

INTEGRITÄT VON ANLAGEN

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1.0 ANWENDUNGSBEREICH	3
1.1 Gefahren	3
1.2 Änderungen	3
2.0 SCHADENVERHÜTUNGSEMPFEHLUNGEN	3
2.1 Einführung.....	3
2.2 Anlagen und Prozesse.....	3
2.3 Menschlicher Faktor.....	4
2.3.1 Integrität von Anlagen	4
2.3.2 Verfügbarkeitsplanung	10
2.3.3 Ausschluss von Fremdmaterialien	12
3.0 GRUNDLAGEN DER EMPFEHLUNGEN	12
3.1 Schadenhistorie	13
3.1.1 Schadenstatistiken	13
3.1.2 Beispiele für Schadenfälle	13
3.2 Anlagen und Prozesse.....	16
3.2.1 Auswirkungen der Integrität von Anlagen	16
3.3 Betrieb und Instandhaltung	16
3.3.1 Integrität von Anlagen	16
3.3.2 Verfügbarkeitsplanung	33
4.0 VERWEISE	34
4.1 FM.....	34
4.2 Sonstige.....	34
ANHANG A – BEGRIFFSDEFINITIONEN	34
ANHANG B – ANGABEN ZUR ÜBERARBEITUNG DES DOKUMENTS.....	36
ANHANG C – VERFÜGBARKEITSPLANUNG FÜR ANLAGEN	38
C.1 Verfahren zur Verfügbarkeitsplanung von Anlagen	38
C.2 Redundanz und Möglichkeiten zum Anmieten von Anlagen.....	38
C.2.1 Redundanz.....	38
C.2.2 Mietanlagen.....	39
ANHANG D – VERFAHREN ZUM AUSSCHLUSS VON FREMDMATERIALIEN	40
D.1 Zweck	40
D.2 Definitionen	40
D.3 Geltungsbereich	42
D.4 Verantwortlichkeiten	42
D.5 Ausschluss von Fremdmaterialien – Stufe 1	42
D.6 Ausschluss von Fremdmaterialien – Stufe 2	44
D.7 Ausschluss von Fremdmaterialien – Stufe 3	45
ANHANG E – ALTERNATIVE DIENSTLEISTUNGSUNTERNEHMEN.....	53
E.1 Richtlinien für ein Prüf- und Inspektionsprogramm für Dienstleistungen und Komponenten alternativer Dienstleistungsunternehmen	53
E.2 Inspektionsdienstleistungen – Werkstatt und Außendienst	53
E.3 Außendienst	53
E.4 Werkstatt	54
E.5 Aftermarket-Komponenten (Reverse-Engineering und Re-Engineering).....	55



E.5.1 Reverse-Engineering-Komponenten	55
E.5.2 Re-Engineering-Komponenten	56
E.5.3 Auslegungsprozess	56
E.5.4 Validierungs-/Prüfprozess	56
E.5.5 Fertigungsprozess	56
E.6 Upgrades/Austausch von industriellen Steuerungssystemen (ICS).....	57
E.7 Servicevereinbarungen mit alternativen Dienstleistungsunternehmen	57

Abbildungen

Abbildung 3.3.1.1-1 Prozess-Flussdiagramm zur Integrität von Anlagen	18
Abb. 3.3.1.2.4. Sicherer Betriebsbereich.....	24
Abb. 3.3.1.2.7. Beitragende Faktoren zur nutzungsbedingten Alterung von Anlagen	27
Abb. 3.3.1.3. Anlagenzustände, die sich auf die Durchführung einer Studie zur Restlebensdauer auswirken	30

1.0 ANWENDUNGSBEREICH

Dieses Datenblatt enthält allgemeine Richtlinien zur Ausarbeitung und Einführung von effektiven Schadenverhütungsprogrammen zur Sicherstellung der Integrität von Systemen und Anlagen.

Empfehlungen zu Aufgaben im Rahmen von Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsprogrammen für bestimmte Systeme und Anlagen sind in den Datenblättern für die jeweiligen Systeme und Anlagen enthalten.

Die Auslegung von Systemen und Anlagen ist nicht im Umfang dieses Datenblatts enthalten. Allerdings können sich Entscheidungen in der Planungsphase erheblich auf den Umfang, die Einführung und Effektivität von Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsprogrammen und somit auch auf die Zuverlässigkeit von Anlagen auswirken. Informationen zur Auslegung von wartungsfähigen Anlagen sind den anlagenspezifischen Datenblättern, den Anweisungen des Herstellers, branchenüblichen Vorgehensweisen und/oder geltenden Vorschriften und Normen zu entnehmen.

1.1 Gefahren

Ein gutes Programm zur Sicherstellung der Anlagenintegrität ist für die Aufrechterhaltung zuverlässiger Prozesse am Standort einschließlich der Produktions-, Versorgungs- und Hilfsanlagen von grundlegender Bedeutung. Anhand dieses Verwaltungsverfahrens wird mit Auslegungs-, Betriebs- und Daten der Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsprogramme die Zuverlässigkeit der Anlagen sichergestellt. Dadurch wird die Wahrscheinlichkeit von Anlagenausfällen verringert und Energiequellen werden kontrolliert. Anlagenausfälle sowie daraus resultierende Sachschäden und Betriebsunterbrechungen können die Folge von nicht risikogerechten Programmen zur Sicherstellung der Anlagenintegrität sein.

1.2 Änderungen

Juli 2024. Zwischenrevision. Vornahme geringfügiger redaktioneller Änderungen

2.0 SCHADENVERHÜTUNGSEMPFEHLUNGEN

2.1 Einführung

Das Ziel eines Programms zur Sicherstellung der Anlagenintegrität ist es, dass Produktions-, Versorgungs- und Hilfsanlagen verlässlich funktionieren und betrieben werden können und ihren vorgesehenen Zweck weiterhin erfüllen. Kern dieser Maßnahmen ist das Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsprogramm, mit dem der Zustand von Systemen und Anlagen ermittelt wird, um Mängel vor einem Ausfall zu identifizieren und zu beheben. Für ein gut funktionierendes Programm zur Sicherstellung der Anlagenintegrität ist eine enge Zusammenarbeit aller Abteilungen an einem Standort erforderlich, einschließlich Management, Operations, Engineering und Instandhaltung.

Je nach Branche kann die Ausarbeitung eines Programms zur Sicherstellung der Anlagenintegrität unterschiedlich aussehen. Für einige Branchen gibt es klar definierte Verfahren und vorhersehbare Schadensmechanismen, die in Industriestandards ausführlich beschrieben sind. In anderen Branchen gibt es keine Industriestandards. Hier erfolgt die Ermittlung von potenziellen Schadensmechanismen anhand von unabhängigen Bewertungen. In jedem Fall müssen bei der Ausarbeitung eines Programms zur Sicherstellung der Anlagenintegrität die jeweils vorliegenden Gefährdungen berücksichtigt werden.

2.2 Anlagen und Prozesse

2.2.1 Die Gefährdungen, denen Produktions-, Versorgungs- und Hilfssysteme sowie Anlagen ausgesetzt sind, sollten prozessbasiert ermittelt werden. Es sollte sichergestellt werden, dass die Gefährdungen bekannt sind und die Mitarbeitenden des Unternehmens darüber informiert sind.

2.2.2 So weit wie möglich sollten diese inhärenten Gefährdungen aufgrund von Auslegung und Betriebsparametern bewertet und kontrolliert werden. Werden Prozesse, Systeme oder Anlagen repariert, verändert, saniert oder ausgetauscht oder Änderungen am Betriebsregime vorgenommen, sollten diese Gefährdungen und die verwendeten Bewertungs-/Kontrollmethoden neu bewertet werden. Dazu gehört auch die Überprüfung des Umfangs und der Umsetzung des Programms zur Sicherstellung der Anlagenintegrität.

2.2.3 Anlagen sollten so ausgelegt und installiert werden, dass über die gesamte Nutzungsdauer der Anlage Inspektions-, Prüf-, und Instandhaltungsmaßnahmen durchgeführt werden können (d. h. Auslegung im Hinblick auf Wartbarkeit). Werden Prozesse, Systeme oder Anlagen repariert, verändert, saniert oder ausgetauscht, sollte bei der Verwaltung dieser Änderungen dieselbe Sorgfalt angewendet werden, um Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsmaßnahmen weiterhin effektiv durchführen zu können.

2.2.3.1 Bei Bedarf sollte eine Methode zur regelmäßigen Prozessverfolgung eingeführt werden, z. B. anhand von Durchsatz, Betriebsstunden und Starts, um festzulegen, wann Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsmaßnahmen durchgeführt werden sollten. Soweit möglich sollten diese Betriebsdaten während der gesamten Nutzungsdauer der Anlage aufbewahrt werden.

2.3 Menschlicher Faktor

2.3.1 Integrität von Anlagen

Effektive Programme zur Sicherstellung der Anlagenintegrität sorgen dafür, dass mechanische, Elektro-, Druck- und Produktionsanlagen sowie die dazugehörigen Systeme risikogerecht ausgelegt, installiert, betrieben, instand gehalten und geschützt werden. Zweck von Programmen zur Sicherstellung der Anlagenintegrität ist es, **während der gesamten Nutzungsdauer einer Anlage** Mängel zu identifizieren und zum optimalen Zeitpunkt zu beheben (siehe Abschnitt 3.3.1.1 und Abbildung 3.3.1-1).

2.3.1.1 Programm zur Sicherstellung der Anlagenintegrität

2.3.1.1.1 Mitarbeitende, die an allen Aspekten des Programms zur Sicherstellung der Anlagenintegrität beteiligt sind, sollten entsprechend geschult werden und über die erforderlichen Kenntnisse für die durchzuführenden Aufgaben verfügen. Das gilt für Ingenieur*innen, Bedienpersonal, Planende, Fachfirmen und Lieferunternehmen.

2.3.1.1.2 Es sollte ein **dokumentiertes Programm zur Sicherstellung der Anlagenintegrität ausgearbeitet und eingeführt** werden, um die **Integrität und Zuverlässigkeit** von Produktions-, Versorgungs- und Hilfssystemen und -anlagen sicherzustellen. Zu den wichtigsten Aspekten eines effektiven Programms gehören:

- A. Eine Unternehmenskultur, die die Integrität von Anlagen wertschätzt
- B. Engagement auf allen Ebenen des Unternehmens, auch des Managements, mit klar angegebenen Verantwortlichkeiten und Zuständigkeiten
- C. Eine schriftliche Richtlinienanweisung, in der die Ziele des Programms klar definiert sind, einschließlich der Risikotoleranz und der gewünschten Zuverlässigkeitsstufen

2.3.1.2 Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsprogramm

2.3.1.2.1 **Es sollten die Informationen erhoben, gesammelt und gepflegt werden, die für die Ausarbeitung und Einführung geeigneter Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsmaßnahmen und -strategien erforderlich sind und die damit die Wahrung der Integrität und Zuverlässigkeit von Anlagen über ihre gesamte Nutzungsdauer unterstützen.**

A. Es sollte eine Methode **ausgearbeitet** werden, mit der Systeme, Anlagen und Komponenten, die unter das Programm zur Sicherstellung der Anlagenintegrität fallen, identifiziert, beschrieben und erfasst werden. Dabei sollten die dazugehörigen Produktions-/Prozessflussdiagramme, Rohrleitungs- und Instrumentierungsdiagramme sowie Einliniendiagramme der Versorgungs- und Hilfsanlagen für die Systeme, Anlagen und Komponenten einbezogen werden.

1. Alle Anlagen und Komponenten sollten eindeutig und deutlich erkennbar gekennzeichnet werden.
2. Alle relevanten Daten bezüglich der Auslegung und Inbetriebnahme der Anlagen sowie ausreichende Informationen für die Bestellung von Anlagenteilen oder zur Durchführung von Reparaturen/Änderungen sollten vorgelegt werden.
3. Wenn Anlagen oder Komponenten hinzugefügt, entfernt oder ausgetauscht werden, sollten die Informationen entsprechend aktualisiert werden.

B. Unter Berücksichtigung der Folgen bei **einem Ausfall** sollten Systeme und Anlagen priorisiert werden. Die Priorisierung sollte auf Grundlage einer systematischen Risikobewertung des Standorts erfolgen, bei der auch Produktions-, Versorgungs- und Hilfssysteme berücksichtigt werden.

C. **Die inhärenten prozess- und anlagenabhängigen Gefahren sowie die daraus resultierenden Schadensmechanismen** und Fehlermodi, die im Laufe der Nutzungsdauer von Anlagen regelmäßig bewertet werden müssen, sollten identifiziert werden, um die Integrität von Anlagen für ihren vorgesehenen Zweck zu überprüfen.

D. Es sollten die vorgesehenen **Betriebsparameter/das vorgesehene Betriebsregime** identifiziert werden, einschließlich der Anstiegsraten für alle Betriebsregime **und für den sicheren Betriebsbereich**.

E. Informationen von Regulierungsorganen, Vorschriften, Normen, Betriebshistorien, Erfahrungen der Mitarbeitenden, branchenübliche Vorgehensweisen, anlagenspezifische Datenblätter und Anweisungen des Herstellers sollten berücksichtigt werden.

2.3.1.2.2 Gemäß den Angaben in Abschnitt 2.3.1.2.1 sollte ein Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsprogramm **ausgearbeitet und eingeführt** werden.

A. **Dabei sollten die jeweils geeigneten und notwendigen Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsmaßnahmen und -strategien mithilfe eines einheitlichen Ansatzes ermittelt werden.** Grundlegende Aktivitäten und die zeitlichen Abstände oder Bedingungen für die Durchführung regelmäßiger Aktivitäten sollten einbezogen werden. Es können mehrere Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsstrategien eingeführt werden, um die **Integrität und Zuverlässigkeit** von Anlagen sicherzustellen.

1. Bei Verwendung einer reaktiven Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsstrategie (bei einem Ausfall) sollte wie folgt vorgegangen werden:
 - a. Es sollte eine Methode bereitgestellt werden, mit der ein Anlagenausfall identifiziert wird, um die Reparatur/den Austausch der Anlage zu erleichtern.
 - b. Es sollte sichergestellt werden, dass Mitarbeitende verfügbar sind, um die betroffene Anlage in einem angemessenen Zeitrahmen nach dem Ausfall zu reparieren oder auszutauschen.
 - c. Es sollte sichergestellt werden, dass für die Reparatur/den Austausch die benötigten Werkzeuge, Anlagen, Teile und Verbrauchsgüter vorhanden und einsatzfähig sind, um im erforderlichen Zeitrahmen auf den Ausfall und Folgeausfälle reagieren zu können.
2. Bei Verwendung einer vorbeugenden Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsstrategie zur Schadenverhütung sollte wie folgt vorgegangen werden:
 - a. Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsaktivitäten sollten vorab geplant werden, wobei ein Auslöser für die jeweilige Aktivität festgelegt werden sollte. Ein Auslöser kann ein zeit- oder prozessbasiertes Intervall sein, z. B. Durchsatz, Betriebsstunden oder Starts.
 - b. Anlagen sollten unabhängig vom Zustand bei Auslösung einer Aktivität instand gehalten werden.
 - c. Die zeitlichen Abstände für die Auslösung von Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsaktivitäten sollten verlässlich sein. Mehrere prozessbasierte Intervalle können dieselbe Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsaktivität auslösen. In solchen Fällen sollten alle Intervalle nach Abschluss der Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsaktivität zurückgesetzt werden.
 - d. Als Ausgangspunkt für eine Trendanalyse oder Vergleiche sollten grundlegende Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsaktivitäten an der Anlage durchgeführt werden. Dazu gehören grundlegende Inspektionen fabrikneuer, reparierter oder erworbener Anlagen sowie grundlegende Prüfungen von Anlagensensoren.
 - e. Es sollte eine Methode eingeführt werden, mit der identifiziert wird, wann Anlagen ein prozessbasiertes Intervall ausgelöst haben, um die Durchführung einer Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsaktivität zu erleichtern.
 - f. Es sollte sichergestellt werden, dass Mitarbeitende verfügbar sind, die nach der Auslösung des prozessbasierten Intervalls die Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsaktivität durchführen können.

- g. Es sollte sichergestellt werden, dass die für die Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsaktivität benötigten Werkzeuge, Anlagen, Teile und Verbrauchsgüter vorhanden und einsatzfähig sind, um die Aktivität im erforderlichen Zeitrahmen durchführen zu können.
- 3. Bei Verwendung einer vorausschauenden und/oder zustandsbasierten Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsstrategie sollte wie folgt vorgegangen werden:
 - a. Überwachte Zustände, die Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsaktivitäten für den Schadensmechanismus auslösen, der durch die Aktivität behoben werden soll, sollten entsprechend abgestimmt werden.
 - b. Als Ausgangspunkt für Trendanalysen oder Vergleiche sollten grundlegende Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsaktivitäten an der Anlage durchgeführt werden. Dazu gehören grundlegende Signale für die Zustandsüberwachung und grundlegende Prüfungen der Anlagensensoren.
 - c. Mitarbeitende, die die überwachten Variablen bewerten, sollten entsprechend geschult sein und über die erforderlichen Kenntnisse verfügen.
 - d. Es sollte sichergestellt werden, dass durch die Überwachung die Möglichkeit von Fehlalarmen minimiert wird.
 - e. Für jede überwachte Variable sollten sichere Betriebsgrenzen (obere und untere absolute Grenzwerte sowie Änderungsrate) festgelegt werden. Zudem sollten Akzeptanzkriterien für die Auslösung von Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsaktivitäten definiert werden.
 - f. In regelmäßigen Abständen sollten Zustände überwacht, stichprobenartige Untersuchungen vorgenommen und Trends ermittelt werden, um Zustände außerhalb der Akzeptanzkriterien rechtzeitig zu identifizieren. So kann durch eine frühzeitige Erkennung rechtzeitig vor einem Ausfall gehandelt werden.
- B. Die einzelnen Aktivitäten eines Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsprogramms sollten ausführlich beschrieben werden. Wenn detaillierte Anweisungen vom Herstellunternehmen, branchenübliche Vorgehensweisen und/oder geltende Vorschriften und Normen verfügbar sind, reichen diese unter Umständen aus, um vorbeugende oder zustandsbasierte Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsrichtlinien festzulegen.
- C. Für Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsaktivitäten, deren Ergebnisse ausgewertet werden, sollten Akzeptanzkriterien definiert werden.
- 2.3.1.2.3 Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsaktivitäten sollten entsprechend dem Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsprogramm durchgeführt und dokumentiert werden.
- A. Ein Prozess zur Erfassung der Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsaktivitäten nach der Auslösung sollte eingeführt werden.
- B. Ergebnisse der Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsaktivitäten sollten umgehend nach Erhalt geprüft und ausgewertet werden, damit mögliche erforderliche Korrekturmaßnahmen eingeleitet werden können.
 - 1. Weichen die Befunde des Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsprogramms von den Akzeptanzkriterien ab, sollte ein Prozess zur Mängelverwaltung befolgt werden (siehe Abschnitt 2.3.1.4 für weitere Informationen). Es sollte sichergestellt werden, dass die Operations-Abteilung über die Abweichung informiert wird. Wenn die Abweichung während des Betriebs der Einheit auftritt, sollte die Schwere der Abweichung quantitativ erfasst werden, um festzustellen, ob ein Herunterfahren der Einheit erforderlich ist.
- C. Anlagenzustände und -leistungen sollten wie folgt überwacht und einer Trendanalyse unterzogen werden.
 - 1. Betriebsdaten sollten überwacht werden, damit sichergestellt ist, dass die Anlage innerhalb der Betriebsparameter betrieben wird und Überschreitungen der Parameter identifiziert werden können. Bei Überschreitungen der Betriebsparameter sollte ermittelt werden, ob das Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsprogramm angepasst werden muss und die Auswirkungen auf die Restlebensdauer der Anlage sollten bewertet werden.

2. Ergebnisse zu Zustand und Leistung sowie Trends für Prozesse, Systeme, Anlagen und Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsaktivitäten sollten überwacht werden. Wenn Ergebnisse und Trends von den Akzeptanzkriterien abweichen oder auf einen beschleunigten Anlagenverschleiß hinweisen, sollte bewertet werden, ob weitere Maßnahmen eingeleitet werden müssen und/oder das Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsprogramm angepasst werden muss. Eine Funktionstüchtigkeitsprüfung sollte durchgeführt werden, wenn im Rahmen des Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsprogramms eine oder mehrere Zustände außerhalb der akzeptablen Grenzwerte liegen und Reparaturen, Änderungen oder ein Austausch nicht vor dem Neustart erfolgen. Weitere Informationen sind in den Abschnitten 2.3.1.4.1(A) und 3.3.1.3(A) zu finden.

D. Wenn Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsaktivitäten verschoben werden müssen, sollten die Folgen der Nichtausführung der Aktivitäten innerhalb des durch das Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsprogramm vorgegebenen Zeitrahmens identifiziert werden, bevor entschieden wird, welche Aktivität verschoben wird.

E. Verzögerte Arbeiten sollten bis zu ihrem Abschluss erfasst werden.

F. Ergebnisse von Programmen sowie Trendanalysen sollten im Hinblick auf Auswirkungen auf den Programmfumfang/die Programmstrategie bewertet werden.

Der Umfang des Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsprogramms, die Häufigkeit/Intervalle und die Strategien zur effektiven Identifizierung von Schadensmechanismen sollten je nach Erfordernis bewertet werden. Dabei sollte ein zustandsbasierter Ansatz auf Grundlage von Trendanalysen der Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsmaßnahmen, der Funktionstüchtigkeitsprüfung, der Restlebensdauer und/oder Ergebnissen der Ursachenanalyse verfolgt werden.

Die Auswirkungen von Änderungen an Betriebsparametern/Betriebsregimen sowie sicheren Betriebsbereichen auf die Schadensmechanismen und den Umfang des Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsprogramms sollten berücksichtigt werden. Dazu gehören auch die Auswirkungen, die sich aufgrund von Änderungen an Anlagen ergeben, die als Resultat von Störungen/Abschaltungen/plötzlichen Abstürzen und/oder technischen Defekten erfolgen.

Auch die kumulativen Auswirkungen der verschiedenen Faktoren, die zu einer nutzungsbedingten Alterung beitragen, auf den Umfang des Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsprogramms sollten berücksichtigt werden.

2.3.1.3 Nutzungsbedingte Alterung von Anlagen und Restlebensdauer

Um die Integrität und Zuverlässigkeit über die gesamte Nutzungsdauer von Anlagen aufrechtzuerhalten, ist ein effektives Management im Hinblick auf die nutzungsbedingte Alterung unerlässlich. Anhand der vorhandenen prozess- und anlagenabhängigen Schadensmechanismen sollte der Verschleiß einer Anlage über ihre gesamte Nutzungsdauer bewertet werden. Anhand eines zustandsbasierten Ansatzes sollten die Auswirkungen der nutzungsbedingten Alterung auf die Restlebensdauer der Anlage festgestellt werden. Die kumulativen Auswirkungen der folgenden beitragenden Faktoren zur nutzungsbedingten Alterung von Anlagen und der Restlebensdauer sollten bewertet werden. Abb. 3.3.1.2.7 zeigt, wie sich das Zusammenspiel der beitragenden Faktoren auf die nutzungsbedingte Alterung von Anlagen auswirkt.

