vorwärmventilator V_001	EA-SH-3RF62V_00100	Gebälse	WSO4	A-A	nein	A
Speisewasserpumpe 1	EA-SH-3VW48P_00100	Pumpe	WSO4	A-A	ja	B
Speisewasserpumpe 2	EA-SH-3VW48P_00200	Pumpe	WSO4	A-A	ja	B
Kondensatpumpe 1 zu Entgaser	EA-SH-3VW48P_00300	Pumpe	WSO4	A-B	ja	B
Kondensatpumpe 2 zu Entgaser	EA-SH-3VW48P_00400	Pumpe	WSO4	A-B	ja	B
Kondensatpumpe 1 zu Notwasserbehälter R&	EA-SH-3VW48P_00800	Pumpe	WSO4	B-B	ja	C
Kondensatpumpe 2 zu Notwasserbehälter R&	EA-SH-3VW48P_00900	Pumpe	WSO4	B-B	ja	C
Prozesswasserpumpe 1 Wäscher 1	EA-SH-3RW42P_00100	Pumpe	WSO4	A-A	ja	B
Prozesswasserpumpe 2 Wäscher 1	EA-SH-3RW42P_00200	Pumpe	WSO4	A-A	ja	B
Prozesswasserpumpe P_001 Wäscher 2	EA-SH-3RW43P_00100	Pumpe	WSO4	A-A	ja	B
Prozesswasserpumpe P_002 Wäscher 2	EA-SH-3RW43P_00200	Pumpe	WSO4	A-A	ja	B
Prozesswasserpumpe P_003 Wäscher 2	EA-SH-3RW43P_00300	Pumpe	WSO4	A-A	ja	B
Kühlwasserpumpe 1	EA-SH-3VW40P_10100	Pumpe	WSO4	B-B	ja	C
Kühlwasserpumpe 2	EA-SH-3VW40P_10200	Pumpe	WSO4	B-B	ja	C
Kühlwasserpumpe 1 Bettascheaustrag	EA-SH-3VW47P_01100	Pumpe	WSO4	B-C	ja	C
Kühlwasserpumpe 2 Bettascheaustrag	EA-SH-3VW47P_01200	Pumpe	WSO4	B-C	ja	C
Kondensatpumpe 1 zu Entgaser	EA-SH-3VW48P_00300	Pumpe	WSO4	A-B	ja	B

Kondensatpumpe 2 zu Entgaser	EA-SH-3VW48P_00400	Pumpe	WSO4	A-B	ja	B
Kondensateinspritzpumpe P_003 Umformers&	EA-SH-3VF51P_00300	Pumpe	WSO4	A-B	ja	B
Kondensateinspritzpumpe P_004 Umformers&	EA-SH-3VF51P_00400	Pumpe	WSO4	A-B	ja	B
Fernwärmepumpe P_005 Umformerstation WS&	EA-SH-3VF51P_00500	Pumpe	WSO4	A-A	ja	B
Fernwärmepumpe P_006 Umformerstation WS&	EA-SH-3VF51P_00600	Pumpe	WSO4	A-A	ja	B
Hilfsölpumpe 1 Turbine 1	EA-SH-3VE11P_91100	Pumpe	SH	A-A	nein	A
Hilfsölpumpe 2 Turbine 1	EA-SH-3VE11P_91200	Pumpe	SH	A-A	nein	C
Hilfsölpumpe 1 Turbine 2	EA-SH-3VE12P_95200	Pumpe	SH	A-A	nein	A
Hilfsölpumpe 2 Turbine 2	EA-SH-3VE12P_96100	Pumpe	SH	A-A	nein	C
HD-Ölpumpe Turbine 1	EA-SH-3VE11P_92700	Pumpe	SH	A-A	nein	C
HD-Ölpumpe Turbine 2	EA-SH-3VE12P_97700	Pumpe	SH	A-A	nein	C

Bezeichnung	Werk Pfaffenau					
	KKS-Nummer	Aggregattyp	Teilanlage	Risikoklasse	Redundanz	Priorisierung
Turbine	EA-PF-4_MAA10	Turbine	PF	A-A	nein	A
Saugzuggebläse	EA-PF-4RF11V_00100	Gebläse	Linie 1	A-A	nein	A