- Technische-, Betriebs- und Umgebungsbedingungen
- Betriebshistorie (einschließlich Trendanalyse von Zustand und Leistungsüberwachung)
- Bewertung der Ergebnisse und Trendanalysen des Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsprogramms (einschließlich Funktionstüchtigkeitsprüfung)
- Alter und Nutzungsdauer

Eine Studie zur Restlebensdauer wird auf Grundlage der zustandsbasierten Bewertung dieser beitragenden Faktoren (einschließlich Funktionstüchtigkeitsprüfungen) durchgeführt, um die verbliebene Lebensdauer der Anlage festzustellen. Um die Wahrscheinlichkeit eines vorzeitigen Betriebsausfalls zu reduzieren, sollten Optionen zur Reparatur, Änderung, Sanierung und zum Austausch berücksichtigt werden, damit die betriebliche Integrität so lange wie möglich aufrechterhalten wird. Der Austausch von wichtigen verschlissenen Komponenten kann die Nutzungsdauer verlängern. Abb. 3.3.1.3 zeigt das Zusammenspiel der Anlagenzustände einschließlich der beitragenden Faktoren zur nutzungsbedingten Alterung von Anlagen, Betriebshistorien, Ergebnisse und Trendanalysen der Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsaktivitäten sowie Ergebnisse der Funktionstüchtigkeitsprüfung, die sich auf die Durchführung einer Studie zur Restlebensdauer auswirken.

Die Vorlaufzeit für Ersatzanlagen sollte berücksichtigt werden, insbesondere, wenn die betroffene Anlage so lange weiter betrieben wird, bis die Ersatzanlage installiert wurde. Als Vorbereitung für den Fall eines vorzeitigen Ausfalls einer betriebenen Anlage sollte ein Verfügbarkeitsplan ausgearbeitet werden, der die zeitlichen Lücken zwischen der Restlebensdauer und dem Austausch einer betroffenen Anlage berücksichtigt.

Weitere Informationen zur Restlebensdauer sind in den Abschnitten 2.3.1.4.1(D) und 3.3.1.3(C) zu finden. Abschnitte 3.3.1.2.5, 6 und 7 enthalten Informationen zur nutzungsbedingten Alterung von Anlagen. Abschnitte 2.3.2 und 3.3.2 sowie die relevanten Datenblätter enthalten Richtlinien zur Ausarbeitung spezifischer Verfügbarkeitspläne.

2.3.1.4 Mängelverwaltung

2.3.1.4.1 Als Teil des Programms zur Sicherstellung der Anlagenintegrität sollte ein Mängelverwaltungsprozess ausgearbeitet und eingeführt werden, um sicherzustellen, dass alle identifizierten Mängel hinsichtlich des Zustands von Anlagen bewertet und nachverfolgt werden, bis die Behebung erfolgt ist. Ein typischer Prozess zur Mängelverwaltung enthält die folgenden Aspekte:

A. Funktionstüchtigkeitsprüfung

Eine Funktionstüchtigkeitsprüfung sollte durchgeführt werden, wenn die Befunde des Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsprogramms ergeben, dass einer oder mehrere Zustände außerhalb der akzeptablen Grenzwerte liegen und Reparaturen, Änderungen oder ein Austausch nicht vor dem Neustart erfolgen. Unter Umständen ist keine Funktionstüchtigkeitsprüfung erforderlich, wenn zeitnah Korrekturmaßnahmen eingeleitet werden, beispielsweise die Durchführung einer Reparatur, einer Änderung oder eines Austauschs, wodurch die Anlage wieder einen Zustand erreicht, der für ihren vorgesehenen Zweck akzeptabel ist.

B. Reparatur/Änderung/Neubewertung/Austausch

1. Bei der Durchführung von Korrekturmaßnahmen an einer Anlage sollten anlagenspezifische Datenblätter, Anweisungen des Herstellers, branchenübliche Vorgehensweisen und/oder akzeptierte technische Vorschriften und -Verfahren berücksichtigt werden.
2. Wenn im Rahmen der Korrekturmaßnahmen Anlagen nicht mit gleichartigen Komponenten geändert oder gegen entsprechende Anlagen ausgetauscht werden, sollte ein Änderungsmanagementverfahren angewendet werden.
3. Anhand von Qualitätssicherungen/-kontrollen sollte sichergestellt werden, dass die Arbeiten wie erforderlich durchgeführt wurden. Dazu gehört die Ausführung von Inspektionen und Prüfungen, um sicherzustellen, dass die Reparaturarbeiten akzeptablen Standards entsprechen und die Anlage nach Abschluss der Arbeiten wieder ihren vorgesehenen Zweck erfüllt.
4. Die Ergebnisse des Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsprogramms sollten bei der Auslegung der Änderung oder des Austausches von Anlagen berücksichtigt werden.
5. Es sollten neue grundlegende Aspekte für die Überwachung eingeführt und erfasst werden.

C. Neubewertung der Betriebsparameter

Anhand der identifizierten Verschleißerscheinungen, des Zustands der Anlage und der geplanten künftigen Nutzung sollte ermittelt werden, ob die Betriebsparameter angepasst werden müssen.

D. Restlebensdauer

Wenn aufgrund von Verschleißerscheinungen zuvor definierte Grenzwerte überschritten wurden, aber die Anlage weiterhin als funktionstüchtig angesehen wird, sollte eine Studie zur Restlebensdauer durchgeführt werden. Die Studie kann auch durchgeführt werden, wenn unklar ist, ob die Anlage für die vorgesehene Dauer weiterhin betrieben werden kann. Hierzu gehören auch die kumulativen Auswirkungen der nutzungsbedingten Alterung auf die Restlebensdauer mit Blick auf den vorgesehenen Zweck der Anlage. Die Studie zur Restlebensdauer sollte hauptsächlich auf festinstallierte und drehende mechanische Anlagen angewendet werden. Allerdings kann es auch Analysen zur Vorhersage der Lebensdauer geben, die auf andere Anlagentypen angewendet werden können.

1. Die Genauigkeit und Relevanz von Daten sollte gewährleistet werden. Wenn möglich sollten tatsächlich gemessene Daten verwendet werden. Werden stattdessen bereitgestellte Daten oder Durchschnittswerte verwendet, entsprechen die berechneten Verschleißdauern unter Umständen nicht den vorliegenden Bedingungen. Ähnlich kann auch der Vergleich von Trenddaten für denselben Anlagenstandort kritisch sein, um – abhängig vom Verschleißvorgang – die Datengenauigkeit sicherzustellen.
2. Bei festgestelltem Verschleiß sollte ein entsprechendes Intervall für Folgeinspektionen berechnet werden. Die Berechnung des Intervalls sollte auf Grundlage der Restlebensdauerberechnung sowie unter Berücksichtigung des Betriebsregimes/der Zustände und Richtlinien aus anlagenspezifischen Datenblättern, Anweisungen des Herstellunternehmens, branchenüblichen Vorgehensweisen und/oder akzeptierten Engineering-Vorschriften und -Verfahren erfolgen.

2.3.1.5 Ursachenanalyse

Es sollte eine Ursachenanalyse durchgeführt werden und entsprechend den Ergebnissen sollten bei Bedarf Korrekturmaßnahmen ausgearbeitet werden. Danach sollten spezifische Empfehlungen und Korrekturmaßnahmen festgelegt werden, um ein wiederholtes Auftreten oder ähnliche Vorfälle zu vermeiden. Es sollten Messwerte zum Messen des Erfolgs einer Korrekturmaßnahme ausgearbeitet werden, die aufgrund einer Ursachenanalyse durchgeführt wurde, um den beabsichtigten Effekt zu bestätigen. Diese Aktionen können mechanische oder verfahrensorientierte Änderungen sein. Anhand eines Änderungsmanagementverfahrens sollten die Sicherheit sowie die Erfassung der Maßnahmen bis zu ihrem Abschluss gewährleistet werden.

In folgenden Situationen wird in der Regel eine umfassende Ursachenanalyse durchgeführt: wenn Anlagen vorzeitig ausfallen, wenn Anlagen aufgrund von Parametern ausfallen, die nicht in der Gefahrenanalyse berücksichtigt oder vorhergesehen wurden, wenn übermäßiger oder unvorhergesehener Verschleiß auftritt und/oder wenn der Anlagenbetrieb unerwartet außerhalb der vorgesehenen Betriebsparameter erfolgt. Tritt ein Zustand auf, der im Rahmen des Programms zur Sicherstellung der Anlagenintegrität innerhalb des angegebenen Zeitrahmens und Umfangs vorhersehbar war, ist eine Ursachenanalyse unter Umständen nicht erforderlich. In welchem Umfang die Ursachenanalyse durchgeführt wird, ist abhängig von den Ergebnissen des Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsprogramms. Effektive Ursachenanalysen sorgen für eine fortlaufende Verbesserung und Weiterentwicklung des Programms zur Sicherstellung der Anlagenintegrität.

2.3.1.6 Dokumentationsanforderungen und Trendanalyse

2.3.1.6.1 Alle Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsaktivitäten sowie die darauffolgende Mängelverwaltung und Ursachenanalyse sollten dokumentiert werden.

2.3.1.6.2 Auf Grundlage der Ergebnisse der Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsaktivitäten sollten Trends abgelesen werden, um mögliche erhebliche Änderungen an Anlagenzuständen zu identifizieren und dadurch potenzielle Ausfälle vorherzusagen/zu identifizieren, bevor ein Ausfall während des Betriebs auftritt.

2.3.1.6.3 Anhand aller Daten aus dem Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsprogramm sowie dem Verfahren zur Mängelverwaltung sollte die Identifizierung und Bewertung von Gefährdungen (Abschnitte 2.2.1 und 2.2.2) neu bewertet werden. Das kann sich auf den Umfang und die Häufigkeit der Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsaktivitäten auswirken.

A. Anhand der Informationen aus der Ursachenanalyse, der Betriebsparameter und bei Reparatur/Änderung/Neubewertung/Austausch sollten Häufigkeit/Intervalle, Strategien und Methoden von Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsaktivitäten entsprechend aktualisiert werden.

B. Informationen sollten in das Programm zur Sicherstellung der Anlagenintegrität aufgenommen werden, um aktuelle Zustände bei neuen Auslegungen zu berücksichtigen.

2.3.1.7 Überprüfungen

2.3.1.7.1 Es sollten Programmüberprüfungen durchgeführt und Prüfberichte erstellt werden. Überprüfungen und Berichte sollten von erfahrenen Mitarbeitenden ausgeführt/erstellt werden, die vorzugsweise nicht Teil der Instandhaltungsorganisation sind. Umfassende Prüfungen der erforderlichen Aufzeichnungen sollten durchgeführt werden, um bestimmte Ziele bei der Überprüfung zu erreichen.

A. Es sollte sichergestellt werden, dass Häufigkeit und Umfang der Überprüfungen den Ergebnissen aus früheren Überprüfungen und der Gesamtleistung des Programms zur Sicherstellung der Anlagenintegrität entsprechen.

B. Eine Überprüfung der Gefährdungen, denen Produktions-, Versorgungs- und Hilfsanlagen ausgesetzt sind, sollte immer dann durchgeführt werden, wenn der Betrieb auf eine Weise erfolgt, die bei der Ausarbeitung des Programms zur Sicherstellung der Anlagenintegrität nicht berücksichtigt wurde.

2.3.1.7.2 Wenn bei den Überprüfungen Lücken identifiziert werden, sollte sichergestellt werden, dass die Prüfberichte Korrekturmaßnahmen enthalten und diese bis zu ihrem Abschluss dokumentiert werden.

2.3.2 Verfügbarkeitsplanung

2.3.2.1 Verfügbarkeitsplanung für Anlagen

2.3.2.1.1 Im Rahmen eines Plans zur Aufrechterhaltung des Geschäftsbetriebs sollte auch ein dokumentierter Verfügbarkeitsplan für Anlagen ausgearbeitet und gepflegt werden, um die **Ausfallzeit von Anlagen zu minimieren sowie die Gefährdung** für wichtige Prozesse am Standort zu reduzieren. Das gilt unter anderem für Produktions-, Versorgungs- und Hilfsanlagen.

Im Rahmen der Verfügbarkeitsplanung von Anlagen sollte eine systematische Bewertung der Prozesse und Anlagen am Standort durchgeführt werden, um Anlagen zu identifizieren, die für die Aufrechterhaltung des Betriebs wesentlich sind (z. B. eine Liste mit kritischen Anlagen).

Für diese Anlagen sollten Szenarien mit Anlagenausfällen und die Gefahr einer Betriebsunterbrechung ausgewertet werden. Engpässe bei Prozessen, singuläre Ausfallpunkte, einzigartige Anlagen und solche mit langen Vorlaufzeiten sollten berücksichtigt werden. Die Integrität von Anlagen, ihre Zuverlässigkeit und Restlebensdauer, Funktionstüchtigkeit sowie Betriebshistorien/-trends und die nutzungsbedingte Alterung von Anlagen sollten berücksichtigt werden. Art und Umfang der Verfügbarkeitsplanung für Anlagen sollten ausgewertet werden, um anlagenspezifische Gefährdungen im Hinblick auf Ausfälle zu verringern. Für alle im Verfügbarkeitsplan aufgeführten Anlagen sollten die dazugehörigen Informationen wie in Abschnitt 3.3.1.2.1 beschrieben gepflegt werden.

Der Verfügbarkeitsplan enthält Wiederherstellungsoptionen und Schadenbegrenzungsstrategien, um bei einem Anlagenausfall reagieren und den Betrieb wiederherstellen zu können. Dabei werden die Vorlaufzeiten für Reparatur/Austausch/Anmietung, gebrauchte und/oder zusätzliche Anlagen, der Einsatz von Redundanzen und die Ersatzteilbevorratung berücksichtigt, um die Ausfallzeit zu minimieren.

Verfahren für den Transport und Anforderungen für die Entfernung/Demontage sowie Installation/Handhabung wichtiger Anlagen sollten in den Verfügbarkeitsplan für Anlagen aufgenommen werden. Siehe Abschnitt 3.3.2.

Wenn für die Ausführung von Aufgaben zur Einführung des Verfügbarkeitsplans für Anlagen Lieferanten erforderlich sind, sollte wie folgt vorgegangen werden:

A. Es sollte sichergestellt werden, dass diese bereits über Kenntnisse zu potenziellen Anweisungen des Herstellunternehmens und/oder geltenden Vorschriften und Normen (z. B. allgemein anerkannte Regeln der Technik (aaRdT)) verfügen. Dazu gehören auch Unternehmensstandards und/oder -richtlinien.

B. Es sollte sichergestellt werden, dass die Lieferanten die Anforderungen für die Anlagen im Hinblick auf spezielle Arbeiten und Werkzeuge erfüllen.

Bei der Einführung des Verfügbarkeitsplans für Anlagen sollte festgelegt werden, ob im Rahmen der Standardbetriebsverfahren für die Anlage bestimmte Prozesse zur Inbetriebnahme/Sicherheitsprüfungen vor dem Start erforderlich sind.

2.3.2.1.2 Ein effektiver Verfügbarkeitsplan für Anlagen sollte folgende Kriterien erfüllen, um die **Ausfallzeit von Anlagen zu minimieren sowie die Gefährdung** zu reduzieren:

A. Der Verfügbarkeitsplan für Anlagen dokumentiert die Planung für einen möglichen Anlagenausfall mit dem Ziel, **die Ausfallzeit zu minimieren**.

B. Im Verfügbarkeitsplan für Anlagen werden der Zustand der Anlagen, die Ausfallszenarien, die Risiken und Auswirkungen eines ungeplanten Ausfalls auf die Anlagen berücksichtigt, die für die Aufrechterhaltung des Geschäftsbetriebs entscheidend sind.

C. Für wichtige Anlagen werden im Verfügbarkeitsplan Optionen/-Strategien zur Risikominderung erarbeitet. Dabei werden die Vorlaufzeiten für Reparatur/Austausch/Anmietung, gebrauchte und/oder zusätzliche Anlagen, der Einsatz von Redundanzen und die Ersatzteilbevorratung berücksichtigt.

D. Angaben zu Auslegung/Spezifikationen/Installation und Verträge/Servicevereinbarungen mit den Originalherstellern und/oder Lieferunternehmen der Anlagen liegen vor, sofern sie als Teil des Verfügbarkeitsplans für Anlagen erforderlich sind.

E. Der Verfügbarkeitsplan für Anlagen enthält erprobte Verfahren für den Transport und Anforderungen für die Entfernung/Demontage sowie Installation/Handhabung wichtiger Anlagen.

2.3.2.1.3 Der Verfügbarkeitsplan sollte jährlich revidiert, überprüft und validiert werden, sodass allfällige Änderungen berücksichtigt und die Effektivität bestätigt wird. Bei erheblichen Änderungen am Standort sollte der Verfügbarkeitsplan für Anlagen ebenfalls revidiert, überprüft und validiert werden. Das können folgende Änderungen sein:

- A. Nutzung oder Reparatur von Ersatzteilen, mit der Folge, dass diese nicht mehr einsatzfähig sind und/oder nicht mehr zur Verfügung stehen
- B. Keine Lagerung oder Erhaltung von Ersatzteilen in einsatzfähigem Zustand
- C. Änderungen an Prozessen, Ertragsflüssen und Anlagenzuständen

2.3.2.2 Ersatzteilbevorratung

2.3.2.2.1 Ersatzteilbevorratung ist eine der Möglichkeiten/Strategien zur Schadensbegrenzung, die bei einem Ausfall einer Anlage genutzt/verfolgt werden kann. Vorhandene Ersatzteile (vollständige Anlagen und/oder Einzelteile) sollten gemäß den Anweisungen des Herstellers gelagert und vor physischer Beschädigung und/oder Kontamination geschützt werden, um die Ausfallzeit bei einem Anlagenausfall zu reduzieren. Die Ersatzteile sollten gemäß den Anweisungen des Herstellers im Rahmen des Programms zur Sicherstellung der Anlagenintegrität inspiziert, geprüft und instand gehalten werden, um die Funktionstüchtigkeit und die Eignung für den vorgesehenen Zweck aufrechtzuerhalten.

Zur Überprüfung der Kompatibilität sollten Auslegung/Nennleistung/physikalische Eigenschaften der Ersatzteile im Vergleich zu den im Betrieb befindlichen Anlagen geprüft werden. So ist sichergestellt, dass die Ersatzteile bei Bedarf eingesetzt werden können, um den normalen Betrieb nach einem Anlagenausfall wiederherzustellen. Dazu gehört auch das Identifizieren von erforderlichen Reparaturen/Änderungen der Ersatzteile zur Wiederaufnahme des Betriebs.

Bei der „Ersatzteilversorgung für Routineinstandhaltungen“ geht es um Verschleißteile. Das heißt, diese Teile kommen nicht bei einem bereits eingetretenen Anlagenausfall zwecks Reduzierung der Ausfallzeit zum Einsatz. Diese Ersatzteile werden außerhalb von Störfällen über die Nutzungsdauer der Anlagen eingesetzt. Dazu gehören vom Hersteller empfohlene Ersatzteile. Die „Ersatzteilversorgung bei Anlagenausfällen“ erfolgt bei ungeplanten Ausfällen wichtiger Anlagen, um die Ausfallzeit zu **minimieren** und den Betrieb der Anlage wiederherzustellen. Der Begriff „Ersatzteile“ in diesem Datenblatt bezieht sich auf Ersatzteile bei Anlagenausfällen. Informationen dazu, wann die Bevorratung von Ersatzteilen bei Anlagenausfällen empfohlen wird, sind in den relevanten Datenblättern zur Anlage/Nutzung enthalten.

Für alle Ersatzanlagen sollten die dazugehörigen Informationen wie in Abschnitt 3.3.1.2.1 beschrieben gepflegt werden.

Für alle Ersatzteile vor Ort oder außerhalb des Standorts sollten Standort, Zustand und Funktionstüchtigkeit geprüft werden. Es sollte sichergestellt werden, dass Ersatzteile für die vorgesehene Nutzung vorhanden und hierfür bestimmt sind.

2.3.2.2.2 Die Ersatzteilbevorratung sollte folgende Kriterien erfüllen, um die **Ausfallzeit von Anlagen minimieren sowie die Gefährdung** reduzieren zu können:

- A. Auslegung/Nennleistung/physikalische Eigenschaften des Ersatzteils entsprechen sowohl der betriebenen Anlage als auch dem Prozess.

B. Standort, Zustand und Kompatibilität der Ersatzteile sind geprüft, um auf einen Anlagenausfall reagieren und den Betrieb schnellstmöglich wieder aufnehmen und so die Ausfallzeit minimieren zu können.

C. Ersatzteile werden ordnungsgemäß gelagert sowie im Rahmen des Programms zur Sicherstellung der Anlagenintegrität inspiziert, geprüft und instand gehalten, damit die Funktionstüchtigkeit gewährleistet ist.

D. Es wurde überprüft, ob die Ersatzteile für den vorgesehenen Zweck geeignet sind.

E. Es sind Ersatzteile verfügbar, die bei einem Ausfall der betriebenen Anlage eingesetzt werden können.

F. Es gibt einen schriftlich ausgearbeiteten Plan, der Verfahren für den Transport und Anforderungen für die Entfernung/Demontage sowie Installation/Handhabung von Ersatzteilen (vor Ort und außerhalb des Standorts) enthält. Dazu gehört die Identifizierung und Planung erforderlicher umfassender Änderungen für den Ersatzteileinsatz am Standort (z. B. Errichtung von Fundamenten, Anbringung von Halterungen, Rahmengrößen, Anschlüsse an Anlagen/Prozesse). Die erforderliche Hardware zum Installieren von Ersatzteilen (z. B. Unterlegscheiben, Kupplungen, Kabel) ist dort vorhanden, wo sie gebraucht wird.

Umfang und Einführung des Programms zur Sicherstellung der Anlagenintegrität für die Ersatzteilversorgung bei Anlagenausfällen entsprechen dem Programm, das für die betriebenen Anlagen verwendet wird, um sicherzustellen, dass die Einsatzfähigkeit von Ersatzteilen gegeben ist.

Anhang C enthält Richtlinien zu Vorgehensweisen bei der Ausarbeitung von Verfügbarkeitsplänen für Anlagen mit Strategien zur Risikominderung für redundante (d. h. N+1-Anlagen) und gemietete Anlagen.

Weitere Informationen zur Verfügbarkeitsplanung für Anlagen und Ersatzteilversorgung sind in den anlagen-/nutzungsspezifischen Datenblättern zu finden.

2.3.3 Ausschluss von Fremdmaterialien

2.3.3.1 Anlagen, für die ein Programm zum Ausschluss von Fremdmaterialien infrage kommt, sollten identifiziert werden. Dabei sollte außerdem die erforderliche Stufe des Programms für die jeweilige Anlage festgelegt werden (Stufe 1, 2 oder 3). Turbinen, Generatoren, Motoren und Kompressoren sind am anfälligsten für Schäden durch Fremdkörper. Das liegt an den geringen Toleranzen, die aufgrund der schnell drehenden Komponenten vorliegen. Der Ausschluss von Fremdmaterialien sollte jedoch jedes Mal berücksichtigt werden, wenn Anlagen (z. B. Transformatoren, Druckbehälter, Rohrleitungssysteme, Kessel, Schaltanlagen) zur Inspektion, Prüfung, Instandhaltung und/oder Reparatur geöffnet werden.

2.3.3.1.1 Es sollte eine Liste der Anlagen und Systeme samt den erforderlichen Kriterien für das Programm zum Ausschluss von Fremdmaterialien angefertigt werden.

2.3.3.2 Es sollte ein Programm zum Ausschluss von Fremdmaterialien mit Verfahren eingeführt werden, die bei der Instandhaltung von Anlagen oder Systemen, die für dieses Programm identifiziert wurden, strikt eingehalten werden.

2.3.3.3 Regelmäßige Prüfungen der Struktur des Programms zum Ausschluss von Fremdmaterialien sollten durchgeführt werden, um sicherzustellen, dass das Programm entsprechend geeignet ist, alle wichtigen Anlagen und Systeme identifiziert wurden und die Verfahrensstufen für die Anlagen weiterhin risikogerecht sind.

Anhang D enthält Richtlinien zu Vorgehensweisen für die verschiedenen Stufen des Programms zum Ausschluss von Fremdmaterialien. Für Projekte, bei denen Demontagen von drehenden Anlagen in großem Umfang erfolgen, insbesondere für Gasturbinen und Generatoren, sollten die Richtlinien der Stufe 3 angewendet werden, da Fremdkörper in diesen Systemen wahrscheinlich zu großen Sachschäden und im Anschluss zu einem großen finanziellen Aufwand führen können. Für Projekte mit weniger umfangreichen Demontagen (z. B. um lediglich Zugang für Geräte und Anlagen zur Ferninspektion zu erreichen) ist unter Umständen eine geringere Stufe des Programms zum Ausschluss von Fremdmaterialien ausreichend. Bei der Festlegung der Stufe des Programms zum Ausschluss von Fremdmaterialien für die jeweilige Aktivität sollte das Gesamtrisiko eines potenziellen entsprechenden Schadenereignisses berücksichtigt werden.

3.0 GRUNDLAGEN DER EMPFEHLUNGEN

3.1 Schadenhistorie

3.1.1 Schadenstatistiken

In der Industrie treten häufig Schadenfälle im Rahmen von Instandhaltungsarbeiten auf. Die Schadenerfahrungen von FM belegen, dass nicht sorgfältig ausgearbeitete, eingeführte und verwaltete Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsprogramme sich negativ auf den Verlust von Anlagen auswirken können. Daten zu Schadenfällen über die letzten 10 Jahre weisen darauf hin, dass nicht risikogerechte Programme zur Sicherstellung der Anlagenintegrität (z. B. fehlende Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsprogramme, nicht risikogerechte Auslegung oder unzureichende Mängelverwaltung) in den meisten Fällen zu Anlagenverlusten beigetragen haben.

3.1.2 Beispiele für Schadenfälle

3.1.2.1 Fehlendes Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsprogramm führt zu Ausfall des Mühlenzahnkranzes

Eine Minengesellschaft förderte Kupferkonzentrat und Molybdän mit geringen Mengen an Silber und Gold. Es handelte sich um einen Tagebau-Erzmühlen-Komplex. Die Förderrate betrug ungefähr 16.000 Tonnen pro Tag. Der Standort verfügte über eine 8.200-kW-Halbautogenmühle, die von zwei elektrischen 4.100-kW-Motoren mit Ritzelantrieb betrieben wurde. Die Halbautogenmühle speiste zwei parallele Kugelmühlen. Roherz wurde zunächst über die primären Brechwerke zu einer Roherzhalde geleitet und im Anschluss über eine Förderanlage zum Einlass der Halbautogenmühle transportiert.

Bei Schaltkreiskontrollen zu Schichtbeginn fiel dem Vorarbeiter ein ungewöhnlich lautes Rumpeln auf. Staub rieselte von der Abdeckung des Großrads und den Sparren der Mühle herunter. Es wurde festgestellt, dass ein Zahn des Zahnkranzes gebrochen war, und die Mühle wurde heruntergefahren. Die Verfahren zum Herunterfahren wurden eingeleitet und alle Materialien wurden aus der Halbautogenmühle entfernt. Dabei wurden mehrere Stücke des gebrochenen Zahns von bis zu 305 mm Länge in den verschiedenen Auffangstellen des Schmiersystems gefunden. Das nördliche Ritzel und das Motoraggregat hatten sich aufgrund des gebrochenen Zahns um $\frac{1}{4}$ nach innen verschoben. Das nördliche und südliche Ritzel wurden dabei beschädigt.

Der Betrieb der gesamten Mühle stand zwei Monate still. Die Mühle konnte nur deshalb nach zwei Monaten wieder in Betrieb genommen werden, weil der Zahnkranz in umgekehrter Richtung betrieben werden konnte, bis das Ersatzteil eintraf. Nachdem der neue Zahnkranz geliefert wurde (Lieferdauer: 4 Monate, selbst nach Dringlichkeitsanfrage), musste das Werk 4 Wochen heruntergefahren werden, um den neuen Zahnkranz am Standort zu installieren und in Betrieb zu nehmen.

Im Rahmen der Fehleranalyse wurden ausführliche Prüfungen durchgeführt, die ergaben, dass 24 der 394 Zähne des Zahnkranzes erheblich beschädigt waren. Der Schaden entstand wahrscheinlich dadurch, dass die Wirklinie nach innen verlief. Obwohl in den letzten 10 Jahren vor dem Ausfall mehrfach die Gegenräder ausgetauscht werden mussten und der betroffene Zahnkranz ohne Schmiermittel betrieben wurde, wurde er in diesen 10 Jahren nicht inspiziert.

Dieser Schadenfall trat auf, weil der Zahnkranz nicht inspiziert oder geprüft wurde, was zum Bruch eines Zahns und dem Austausch des Zahnkranzes führte. Obwohl es bereits häufig Fälle gab, bei denen die Ritzel ohne Schmierung liefen und Verschleißerscheinungen auftraten, wurde das Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsprogramm nicht entsprechend angepasst, um mögliche Kollateralschäden auszumachen. Ohne die Durchführung von Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsmaßnahmen, bei denen potenzielle Verschleißerscheinungen erkannt werden, konnte das Werk keine Schritte einleiten, um das Schadenausmaß zu verringern oder die Bestellung des Ersatzteils zu planen.

3.1.2.2 Fehlende Mängelverwaltung eines Transformators mit internen Störungen führt zum Ausfall des Transformators und Rückgang der Produktionsleistung

Am Standort eines Reifenherstellunternehmens wurden 11.000 Reifen für Passagierfahrzeuge und Landmaschinen hergestellt. Das Unternehmen hatte einen Marktanteil von 100 % in seinem Herkunftsland und erzielte weiteren Umsatz durch Exporte. Die Stromversorgung am Standort erfolgte über den staatlichen Energieversorger über eine spezielle Freileitung von einem Umspannwerk, das 7 km entfernt

liegt. Die Schaltanlage des Standorts verfügte über einen einzigen Öl-Leistungsschalter zum Schutz von zwei 7,5-MVA-Öltransformatoren, die den Strom von 20 kV nach 2,4 kV heruntertransformierten. Der Einsatz von 2,4 kV war einzigartig in dieser Region. Damit wurden Motoren für Banbury-Mischer, Vorstreckwalzen und andere Produktionsanlagen betrieben. Für die Produktion am gesamten Standort waren beide Transformatoren erforderlich.

Als vorbeugende Instandhaltungsmaßnahme wurden regelmäßige Ölproben der Transformatoren geprüft. Die Ergebnisse der Gas-in-Öl-Analyse wiesen auf potenzielle Störungen in beiden Aggregaten hin. Es wurde empfohlen, die Aggregate auszutauschen und einen Plan zur Aufrechterhaltung des Geschäftsbetriebs auszuarbeiten, um den Betrieb nach einem Transformatorausfall schnellstmöglich wieder aufnehmen zu können. Die Werkleitung hatte ein Geschäftsszenario für einen Austausch vorgelegt und erneuerte das Öl jährlich, um die Lebensdauer des Transformators zu verlängern.

Eines Nachts fiel der Strom im Werk aus, dem Vernehmen nach aufgrund eines Stromausfalls im Versorgungsnetz. Mitarbeitende am Standort bestätigten, dass sowohl der 20-kV-Öl-Leistungsschalter als auch die nachgeschalteten 2,4-kV-Leistungsschalter beider Transformatoren geöffnet waren. Das Differentialrelais für die ältere der beiden Einheiten hatte ebenfalls ausgelöst.

Die Transformatoren wurden Isolationswiderstands- und Übersetzungsverhältnismessungen unterzogen. Es wurde festgestellt, dass das ältere Aggregat Anzeichen von beschädigten Wicklungen an der Hochspannungsseite aufwies, wodurch das Auftreten einer internen Störung im Transformator bestätigt wurde. Obwohl die Verschleißerscheinungen im Transformator bekannt waren und die Ergebnisse der Gas-in-Öl-Analyse auf interne Störungen in beiden Transformatoren hinwiesen, wurden die Aggregate am Folgetag mit geöffneten sekundären Leistungsschaltern wieder unter Strom gesetzt. Als der vorgeschaltete Öl-Leistungsschalter geschlossen wurde, ertönte im älteren Transformator ein lauter Knall und der Leistungsschalter wurde wieder geöffnet.

Der Transformator wurde intern über eine Zugangsöffnung inspiziert und die Beschädigung der Hochspannungswicklungen wurden bestätigt. Die transiente Überspannung aufgrund des Stromausfalls des Netzes hatte dazu geführt, dass der bereits beschädigte Transformator vollständig ausfiel.

Die Produktion im Werk wurde am nächsten Tag mit einer um 40 % geringeren Kapazität mit einem Transformator wieder hochgefahren, während das beschädigte Aggregat repariert/ausgetauscht wurde. Andere Standorte erhöhten ihre Kapazitäten um ungefähr 70 %. Die Reparatur des ausgefallenen Transformators dauerte ungefähr 6 Wochen.

3.1.2.3 Fehlende Mängelverwaltung führt zum Einsturz eines Kühlturms

Ein Kohlekraftwerk produzierte mit einem großen Dampfturbinengenerator Strom. Das Kühlwasser für den Prozess wurde von einem hyperboloiden Querstrom-Kühlturm bereitgestellt. Der Kühlturm war 37 Jahre alt und hatte ein aus Rotholz gefertigtes Gerinne.

Das Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsprogramm für den Kühlturm sah vor, seit Inbetriebnahme alle zwei Jahre eine Inspektion durchzuführen. Die letzte Inspektion erfolgte drei Jahre vor dem Ausfall. Drei Jahre vor dem Ausfall wurde das Inspektionsintervall auf drei Jahre erhöht, damit die Inspektion im Rahmen größerer Betriebsstilllegungen durchgeführt werden konnte. Vier Monate vor dem Schadenereignis wurde eine geplante Inspektion durchgeführt.

Die Ergebnisse wiesen auf mehrere kritische Probleme bezüglich der Struktur des Kühlturms hin. Die Struktur war vom Sammelrohr abgetrennt, die Säulen waren verbogen und mehrere Abschnitte der Säulen waren beschädigt. Es wurde eine Empfehlung abgegeben, die Struktur umfassend zu sanieren, bevor der Kühlturm wieder in Betrieb genommen wird.

Es wurde nur ein Teil der Reparaturen durchgeführt, was zu einem teilweisen Einsturz führte, wobei ungefähr 25 % des Kühlturmgerinnes auf den Boden stürzte. Die Schadenursache war eine Wassererosion der aus Rotholz bestehenden tragenden Elemente des Gerinnes. Diese Reduzierung der Querschnitte der tragenden Elemente verursachte einen Verlust der strukturellen Integrität, was zum Teileinsturz mit einer Ausfallzeit von 7,5 Wochen führte.

Der längere zeitliche Abstand zwischen den Inspektionen führte zu einer erhöhten Wassererosion der tragenden Elemente des Gerinnes. Nach Identifizierung des Verschleißes hätte ein Verfahren zur Mängelverwaltung basierend auf den Ergebnissen der Inspektion eingeleitet werden müssen, um zu

analysieren, ob die Querschnitte der tragenden Elemente noch funktionstüchtig sind und im Anschluss die Auswirkungen des Verschleißes auszumachen. Solche Anstrengungen hätten dazu beitragen können, dass bei der Inspektion des Kühlturms vorgefundene Mängel schneller behoben werden und den Schaden so verhindern können.

3.1.2.4 Fehlende Verfügbarkeitsplanung für Anlagen führt zu längerer Betriebsunterbrechung

Ein großes Kraftzellstoffwerk mit einer einzelnen Linie hatte eine Nennproduktionsleistung von 816.500 Tonnen Zellstoff pro Jahr. Der gesamte Strombedarf wurde über die Erzeugung vor Ort gedeckt. Überschüssig erzeugter Strom wurde verkauft und in das öffentliche Netz eingespeist. Der vor Ort erzeugte Strom wurde über einen speziellen Transformator hochtransformiert. Der Transformator war 4 Jahre alt und verfügte über ausgewiesene Schutzfunktionen sowie eine digitale Öl-in-Gas-Analyse. Die durchgeführten Instandhaltungsmaßnahmen ergaben keine abnormalen Ergebnisse. Folgende Maßnahmen erfolgten:

- Leistungsfaktortest alle drei Jahre
- Messung des Isolationswiderstands
- Messung des ohmschen Wicklungswiderstands und des Übersetzungsverhältnisses alle zwei Jahre
- Jährliche Isolierölanalysen
- Regelmäßige Sichtprüfungen und Reinigung

Während des Routinebetriebs schaltete der Generator ab und es wurde festgestellt, dass Öl aus dem Druckentlastungsventil des Aufspanntransformators austrat. Die digitale Gas-in-Öl-Analyse zeigte signifikant abweichende Werte. Der Transformator wurde vom Netz genommen und das Werk kaufte Strom ein, um den Betrieb wieder aufzunehmen. Im Transformator waren ein interner Kurzschluss und mehrere Ausfälle einzelner Wicklungen aufgetreten. Außerdem wurde im Isolieröl ein Schwefelgehalt nachgewiesen, der als Schadenursache eingestuft wurde.

Der Elektrodefekt des Aufspanntransformators des Generators führte dazu, dass Strom eingekauft werden musste. Ohne die Kondensation der Turbine war das Werk außerdem gezwungen, Dampf abzulassen, was wiederum den Bedarf der Wasseraufbereitungsanlage zur Speisung des Kessels erhöhte. Der Schaden wirkte sich auch auf die Produktion aus. Das Werk erreichte die geplanten Produktionsziele nicht. Der Einkauf von Strom machte ungefähr die Hälfte des durch die Betriebsunterbrechung verursachten Schadens aus.

3.2 Anlagen und Prozesse

3.2.1 Auswirkungen der Integrität von Anlagen

Der Umfang des Programms zur Sicherstellung der Anlagenintegrität und des dazugehörigen Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsprogramms ist abhängig von vielen Faktoren innerhalb eines Prozesses. Bei der Ausarbeitung des Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsprogramms sind Auslegung, Betriebsbedingungen und Informationen zu Gefährdungen die wichtigsten Aspekte. Die Ergebnisse des Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsprogramms beeinflussen die Auslegung, Bauweise und den Betrieb (einschließlich des sicheren Betriebsbereichs, der sicheren Betriebsgrenzen sowie Reparaturen und/oder Änderungen) der neuen und bereits vorhandenen Anlagen.

3.3 Betrieb und Instandhaltung

3.3.1 Integrität von Anlagen

Ein Programm zur Sicherstellung der Anlagenintegrität ist ein wichtiger Faktor zur Sicherstellung der Integrität und Zuverlässigkeit mechanischer, Elektro-, Druck- und Produktionsanlagen sowie der dazugehörigen Systeme. Bei der Integrität und Zuverlässigkeit von Anlagen wird der vorgesehene Zweck der Anlage für die erwartete Lebensdauer berücksichtigt. Durch die Sicherstellung der Integrität und Zuverlässigkeit werden die Effizienz erhöht und Anlagenausfälle reduziert.

Anlagenausfälle sind eine der häufigsten Ursachen für Leckagen, die zu Bränden, Explosionen oder anderen Gefährdungen führen können. Durch das Verhindern von Anlagenausfällen und Kontrollieren von Energiequellen wird die Auslegung, Installation, der Betrieb sowie die Instandhaltung und der Schutz einer Anlage festgelegt. Mit Programmen zur Sicherstellung der Anlagenintegrität kann die Originalauslegung der Anlage durch Erkennen von Mängeln, Überwachung und Trendanalysen der voraussichtlichen Schadensmechanismen aufrechterhalten werden. Anhand der Programme können betriebliche Veränderungen, Änderungen der Betriebsbedingungen und -parameter, über die das Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsprogramm definiert wird, flexibel verwaltet werden.

3.3.1.1 Das Programm zur Sicherstellung der Anlagenintegrität

Das Programm zur Sicherstellung der Anlagenintegrität wirkt sich über die gesamte Lebensdauer auf die Anlage aus. Nach der ersten Auslegung und Einführung des Programms zur Sicherstellung der Anlagenintegrität wird ein Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsprogramm eingeführt, dessen Fokus auf der Zuverlässigkeit der Anlage während des Betriebs und Wartungsstillständen liegt. Im Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsprogramm werden prozess- und anlagenabhängige potenzielle Schadensmechanismen und Fehlermodi berücksichtigt, die während des Betriebs auftreten können. Dies ist ein fortlaufender Prozess, der mit zunehmender Nutzungsdauer der Anlage und bei Prozessänderungen im Laufe der Lebensdauer der Anlage angepasst werden sollte.

Erfahrungen, die aus der Betriebshistorie vorhandener Anlagen gewonnen wurden, sollten bei der Auslegung und im Programm zur Sicherstellung der Anlagenintegrität für ähnliche neue Anlagen berücksichtigt werden, die unter ähnlichen Bedingungen betrieben werden.

Das Programm zur Sicherstellung der Anlagenintegrität sollte wichtige Aspekte effektiv verwalten, die bei der Entwicklung und Umsetzung eines effektiven Programms als Prozessschritte zusammenspielen.

Grundlage eines solchen Programms ist das Element **Verantwortlichkeit und Zuständigkeit**. Es stellt den ersten Prozessschritt dar, der die erforderliche Unterstützung und das Engagement auf allen Ebenen des Unternehmens abbildet, um das Programm effektiv umzusetzen. Siehe Abschnitt 2.3.1.1. Zu den weiteren Prozessschritten gehören:

Identifizierung und Bewertung

Prozesskenntnisse, Betriebsparameter, die Identifizierung von Gefährdungen und der Bewertungsprozess tragen zur Identifizierung und zum Verständnis der Gefährdungen, denen Anlagen ausgesetzt sind, und ihrer Auslegung für die vorgesehenen Zwecke bei. Grundlage hierfür sind die Prozessgefahren, die im Laufe der Nutzungsdauer dieser Anlage auftreten können. Dazu gehört der sichere Betriebsbereich auf der Grundlage der Betriebsparameter. Siehe Abschnitt 2.2.

Gefahrenminimierung

Durch eine risikogerechten Auslegung und Inbetriebnahme als Prozessschritt lassen sich inhärente Gefahren durch den Prozess für die Anlage minimieren. Siehe Abschnitt 2.2.2.

Erkennung

Die Effektivität des Programms zur Sicherstellung der Anlagenintegrität wird direkt beeinflusst von den Programmen zur Inspektion, Prüfung und Instandhaltung sowie der Zustands- und Leistungsüberwachung basierend auf den prozess- und anlagenabhängigen Schadensmechanismen und Fehlermodi sowie der Dokumentation und Trendanalyse der Ergebnisse. Dies ist das Kernstück des Programms zur Sicherstellung der Anlagenintegrität. Siehe Abschnitt 2.3.1.2.

Verwaltung

Anhand des Prozessschritts der effektiven Mängelverwaltung, einschließlich Funktionstüchtigkeitsprüfungen und Bewertungen der Restlebensdauer, lässt sich feststellen, ob der Umfang und die Umsetzung des Programms zur Sicherstellung der Anlagenintegrität ein effektives Management in Bezug auf Schadensmechanismen, Integrität und Zuverlässigkeit der Anlagen bietet. Siehe Abschnitt 2.3.1.4.

Optimierung

Durch den Prozessschritt der Ursachenanalyse sowie der daraus resultierenden Korrekturmaßnahmen nach einem Anlagenausfall wird das Programm fortlaufend optimiert und weiterentwickelt. Siehe Abschnitt 2.3.1.5.

Die Prozessschritte zum Programm zur Sicherstellung der Anlagenintegrität sind ausführlich in Abbildung 3.3.1.1-1 dargestellt.

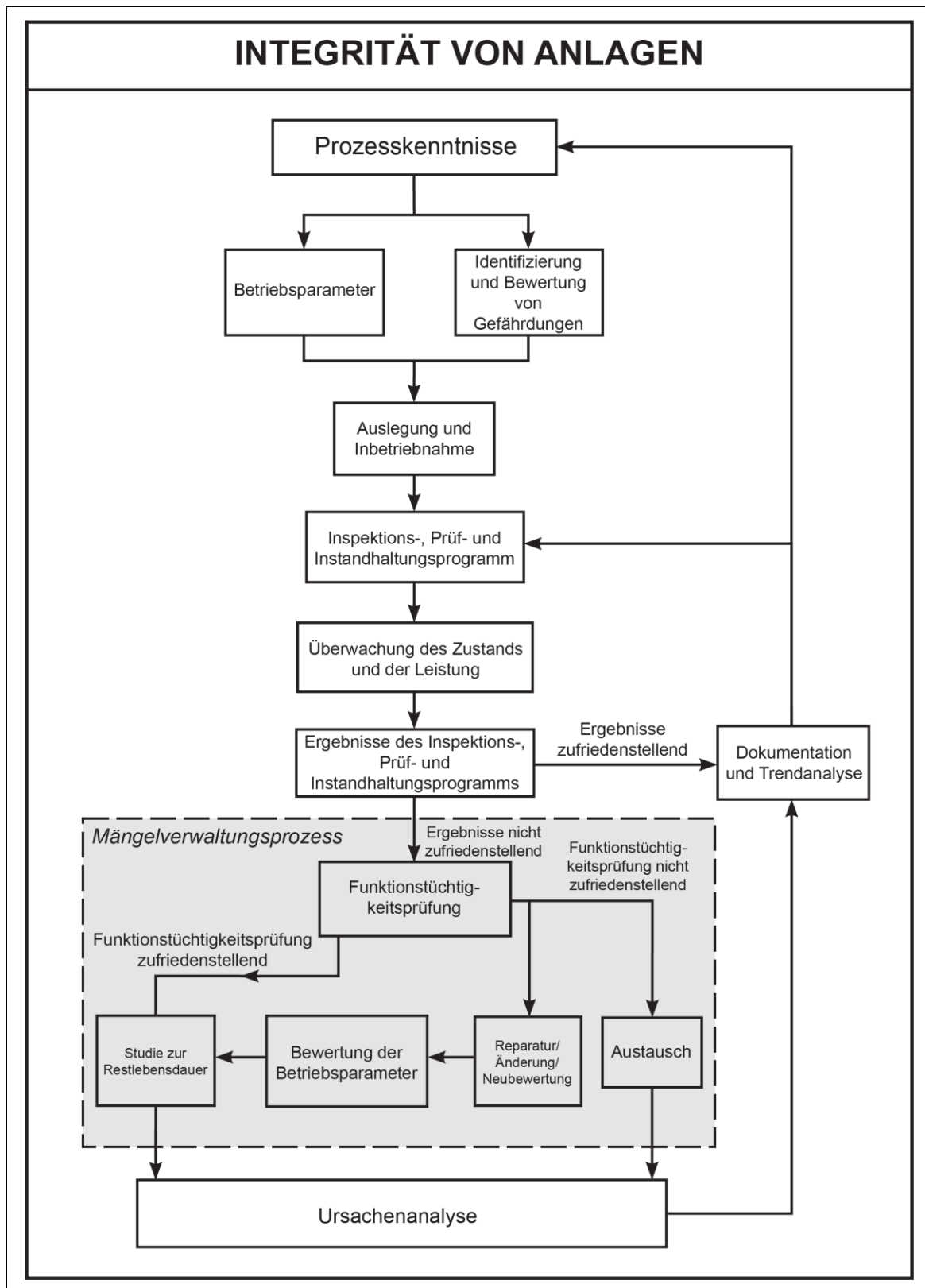


Abbildung 3.3.1.1-1: Prozess-Flussdiagramm zur Integrität von Anlagen

3.3.1.2 Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsprogramm

Das Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsprogramm ist das Kernstück des Programms zur Sicherstellung der Anlagenintegrität. Zweck des Programms ist die Identifizierung und Einleitung von erforderlichen Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsaktivitäten zur Aufrechterhaltung der Zuverlässigkeit von Anlagen. Umfang, Techniken, Intervalle und Ausführungsorte der Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsaktivitäten sind abhängig von der Auslegung der Anlage, der nutzungsbedingten Alterung, den erwarteten Schadensmechanismen und Fehlermodi sowie der angestrebten Betriebsbereitschaft.