Vorwärmgebläse	EA-PF-4RF12V_00100	Gebläse	Linie 1	A-A	nein	A
Oxidationsluftgebläse	EA-PF-4RR13V_30100	Gebläse	Linie 1	B-B	nein	B
Primärluftgebläse Linie 1	EA-PF-4VR12V_00100	Gebläse	Linie 1	A-A	nein	A
Sekundärluftgebläse Linie 1	EA-PF-4VR12V_00200	Gebläse	Linie 1	A-A	nein	A
Kühlluftgebläse 1 Linie 1	EA-PF-4VR12V_00300	Gebläse	Linie 1	B-B	ja	C
Kühlluftgebläse 2 Linie 1	EA-PF-4VR12V_00400	Gebläse	Linie 1	B-B	ja	C
Verbrennungsluftgebläse 1 Linie 1	EA-PF-4VR12V_00500	Gebläse	Linie 1	B-B	ja	B
Verbrennungsluftgebläse 2 Linie 1	EA-PF-4VR12V_00600	Gebläse	Linie 1	B-B	ja	B
Umluftgebläse Kugelregenanlage	EA-PF-4VR13V_00100	Gebläse	Linie 1	A-B	nein	A
Rauchgasrezirkulationsgebläse Linie 1	EA-PF-4VR15V_00100	Gebläse	Linie 1	C-C	nein	C
Sperrluftgebläse Linie 1	EA-PF-4VR15V_00200	Gebläse	Linie 1	C-C	nein	C
Wrasenluftgebläse	EA-PF-4VR16V_00100	Gebläse	Linie 1	A-A	nein	A
Saugzuggebläse	EA-PF-4RF21V_00100	Gebläse	Linie 2	A-A	nein	A
Vorwärmgebläse	EA-PF-4RF22V_00100	Gebläse	Linie 2	A-A	nein	A
Oxidationsluftgebläse	EA-PF-4RR23V_30100	Gebläse	Linie 2	B-B	nein	B
Primärluftgebläse Linie 2	EA-PF-4VR22V_00100	Gebläse	Linie 2	A-A	nein	A
Sekundärluftgebläse Linie 2	EA-PF-4VR22V_00200	Gebläse	Linie 2	A-A	nein	A
Kühlluftgebläse 1 Linie 2	EA-PF-4VR22V_00300	Gebläse	Linie 2	B-B	ja	C
Kühlluftgebläse 2 Linie 2	EA-PF-4VR22V_00400	Gebläse	Linie 2	B-B	ja	C
Verbrennungsluftgebläse 1 Linie 2	EA-PF-4VR22V_00500	Gebläse	Linie 2	B-B	ja	B
Verbrennungsluftgebläse 2 Linie 2	EA-PF-4VR22V_00600	Gebläse	Linie 2	B-B	ja	B
Umluftgebläse Kugelregenanlage	EA-PF-4VR23V_00100	Gebläse	Linie 2	A-B	nein	A

Rauchgasrezirkulationsgebläse Linie 2	EA-PF-4VR25V_00100	Gebläse	Linie 2	C-C	nein	C
Sperrluftgebläse Linie 2	EA-PF-4VR25V_00200	Gebläse	Linie 2	C-C	nein	C
Wrasenluftgebläse	EA-PF-4VR26V_00100	Gebläse	Linie 2	A-A	nein	A
Auflockerungsgebläse Kalksilo	EA-PF-4RA05V_30000	Gebläse	PF	A-A	nein	A
Sperrgasgebläse 1	EA-PF-4RF07V_00100	Gebläse	PF	A-A	ja	B
Sperrgasgebläse 2	EA-PF-4RF07V_00200	Gebläse	PF	A-A	ja	B
Abluftgebläse	EA-PF-4RS01V_00100	Gebläse	PF	A-A	nein	A
Speisewasserpumpe 1	EA-PF-4WE4_P_00100	Pumpe	PF	B-C	ja	C