Hinweis: In der Regel werden bei der Festlegung der Intervalle zur Durchführung von Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsaktivitäten die gewünschte Verfügbarkeit (Risikotoleranz) und die Kosten für die Inspektion, Prüfung und Instandhaltung gegeneinander abgewogen, um das Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsprogramm möglichst kosteneffizient einführen zu können.

Für jede Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsaktivität gibt es in der Regel eine ausführliche Beschreibung, die unter anderem Folgendes umfasst:

- A. Angaben, wie, wo, wann und warum die Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsaktivität ausgeführt werden sollte. Das können einfache Anweisungen für einen Arbeitsauftrag oder auch umfassende Vorgehensweisen für bestimmte Aktivitäten sein, abhängig von der Komplexität der Aktivität.
- B. Erforderliche Dokumentation nach Abschluss der Aktivität. Der Detailgrad bei der Dokumentation sollte der Stufe der Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsaktivität sowie den vorgegebenen Angaben entsprechen. Siehe Abschnitt 2.3.6 für Richtlinien zur Dokumentation.
- C. Die Akzeptanzkriterien, mit denen die Ergebnisse der Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsaktivitäten zu vergleichen sind.

3.3.1.2.1 Stammliste der Anlagen

Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsaktivitäten und -strategien sollten erst zugewiesen werden, nachdem ein Verfahren zum Identifizieren, ausführlichen Auflisten und Erfassen von Systemen, Anlagen und Komponenten eingeführt wurde, mit dem sichergestellt wird, dass alle Anlagen, auf die das Programm zur Sicherstellung der Anlagenintegrität angewendet werden soll, berücksichtigt werden. Eine Möglichkeit dazu ist die Ausarbeitung einer Stammliste der Anlagen und Geräte.

Diese Liste sollte alle Anlagen enthalten, auf die das Programm zur Sicherstellung der Anlagenintegrität angewendet werden soll. In der Regel enthält die Liste auch ein dazugehöriges Produktions-/Prozess-Flussdiagramm und ein Rohrleitungs- und Instrumentierungsdiagramm einschließlich Einliniendiagramme der Versorgungs- und Hilfsanlagen. Auch Brandschutzanlagen sollten in der Liste aufgeführt sein. Im Rahmen der Erstellung der Stammliste der Anlagen sollten die Zeichnungen, Diagramme und Rohrleitungs- und Instrumentierungsdiagramme vor Ort überprüft werden. So ist sichergestellt, dass die Informationen korrekt und konsistent sind und dass die entsprechenden Kontroll- und Schutzvorrichtungen (z. B. Armaturen, Geräte, Abflussdeckel usw.) vorhanden sind. Die Stammliste für Anlagen und Geräte sollte so detailliert sein, dass Anlagenteile in ihre Hauptkomponenten und Unterbaugruppen gruppiert werden können. Auch redundante, Ersatz- und/oder gemietete Anlagen sollten einbezogen werden.

Eine Stammliste der Anlagen und Geräte enthält unter anderem folgende Informationen:

- Auslegungsspezifikationen
- Daten des Typenschilds (Herstellunternehmen, Modell, Seriennummer, Datum der Installation, Material, Ausmaße, Lieferant/Wartungsfirma vor Ort usw.)
- Name und Nummer der Anlage im Werk
- Standort (Gebäudenummer, Etage usw.)
- Name(n) zuständiger Personen, die sich mit der Anlage auskennen oder für sie verantwortlich sind
- Ort, an dem sich technische Handbücher, Informationen des Herstellunternehmens sowie weitere Dokumente und Zeichnungen befinden
- Aufzeichnungen zu Anlagenausfällen und Verfügbarkeit von Ersatzteilen für Routineinstandhaltungen sowie eine Liste der Namen und Ansprechpersonen von Teile- und Anlagelieferanten, verfügbaren Techniker*innen und (falls zutreffend) Möglichkeiten zur Anmietung von Anlagen

3.3.1.2.2 Für ein Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsprogramm kann eine anerkannte Strategie oder eine Kombination aus Strategien verwendet werden, um die Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsaktivitäten entsprechend einzuführen. Die angewendeten Strategien sind abhängig von der Anlage, der Kritikalität des Prozesses, der identifizierten Gefährdungen, den Schadensmechanismen, Fehlermodi und der Betriebshistorie. Außerdem sollte berücksichtigt werden, dass Modifikationen am Betrieb oder Zustand einer Anlage zu Änderungen der dazugehörigen Schadensmechanismen und Fehlermodi führen können. Deshalb können für eine Anlage verschiedene Instandhaltungsmaßnahmen und Strategien zur Risikominderung für die jeweiligen Phasen der Lebensdauer gelten. Für Standorte ist es wichtig, die aktuelle Instandhaltungsstrategie für jede Anlage bei Bedarf an den jeweiligen Zustand der Anlage anzupassen.

Im Folgenden werden die drei wesentlichen Strategien erläutert.

A. Reaktiv

Der reaktive Ansatz (auch Strategie bei einem Ausfall, bei erforderlichen Korrekturmaßnahmen und Betrieb bis zum Eintreten eines Fehlers genannt) besteht darin, Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsaktivitäten oder eine Reparatur bzw. einen Austausch nach dem Ausfall einer Komponente durchzuführen. Dies ist die älteste und grundlegendste Form von Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsmaßnahmen. Die durchzuführende Aktion ist auf das spezifische Ausfallereignis beschränkt, nach dem die Anlage wieder in einen akzeptablen Betriebszustand versetzt wird. In der Regel wird der reaktive Ansatz für solche Anlagen genutzt, die keine direkten Auswirkungen auf die Integrität und Zuverlässigkeit des Gesamtprozesses haben. Er sollte nicht für Schutzanlagen jeder Art verwendet werden. Zu den Komponenten, für die ein reaktiver Ansatz verwendet werden kann, gehören: Komponenten, für die Redundanzen im Prozess vorliegen, Anlagen, bei denen Ersatzteile einfach während des Betriebs ausgetauscht werden können, oder Teile, deren Ausfall nur geringe Auswirkungen haben (d. h., sie sind für den Prozess nicht unbedingt erforderlich oder bergen keine erhebliche Gefahr für Kollateralschäden). Diese Arten von Aktivitäten können in Arbeitsprotokollen als „ungeplante“ oder „Notfall“-Aktivitäten aufgeführt werden. Bei dieser Strategie sollten die Aktivitäten zeitnah von verfügbaren Mitarbeitenden durchgeführt werden können. Der Zeitrahmen, in dem eine solche Situation behoben wird, ist in der Regel abhängig von der Funktion der Komponente oder des Anlagenteils innerhalb des Prozesses.

Vor- und Nachteile des reaktiven Ansatzes:

- Eine reaktive Strategie kann in der Einführung (im Hinblick auf Vorlaufkosten, unter Umständen aber nicht langfristig) aufgrund des geringen erforderlichen Analyse- und Planungsaufwands kostengünstiger sein als andere, anspruchsvollere Strategien.
- Zunächst geringe Ausfallzeiten für Anlagen, da diese nicht für Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsaktivitäten außer Betrieb genommen werden.
- In der Regel treten unvorhergesehene Ausfälle auf, die unter Umständen zu geringerer Verfügbarkeit und höheren Kosten aufgrund von Kollateralschäden führen können.
- Kürzere Lebensdauer der Anlagen.
- Der nach dem Ausfall vorgefundene Schaden ist unter Umständen größer als es bei einer regelmäßig überwachten und instand gehaltenen Anlage der Fall wäre.

B. Vorbeugend

Der vorbeugende Ansatz (auch zeitbasierter Ansatz genannt) besteht in der Durchführung von Instandhaltungsaktivitäten in bestimmten Intervallen (z. B. Anzahl der Monate, Betriebsstunden, Kilometer, Starts, Stopps usw.), damit es nicht zu einem unerwarteten Ausfall kommt. Bei diesem Konzept sollen Ausfälle vermieden werden, indem Komponenten saniert oder ausgetauscht werden, bevor ein Ausfall auftritt. Dazu werden Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsaktivitäten in vorher festgelegten Intervallen eingeplant, unabhängig vom aktuellen Zustand der Komponenten. Wichtig sind hierbei Kenntnisse zum Verschleiß sowie zur Nutzungsdauer der Komponente. Mit einer vorbeugenden Strategie sollen katastrophale Ausfälle und ungeplante Aktivitäten verhindert werden. Im Vergleich zur reaktiven Instandhaltung wird die Ausfallzeit von Anlagen in der Regel reduziert. Diese Methode empfiehlt sich, wenn die bestimmten Ursachen für den Verschleiß einer Anlage und das Betriebsregime der Komponente bekannt, konsistent und vorhersehbar sind.

Bei der Festlegung der Instandhaltungsintervalle werden die aus statistischen Informationen ermittelte Nutzungsdauer und Ausfallwahrscheinlichkeit zugrunde gelegt. Diese Daten werden in der Regel aus Informationen von Herstellern und Branchengruppen abgeleitet. Deshalb treffen die Daten unter Umständen für eine bestimmte Betriebsart an einem bestimmten Anlagenstandort nicht hinreichend genug zu; daher können während des Betriebs unerwartete Ausfälle auftreten und ungeplante Aktivitäten sowie Ausfallzeiten nach sich ziehen.

Zudem kann es sein, dass durch den Austausch von Teilen zu vorher festgelegten Zeiten Komponenten bereits lange vor dem Ende ihres Lebenszyklus ersetzt werden. Das kann zur „Verschwendung“ der Nutzungsdauer der ausgetauschten Komponente oder einer übermäßigen Instandhaltung führen, die sich negativ auswirken kann (z. B. das zu häufige Einfetten eines Lagers).

Vor- und Nachteile des vorbeugenden Ansatzes:

- Anlagen sollten über ihre gesamte Nutzungsdauer einer geplanten Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsroutine unterliegen.
- Vorbeugende Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsmaßnahmen können erforderliche Daten zum Verschleiß von Anlagen liefern, die nicht überwacht werden.
- Vorbeugende Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsmaßnahmen sind aufgrund der regelmäßig geplanten Aktivitäten (unabhängig vom Zustand) kostenintensiv.
- Für die Planung, Durchführung und Erfassung von vorbeugenden Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsaktivitäten sind Ressourcen erforderlich.
- Der Betrieb ordnungsgemäß laufender Anlagen wird für routinemäßige Demontagen unterbrochen, was im Extremfall zu möglichen Störungen führen kann (z. B. wenn eine ordnungsgemäß laufende Maschine für Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsaktivitäten demontiert und dann wieder montiert wird und durch einen Fehler des Technikpersonals bei Ausführung der Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsaktivität ein Schaden entsteht).
- Im Vergleich zum reaktiven Ansatz führt diese Methode zu einer längeren Lebensdauer und erhöhten Zuverlässigkeit.

C. Vorausschauend und zustandsbasiert

Beim vorausschauenden und/oder zustandsbasierten Ansatz werden Techniken eingesetzt, um den Zustand einer Anlage zu überwachen. Bei den meisten Anlagen lassen sich Verschleißerscheinungen in Form von übermäßiger Hitze, abnormalen Geräuschen, Bewegungen oder abgenutzten Komponenten ausmachen, was zu einem Leistungsabfall führt. Die Überwachung einer Anlage im Hinblick auf diese Aspekte oder einen Effizienzabfall kann deshalb zu einem frühen Zeitpunkt Hinweise darauf geben, dass Probleme mit der Anlage vorliegen. Welche Variablen überwacht werden sollten, ist abhängig von der jeweiligen Anlage und dem Prozess, an dem die Anlage beteiligt ist. Anhand der über die Überwachungstechniken gesammelten Informationen werden dann Verschleißerscheinungen identifiziert und entsprechende Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsaktivitäten ausgelöst. Mit dem vorausschauenden Ansatz lassen sich anhand der Überwachungsdaten mögliche künftige Ausfälle besser vorhersagen. Bei beiden Methoden sollten Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsaktivitäten nur bei Bedarf durchgeführt werden, d. h. vor einem Ausfall oder irreparablen Schaden.

Bei diesen Strategien müssen zunächst Messdaten gesammelt werden, um herauszufinden, wann ein Zustand als abnormal eingestuft wird. Bei der anschließenden Analyse der Messwerte wird festgelegt, ob der Zustand bedenklich ist. Ist das der Fall, werden der Verschleiß und Schweregrad des Zustands ermittelt. So müssen Eingriffe nur dann geplant und durchgeführt werden, wenn eine Verschlechterung des Anlagenzustands erkannt wurde und die Restlebensdauer der Anlage gefährdet ist.

Es gibt verschiedene Strategien, wie Techniken zur Zustandsüberwachung eingeführt werden können. Für jede Komponente und jedes Anlagenteil können eine oder mehrere Strategien und Techniken für die Zustandsüberwachung zum Einsatz kommen. Die Techniken zur Zustandsüberwachung sollten in jedem Fall die verschiedenen Schadensmechanismen erkennen, welche für die Betriebsparameter des Anlagenprozesses typisch sind. Im Folgenden sind einige unterschiedliche Strategien aufgeführt:

- **Kontinuierliche Strategie:** Kontinuierliche Strategien sind in der Regel automatisiert und senden fortlaufend Überwachungsdaten an einen zentralen Standort (z. B. die Schaltwarte). Die Installationskosten für diese Systeme sind normalerweise hoch, weshalb sie für Anlagen eingesetzt werden, bei denen Unregelmäßigkeiten innerhalb von Sekunden gemeldet werden müssen.
- **Periodische Strategie:** Periodische Strategien werden in bestimmten Intervallen (basierend auf Zeit- oder Prozessintervallen) durchgeführt. Die Installationskosten können geringer sein, wenn die Daten nicht an eine zentrale Überwachungsstation weitergeleitet werden. Wenn die Überwachung nicht über einen zentralen Standort erfolgt, ist eine periodische Strategie in der Regel arbeitsintensiver, da die Daten vor Ort erfasst werden müssen. Diese Strategien werden normalerweise eingesetzt, wenn Zustände den Beginn eines ernsteren Problems aufweisen, das zu Ausfällen führen kann, wenn es ignoriert wird.
- **Transiente Strategie:** Bei transienten Strategien werden Zustände nur beim Start, Herunterfahren, in Alarmfällen oder anderen transienten Betriebsarten überwacht. Diese Strategie kann auch bei der Inbetriebnahme oder vor und nach Überholungen eingesetzt werden, um zu bestätigen, dass ausgetauschte Teile/Komponenten oder Änderungen bei Arbeitslast zufriedenstellend funktionieren.

Zu den Überwachungstechniken gehören unter anderem Folgende:

1. **Leistungsüberwachung:** Bei der Leistungsüberwachung werden verschiedene Formen der Zustandsüberwachung eingesetzt und diese in Leistungsmerkmale der Systeme und Anlagen umgewandelt. Diese Überwachung kann für alle Komponenten mit installierten Instrumentierungen eingesetzt werden, die für die Bewertung des Zustands oder der Effizienz nützlich sind.
2. **Temperaturüberwachung:** Zur Temperaturüberwachung gehören Thermografien und andere Techniken.
 - a. **Thermografische Überwachung:** Mit der thermografischen Überwachung können elektrische oder mechanische Defekte wie übermäßige Reibung, Überhitzung, lockere Verbindungen, Schwachstellen der Isolierung und Beeinträchtigungen bei der Kühlung erkannt werden. Diese Art der Überwachung wird in der Regel für Lager, Motoren, Sicherungen, Relais, Dampfleitungen, Antriebsräder, Riemen, Kupplungen, Generatoren, Transformatoren, Sicherungsanschlüsse, Schaltanlagen, Anlasser, Schaltschütze und spannungsführende Anlagen verwendet.
 - b. **Überwachung von Temperaturpunkten:** Mit der Überwachung von Temperaturpunkten werden in der Regel Temperaturprofile bei verschiedenen Betriebsmodi und transienten Zuständen erstellt. Bei dieser Überwachung werden bestimmte Anlagenstandorte erfasst, die während des Betriebs nicht für eine Thermografie zur Verfügung stehen.
3. **Vibrationsüberwachung:** Mit der Vibrationsüberwachung können sehr effektiv Mängel an drehenden Maschinen wie Pumpen, Motoren, Gebläsen und Turbinen aufgedeckt werden. So lassen sich defekte Lager, Unwuchten und Fehlausrichtungen identifizieren.
4. **Schmiermittelanalyse:** Über die Schmiermittelanalyse lassen sich Komponentenabnutzung, Lagerabnutzung, Verlust von Zusatzmitteln/Kraftstoffverdünnung, Kontaminationen, Eindringen von Schmutz und der Verschleiß interner Dichtungen feststellen. Die Analyse wird für Getriebe, Motoren, Kompressoren und Pumpen eingesetzt. Für den Maschinenbetrieb ist die Schmierung kritisch. Deshalb muss eine präzise Diagnose der Schmiermittelanalyse und den physikalischen Eigenschaften erfolgen.
5. **Partikelanalyse:** Abgenutzte Maschinenkomponenten, ob in Kolbenmaschinen, Getrieben oder Hydraulikanlagen, setzen Ablagerungen frei. Die Sammlung und Analyse dieser Ablagerungen liefern Informationen darüber, welche Komponenten Verschleißerscheinungen zeigen sowie zum Verschleißgrad dieser Komponenten. Die Analyse wird für Getriebe, Motoren, Kompressoren und Pumpen eingesetzt.
6. **Schallemissionsprüfung:** Mit der Schallemissionsprüfung lassen sich Risse oder Leckagen in Strukturen, Leitungen und Druckbehältern erkennen, lokalisieren und fortlaufend überwachen. Bei der Schallemissionsprüfung handelt es sich um ein Analysewerkzeug und nicht um Präzisionstechnologie. Sie wird für drehende Maschinen und unter Druck stehende Komponenten verwendet.
7. **Ultraschallüberwachung:** Mit der Ultraschallüberwachung lassen sich Unter- und Überschmierungen von Lagern, Verluste der Wandstärke sowie Defekte unter der Oberfläche identifizieren. Ultraschalltechniken werden für drehende Maschinen und unter Druck stehende Komponenten verwendet.

8. Onlineüberwachung elektrischer Anlagen: Mit der Gas-in-Öl-Analyse oder Teilentladungstests wird der Zustand großer Motoren und Generatoren bewertet. So werden Lücken identifiziert, die sich im festen Isoliermaterial bilden (Abblättern).

Vor- und Nachteile des vorausschauenden oder zustandsbasierten Ansatzes:

- Anlagen werden nur bei Bedarf gewartet.
- Aktivitäten werden rechtzeitig durchgeführt, um größere Schäden zu vermeiden.
- Mängel an der Auslegung werden identifiziert und ermöglichen dauerhafte Reparaturen.
- Die Betriebsdauer wird erhöht.
- Es sind Überwachungs- und Analyseanlagen sowie Schulungen erforderlich.
- Bei inkorrekten Datenanalysen können fehlgeleitete oder fehlende Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsaktivitäten zu unzufriedenstellenden Ergebnissen führen. 3.3.1.2.3 Es können verschiedene Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsstrategien angewendet werden.

3.3.1.2.3 Es können verschiedene Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsstrategien auf unterschiedliche Anlagenteile angewendet werden. Um konsistent festzulegen, welche Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsstrategien auf die jeweiligen Anlagenteile angewendet werden, wird in der Regel ein Prozess zur Anlagenpriorisierung und Auswahl der Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsstrategie eingeführt. Dieser Prozess ist von Standort zu Standort unterschiedlich. Ein sorgfältig ausgearbeiteter Prozess zur Ermittlung der Anlagenkritikalität, der konsistent werks- und betriebsübergreifend angewendet wird, sorgt für Konsistenz beim Vergleichen von Systemen oder Anlagen. Die folgenden Abschnitte enthalten einige Beispiele für typische Prozesse.

A. Dokumentierte Industriestandards

Unter Umständen gibt es genormte Informationen für Prozesse, die bereits über einen längeren Zeitraum verwendet werden. Normalerweise werden diese Informationen von anerkannten Industrieunternehmen für den Einsatz in der Praxis zusammengestellt und gepflegt.

B. Systeme und Anlagen in Kategorien gruppieren

In Abhängigkeit von der jeweiligen Branche werden System- und Gruppenkategorien aufgestellt, um den Kritikalitätsgrad der einzelnen Anlagen festzulegen. Diese Gruppenkategorien können allgemein oder komplex sein.

C. Zuverlässigkeitsorientierte Instandhaltung

Die zuverlässigkeitsorientierte Instandhaltung ist ein systematisches Verfahren, bei dem die Funktionen des Systems analysiert werden. Zunächst wird ein kritisches Anlagenteil ausgewählt. Im Anschluss wird das dazugehörige System definiert und analysiert. Die Analyse zeigt auf, wie ein Systemausfall sich innerhalb des Standorts auswirken würde. Die Ursachen für die verschiedenen Ausfallmöglichkeiten werden ermittelt und für jede wird eine Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsstrategie angewendet. Das Hauptziel ist es, die Betriebskontinuität kosteneffektiv aufrechtzuerhalten. Die zuverlässigkeitsorientierte Instandhaltung wird in der Regel auf drehende Maschinen angewendet.

D. Risikobasierte Inspektion und risikobasierte Instandhaltung

Anhand der risikobasierten Inspektion und der risikobasierten Instandhaltung wird ermittelt, wie, wann und wo Anlagen an einem Standort inspiziert und gewartet werden müssen. Anhand der Methoden der risikobasierten Inspektion und risikobasierten Instandhaltung werden Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsmaßnahmen priorisiert und so eingesetzt, dass Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsmaßnahmen sowie das Budget effektiv zuerst für die Verfahren, Systeme oder Anlagen durchgeführt werden, die das höchste Risiko darstellen.

Die risikobasierte Inspektion und risikobasierte Instandhaltung sind umfassende Programme, deren Einführung und Unterstützung von der Unternehmensleitung ein langfristiges Engagement erfordern. Mit diesen Programmen wird das Risiko durch das Ausarbeiten von Ausfallszenarien für Prozesse, Systeme oder Anlagen am Standort ermittelt. Die Wahrscheinlichkeit des Auftretens und Konsequenzen dieser Ausfälle werden dann in eine Risikomatrix übertragen, in der die Risikoeinstufung visuell dargestellt wird. Anhand dieser Matrix wird festgelegt, für welche Anlagen ein Risiko oberhalb der akzeptablen Risikostufe vorliegt und für die deshalb bestimmte Techniken zur Risikominderung eingesetzt werden müssen, um die Risikostufe zu verringern.

3.3.1.2.4. Sicherer Betriebsbereich und sichere Betriebsgrenzen

Der sichere Betriebsbereich ist die zulässige Spannbreite für die Betriebsparameter eines Anlagenteils, wie durch die Identifizierung und Bewertung von Gefährdungen festgelegt, z. B. obere und untere Temperaturgrenzen, minimale und maximale Anstiegsraten usw. Die oberen und unteren Grenzwerte, die den sicheren Betriebsbereich definieren, werden auch sichere Betriebsgrenzen genannt.

Wenn eine Anlage innerhalb dieser Grenzwerte betrieben wird, erfüllt sie Prozess- und Auslegungparameter und die Wahrscheinlichkeit eines Ausfalls ist geringer. Bei einem Betrieb außerhalb der sicheren Betriebsgrenzen (und somit auch außerhalb des sicheren Betriebsbereichs) treten Verschleißerscheinungen schneller und Ausfälle vorzeitig auf. Der sichere Betriebsbereich und die sicheren Betriebsgrenzen sind abhängig vom Zustand der Anlage und können sich im Lauf der Zeit ändern. Das Bedienpersonal muss deshalb über umfassende Kenntnisse zu sicheren Betriebsbereichen und sicheren Betriebsgrenzen verfügen, wie in den Betriebsverfahren und entsprechenden Schulungen aufgeführt. In Abb. 3.3.1.2.4 wird der sichere Betriebsbereich mitsamt den sicheren Betriebsgrenzen zur Veranschaulichung dargestellt.

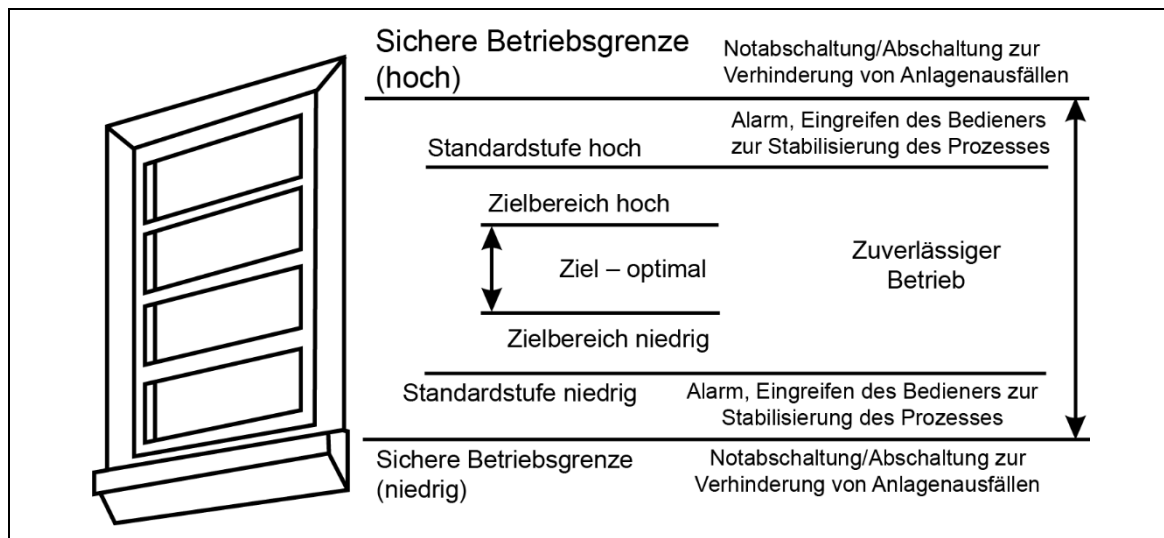


Abb. 3.3.1.2.4. Sicherer Betriebsbereich

3.3.1.2.5 Nutzungsbedingte Alterung von Anlagen

Die nutzungsbedingte Alterung von Anlagen bezieht sich nicht nur auf das rein chronologische Alter. Mit der nutzungsbedingten Alterung von Anlagen ist der Verschleiß der Anlage über die Nutzungsdauer hinweg gemeint. Dies wird beeinflusst von den kumulativen Auswirkungen physikalischer, betrieblicher und Umgebungsbedingungen, der Betriebshistorie, den Ergebnissen/Trendanalysen des Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsprogramms sowie dem chronologischen Alter im Verhältnis zur Nutzungsdauer. Anlagen und Komponenten sind für prozess-/umgebungsbezogene Beeinträchtigungen/Schadensmechanismen ausgelegt, wobei ein auf vorherrschenden Standards basierender Sicherheitsspielraum/-faktor gilt. So kann die Anlage entsprechend den voraussichtlichen Betriebsbedingungen (die auf den Prozessrisiken wie Temperatur, Druck, Korrosionsanfälligkeit, Zyklen usw. basieren) zuverlässig betrieben werden. Dieser zu erwartende Verschleiß im Laufe der Nutzungsdauer einer Anlage wird vom Originalherstellunternehmen bei der Angabe der vorgesehenen Lebensdauer berücksichtigt. Allerdings verschlechtern sich die physikalischen, metallurgischen und chemischen Materialeigenschaften von Anlagen durch betriebs- oder umgebungsbedingte Einwirkungen. Aufgrund dieser Faktoren nimmt die Anlagenintegrität im Verlauf der nutzungsbedingten Alterung immer weiter ab.

Die nutzungsbedingte Alterung von Anlagen ist prozess- und anlagenabhängig. Bei Anlagen können Verschleißerscheinungen auftreten, was mit der zunehmenden Nutzungsdauer zusammenhängen kann, aber nicht muss. Das führt zu einer erhöhten Wahrscheinlichkeit von Betriebsausfällen. Abhängig ist dies vom Ausmaß des Verschleißes und der Schäden. Es kann sich dabei um eine normale nutzungsbedingte Alterung handeln, die bei der vorgesehenen Lebensdauer berücksichtigt wird, oder um eine beschleunigte nutzungsbedingte Alterung, je nachdem, wie sich beitragende Faktoren auf die Anlage auswirken. Die Wahrscheinlichkeit einer beschleunigten nutzungsbedingten Alterung und vorzeitiger/unerwarteter Ausfälle kann steigen, wenn diese Faktoren unsachgemäß verwaltet werden, die Anlage latente Konstruktions- oder Fabrikationsfehler aufweist und/oder nicht für den Prozess ausgelegt ist. Unerwartete Ausfälle können selbst dann auftreten, wenn die Anlage im Rahmen ihres sicheren Betriebsbereichs betrieben wird. Grund hierfür können Lastzyklen/Ermüdungserscheinungen sein. Betriebs- und Umgebungsbedingungen können zu potenziellen Änderungen der Schadensmechanismen führen, die sich auf die nutzungsbedingte Alterung von Anlagen und die Restlebensdauer auswirken. Änderungen an den Betriebsparametern außerhalb der vorgesehenen Auslegungsgrenzwerte/des sicheren Betriebsbereichs des Herstellers können ebenfalls zu Änderungen der Schadensmechanismen und der Nutzungsdauer führen, was den Grad an Verschleiß und das Potenzial eines Betriebsausfalls erhöht.

Die Art und Weise der Verwaltung dieser beitragenden Faktoren bestimmt, ob eine Reparatur (wenn möglich), Änderung oder Sanierung zur Wiederherstellung der Integrität durchgeführt werden kann, oder ob der Austausch von Komponenten oder gar der gesamten Anlage erforderlich ist. Ein ordnungsgemäßer Betrieb und ein effektives Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsprogramm können dafür sorgen, dass die Anlage die vorgesehene Lebensdauer erreicht und möglicherweise sogar überschreitet. Analog dazu führen ein unsachgemäßer Betrieb und/oder nicht risikogerechte Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsmaßnahmen unter Umständen zu einer verkürzten Nutzungsdauer. Um jederzeit über den aktuellen Status der Lebensdauer einer Anlage informiert zu sein, sollten die Ergebnisse von Studien zur Restlebensdauer berücksichtigt werden.

3.3.1.2.6 Nutzungsbedingte Alterung und Integrität von Anlagen

Kenntnisse über die Prozessrisiken bilden die Grundlage für den Umfang und die Einführung eines Programms zur Sicherstellung der Anlagenintegrität, um die Schadensmechanismen und Auswirkungen der beitragenden Faktoren auf die nutzungsbedingte Alterung von Anlagen und die Restlebensdauer effektiv überwachen zu können. Im Rahmen des Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsprogramms müssen Schadensmechanismen detailliert analysiert, bewertet sowie Trends ermittelt und bei Bedarf korrigiert werden, um die Integrität von Anlagen über die gesamte Nutzungsdauer aufrechtzuerhalten.

Wenn das Programm zur Sicherstellung der Anlagenintegrität Verschleißerscheinungen außerhalb der akzeptablen Grenzwerte aufzeigt, können zusätzliche Analysen durch Funktionstüchtigkeitsprüfungen erforderlich sein. Das kann zu Anpassungen des Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsprogramms führen. Betriebsverfahren und/oder -parameter müssen unter Umständen überarbeitet werden, um sicherzustellen, dass die Anlage auch bei einer Anpassung der sicheren Betriebsbereiche konform bleibt. So lässt sich verhindern, dass die Anlage Betriebsbedingungen ausgesetzt ist, die zu einem beschleunigten Verschleiß führen. Eine Reduzierung des Ausstoßes oder der Effizienz basierend auf der Überwachung des Zustands und der Leistung, häufiger auftretende Ausfälle und/oder wiederholt erforderliche Reparaturen können auf einen erhöhten Verschleiß hinweisen, der sich negativ auf die Nutzungsdauer der Anlage auswirkt. Unter Umständen sind Reparaturen, Änderungen oder Sanierungen erforderlich, um die Integrität von Anlagen wiederherzustellen. Der Austausch von wichtigen verschlissenen Komponenten kann die Nutzungsdauer von Anlagen verlängern. Basierend auf den Ergebnissen der Studie zur Restlebensdauer kann ein Austausch der Anlage erforderlich sein. Die Studie zur Restlebensdauer liefert die erforderlichen Informationen, um alternde Anlagen rechtzeitig vor einem Betriebsausfall auszutauschen.

Für ein effektives Management der nutzungsbedingten Alterung von Anlagen ist ein zustandsbasierter Ansatz erforderlich, um die Auswirkungen der beitragenden Faktoren zu bestimmen und anhand dieser die Restlebensdauer der Anlage zu bewerten. Dazu gehört die Ergebnisanalyse von Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsmaßnahmen sowie der Überwachung des Zustands und der Leistung, um Trends auszumachen. Unter Umständen müssen Anpassungen am Umfang und der Häufigkeit des Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsprogramms erfolgen, um die Schadensmechanismen besser überwachen zu können, bis die Anlage repariert, geändert, saniert oder ausgetauscht wird.

3.3.1.2.7 Beitragende Faktoren zur nutzungsbedingten Alterung von Anlagen

Zu den beitragenden Faktoren zur nutzungsbedingten Alterung von Anlagen, die als Risikoindikatoren gelten, gehören unter anderem:

Physikalische Vorgänge

- Verschlechterung der mechanischen Eigenschaften
- Korrosion/Erosion: Einschließlich Korrosion unter Isolierungen und Brandschutz
- Verschleiß
- Thermische Zersetzung
- Ermüdungserscheinungen
- Zyklische Belastungen
- Versprödung
- Bruchfestigkeit
- Spannungskorrosion
- Oxidation
- Schleichende Materialveränderung
- Wasserstoffschäden/-angriffe
- Verformung

Betriebs- und Umgebungsbedingungen

- Betriebsart/-bedingungen, Parameter, Betriebsstunden/Änderungen an Arbeitszyklen
- Änderungen an Prozessen oder Produktionsrate
- Änderungen der Hilfs- und Betriebsstoffe
- Anpassungen des sicheren Betriebsbereichs
- Betriebliche Faktoren – nicht risikogerechte Standard- und/oder Notfall-Betriebsanweisungen
- Überhitzung
- Überdruck
- Ausfall der Kühlung
- Schwingungen
- Leckagen
- Fehlausrichtung
- Temperaturschock
- Chemischer Angriff
- Mechanische Einwirkung
- Fehlende Schmiermittel
- Ablagerungen
- Verlust der Passivierungsschicht
- Umgebungsbedingungen (z. B. Sauberkeit, Kühltemperatur, Trockenheit, salzhaltige Luft, Wüstensand, hohe oder niedrigere Umgebungstemperatur, Gefahrstoffe mit Auswirkungen auf Prozesse usw.)
- Dauerhaft vorherrschende Umgebungs-/inhärente Prozessbedingungen

Betriebshistorie

- Prozessabweichungen: Unregelmäßiger Betrieb innerhalb der Auslegungsgrenzwerte
- Negative Trends im Rahmen der Überwachung des Zustands und der Leistung
- Negative Auswirkungen aufgrund von Störungen/Abschaltungen/plötzlichen Abstürzen und/oder technischen Defekten
- Betriebshistorie außerhalb der Auslegungsgrenzwerte
- Betriebshistorie im Hinblick auf Anlagenauslegung/Typ/Modell/Flotte einschließlich der Auswirkung von Komponentenerneuerungen/-austausch auf die Nutzungsdauer
- Steigende Anzahl an Ausfällen und/oder wiederholt erforderliche Reparaturen/Sanierungen/Austausche von wichtigen Komponenten
- Negative Betriebshistorie im Hinblick auf die vorgesehene Lebensdauer

Inspektion, Prüfung und Instandhaltung

- Ergebnisse/Trendanalysen der Schadensmechanismusbewertung gemäß dem Programm zur Sicherstellung der Anlagenintegrität mit entsprechenden Reparaturen, Änderungen, Sanierungen und/oder Austausch von wichtigen Komponenten (wo erforderlich), um die Integrität von Anlagen wiederherzustellen
- Ergebnisse der Funktionstüchtigkeitsprüfung

Alter und Nutzungsdauer

- Chronologisches Alter der Anlage im Vergleich zur Nutzungsdauer

Das chronologische Alter ist bei der Bewertung der nutzungsbedingten Alterung von Anlagen ein beitragender Faktor. Die Nutzungsdauer einer Anlage im Vergleich zum chronologischen Alter ist je nach Anlagentyp und Betriebsumgebung unterschiedlich, was sich wiederum auf den Verschleiß von Anlagen im Lauf der Zeit auswirkt. Die nutzungsbedingte Alterung von Anlagen und das chronologische Alter müssen unterschieden werden. Verschleiß kann im Lauf der Zeit fortschreiten. Allerdings wird der Verschleiß von den beitragenden Faktoren (dazu zählt unter anderem das chronologische Alter) beeinflusst. Das chronologische Alter trägt im Lauf der Zeit zur erweiterten Gefährdung durch verschiedene Schadensmechanismen, Betriebsumgebungsbedingungen usw. bei.

Abb. 3.3.1.2.7 zeigt, wie sich das Zusammenspiel der beitragenden Faktoren auf die nutzungsbedingte Alterung von Anlagen auswirkt.

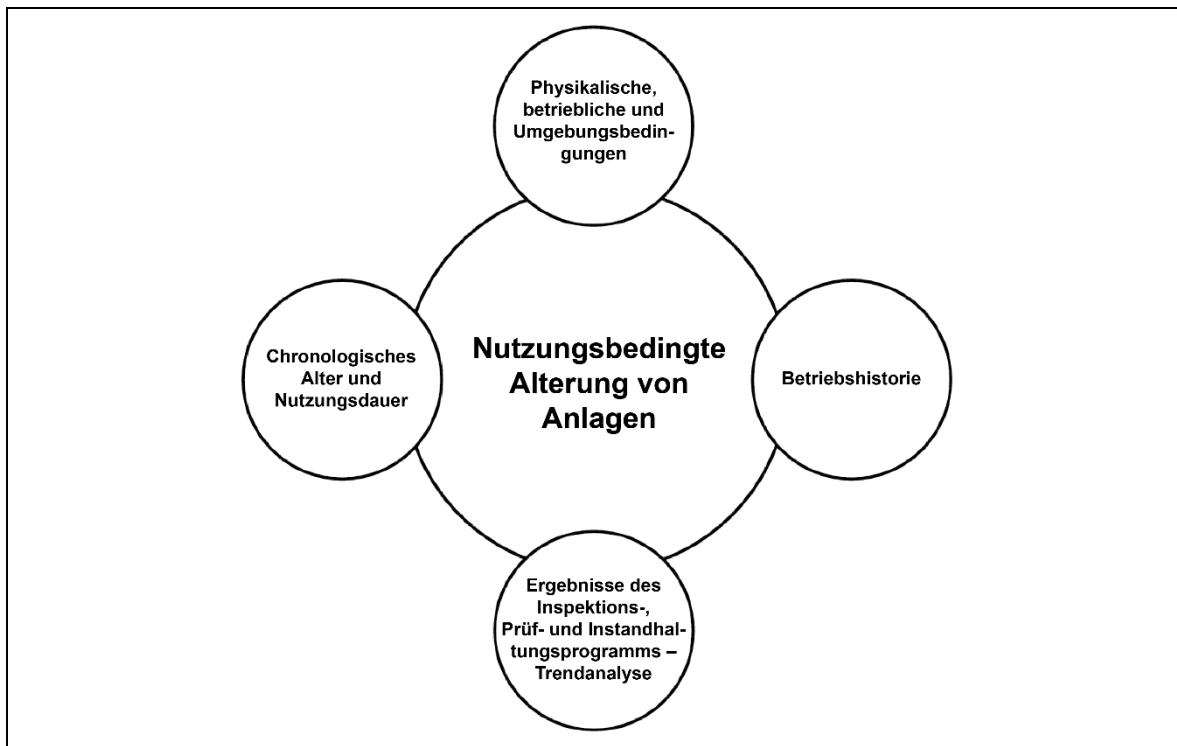


Abb. 3.3.1.2.7. Beitragende Faktoren zur nutzungsbedingten Alterung von Anlagen

3.3.1.3 Mängelverwaltung

Der Mängelverwaltungsprozess als Teil des Programms zur Sicherstellung der Anlagenintegrität sollte sicherstellen, dass alle identifizierten Mängel hinsichtlich des Zustands von Anlagen bewertet und nachverfolgt werden, bis die Behebung erfolgt ist. Dieser Prozess beginnt, wenn im Rahmen des Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsprogramms festgestellt wird, dass ein oder mehrere vorhandene Schadensmechanismen bzw. Verschleißerscheinungen außerhalb der akzeptablen Grenzwerte vorliegen. Der Prozess dient zur Bestimmung der Auswirkungen dieser festgestellten Punkte auf die Nutzungsdauer der Anlage.

A. Funktionstüchtigkeit

Wenn durch das Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsprogramm Verschleißerscheinungen oder Schäden identifiziert werden, die außerhalb der Akzeptanzkriterien liegen, wird eine Bewertung der Ergebnisse durchgeführt, um mögliche Auswirkungen zu bestimmen. Die Bewertung der Ergebnisse des Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsprogramms zur Bestimmung der Integrität von Anlagen im Hinblick auf den weiteren Betrieb und die Funktionstüchtigkeit der Anlage für den vorgesehenen Zweck wird als Funktionstüchtigkeitsprüfung bezeichnet. Eine Funktionstüchtigkeitsprüfung ist eine quantitative oder qualitative technische Bewertung, um die Integrität von Anlagen basierend auf ihrem aktuellen Zustand zu bewerten. Bei der Bewertung werden die Auswirkungen durch identifizierte Verschleißerscheinungen und Schadensmechanismen berücksichtigt, um proaktiv zu entscheiden, ob der Betrieb der Anlage wie gehabt fortgesetzt werden kann, eine Beeinträchtigung vorliegt oder ob eine Reparatur, Überwachung oder ein Austausch der Anlage erforderlich ist. Für die Bewertung sind die ursprünglichen Auslegungsdaten, der Verlauf zum Anlagenbetrieb sowie Daten der Inspektion, Prüfung und Instandhaltung und die prognostizierten Betriebsbedingungen erforderlich. Eine typische Funktionstüchtigkeitsprüfung gestaltet sich wie folgt:

1. Identifizierung von Art und Ausmaß der Verschleißerscheinungen
2. Festlegung, ob eine Funktionstüchtigkeitsprüfung durchgeführt werden kann
3. Festlegung der erforderlichen Daten
4. Prüfung der verfügbaren Techniken zur Funktionstüchtigkeitsprüfung und Akzeptanzkriterien
5. Durchführung der Funktionstüchtigkeitsprüfung
6. Durchführung erforderlicher Sanierungsmaßnahmen
7. Identifizierung des Bedarfs zur Ausarbeitung einer Betriebsüberwachung
8. Erstellung der Dokumentation

Der weltweit am häufigsten verwendete Standard für Funktionstüchtigkeitsprüfungen von druckbeaufschlagten Anlagen und Strukturbauteilen ist API 579/ASME FFS-1. Dieser Standard enthält drei Stufen der Funktionstüchtigkeitsprüfung:

- Stufe 1 ist eine grundlegende Analyse.
- Stufe 2 umfasst eine ausführlichere Bewertung mit detaillierten Berechnungen.
- Stufe 3 ist die detaillierteste Analyse und umfasst in der Regel eine computergestützte Modellierung.

Ergibt die Bewertung, dass eine Anlage im aktuellen Zustand funktionstüchtig ist, wird normalerweise eine Studie zur Restlebensdauer durchgeführt.