Speisewasserpumpe 2	EA-PF-4WE4_P_00200	Pumpe	PF	B-C	ja	C
Speisewasserpumpe 3	EA-PF-4WE4_P_00300	Pumpe	PF	B-C	ja	C
Fernwaermepumpe 1	EA-PF-4WF1_P_00100	Pumpe	PF	A-A	ja	B
Fernwaermepumpe 2	EA-PF-4WF1_P_00200	Pumpe	PF	A-A	ja	B
Hauptkondensatpumpe 1	EA-PF-4WE32P_00100	Pumpe	PF	B-C	ja	C
Hauptkondensatpumpe 2	EA-PF-4WE32P_00200	Pumpe	PF	B-C	ja	C
Kuehlwasserpumpe 1	EA-PF-4WE6_P_00100	Pumpe	PF	B-B	ja	C
Kuehlwasserpumpe 2	EA-PF-4WE6_P_00200	Pumpe	PF	B-B	ja	C
Loeschwasserpumpe 1	EA-PF-4IW21P_00100	Pumpe	PF	A-A	ja	B
Loeschwasserpumpe 2	EA-PF-4IW21P_00200	Pumpe	PF	A-A	ja	B
Primärkühlwasserpumpe 1	EA-PF-4VR04P_00400	Pumpe	PF	B-B	ja	C
Primärkühlwasserpumpe 2	EA-PF-4VR04P_00500	Pumpe	PF	B-B	ja	C
Umwälzpumpe 1 Wäscher 1	EA-PF-4RR12P_01000	Pumpe	Linie 1	A-A	ja	B
Umwälzpumpe 2 Wäscher 1	EA-PF-4RR12P_02000	Pumpe	Linie 1	A-A	ja	B
Umwälzpumpe 1 Wäscher 2	EA-PF-4RR13P_01000	Pumpe	Linie 1	A-A	ja	B
Umwälzpumpe 2 Wäscher 2	EA-PF-4RR13P_02000	Pumpe	Linie 1	A-A	ja	B
Umwälzpumpe 3 Wäscher 2	EA-PF-4RR13P_03000	Pumpe	Linie 1	A-A	ja	B
Gipsabzugspumpe 1 Wäscher 2	EA-PF-4RR13P_05000	Pumpe	Linie 1	A-A	ja	B
Gipsabzugspumpe 2 Wäscher 2	EA-PF-4RR13P_06000	Pumpe	Linie 1	A-A	ja	B
Umwälzpumpe 1 Wäscher 1	EA-PF-4RR22P_01000	Pumpe	Linie 2	A-A	ja	B
Umwälzpumpe 2 Wäscher 1	EA-PF-4RR22P_02000	Pumpe	Linie 2	A-A	ja	B
Umwälzpumpe 1 Wäscher 2	EA-PF-4RR23P_01000	Pumpe	Linie 2	A-A	ja	B

Umwälzpumpe 2 Wäscher 2	EA-PF-4RR23P_02000	Pumpe	Linie 2	A-A	ja	B
Umwälzpumpe 3 Wäscher 2	EA-PF-4RR23P_03000	Pumpe	Linie 2	A-A	ja	B
Gipsabzugspumpe 1 Wäscher 2	EA-PF-4RR23P_05000	Pumpe	Linie 2	A-A	ja	B
Gipsabzugspumpe 2 Wäscher 2	EA-PF-4RR23P_06000	Pumpe	Linie 2	A-A	ja	B

Werk Spittelau						
Bezeichnung	KKS-Nummer	Aggregattyp	Teilanlage	Risikoklasse	Redundanz	Priorisierung
Dampfturbine	EA-SP-17MA*10HA001	Turbine	SP	B-B	nein	A
Primärluftgebläse	EA-SP-11HLB01AN001	Gebläse	Linie 1	A-A	nein	A
Sekundärluftgebläse	EA-SP-11HLB20AN001	Gebläse	Linie 1	A-A	nein	A
Sperrluftgebläse 1	EA-SP-11HWA11AN001	Gebläse	Linie 1	C-C	ja	C
Sperrluftgebläse 2	EA-SP-11HWA12AN001	Gebläse	Linie 1	C-C	ja	C
Brennerluftgebläse 1	EA-SP-11HJL11AN001	Gebläse	Linie 1	A-A	nein	A
Brennerluftgebläse 2	EA-SP-11HJL12AN001	Gebläse	Linie 1	A-A	nein	A