Wenn die Funktionstüchtigkeitsprüfung ergibt, dass die Anlage nicht funktionstüchtig ist, werden mehrere Optionen ausgewertet. Eine Option besteht in der Reparatur oder technischen Änderung der Anlage, um einen akzeptablen Zustand zu erreichen. Eine andere ist die Neubewertung der Anlage, um die Betriebsbelastungen zu verringern, damit der aktuelle Zustand der Anlage als akzeptabel eingestuft werden kann. Dies ist abhängig davon, ob für den Prozess eine solche Neubewertung zulässig ist. Eine weitere Option ist die Außerbetriebnahme der Anlage und eine Überbrückungslösung (wenn die Anlage nicht betriebskritisch ist) oder ein Austausch der Anlage. In allen Fällen sollten der sichere Betriebsbereich und die sicheren Betriebsgrenzen für die Anlage neu bewertet und eine Studie zur Restlebensdauer sollte durchgeführt werden.

Wenn die Ergebnisse des Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsprogramms ergeben, dass eine Funktionstüchtigkeitsprüfung durchgeführt werden muss, werden in der Regel auch eine Ursachenanalyse und/oder eine Untersuchung des Schadenereignisses durchgeführt.

B. Qualitätssicherung/Qualitätskontrolle von Austauschen, Reparaturen und Änderungen

Wenn Verschleißerscheinungen erkannt werden, müssen unter Umständen Korrekturmaßnahmen durchgeführt werden, bevor die Anlage wieder in Betrieb genommen werden kann. Das Ausmaß der Korrekturmaßnahmen ist abhängig von den Schadensmechanismen und dem Grad des Verschleißes.

Wenn Anlagen ausgetauscht, repariert oder geändert werden, ist es wichtig sicherzustellen, dass Komponenten/Geräte des entsprechenden Typs und aus dem entsprechenden Material verwendet werden. Um dies zu erreichen, können Praktiken und Verfahren zur Qualitätssicherung und -kontrolle ausgearbeitet und eingeführt werden, die bei der Beschaffung, Herstellung, dem Erhalt und der Lagerung, der Konstruktion und Installation von Anlagen und Systemen angewendet werden. Auch bei Reparaturen, Änderungen, Neubewertungen, Austauschen und Stilllegungen von Anlagen und Systemen sollten Qualitätssicherungs- und Qualitätskontrollpraktiken und -verfahren zum Einsatz kommen.

Zur Qualitätssicherung gehört die Überprüfung, dass Materialien die Auslegungsspezifikationen erfüllen (Ausmaße, mechanische Eigenschaften, chemische Zusammensetzung). Dies kann während der Herstellung, beim Erhalt, bei der Konstruktion/Reparatur/Änderungen und/oder im Rahmen von routinemäßig durchgeführten Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsaktivitäten erfolgen. Die Durchführung kann mit einer Reihe von Techniken erfolgen, um sicherzustellen, dass die Auslegungsspezifikationen erfüllt werden. Die gängigste Überprüfungsmethode besteht in der Bestätigung der chemischen Zusammensetzung von Materialien anhand der positiven Materialidentifizierung.

Bei der positiven Materialidentifizierung wird ein Material einer physikalischen Prüfung unterzogen, um seine chemische Zusammensetzung zu ermitteln. Anhand der positiven Materialidentifizierung kann bestätigt werden, dass Baumaterialien der vorgegebenen Auslegung entsprechen. Dies kann vor oder nach der Inbetriebnahme erfolgen. Die positive Materialidentifizierung kann mit verschiedenen Techniken durchgeführt werden. Das Röntgenfluoreszenzverfahren mit einem mobilen XRF-Spektrometer ist die am weitesten verbreitete Methode. In Laboren wird häufiger die Rasterelektronenmikroskopie mit energiedispersivem Röntgenspektrometer oder optischer Emissionsspektrometrie verwendet.

Die verschiedenen Techniken der positiven Materialidentifizierung liefern unterschiedlich genaue Ergebnisse. Das liegt an den Einschränkungen der verschiedenen Prüftechniken. Labortechniken sind in der Regel präziser und können Elemente mit geringerer relativer Atommasse erkennen.

C. Restlebensdauer

Wenn eine Anlage einem Zusammenspiel von Faktoren ausgesetzt ist, die zur nutzungsbedingten Alterung von Anlagen beitragen, einschließlich Betriebs- und/oder Umgebungsbedingungen, die zu Verschleißerscheinungen und zur nutzungsbedingten Alterung führen, kann sich das negativ auf die Restlebensdauer der Anlage auswirken. Die Restlebensdauer einer Anlage ist für die Ausarbeitung und Einführung einer proaktiven Strategie zur Anlagenverwaltung ein wichtiger Aspekt. So können Reparaturen, Änderungen, Sanierungen oder das Austauschen von Anlagen eingeplant werden, bevor es zu einem Ausfall bei laufendem Betrieb kommt. Die Restlebensdauer ist der verbleibende Zeitraum, in dem die Anlage für den vorgesehenen Zweck weiter betrieben werden kann. Sie basiert auf den Ergebnissen einer technischen Bewertung als Teil einer Studie zur Restlebensdauer.

Eine Studie zur Restlebensdauer ist eine umfassende quantitative und/oder qualitative technische Bewertung, bei der mithilfe eines zustandsbasierten Ansatzes die noch verbleibende Nutzungsdauer für die Anlage ermittelt wird. Aus einer Studie zur Restlebensdauer können sich Schlüsse für die Anlagen-Verfügbarkeitsplanung ergeben, um mögliche Lücken zwischen der Restlebensdauer der Anlage und dem Zeitrahmen, der für die Reparatur, Änderung, Sanierung oder den Austausch der Anlage erforderlich ist, zu vermeiden. Dadurch kann die Ausfallzeit minimiert und die Gefährdung aufgrund eines vorzeitigen Ausfalls der betriebenen Anlage reduziert werden.

Beim zustandsbasierten Ansatz, der bei einer Studie zur Restlebensdauer zur Anwendung kommt, werden die Auswirkungen der Faktoren, die zur nutzungsbedingten Alterung von Anlagen beitragen (einschließlich der physikalischen, betrieblichen und Umgebungsbedingungen), die im Rahmen von Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsaktivitäten ermittelten aktuellen Ergebnisse und Entwicklungen (basierend auf bekannten Merkmalen von Verschleiß- und Schadensmechanismen der Anlage und der Konstruktionsmaterialien, dem chronologischen Alter sowie der Nutzungsdauer), die Betriebsbedingungen und Betriebshistorie sowie die Ergebnisse der Funktionstüchtigkeitsprüfung berücksichtigt. Abb. 3.3.1.3 zeigt das Zusammenspiel der Anlagenzustände, zu denen die Faktoren, die zur nutzungsbedingten Alterung von Anlagen beitragen, die Betriebshistorie, die Ergebnisse und Trendanalysen der Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsaktivitäten sowie die Ergebnisse der Funktionstüchtigkeitsprüfung gehören. Dieses Zusammenspiel beeinflusst die Frage des Zeitpunkts für die notwendige Durchführung einer Studie zur Restlebensdauer.

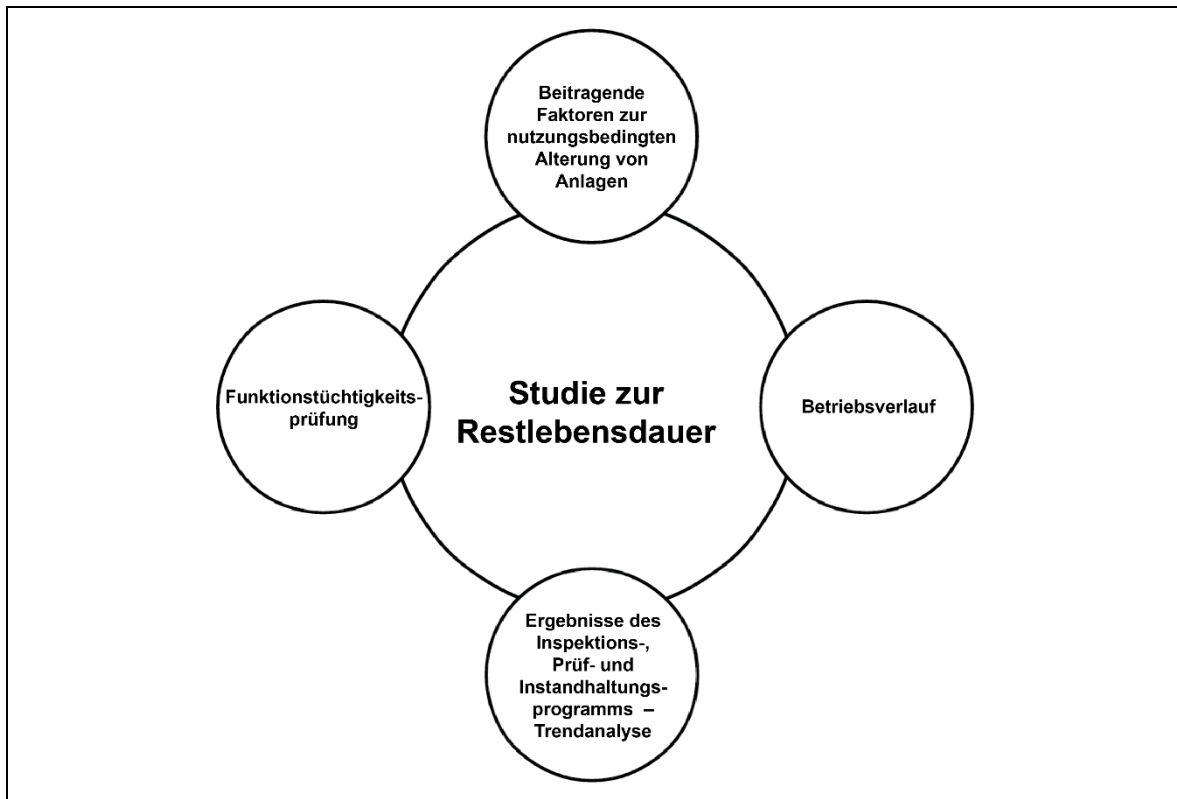


Abb. 3.3.1.3. Anlagenzustände, die sich auf die Durchführung einer Studie zur Restlebensdauer auswirken

Die Studie zur Restlebensdauer dient zur Einschätzung der weiteren Betriebszeit der Anlage, bis eine weitere geplante Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsaktivität durchgeführt und/oder bis die Anlage repariert, geändert, saniert oder ausgetauscht werden sollte. Die Restlebensdauer kann in den Mängelverwaltungsprozess einfließen, um die erforderlichen Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsaktivitäten für Anlagen zu bestimmen. Die Methode, mit der diese Studie durchgeführt wird, ist abhängig von der jeweiligen Anlagenart.

Häufig ist es wünschenswert, das Intervall für Folgeinspektionen für einen Anlagenteil zu verlängern. Deshalb werden Mechanismen zur Zustandsüberwachung installiert, um die Parameter zu überwachen, die den Fortschritt der Schadensmechanismen offenlegen. Häufig geht dies einher mit Änderungen der Betriebsbedingungen, um die Belastung der Anlage im Rahmen ihres Betriebs zu reduzieren. Das kann sich auf die Standard-Betriebsanweisungen auswirken und zu Änderungen an diesen führen. Auch können Auffrischungsschulungen für Bedienpersonal erforderlich sein, damit dieses umfassende Kenntnisse über die Änderung der Betriebsbedingungen aufgrund des Anlagenzustands erhält.

In der Regel werden Studien zur Restlebensdauer und Funktionstüchtigkeitsprüfungen vom Originalherstellunternehmen, von qualifizierten externen Fachfirmen und/oder einem multidisziplinären Team bestehend aus wichtigen Standortmitarbeitenden durchgeführt. Dies kann abhängig sein von der Art der Anlage und dem Grad des Verschleißes, die anhand der Bestimmung der Restlebensdauer und/oder Funktionstüchtigkeitsprüfung bewertet werden sollen.

3.3.1.4 Ursachenanalyse

Mit der Ursachenanalyse werden eher die zugrunde liegenden Faktoren von Ereignissen oder Zuständen ermittelt als die dadurch verursachten Symptome. Im Rahmen der Ursachenanalyse sollten die Ursachen des Ereignisses/Zustands identifiziert werden, die nach einer Korrektur verhindern, dass die erkannten Symptome erneut auftreten.

In welchem Umfang die Ursachenanalyse durchgeführt wird, ist abhängig von den Ergebnissen des Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsprogramms. Abhängig von der Kritikalität, den Konsequenzen und der Anlagenhistorie ist eine umfassende Ursachenanalyse unter Umständen nicht erforderlich. Wenn eine Komponente das Ende seiner Restlebensdauer erreicht oder bereits überschritten hat, und Verschleißerscheinungen entsprechend des erwarteten Schadensmechanismus aufweist, kann die Ursachenanalyse eingeschränkt werden und lediglich den Schadensmechanismus bestätigen.

Zu den Situationen, in denen eine umfassende Ursachenanalyse erforderlich ist, gehören: ein vorzeitiger Ausfall der Anlage, ein nicht vorhergesehener Ausfall der Anlage oder bei Auftreten übermäßiger oder unvorhergesehener Verschleißerscheinungen. Eine Ursachenanalyse wird in der Regel im Rahmen einer Untersuchung von Schadenereignissen durchgeführt.

In allen Situationen sollte der Umfang der Ursachenanalyse der Kritikalität der Anlage oder des Systems sowie den durch den Schaden entstandenen Folgen entsprechen.

Folgende Punkte werden bei der Durchführung einer Ursachenanalyse normalerweise berücksichtigt:

A. Mitarbeitende

1. Die Qualifikationen der beteiligten Mitarbeitenden sollten in einem angemessenen Verhältnis zum Komplexitätsgrad der Ursachenanalyse stehen.
2. Für eine umfassende Ursachenanalyse können verschiedene Expert*innen aus unterschiedlichen Bereichen zurate gezogen werden, z. B. Fachkräfte für zerstörungsfreie Prüfungen, Maschinenbauer/Elektrotechniker, Fachleute für Korrosion/Metallurgie, Werksprozesse, Anlagenbetrieb, Expert*innen für numerische Modellierung und Simulation sowie das Management.

B. Überprüfung von Anlagenprotokollen

1. Problemberichte und Reparatur-/Änderungshistorie
2. Anweisung zu Instandhaltungsanforderungen
3. Inspektionsberichte zur Demontage von Systemen und Anlagen

4. Technische Merkblätter des Originalherstellunternehmens
 5. Instandhaltungsprotokolle, einschließlich Angaben zum Verfahren, um sicherzustellen, dass bei der Durchführung keine Fehler gemacht oder Aspekte ausgelassen wurden, durch die künftig ein ähnliches Problem erneut auftreten könnte
 6. Rückstand der damit verbundenen Instandhaltungstätigkeiten
 7. Berichte zu Verschleißerscheinungen/Ausfällen, z. B.:
 - Analysen/Inspektionen von defekten Teilen
 - Beschreibung von Symptomen
 - Bericht zur Fehlerbehebung
- C. Analysen/Inspektionen von defekten Teilen, Beschreibung von Symptomen, während des Betriebs durchgeführte Fehlerbehebungen

3.3.1.5 Dokumentation und Trendanalysen

Das Erstellen von Berichten (Verlaufsdaten) zu Anlagen im Rahmen des Programms zur Sicherstellung der Anlagenintegrität ist kritisch für die Nachverfolgung, Trendanalyse und Überprüfungen. Alle Ergebnisse von Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsaktivitäten, Funktionstüchtigkeitsprüfungen, Studien zur Restlebensdauer und Ursachenanalysen sollten dokumentiert werden. Anhand dieser Ergebnisse lassen sich dann Trends erkennen und in das Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsprogramm und die Gefahrenanalyse einbinden. So wird sichergestellt, dass bei Neubewertungen der Gefahrenanalyse und des Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsprogramms die aktuellen Prozesse, Zustände der Systeme und Anlagen sowie mögliche unerwartete Gefahren berücksichtigt werden.

Bei der Trendanalyse werden die Ergebnisse des Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsprogramms und der Betriebsparameter über einen bestimmten Zeitraum bewertet, um mögliche signifikante Änderungen zu identifizieren, die im Vorfeld auf einen Anlagenausfall hinweisen können. Anhand des Grads (beschleunigt, verlangsamt oder konstant) und Umfangs der Änderungen aufgrund der Ergebnisse des Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsprogramms und der Betriebsparameter in einem bestimmten Zeitraum werden potenzielle Ausfälle prognostiziert/identifiziert. So lassen sich Korrekturmaßnahmen vor einem Betriebsausfall einleiten und durchführen.

3.3.1.5.1 Zur ausführlichen Dokumentation einer Aktivität gehören folgende Informationen:

- A. Name und Qualifikationen des*der Techniker*in, Datum, durchgeführte Aktivität, verwendete Anlagen oder Werkzeuge, betroffene Komponenten, Ausmaß der Aktivität, angewendetes Verfahren, Vorbereitungen an der Anlage vor Durchführung der Aktivität, vorgefundener Zustand, Umgebungsbedingungen, Ergebnisse der Aktivität, Angabe aller Messungen/Ablesungen, Einschätzung des*der Techniker*in
- B. Ausreichende Informationen darüber, dass ein*e Techniker*in mit demselben Kenntnisstand die Aktivität wiederholen kann und zu vergleichbaren Ergebnissen kommt
- C. Eine eindeutige Kennung für die betroffene Anlage, wie in der Stammliste der Anlagen aufgeführt. Siehe Abschnitt 2.3.1.1.1

3.3.1.5.2 Die folgende Liste enthält Angaben dazu, wie anhand der erfassten Daten Trends abgelesen werden, die dann in das Programm zur Sicherstellung der Anlagenintegrität einfließen:

- A. Aktuelle Informationen sollten mit Referenz- und früheren Inspektionsdaten verglichen werden, um zu überprüfen, wie Schadensmechanismen fortschreiten.
- B. Daten der Überwachung des Zustands und der Leistung sollten mit vorgesehenen Betriebsbedingungen und sicheren Betriebsbereichen verglichen werden, um Änderungen der Bedingungen zu identifizieren, die zu einem beschleunigten Verschleiß führen könnten oder Hinweise auf potenzielle Gefährdungen geben, die zusätzliche Maßnahmen rechtfertigen.
- C. Ergebnisse von Inspektionen und Informationen aus Überwachungen sollten in das Programm zur Sicherstellung der Anlagenintegrität einbezogen werden, um das Programm auf einem aktuellen Stand zu halten.

D. Die Umsetzungsrate von Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsaktivitäten sollte erfasst werden.

E. Ausfallarten und Standorte sollten dokumentiert werden, um systembezogene Probleme zu identifizieren.

F. Ursachenanalysen und Untersuchungen von Schadenereignissen sollten archiviert werden, um sie bei künftigen Ereignissen als Vergleich heranzuziehen.

3.3.1.6 Überprüfungen

Es gibt allgemeine und detaillierte Überprüfungen. Bei einer allgemeinen Überprüfung werden die Prozesse untersucht und es wird ermittelt, ob sie risikogerecht sind oder optimiert werden müssen. Bei einer ausführlichen Überprüfung werden die Details von Prozessen untersucht und der Schwerpunkt liegt auf der Leistung des Programms zur Sicherstellung der Anlagenintegrität.

Zu den Überprüfungen gehören unter anderem:

- Überprüfungen von Leistungsindikatoren
- Überprüfungen von Berichten zu Ursachenanalysen, um sicherzustellen, dass Empfehlungen umgesetzt wurden
- Überprüfung von Mängeln, um sicherzustellen, dass sie aktiv erfasst, bis zur Behebung protokolliert werden und der Abschluss des Mangels gerechtfertigt ist
- Überprüfung des Prozentsatzes umgesetzter Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsaktivitäten und aktive Nachverfolgung von verschobenen Aktivitäten
- Bestätigung, dass neu eingeführte Technologien die gewünschten Ergebnisse liefern
- Sicherstellen, dass Anweisungen von Originalherstellern und Industrieverbänden ausgewertet und eingeführt werden
- Sicherstellen, dass Schulungen, Praktiken und Verfahren befolgt und bei Bedarf aktualisiert werden
- Sicherstellen, dass Empfehlungen aufgrund von Überprüfungen umgesetzt werden

Jede Überprüfung sollte durchführbare Korrekturmaßnahmen enthalten. Diese Maßnahmen sollten den Zielen der Überprüfung entsprechen und bei vorgefundenen Mängeln optimiert werden. Zu den Korrekturmaßnahmen gehören unter anderem:

- Austausch von fehlerhaften Anlagen
- Bei Bedarf Durchführung von Änderungen an Anlagen
- Aktualisierung von Verfahren
- Bei Bedarf Anordnung zusätzlicher Schulungen oder Auffrischungsschulungen

3.3.2 Verfügbarkeitsplanung

Für die Aufrechterhaltung der Resilienz von Prozessen am Standort ist die schnellstmögliche Wiederaufnahme des Betriebs nach einem ungeplanten Ausfall, nach dem wichtige Anlagen nicht mehr verfügbar sind, von größter Bedeutung. In einem Verfügbarkeitsplan sind vorgesehene Reaktionen zur Wiederaufnahme des Betriebs nach einem Ausfall aufgeführt, nach dem Anlagen nicht mehr verfügbar und wichtige Prozesse am Standort unterbrochen sind, um die Ausfallzeit zu minimieren. Der Plan ist das Ergebnis einer systematischen Bewertung der Prozesse am Standort. Der Schwerpunkt liegt auf der Identifizierung von Anlagen, die für die Aufrechterhaltung des Geschäftsbetriebs kritisch sind.

Zu den Maßnahmen für die Wiederaufnahme des Betriebs nach einem Ausfall und zur Reduzierung der Gefährdung gehört die Überprüfung der Informationen zu relevanten Anlagenauslegungen sowie zur Integrität/Zuverlässigkeit. Zu den Optionen/-Strategien zur Risikominderung im Rahmen des Verfügbarkeitsplans gehören die Berücksichtigung von Vorlaufzeiten für Reparatur/Austausch/Anmietung, gebrauchter und/oder zusätzlicher Anlagen, die Ersatzteilbevorratung sowie Transport und Installations-/Handhabungsanforderungen.

Beim Transport/der Handhabung von Ersatz- oder gemieteten Anlagen ist unter anderem Folgendes zu berücksichtigen:

A. Verlegung von Anlagen innerhalb des Nutzungsstandorts:

1. Identifizierung von besonderen Montage-/Hebearbeiten oder -anforderungen zum Transport (z. B. Kran, Helikopter, Überbrückungen)
2. Ermittlung potenziell erforderlicher baulicher Veränderungen (z. B. Entfernen des Dachs, von Wänden oder Anlagen)

B. Transport von Anlagen vom Aufbewahrungsstandort/aus dem Lager an den Nutzungsstandort:

1. Es sollten Pläne und Vereinbarungen mit Transportunternehmen und Spediteuren ausgearbeitet werden. Potenzielle Transportprobleme, Transportrouten und potenzielle Bedarfe für beschleunigte Transporte sollten vorab geklärt und festgelegt werden. Dabei sollten je nach Jahreszeit die Wetterbedingungen und die Abgelegtheit eines Standorts berücksichtigt werden, wenn dies den Transport verzögern könnte.
2. Besondere Genehmigungsanforderungen aufgrund der folgenden Bedingungen sollten identifiziert werden:
 - Überführung auf öffentlichen Straßen (z. B. Gewichts- und Höhenbeschränkungen für Straßen und Kreuzungen, mögliche Anforderungen für spezielle Transportfahrzeuge)
 - Anlagenüberführung per Flugzeug
 - Überführung auf Wasserstraßen
 - Zollanforderungen zwischen Ländern

Der Umfang des Verfügbarkeitsplans ist abhängig vom Szenario des Anlagenausfalls im Rahmen des Plans zur Aufrechterhaltung des Geschäftsbetriebs. Mit einem effektiven Verfügbarkeitsplan kann die Ausfallzeit nach einem Anlagenausfall reduziert/minimiert werden, indem der Betrieb schnellstmöglich wieder aufgenommen wird.