Primärluftgebläse	EA-SP-12HLB01AN001	Gebläse	Linie 2	A-A	nein	A
Sekundärluftgebläse	EA-SP-12HLB20AN001	Gebläse	Linie 2	A-A	nein	A
Sperrluftgebläse 1	EA-SP-12HWA11AN001	Gebläse	Linie 2	C-C	ja	C
Sperrluftgebläse 2	EA-SP-12HWA12AN001	Gebläse	Linie 2	C-C	ja	C
Brennerluftgebläse 1	EA-SP-12HJL11AN001	Gebläse	Linie 2	A-A	nein	A
Brennerluftgebläse 2	EA-SP-12HJL12AN001	Gebläse	Linie 2	A-A	nein	A
Kesselspeispumpe 1	EA-SP-10LAC21AP001	Pumpe	SP	B-B	ja	B
Kesselspeispumpe 2	EA-SP-10LAC22AP001	Pumpe	SP	B-B	ja	B
Kesselspeispumpe 3	EA-SP-10LAC23AP001	Pumpe	SP	B-B	ja	B
Prozesswasserpumpe 1	EA-SP-11HTF21AP001	Pumpe	Linie 1	B-B	ja	B
Prozesswasserpumpe 2	EA-SP-11HTF21AP002	Pumpe	Linie 1	B-B	ja	B
Prozesswasserpumpe 3	EA-SP-11HTF22AP001	Pumpe	Linie 1	B-B	ja	B
Prozesswasserpumpe 4	EA-SP-11HTF22AP002	Pumpe	Linie 1	B-B	ja	B
Saugzug	EA-SP-11HNC60AN001	Gebläse	Linie 1	A-A	nein	A
Prozesswasserpumpe 1	EA-SP-12HTF21AP001	Pumpe	Linie 2	B-B	ja	B
Prozesswasserpumpe 2	EA-SP-12HTF21AP002	Pumpe	Linie 2	B-B	ja	B
Prozesswasserpumpe 3	EA-SP-12HTF22AP001	Pumpe	Linie 2	B-B	ja	B

Prozesswasserpumpe 4	EA-SP-12HTF22AP002	Pumpe	Linie 2	B-B	ja	B
Saugzug	EA-SP-12HNC60AN001	Gebläse	Linie 2	A-A	nein	A
Brennerluftgebläse	EA-SP-10HSU30AN001	Gebläse	SP	B-C	nein	B
Vorwärmgebläse	EA-SP-10HSA60AN001	Gebläse	SP	A-A	nein	A
Sperrluftgebläse 1	EA-SP-10HSW01AN001	Gebläse	SP	C-C	ja	C
Sperrluftgebläse 2	EA-SP-10HSW02AN001	Gebläse	SP	C-C	ja	C
Heisswasserpumpe 1 WT1	EA-SP-11HUA61AP001	Pumpe	Linie 1	C-C	ja	C
Heisswasserpumpe 2 WT1	EA-SP-11HUA62AP001	Pumpe	Linie 1	C-C	ja	C
Heisswasserpumpe 1 WT1	EA-SP-12HUA61AP001	Pumpe	Linie 2	C-C	ja	C
Heisswasserpumpe 2 WT1	EA-SP-12HUA62AP001	Pumpe	Linie 2	C-C	ja	C
Heisswasserpumpe 1 WT3	EA-SP-11HUA31AP001	Pumpe	Linie 1	C-C	ja	C
Heisswasserpumpe 2 WT3	EA-SP-11HUA32AP001	Pumpe	Linie 1	C-C	ja	C
Heisswasserpumpe 1 WT3	EA-SP-12HUA31AP001	Pumpe	Linie 2	C-C	ja	C
Heisswasserpumpe 2 WT3	EA-SP-12HUA32AP001	Pumpe	Linie 2	C-C	ja	C
Strang 2 Pumpe 1	EA-SP-16PAC11AP001	Pumpe	Wasserburg	B-B	ja	B
Strang 2 Pumpe 3	EA-SP-16PAC12AP001	Pumpe	Wasserburg	B-B	ja	B
Strang 2 Pumpe 3	EA-SP-16PAC13AP001	Pumpe	Wasserburg	B-B	ja	B