4.0 VERWEISE**4.1 FM**

Relevante anlagenspezifische Datenblätter

4.2 Sonstige

Center for Chemical Process Safety (CCPS): *Dealing with Aging Process Facilities and Infrastructure*, John Wiley & Sons, New York (2018)

Center for Chemical Process Safety (CCPS): *Guidelines for Asset Integrity Management*. 1. Auflage, John Wiley & Sons, New York (2016)

Center for Chemical Process Safety (CCPS): *Guidelines for Risk Based Process Safety*, John Wiley & Sons, New York (2007)

Health and Safety Executive (HSE): *Managing Aging Plant Summary Guide* (2010)

ANHANG A – BEGRIFFSDEFINITIONEN

aaRdT: Allgemein anerkannte Regeln der Technik.

Alternatives Dienstleistungsunternehmen: Unternehmen, das nicht mit dem Originalherstellunternehmen verbunden ist.

Änderungsmanagement: Ein Programm, mit dem im Rahmen einer Änderung das Einbringen nicht erkannter Gefahren vermieden werden sollen. Dazu gehören Änderungen an der Technologie, Standorten und/oder Personal.

Anlagenausfall: Wenn eine Anlage ihre vorgesehene Funktion nicht mit der vorgesehenen Kapazität leisten kann.

Engpass: Der langsamste Vorgang eines Prozesses.

Fehleranalyse: Eine Reihe von Prüfungen und/oder Untersuchungen, anhand derer die Schadensmechanismen für ein Material ermittelt werden.

Fehlermodus: Die Klassifizierung, wie eine Anlage reagiert, wenn sie den Betriebsbedingungen nicht länger standhalten kann und ausfällt. Beispiele sind winzige Leckagen, Freisetzen von Stoffen, Explosionen usw. Es kann sich auch um die Art und Weise des Ausfalls handeln, z. B. den Ausfall einer geschlossenen Armatur oder einer Pumpe, die beim Start/Betrieb versagt. Fehlerursachen können z. B. Ermüdungserscheinungen, Korrosion, Abnutzung, menschliche Fehler, Überbelastung oder Mängel im Hinblick auf die Auslegung/Herstellung sein.

Funktionstüchtigkeitsprüfung: Eine umfassende quantitative oder qualitative technische Bewertung zur Ermittlung der Integrität von Anlagen für den weiteren Betrieb zum vorgesehenen Zweck. Grundlage sind Verschleiß und Schadensmechanismen außerhalb der durch das Programm zur Sicherstellung der Anlagenintegrität festgelegten Akzeptanzkriterien und definierten Grenzwerte. Nach einer Funktionstüchtigkeitsprüfung lässt sich beurteilen, ob eine Anlage weiter betrieben werden kann oder welche Korrekturmaßnahmen erforderlich sind, um den Betrieb der Anlage wieder aufzunehmen.

Leistungsüberwachung: Überwachung von Variablen, die Aufschluss über die Leistung (d. h. Effizienz) der überwachten Anlage oder des überwachten Systems geben.

Mangel: Ein vorgefundener Zustand, bei dem die im Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsprogramm aufgeführten Akzeptanzkriterien nicht erfüllt werden.

Nutzungsbedingte Alterung von Anlagen: Die Veränderung des Zustands im Lauf der Zeit aufgrund von Verschleißerscheinungen über die gesamte Lebensdauer der Anlage. Dabei werden die kumulativen Auswirkungen von physikalischen, betrieblichen und Umgebungsbedingungen, die Betriebshistorie, Ergebnisse/Trendanalysen des Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsprogramms sowie das chronologische Alter im Verhältnis zur Nutzungsdauer berücksichtigt. Die nutzungsbedingte Alterung von Anlagen ist die Folge dieser beitragenden Faktoren, die anlagen- und prozessabhängig sind.

Nutzungsdauer: Auch „erwartete Lebensdauer“ oder „Lebenszyklus“ genannt. Erwarteter Zeitrahmen, in dem die Anlage innerhalb der Auslegungsgrenzwerte (d. h. innerhalb der Parameter im sicheren Betriebsbereich) für den vorgesehenen Zweck betrieben werden kann. Dieser Zeitrahmen berücksichtigt die kumulative Auswirkung der beitragenden Faktoren zur nutzungsbedingten Alterung von Anlagen.

Einsatzfähig: In der Lage, erfolgreich eingesetzt zu werden.

Programm zur Sicherstellung der Anlagenintegrität: Ein Verwaltungssystem zur Sicherstellung der Integrität und Zuverlässigkeit von Systemen und Anlagen über die gesamte Nutzungsdauer hinweg.

Prozessbasiertes Intervall: Intervalle, die aus Messungen der Prozesse, an denen die Anlage/das System beteiligt ist, abgeleitet werden, z. B. Durchsatz, Betriebsstunden, Starts usw. Anhand dieser Intervalle können vorbeugende Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsmaßnahmen angepasst werden, die in bestimmten Abständen erfolgen.

Reaktive Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsmaßnahmen: Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsaktivitäten, die aufgrund eines Anlagenausfalls durchgeführt werden.

Redundanz: Eine Form der Resilienz, bei der bei einem Anlagenausfall die Verfügbarkeit alternativer Systeme sichergestellt ist. Es ist mindestens eine unabhängige Reserveanlage verfügbar.

Restlebensdauer: Auch als „Restnutzungsdauer“ bezeichnet. Verbleibender Zeitraum, in dem die Anlage für den vorgesehenen Zweck betrieben werden kann. Sie basiert auf den Ergebnissen **einer technischen Bewertung als Teil einer Studie zur Restlebensdauer**.

Risiko: Die Wahrscheinlichkeit, dass ein Ereignis eintritt und die damit einhergehenden Folgen.

Schadensmechanismus: Ein Prozess, der zum Verschleiß der Anlage führt. Beispiele: Korrosion, Rissbildung, Überhitzung usw.

Sichere Betriebsgrenzen: Siehe „Sicherer Betriebsbereich“.

Sicherer Betriebsbereich: Zulässige Spannbreite für die Betriebsparameter eines Anlagenteils, wie durch die Identifizierung und Bewertung von Gefährdungen festgelegt, z. B. obere und untere Temperaturgrenzen, minimale und maximale Anstiegsraten usw. Die oberen und unteren Grenzwerte, die den sicheren Betriebsbereich definieren, werden auch sichere Betriebsgrenzen genannt.

Wenn eine Anlage innerhalb dieser Grenzwerte betrieben wird, erfüllt sie Prozess- und Auslegungsparameter und die Wahrscheinlichkeit eines Ausfalls ist geringer. Bei einem Betrieb außerhalb der sicheren Betriebsgrenzen (und somit auch außerhalb des sicheren Betriebsbereichs) treten Verschleißerscheinungen schneller und Ausfälle vorzeitig auf.

Studie zur Restlebensdauer: Eine umfassende quantitative und/oder qualitative technische Bewertung als Teil einer proaktiven Strategie zur Anlagenverwaltung. Dabei wird mithilfe eines zustandsbasierten Ansatzes die noch verbleibende Nutzungsdauer der Anlage für den Betrieb zum vorgesehenen Zweck ermittelt wird, bevor ein Ausfall bei laufendem Betrieb auftritt.

Trendanalyse: Bei der Trendanalyse werden die Ergebnisse des Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsprogramms und der Betriebsparameter über einen bestimmten Zeitraum bewertet, um mögliche signifikante Änderungen zu identifizieren, die im Vorfeld auf einen Anlagenausfall hinweisen können. Anhand des Grads (beschleunigt, verlangsamt oder konstant) und Umfangs der Änderungen aufgrund der Ergebnisse des Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsprogramms und der Betriebsparameter in einem bestimmten Zeitraum werden potenzielle Ausfälle prognostiziert/identifiziert. So lassen sich Korrekturmaßnahmen vor einem Betriebsausfall einleiten und durchführen.

Ursachenanalyse: Methode, um die zugrunde liegenden Faktoren von Ereignissen oder Zuständen zu ermitteln und nicht die dadurch verursachten Symptome.

Verfügbarkeit: Verfügbarkeit von Systemen oder Anlagen für einen ordnungsgemäßen Betrieb bei Bedarf. Kann als Prozentsatz des Zeitraums angegeben werden, den eine Anlage in einem funktionstüchtigen Betriebszustand ist.

Vorausschauende Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsmaßnahmen: Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsaktivitäten, die durchgeführt werden, wenn dies aufgrund des ermittelten Anlagenzustands bei der Überwachung des Zustands und der Leistung erforderlich ist.

Vorbeugende Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsmaßnahmen: Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsaktivitäten, die in regelmäßigen Intervallen unabhängig vom Zustand einer Anlage durchgeführt werden.

Vorgesehene Lebensdauer: Vom Originalherstellunternehmen angegebene vorgesehene Lebensdauer innerhalb fester Auslegungsparameter für den vorgesehenen Zweck der Anlage.

Zustandsbasierte Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsmaßnahmen: Inspektions-, Prüf- und Instandhaltungsaktivitäten, die aufgrund des aktuellen Zustands des überwachten Systems/der überwachten Anlage durchgeführt werden.

Zustandsbasiertes Intervall: Intervalle, die aus der Zustandsüberwachung von Systemen und/oder Anlagen (z. B. hinsichtlich Temperatur, Druck, Durchflussmenge usw.) abgeleitet werden.

Zustandsüberwachung: Überwachung von Variablen, die Aufschluss über die Betriebsbedingungen der überwachten Anlage geben.

Zuverlässigkeit: Wenn das System oder die Anlage wie vorgesehen für einen vorgesehenen Zeitraum innerhalb der angegebenen Umgebungs- und Betriebsbedingungen zuverlässig betrieben werden kann.

ANHANG B – ANGABEN ZUR ÜBERARBEITUNG DES DOKUMENTS

Ziel des Anhangs ist die Darstellung der Änderungen an dem Dokument, die im Zuge der jeweiligen Veröffentlichung vorgenommen wurden. Die Nummerierung der einzelnen Abschnitte bezieht sich dabei auf die jeweils aktuelle Nummerierung zum Zeitpunkt der angegebenen Veröffentlichung (d. h., die Nummerierung der einzelnen Abschnitte kann sich je nach Version ändern).

Juli 2024. Zwischenrevision. Vornahme geringfügiger redaktioneller Änderungen

Juli 2023. Zwischenrevision. Es wurden redaktionelle Änderungen an den Prozessrichtlinien zum Programm zur Sicherstellung der Anlagenintegrität vorgenommen, um mehr Klarheit zu erreichen. Die Richtlinien zur nutzungsbedingten Alterung von Anlagen und Restlebensdauer wurden ebenfalls hinsichtlich größerer Klarheit überarbeitet, einschließlich der neuen Abb. 3.3.1.2.7 „Beitragende Faktoren zur nutzungsbedingten Alterung von Anlagen“ und Abb. 3.3.1.3 „Anlagenzustände, die sich auf die Durchführung einer Studie zur Restlebensdauer auswirken“. Ein neuer Anhang (Anhang E) mit „Richtlinien für ein Prüf- und Inspektionsprogramm für Dienstleistungen und Komponenten alternativer Dienstleistungsunternehmen“ wurde hinzugefügt.

Juli 2022. Zwischenrevision. Vornahme geringfügiger redaktioneller Änderungen

Oktober 2021. Zwischenrevision. Die folgenden wesentlichen Änderungen wurden vorgenommen:

- A. Ergänzung von Richtlinien im Hinblick auf die nutzungsbedingte Alterung von Anlagen
- B. Aktualisierung von Richtlinien zur Funktionstüchtigkeit und Restlebensdauer

Januar 2021. Zwischenrevision. Ergänzung neuer Definitionen zu Anhang A, Begriffsdefinitionen

Oktober 2020. Zwischenrevision. Aktualisierung der Richtlinien zu Anlagen mit N+1-Redundanz in Anhang C

Januar 2020. Zwischenrevision. Folgende Änderungen wurden vorgenommen:

- A. Überarbeitung der Richtlinien zur Verfügbarkeitsplanung für Anlagen und Ersatzteilbevorratung
- B. Ergänzung von Richtlinien, um die Praktikabilität der Verfügbarkeitsplanung für Anlagen und Ersatzteilbevorratung zu bewerten
- C. Verschiebung der Richtlinien zur Ersatzteilbevorratung und zum Transport aus Anhang C in die Abschnitte 2.0 und 3.0

Juli 2018. Dieses Dokument wurde komplett überarbeitet. Folgende wesentliche Änderungen wurden vorgenommen:

- A. Änderung des Dokumenttitels von „Instandhaltung und Inspektion“ zu „Integrität von Anlagen“
- B. Konsolidierung der Informationen aus dem vorigen Datenblatt in ein übersichtlicheres und kompakteres Format
- C. Entfernung redundanter Informationen
- D. Löschung von unterstützenden Materialien, die nicht zum Verständnis der Empfehlungen beitrugen
- E. Ergänzung der Abschnitte zur Integrität von Anlagen, Mängelverwaltung und Ursachenanalyse

Januar 2014. Ergänzung von Abschnitt 2.5, *Ausschluss von Fremdmaterialien*, und Anhang D, *Verfahren zum Ausschluss von Fremdmaterialien*

April 2011. Die Änderungen umfassen:

- Ergänzung von Empfehlungen zu kritischen Werksanlagen und Anlagen mit hohem Gefährdungspotenzial in kritischen Anlagen
- Ergänzung neuer Empfehlungen zur Verwaltung von Instandhaltung und Wartung
- Ergänzung von technischen Richtlinien für zeit- und zustandsbasierte Instandhaltungsprogramme

Mai 2003. Überarbeitung von Abschnitt 3.1 Schadenhistorie. Kleinere redaktionelle Änderungen.

September 2002. Ergänzung einer FM Übersicht zur risikobasierten Inspektion in Form von Anhang C.3, *Risikobasierte Inspektion: FM Übersicht* und Ergänzung eines Verweises auf diesen Anhang in Empfehlung 2.2.1.4. Zudem redaktionelle Änderung des Titels und Anwendungsbereichs dieses Datenblatts von *Instandhaltung* in *Instandhaltung und Inspektion*, um die große Bedeutung von Inspektionen in Instandhaltungsprogrammen hervorzuheben.

Mai 2001. Nur redaktionelle Änderungen. Keine Vornahme technischer Änderungen.

Januar 2000. Die Revision vom Januar 1995 wurde überarbeitet, um ein konsistentes Format zu haben. Keine Vornahme technischer Änderungen.

ANHANG C – VERFÜGBARKEITSPLANUNG FÜR ANLAGEN

C.1 Verfahren zur Verfügbarkeitsplanung von Anlagen

Beim Ausarbeiten und Aktualisieren eines Verfügbarkeitsplans sollten die folgenden Aspekte berücksichtigt werden:

1. Es sollte ein multidisziplinäres Team zusammengestellt werden, um eine systematische Bewertung der Resilienz von Prozessen vor Ort für den Verfügbarkeitsplan durchzuführen.
2. Die Produktionsflussdiagramme für den gesamten Prozess, einschließlich der Produktions-, Versorgungs- und Hilfssysteme sowie der dazugehörigen Anlagen, sollten überprüft/ausgearbeitet werden.
3. Systeme und Anlagen, die für die Aufrechterhaltung des Geschäftsbetriebs unerlässlich sind, sollten ermittelt werden. Engpässe bei Prozessen, singuläre Ausfallpunkte, einzigartige und Anlagen mit langen Vorlaufzeiten, die Restlebensdauer von Anlagen, Funktionstüchtigkeit von Anlagen, Prozessgefahren und Betriebshistorie/-trends sollten bei der Auswertung des Ausfallrisikos von Anlagen berücksichtigt werden. Anhand dieser Risikoindikatoren lassen sich die Schwachstellen bezüglich eines Ausfalls ablesen.
4. Die Ausfallszenarien für diese Anlage und die daraus resultierenden Gefährdungen sollten ausgewertet werden.
5. Die Möglichkeiten der Wiederinbetriebnahme bei Anlagenausfällen sollten ausgewertet werden. Es sollten Strategien zur Risikominderung ausgearbeitet werden, z. B. die Lagerung von Ersatzanlagen und/oder -teilen vor Ort oder anderswo, integrierte N+1-Redundanz, Reparatur- und Austauschmöglichkeiten, Optionen zum Mieten von Anlagen sowie die Verfügbarkeit von gebrauchten und/oder zusätzlichen Anlagen. Die Empfehlungen zu Ersatzteilen vom Originalherstellunternehmen sollten berücksichtigt werden. Alle langfristigen Servicevereinbarungen, die zu einer Minimierung des Anlagenausfallszenarien beitragen, sollten überprüft werden.
6. Wenn Ersatzteile oder redundante Anlagen bereitgestellt werden, sollte eine Prüfung basierend auf einem Programm zur Sicherstellung der Anlagenintegrität erfolgen, um die Durchführbarkeit sicherzustellen.
7. Informationen zur Auslegung, Installation und Inbetriebnahme wichtiger Anlagen sollten ausgearbeitet, geprüft und regelmäßig aktualisiert werden.
8. Anforderungen zum Transport, zur Handhabung, Installation und Inbetriebnahme einschließlich erforderlicher Sondergenehmigungen sollten überprüft werden.
9. Interne Mitarbeitende, Fachfirmen und Lieferanten sollten bezüglich des Umfangs und der Umsetzung des Verfügbarkeitsplans qualifiziert und entsprechend geschult sein.
10. Es sollte ein dokumentierter Verfügbarkeitsplan ausgearbeitet werden, um bei Anlagenausfällen eine möglichst schnelle Wiederinbetriebnahme zu gewährleisten. Der Verfügbarkeitsplan sollte jährlich überarbeitet, geprüft und validiert werden, sodass Änderungen berücksichtigt werden und seine Effizienz bestätigt wird.

C.2 Redundanz und Möglichkeiten zum Anmieten von Anlagen

Diese Richtlinie enthält empfohlene Vorgehensweisen, um verschiedene Strategien im Hinblick auf die Verfügbarkeitsplanung von Anlagen für redundante und Mietanlagen zu bewerten und zu überprüfen. Richtlinien zum Transport von Mietanlagen sind in Abschnitt 3.3.2 zu finden.

C.2.1 Redundanz

N+1-Anlagen (redundante Anlagen) sind **ordnungsgemäß** installiert, die Anlagenredundanz in Produktions-, Hilfs- und/oder Versorgungsanlagen ist vorhanden. N+1-Anlagen stellen die Verfügbarkeit des Systems sicher, um den Prozessbedarf bei einem Anlagenausfall zu erfüllen. Die Anlagen sind einsatzbereit und können in Betrieb genommen werden, um die **Ausfallzeit zu minimieren und die Gefahren** bei einem Ausfall der aktuell betriebenen Anlagen zu reduzieren.

Einsatzfähige N+1-Anlagen sollten folgende Kriterien erfüllen, um die Ausfallzeit von Anlagen zu minimieren und die Gefährdung zu reduzieren:

- A. N+1-Anlagen sind **ordnungsgemäß** installiert, die Anlagenredundanz in Produktions-, Hilfs- und/oder Versorgungsanlagen ist gegeben.
- B. Die redundanten Anlagen können in Betrieb genommen werden, ohne den Prozess merklich zu unterbrechen, um die Dauer einer Betriebsunterbrechung nach einem Ausfall der aktuell betriebenen Anlage zu reduzieren.
- C. Die redundanten Anlagen weisen keine Schäden auf, die aus Mängeln an der aktuell betriebenen Anlage resultieren.
- D. Die Auslegung/Nennleistung der N+1-Anlagen entspricht der der aktuell betriebenen Anlagen und dem Prozess.
- E. Die N+1-Anlagen werden im Rahmen des Programms zur Sicherstellung der Anlagenintegrität inspiziert, geprüft und instand gehalten, damit die Funktionstüchtigkeit gewährleistet ist.
- F. Es wurde überprüft, ob die N+1-Anlagen **für den vorgesehenen Zweck geeignet sind**.
- G. **Die N+1-Anlagen sind verfügbar, um bei einem Ausfall der betriebenen Anlage eingesetzt werden zu können.**
- H. Standard-Betriebsanweisungen/Notfallverfahren sind eingeführt, damit die N+1-Anlagen in Betrieb genommen und die aktuell betriebenen Anlagen heruntergefahren werden können.

Umfang und Einführung des Programms zur Sicherstellung der Anlagenintegrität für N+1-Anlagen (redundante Anlagen) entsprechen dem Programm, das für die betriebenen Anlagen verwendet wird, um sicherzustellen, dass die Einsatzfähigkeit von Ersatzteilen gegeben ist.

Die Reduzierung der Dauer einer Betriebsunterbrechung nach einem Ausfall von aktuell betriebenen Anlagen gehört zu den wichtigsten Aspekten von einsatzfähigen, redundanten N+1-Anlagen. Um die Dauer einer Betriebsunterbrechung zu reduzieren, dürfen die N+1-Anlagen keine Schäden aufweisen, die aus Mängeln an den aktuell betriebenen Anlagen resultieren.

Die Nennleistung der redundanten Anlagen ist im Vergleich zur aktuell betriebenen Anlage zu bewerten, um zu bestimmen, inwieweit der Prozess bei einem Ausfall der aktuell betriebenen Anlagen wiederhergestellt werden kann.

Verfügbarkeit und Zustand der redundanten Anlagen sollten im Rahmen des Programms zur Sicherstellung der Anlagenintegrität geprüft werden. Das schließt mögliche erforderliche Inspektionen der redundanten Anlagen vor dem Start ein. Die Funktionstüchtigkeit für den vorgesehenen Zweck der redundanten Anlagen sollte bewertet werden. Es sollte berücksichtigt werden, ob Reparaturen oder Änderungen erforderlich sind, damit die redundanten Anlagen in Betrieb genommen werden können.

Es sollte geprüft werden, ob die erforderlichen Verfahren eingeführt und Mitarbeitende entsprechend geschult sind, um von den aktuell betriebenen auf die redundanten Anlagen zu wechseln. Dazu gehört auch das Herunterfahren der aktuell betriebenen Anlagen.

C.2.2 Mietanlagen

Dies sind gemietete Anlagen, die für eine bestimmte Dauer betrieben werden, um die vorhandenen Anlagen zu ergänzen.