Flötzersteigpumpe 1	EA-SP-16GHA31AP001	Pumpe	Wasserburg	B-B	ja	B
Flötzersteigpumpe 2	EA-SP-16GHA32AP001	Pumpe	Wasserburg	B-B	ja	B
Rückkühlförderpumpe 1	EA-SP-10PAB11AP001	Pumpe	Wasserburg	B-B	ja	B
Rückkühlförderpumpe 2	EA-SP-10PAB12AP001	Pumpe	Wasserburg	B-B	ja	B
Erzeugerpumpe 1	EA-SP-10NDH21AP001	Pumpe	SP	C-C	ja	C
Erzeugerpumpe 2	EA-SP-10NDH22AP001	Pumpe	SP	C-C	ja	C
Erzeugerpumpe 3	EA-SP-10NDH23AP001	Pumpe	SP	C-C	ja	C
Erzeugerpumpe 4	EA-SP-10NDH24AP001	Pumpe	SP	C-C	ja	C
Netzpumpe 1	EA-SP-10NDC31AP001	Pumpe	SP	n.B	ja	B
Netzpumpe 2	EA-SP-10NDC32AP001	Pumpe	SP	n.B	ja	B
Netzpumpe 3	EA-SP-10NDC33AP001	Pumpe	SP	n.B	ja	B
Netzpumpe 4	EA-SP-10NDC34AP001	Pumpe	SP	n.B	ja	C
AKH Pumpe 1	EA-SP-10NDC45AP001	Pumpe	SP	B-B	ja	B

AKH Pumpe 2	EA-SP-10NDC46AP001	Pumpe	SP	B-B	ja	B
AKH Pumpe 3	EA-SP-10NDC47AP001	Pumpe	SP	B-B	ja	B
Kondensatpumpe 1	EA-SP-10LCB11AP001	Pumpe	SP	B-C	ja	B
Kondensatpumpe 2	EA-SP-10LCB12AP001	Pumpe	SP	B-C	ja	B
Kühlwasserpumpe1	EA-SP-10PGA21AP001	Pumpe	SP	B-B	ja	B
Kühlwasserpumpe2	EA-SP-10PGA22AP001	Pumpe	SP	B-B	ja	B
Hotwellpumpe 1	EA-SP-10MAL11AP001	Pumpe	SP	B-C	ja	B
Hotwellpumpe 2	EA-SP-10MAL12AP001	Pumpe	SP	B-C	ja	B
Frischluchtgebläse	EA-SP-13HLB01AN001	Gebläse	HWK SP 1	A-A	nein	A
Rezirkulationsgebläse	EA-SP-13HNF10AN001	Gebläse	HWK SP 1	A-A	nein	A
Erzeugerpumpe 1	EA-SP-13LAC21AP001	Pumpe	HWK SP 1	A-A	ja	B
Erzeugerpumpe 2	EA-SP-13LAC22AP001	Pumpe	HWK SP 1	A-A	ja	B
Frischluchtgebläse	EA-SP-14HLB01AN001	Gebläse	HWK SP 2	A-A	nein	A
Rezirkulationsgebläse	EA-SP-14HNF10AN001	Gebläse	HWK SP 2	A-A	nein	A
Erzeugerpumpe 1	EA-SP-14LAC21AP001	Pumpe	HWK SP 2	A-A	ja	B
Erzeugerpumpe 2	EA-SP-14LAC22AP001	Pumpe	HWK SP 2	A-A	ja	B

Bezeichnung	Werk Flötzersteig					Priorisierung
	KKS-Nummer	Aggregatetyp	Teilanlage	Risikoklasse	Redundanz	
Primärluftgebläse	EA-FS-21HLB10AN001	Gebläse	Linie 1	A-A	nein	A
Sekundärluftgebläse	EA-FS-21HLF10AN001	Gebläse	Linie 1	A-A	nein	A
Kühlluftgebläse	EA-FS-21HHQ10AN001	Gebläse	Linie 1	A-A	nein	A
Brennerluftgebläse	EA-FS-21HHL00AN001	Gebläse	Linie 1	A-A	nein	A
Primärluftgebläse	EA-FS-22HLB10AN001	Gebläse	Linie 2	A-A	nein	A
Sekundärluftgebläse	EA-FS-22HLF10AN001	Gebläse	Linie 2	A-A	nein	A
Kühlluftgebläse	EA-FS-22HHQ10AN001	Gebläse	Linie 2	A-A	nein	A
Brennerluftgebläse	EA-FS-22HHL00AN001	Gebläse	Linie 2	A-A	nein	A
Primärluftgebläse	EA-FS-23HLB10AN001	Gebläse	Linie 3	A-A	nein	A
Sekundärluftgebläse	EA-FS-23HLF10AN001	Gebläse	Linie 3	A-A	nein	A
Kühlluftgebläse	EA-FS-23HHQ10AN001	Gebläse	Linie 3	A-A	nein	A
Brennerluftgebläse	EA-FS-23HHL00AN001	Gebläse	Linie 3	A-A	nein	A
Kesselspeisepumpe 1	EA-FS-20LAC01AP001	Pumpe	FS	B-C	ja	C
Kesselspeisepumpe 2	EA-FS-20LAC02AP001	Pumpe	FS	B-C	ja	C
Kesselspeisepumpe 3	EA-FS-20LAC03AP001	Pumpe	FS	B-C	ja	C
Kesselspeisepumpe 4	EA-FS-20LAC04AP001	Pumpe	FS	B-C	ja	C
Kesselspeisepumpe 5	EA-FS-20LAC05AP001	Pumpe	FS	B-C	ja	C
Kesselspeisepumpe 6	EA-FS-20LAC06AP001	Pumpe	FS	B-C	ja	C
Prozesswasserpumpe 1	EA-FS-21HTF21AP001	Pumpe	Linie 1	B-B	ja	B
Prozesswasserpumpe 2	EA-FS-21HTF21AP002	Pumpe	Linie 1	B-B	ja	B
Prozesswasserpumpe 3	EA-FS-21HTF22AP003	Pumpe	Linie 1	B-B	ja	B
Prozesswasserpumpe 4	EA-FS-21HTF22AP004	Pumpe	Linie 1	B-B	ja	B
Saugzug	EA-FS-21HNC80AN001	Gebläse	Linie 1	A-A	nein	A
Prozesswasserpumpe 1	EA-FS-22HTF21AP001	Pumpe	Linie 2	B-B	ja	B

Prozesswasserpumpe 2	EA-FS-22HTF21AP002	Pumpe	Linie 2	B-B	ja	B
Prozesswasserpumpe 3	EA-FS-22HTF22AP003	Pumpe	Linie 2	B-B	ja	B
Prozesswasserpumpe 4	EA-FS-22HTF22AP004	Pumpe	Linie 2	B-B	ja	B
Saugzug	EA-FS-22HNC80AN001	Gebläse	Linie 2	A-A	nein	A
Prozesswasserpumpe 1	EA-FS-23HTF21AP001	Pumpe	Linie 3	B-B	ja	B
Prozesswasserpumpe 2	EA-FS-23HTF21AP002	Pumpe	Linie 3	B-B	ja	B
Prozesswasserpumpe 3	EA-FS-23HTF22AP003	Pumpe	Linie 3	B-B	ja	B
Prozesswasserpumpe 4	EA-FS-23HTF22AP004	Pumpe	Linie 3	B-B	ja	B
Saugzug	EA-FS-23HNC80AN001	Gebläse	Linie 3	A-A	nein	A
Rezirkulationsgebläse 1	EA-FS-20HSC02AN001	Gebläse	FS	A-A	ja	A
Rezirkulationsgebläse 2	EA-FS-20HSC02AN002	Gebläse	FS	A-A	ja	A
Saugzug 1	EA-FS-20HSA01AN001	Gebläse	FS	A-A	ja	A
Saugzug 2	EA-FS-20HSA01AN002	Gebläse	FS	A-A	ja	A
Sperrluftgebläse	EA-FS-20HSW10AN001	Gebläse	FS	A-A	nein	A

Bezeichnung	Außenwerke					
	KKS-Nummer	Aggregatetyp	Teilanlage	Risikoklasse	Redundanz	Priorisierung
Frischluchtgebläse	EA-LE-86HLB01AN001	Gebälse	HWK LE	A-A	nein	A
Erzeugerpumpe 1	EA-LE-86LAC01AP001	Pumpe	HWK LE	n.B	ja	B
Erzeugerpumpe 2	EA-LE-86LAC02AP001	Pumpe	HWK LE	n.B	ja	B
Netzpumpe 1	EA-LE-85NDC01AP001	Pumpe	HWK LE	n.B	ja	B
Netzpumpe 2	EA-LE-85NDC02AP001	Pumpe	HWK LE	n.B	ja	B
Netzpumpe 3	EA-LE-85NDC03AP001	Pumpe	HWK LE	n.B	ja	B
Frischluchtgebläse – HWK 1	EA-IN-91HLB01AN001	Gebälse	HWK IN 1	A-A	nein	A
Rezigebläse – HWK 1	EA-IN-91HNF10AN001	Gebälse	HWK IN 1	A-A	nein	A
Frischluchtgebläse – HWK 2	EA-IN-92HLB01AN001	Gebälse	HWK IN 2	A-A	nein	A
Rezigebläse – HWK 2	EA-IN-92HNF10AN001	Gebälse	HWK IN 2	A-A	nein	A
K1 Kesselumwälzpumpe 1	EA-IN-91LAC21AP001	Pumpe	HWK IN 1	A-A	ja	B
K1 Kesselumwälzpumpe 2	EA-IN-91LAC22AP001	Pumpe	HWK IN 1	A-A	ja	B
K2 Kesselumwälzpumpe 1	EA-IN-92LAC21AP001	Pumpe	HWK IN 2	A-A	ja	B
K2 Kesselumwälzpumpe 2	EA-IN-92LAC22AP001	Pumpe	HWK IN 2	A-A	ja	B
LUVU Umwälzpumpe	EA-IN-91NDA11AP001	Pumpe	HWK IN 1	A-A	nein	A
LUVU Umwälzpumpe	EA-IN-92NDA11AP001	Pumpe	HWK IN 2	A-A	nein	A
Netzpumpe 1	EA-IN-90NDC11AP001	Pumpe	HWK IN	A-A	ja	B
Netzpumpe 2	EA-IN-90NDC12AP001	Pumpe	HWK IN	A-A	ja	B
Netzpumpe 3	EA-IN-90NDC13AP001	Pumpe	HWK IN	A-A	ja	B
Verbrennungsluftgebläse 1 DZK1	EA-LE-88HLB01AN001	Gebälse	DZK LE 1	A-A	nein	A
Verbrennungsluftgebläse 2 DZK1	EA-LE-88HLB02AN001	Gebälse	DZK LE1	A-A	nein	A
Verbrennungsluftgebläse 1 DZK2	EA-LE-89HLB01AN001	Gebälse	DZK LE 2	A-A	nein	A
Verbrennungsluftgebläse 2 DZK2	EA-LE-89HLB02AN001	Gebälse	DZK LE2	A-A	nein	A
Vorwärmpumpe DZK1	EA-LE-88LAD10AP001	Pumpe	DZK LE1	n.B	nein	A

Vorwärmpumpe DZK2	EA-LE-89LAD10AP001	Pumpe	DZK LE 2	n.B	nein	A
Warmhaltepumpe DZK1	EA-LE-88HHU10AP001	Pumpe	DZK LE1	n.B	nein	A
Warmhaltepumpe DZK2	EA-LE-89HHU10AP001	Pumpe	DZK LE 2	n.B	nein	A
Frischluchtgebläse	EA-AR-61HLB01AN001	Gebläse	HWK ARS1	n.B	nein	A
Kesselumwälzpumpe 1	EA-AR-62LAC21AP001	Pumpe	HWK ARS1	n.B	ja	B
Kesselumwälzpumpe 2	EA-AR-62LAC22AP001	Pumpe	HWK ARS1	n.B	ja	B
Kesselumwälzpumpe 3	EA-AR-62LAC23AP001	Pumpe	HWK ARS1	n.B	ja	B
Frischluchtgebläse	EA-AR-62HLB01AN001	Gebläse	HWK ARS2	n.B	nein	A
Kesselumwälzpumpe 1	EA-AR-62LAC21AP001	Pumpe	HWK ARS2	n.B	ja	B
Kesselumwälzpumpe 2	EA-AR-62LAC22AP001	Pumpe	HWK ARS2	n.B	ja	B
Kesselumwälzpumpe 3	EA-AR-62LAC23AP001	Pumpe	HWK ARS2	n.B	ja	B