1. Kontaktinformationen von primären und Notfalllieferanten sollten gepflegt werden.
2. Servicevereinbarungen/Verträge mit Originalherstellern und/oder Lieferunternehmen (einschließlich langfristiger Servicevereinbarungen) bezüglich der Verfügbarkeit und des Betriebs von Mietanlagen sollten abgeschlossen werden.
3. Umfang und Qualität der Dienstleistungen des Lieferanten sollten geprüft werden.
4. Die Nennleistung (Durchsatz) der Miet- im Vergleich zu den aktuell betriebenen Anlagen sollte überprüft werden.

5. Für die aktuell betriebenen und die Mietanlagen sollten Spezifikationen und Anforderungen zur Installation und Demontage gepflegt werden.

- a. Vorläufige Anschlusspunkte sollten identifiziert werden. Das vorhandene System sollte über risikogerechte Anschlusspunkte für den Anschluss der erwarteten Mietanlagen verfügen.
- b. Mögliche erforderliche Inbetriebnahmeprozesse für die Mietanlagen sollten dokumentiert und berücksichtigt werden. Zudem sollten mögliche erforderliche Genehmigungen von lokalen Behörden/Versorgungsunternehmen für die Inbetriebnahme von Mietanlagen (z. B. Umweltauflagen, Strombedarf) identifiziert und berücksichtigt werden.
- c. Es sollten Mitarbeitende ernannt werden, die für die Entfernung der vorhandenen und die Installation der Ersatzanlagen verantwortlich sind.
 - Erforderliche Verkäufer sollten ermittelt werden.
- d. Mögliche größere erforderliche Änderungen, damit die Ersatzanlagen in den für sie vorgesehenen Standort passen, sollten identifiziert und geplant werden (z. B. Fundamente, Halterungen, Rahmengrößen).
 - Es sollte sichergestellt werden, dass die erforderliche Hardware (z. B. Unterlegscheiben, Kupplungen, Kabel/Sammelschienen usw.) vorhanden ist, um die Ersatzanlagen in Betrieb zu nehmen.

6. Wenn für die Ausführung von Aufgaben bei der Inbetriebnahme der Mietanlagen Lieferanten erforderlich sind, sollte wie folgt vorgegangen werden:

- a. Es sollte sichergestellt werden, dass diese bereits über Kenntnisse zu potenziellen Anweisungen des Herstellunternehmens und/oder geltenden Vorschriften und Normen (z. B. allgemein anerkannte Regeln der Technik (aaRdT)) verfügen. Dazu gehören auch Unternehmensstandards und/oder -richtlinien.
- b. Es sollte sichergestellt werden, dass die Lieferanten die Anforderungen für die Anlagen im Hinblick auf spezielle Arbeiten und Werkzeuge erfüllen.

ANHANG D – VERFAHREN ZUM AUSSCHLUSS VON FREMDMATERIALIEN

D.1 Zweck

Dieses Verfahren enthält Richtlinien zu bewährten Vorgehensweisen, mit deren Hilfe verhindert werden soll, dass Fremdmaterialien in Anlagenteile gelangen und dort verbleiben, wenn diese zur Inspektion, Prüfung und Instandhaltung und/oder Reparatur geöffnet sind und somit anfällig für Schäden durch Fremdkörper sind. Mit dem Verfahren wird auch die Kontrolle von Elementen abgedeckt, die temporär oder zur Arbeitserleichterung installiert bzw. verwendet wurden, z. B. Werkzeuge, Blindflansche, Filter, Öffnungen und Reinigungsmittel.

Anmerkung: Die wirksamste Maßnahme zur Verhinderung von Schäden durch Fremdkörper ist die Sicherstellung einer allgemeinen Ordnung und Sauberkeit. Wenn von vornherein ausgeschlossen wird, dass Fremdmaterialien in einer entsprechenden Sperrzone vorhanden sind, können auch keine Fremdkörper in Anlagenteile gelangen. Bei der Durchführung der erforderlichen Arbeiten ist eine ordnungsgemäße Werkzeugverwaltung von großer Bedeutung. Alle Mitarbeitenden müssen über diese Richtlinie informiert sein und besonders auf den Verbleib aller Materialien und Werkzeuge achten, die im Arbeitsbereich vorhanden sind.

D.2 Definitionen

Zugangskontrolle: Methoden, mit denen der Zugang zur Sperrzone und deren Verlassen durch Mitarbeitende sowie die Mit- und Entnahme von Werkzeugen und Materialien kontrolliert werden. Dazu gehören Begrenzungsmarkierungen, Schilder, beim Zugang zur Sperrzone und deren Verlassen erfasste Protokolle sowie die Fernüberwachung per Video oder eine direkte Überwachung durch zuständige Mitarbeitende. In Fremdmaterial-Sperrzonen sollten Begrenzungsmarkierungen, feste Barrieren wie temporär aufgestellte Wände aus Metall bzw. Acrylglas, Drahtzäune oder bei Bedarf Vorhänge aus Stoff, Kennzeichnungsbänder, Seile usw. verwendet werden.

Zugangskontrollpunkt: Stelle an der Begrenzung der Fremdmaterial-Sperrzone, an der Mitarbeitende, Werkzeuge und Materialien vor dem Zugang kontrolliert werden.

Reinbereich: Ein Ort außerhalb der Fremdmaterial-Sperrzone. Es handelt sich in der Regel um einen Bereich außerhalb der Fremdmaterial-Sperrzone, in dem Unterbaugruppen gelagert oder bearbeitet werden.

Abschlussformular: Auf dem Abschlussformular werden alle Abweichungen vom Fremdmaterialausschluss-Schutzeinrichtungsprotokoll (Formular 2), vom Fremdmaterialausschluss-Verlustprotokoll (Formular 3), vom Fremdmaterialausschluss-Werkzeugprotokoll (Formular 4) oder Fremdmaterialausschluss-Teileprotokoll (Formular 5) sowie eine Beschreibung möglicher Befunde bei Abschlussinspektionen, Informationen zur Durchführung der Inspektionen (z. B. Sichtprüfung, Boroskopie) protokolliert. Sowohl die Vertretung des Eigentümers als auch die technische Direktion sollten das Formular bei Abschluss der Außerbetriebnahme oder Instandhaltung überprüfen und abzeichnen. Ausgefüllte Abschlussformulare sollten fester Bestandteil des Außerbetriebnahmeprotokolls sein.

Fremdmaterial: Material, das nicht zur Auslegung des Systems oder der Komponente gehört, z. B. Bänder, Kabelbinder aus Metall und Kunststoff, Schweißdrähte, Werkzeuge, Stifte, Elektrokabel, Kabel, Etiketten aus Papier/Kunststoff, Aufkleber, Schilder, nicht ordnungsgemäß gesicherte Schaltzettel, Lappen, Gesichtsschutz aus Kunststoff, Plastiktüten, Verpackungsmaterialien, Dichtungsmaterialien, überschüssige Fugenmasse, Ohrenstöpsel, Sägemehl, Chemikalien, Lösungsmittel, Farben, persönliche Gegenstände wie Brillen oder Schmuck sowie weitere Gegenstände, die den Betrieb des Systems oder der Komponente beeinträchtigen könnten.

Prüfung des Verfahrens zum Ausschluss von Fremdmaterialien: Regelmäßig von der Vertretung des Eigentümers und/oder der technischen Direktion durchgeführte Prüfung im Rahmen einer Inspektion unter Anwendung der Checkliste zur Prüfung des Programms zum Ausschluss von Fremdmaterialien (Formular 1), um die ordnungsgemäße Anwendung des Programms zum Ausschluss von Fremdmaterialien zu bewerten.

Fremdmaterial-Sperrzone: Ein Arbeitsbereich um einen offenen Zugang, eine Instrumentierung, elektrische oder mechanische Komponente, der von einer physischen Begrenzungsmarkierung umgeben sein sollte. Mit spezifischen Kontrollen soll das Eindringen unerwünschter Materialien in ein System oder eine Komponente verhindert werden. Diese Bereiche sollten klar gekennzeichnet sein.

Fremdmaterialausschluss-Schutzeinrichtung: Stopfen, Abdeckung, Deckel, Tüte, Band, Netz o. ä. zum Schließen oder Abdecken einer Öffnung an einer Leitung oder einem Anlagenteil, um das Eindringen von Fremdmaterialien zu verhindern.

Begrenzung der Fremdmaterial-Sperrzone: Eine physische Begrenzung um einen Arbeitsbereich, in der Regel, Begrenzungsmarkierungen und sichtbare Schilder, die den Bereich als Fremdmaterial-Sperrzone kennzeichnen.

Fremdmaterialausschluss-Etikett: Etiketten, die am Ende von Sicherungsbändern, Schutzeinrichtungen oder Absperrungen befestigt sind, um eine bestimmte Schutzeinrichtung oder Begrenzung zum Ausschluss von Fremdmaterialien zu kennzeichnen.

Zuständige Person für die Überwachung der Fremdmaterial-Sperrzone: Eine Person, die für die Zugangskontrollen im Rahmen dieses Verfahrens zuständig ist. Die zuständige Person ist dafür verantwortlich, alle von der Arbeitsgruppe protokollierten Punkte zu überprüfen. Sie sollte deshalb über entsprechende Kenntnisse verfügen, entsprechend geschult sein und wissen, wie sich Schäden durch Fremdkörper auf die Anlage auswirken könnten.

Sicherungsband: Riemen, Schnur, Rückhaltedraht o. ä., mit dem ein Gegenstand so gesichert wird, dass er in einer Fremdmaterial-Sperrzone nicht zum Fremdkörper wird, wenn eine Person ihn während der Benutzung fallen lässt.

Vertretung des Eigentümers: Die Vertretung des Eigentümers ist verantwortlich für die ordnungsgemäße Umsetzung des Programms zum Ausschluss von Fremdmaterialien durch die technische Direktion und führt anhand der Checkliste zur Prüfung des Programms zum Ausschluss von Fremdmaterialien regelmäßig Prüfungen durch.

Technische Direktion: Leitungsperson (ein*e Mitarbeiter*in des Eigentümers oder der beauftragten Fachfirma), die direkt für die Überwachung der Arbeiten an der Anlage zuständig ist und somit auch für die Umsetzung des Programms zum Ausschluss von Fremdmaterialien während der Ausfallzeit.

D.3 Geltungsbereich

Dieses Verfahren und die darin enthaltenen Richtlinien sollten immer dann angewendet werden, wenn ein Anlagenteil oder System für eine Inspektion, Prüfung, Instandhaltung und/oder Reparatur geöffnet wird. Dazu gehören Turbinen (Gas oder Dampf), Generatoren, Leistungsschalter von Generatoren, Transformatoren, Rohrleitungssysteme, Zuluftanlagen, Kondensatoren, Wärmetauscher, Pumpen, große Motoren, Kompressoren und andere große ortsfeste Anlagen. Aufgrund der unterschiedlichen Gefährdungsgrade bei Inspektions-, Prüf-, Instandhaltungs- und/oder Reparaturarbeiten sind unten die verschiedenen Stufen für das Programm zum Ausschluss von Fremdmaterialien aufgeführt. Trotz der verschiedenen Stufen bei den Empfehlungen zum Ausschluss von Fremdmaterialien sollten bei allen Inspektionen, Prüfungen, Instandhaltungen und Reparaturarbeiten, die das System gefährden, die allgemeinen Verfahren zum Ausschluss von Fremdmaterialien eingehalten werden. Bei der Festlegung der Stufe des Programms zum Ausschluss von Fremdmaterialien für die jeweilige Aktivität sollte das Gesamtrisiko eines potenziellen entsprechenden Schadenereignisses berücksichtigt werden.

D.4 Verantwortlichkeiten

Alle Beteiligten des Projekts sollten umfassend über das Programm informiert sein und wissen, dass die vorgegebenen Vorgehensweisen ordnungsgemäß eingehalten werden müssen. Die Vertretung des Eigentümers ist dafür verantwortlich, dass alle Mitarbeitenden, die die Fremdmaterial-Sperrzone betreten, eine ausführliche Anweisung erhalten, welche Richtlinien warum gelten. Außerdem gibt sie tägliche Updates. Die Vertretung des Eigentümers ist zudem für die Überwachung der ordnungsgemäßen Umsetzung des Verfahrens zum Ausschluss von Fremdmaterialien durch die technische Direktion zuständig. Dazu bespricht sich diese Person regelmäßig mit der technischen Direktion und überprüft regelmäßig die Einhaltung des Programms.

Die technische Direktion sollte die Hauptverantwortung für die Umsetzung des Programms zum Ausschluss von Fremdmaterialien bei einem Projekt haben. Außerdem legt diese Person zu Beginn eines Projekts zusammen mit der Vertretung des Eigentümers fest, welche Inspektionsstufe erforderlich ist (z. B. Sichtprüfung oder Kameras), um zu belegen, dass keine Fremdmaterialien zurückbleiben. Die technische Direktion muss das Verfahren zum Ausschluss von Fremdmaterialien mit allen Fachkräften im Rahmen von Sicherheitsbesprechungen umsetzen.

Alle Fachkräfte sind unter der Leitung der technischen Direktion dafür verantwortlich, dass alle Fremdmaterialausschluss-Schutzeinrichtungen und Fremdmaterialausschluss-Etiketten an bestimmten Öffnungen angebracht wurden und dass alle Fremdmaterialausschluss-Schutzeinrichtungen und Etiketten ordnungsgemäß in das entsprechende Formular eingetragen wurden. Die Mitarbeitenden haben die Fremdmaterialausschluss-Etiketten zu beachten. Diese dürfen erst entfernt werden, wenn dies im Rahmen von Arbeiten erforderlich ist. Werden die Etiketten bei Arbeiten entfernt, sollten sie im Anschluss wieder angebracht werden, es sei denn, die Remontage der Komponente steht direkt bevor.

D.5 Ausschluss von Fremdmaterialien – Stufe 1

Stufe 1 des Ausschlusses von Fremdmaterialien gilt für Komponenten und Systeme, bei denen die Wahrscheinlichkeit des Eindringens von Fremdkörpern gering ist und bei denen uneingeschränkt eine Sichtprüfung durchgeführt werden kann und/oder Fremdkörper ungehindert wieder entnommen werden können. In diesen Fällen lassen sich Inspektionen und/oder die Entnahme von Gegenständen auf einfache Weise durchführen, ohne dass eine umfassende Demontage von Komponenten erforderlich ist. In der Regel sind Anlagen, die der Stufe 1 unterliegen, weniger kritisch und verfügen nicht über kritische Toleranzen.

Mindestvoraussetzungen für Stufe 1 des Ausschlusses von Fremdmaterialien:

A. Alle Mitarbeitenden, einschließlich der beauftragten Fachfirmen und der Mitarbeitenden des Eigentümers, sollten zu Beginn einer Außerbetriebnahme Schulungen im Hinblick auf die Anforderungen des Verfahrens zum Ausschluss von Fremdmaterialien absolvieren. Alle Beteiligten sollten schriftlich bestätigen, dass sie das Verfahren des Ausschlusses von Fremdmaterialien zur Kenntnis genommen haben (Formular 6).

B. Es sollten ordnungsgemäße Vorsichtsmaßnahmen durchgeführt und professionelle Sorgfalt sollte angewendet werden.

C. Vor Beginn des Projekts sollte eine Besprechung abgehalten werden, in der alle durchzuführenden Arbeiten beschrieben werden, um entsprechende Vorbereitungen treffen zu können und nur die wirklich erforderlichen Werkzeuge und Materialien zu verwenden. Arbeitsverfahren sollten ordnungsgemäß befolgt werden. Die Anweisungen sollten bei Bedarf aktualisiert werden.

D. An allen Zugangspunkten zur Fremdmaterial-Sperrzone sollten Begrenzungen und Etiketten angebracht werden, durch die Mitarbeitende über die Anforderungen zum Ausschluss von Fremdmaterialien informiert werden.

E. Alle Werkzeuge und Geräte sollten im Fremdmaterialausschluss-Werkzeugprotokoll (Formular 4) aufgelistet werden. Es sollte sichergestellt werden, dass sie bei Schichtende oder -wechsel sicher verwahrt oder übergeben werden und nicht in problematischen Bereichen liegen bleiben. Die Anzahl der Werkzeuge in der Fremdmaterial-Sperrzone sollte so weit wie möglich begrenzt werden, um dadurch das Gefährdungspotenzial eines Eindringens von Fremdmaterialien einzuschränken.

F. Alle Anlagenteile in der Fremdmaterial-Sperrzone und außerhalb sollten übersichtlich angeordnet werden. Kleinere Teile sollten in Tüten oder Kisten verstaut und mit einem Etikett versehen werden. Es sollten Teilelisten gepflegt werden, aus denen die Anzahl der Teile hervorgeht, wenn mehrere identische Teile vorhanden sind. Alle Teile, die ausgetauscht werden müssen, sollten in einem Fremdmaterialausschluss-Teileprotokoll (Formular 5) erfasst werden.

G. Vor der Demontage sollte die betroffene Anlage gereinigt werden, um das Eindringen von Fremdkörpern beim Öffnen der Anlage zu vermeiden.

H. Sobald die Anlage offen ist, sollten alle Bereiche gesichert werden, in die Fremdkörper eindringen könnten. Dazu sollten Fremdmaterialausschluss-Schutzeinrichtungen (Abdeckungen, Blindflansche, Dichtkissen usw.) verwendet werden. Das Fremdmaterialausschluss-Schutzeinrichtungsprotokoll (Formular 2) sollte ausgefüllt und gepflegt werden. Es sollte sichergestellt werden, dass Fremdmaterialausschluss-Schutzeinrichtungen deutlich erkennbar sind und nicht irrtümlicherweise für Anlagen-, Systemteile oder gewöhnliche Gebrauchsgüter gehalten werden. In der Regel sind Fremdmaterialausschluss-Schutzeinrichtungen grell rot oder orange. Alle Fremdmaterialausschluss-Schutzeinrichtungen sollten anhand von Etiketten, die den Ort und die Art der Schutzeinrichtungen angeben (z. B. Stopfen, Magnetstreifen), dokumentiert werden. Es sollte sichergestellt werden, dass alle Fremdmaterialausschluss-Schutzeinrichtungen, die nicht direkt sichtbar sind (z. B. Ölabbflussleitungen, Luftabzugsleitungen), mit einer Verlängerung samt Etikett am Ende ausgestattet werden, das im Bereich außerhalb der Anlage gut sichtbar ist.

I. Alle beim Öffnen der Anlage vorgefundenen Fremdmaterialien (Ablagerungen, Werkzeuge, Lappen usw.) sollten erfasst und in einem zugangskontrollierten Bereich hinterlegt werden, damit Techniker*innen sie untersuchen und bewerten können.

J. Das Fremdmaterialausschluss-Verlustprotokoll (Formular 3) sollte immer aktuell gehalten werden. Es sollte sichergestellt werden, dass alle Mitarbeitenden (ohne Furcht vor Repressalien) umgehend melden, wenn Gegenstände heruntergefallen und nicht direkt gefunden oder wieder entfernt werden können.

K. Alle in die Anlage gefallen oder nicht mehr nachweisbaren Werkzeuge sollten im Fremdmaterialausschluss-Verlustprotokoll erfasst werden. Es sollte sichergestellt werden, dass sie möglichst umgehend wieder gefunden und geborgen werden.

L. Wenn neue Teile installiert werden sollen, sollten diese vor der Installation geprüft und gereinigt werden.

M. Vor dem Entfernen einer Fremdmaterialausschluss-Schutzeinrichtung sollte der umliegende Bereich gereinigt werden, um Arbeitsüberreste und andere Objekte zu entfernen, damit keine Fremdkörper in die Anlage gelangen, sobald sie geöffnet wird.

N. Bei der Remontage sollten alle Gegenstände im Fremdmaterialausschluss-Verlustprotokoll (Formular 3) aus der Anlage entfernt und aus dem Protokoll gestrichen werden. Blindflansche und Abdeckungen sollten zum geeigneten Zeitpunkt im Verlauf der Remontage aus dem Schutzeinrichtungsprotokoll gestrichen werden, d. h. erst, wenn der betreffende Teil der Anlage zur Remontage bereit ist. Alle Teile und Abschnitte des Systems sollten sorgfältig auf mögliche Fremdmaterialien geprüft werden. Alle Fremdmaterialausschluss-Schutzeinrichtungen, für die kein

Nachweis vorhanden ist, sollten von der technischen Direktion und der Vertretung des Eigentümers geprüft werden.

O. Alle Ummantelungen sollten vor der Endkontrolle sorgfältig gereinigt werden (vorzugsweise durch Absaugen, aber bei Bedarf durch Abblasen über die Luftanlage des Werks).

P. Vor der erneuten Installation sollten alle Rohre und Leitungen mit kleinem Durchmesser ausgeblasen und alle mit großem Durchmesser abgewischt, abgesaugt oder ausgeblasen werden. Außerdem sollten alle Schutzeinrichtungen entfernt werden. Alle Punkte des Fremdmaterialausschluss-Schutzeinrichtungsprotokolls (Formular 2) sollten durchgegangen und abgehakt werden. Alle Fremdmaterialausschluss-Schutzeinrichtungen, für die kein Nachweis vorhanden ist, sollten von der technischen Direktion und der Vertretung des Eigentümers geprüft werden.

Q. Vor dem Schließen oder der erneuten Installation sollten alle Gehäuse, Rohre, Öffnungen und Abläufe einer Sichtprüfung (direkt oder per Fernprüfung) unterzogen werden. Die Inspektionen sollten von der technischen Direktion und der Vertretung des Eigentümers selbst oder in ihrer Anwesenheit durchgeführt werden.

R. Bevor die Anlage zum letzten Mal geschlossen wird, sollte sichergestellt werden, dass alle Punkte im Fremdmaterialausschluss-Verlustprotokoll (Formular 3) abgearbeitet wurden. Wenn nicht für alle Gegenstände ein Nachweis vorhanden ist, sollte die technische Direktion und die Vertretung des Eigentümers das Fremdmaterialausschluss-Verlustprotokoll besprechen und das weitere Vorgehen gemeinsam festlegen.

D.6 Ausschluss von Fremdmaterialien – Stufe 2

Stufe 2 des Ausschlusses von Fremdmaterialien gilt für Komponenten und Systeme, bei denen eine Wahrscheinlichkeit des Eindringens von Fremdkörpern vorliegt und bei denen eine Sichtprüfung mit minimalen Einschränkungen durchgeführt werden kann und/oder Fremdkörper mit minimalen Einschränkungen wieder entnommen werden können. Stufe 2 gilt für Arbeiten an Turbinen und anderen kritischen drehenden Anlagen, z. B. Pumpen und Motoren, die über enge, kritische Spielräume verfügen, sowie Behälter und Rohrleitungen, die solche Systeme speisen.

Mindestvoraussetzungen für Stufe 2 des Ausschlusses von Fremdmaterialien:

A. Es sollten alle Anforderungen von Stufe 1 des Ausschlusses von Fremdmaterialien eingehalten werden.

B. Es sollte nur einen einzigen Zugang zur Fremdmaterial-Sperrzone geben.

C. Es sollte eine Überwachungsmethode für die Fremdmaterial-Sperrzone eingesetzt werden, um den Zugang zum Arbeitsbereich zu kontrollieren sowie um alle Materialien, die in den Bereich gebracht und daraus entfernt werden, zu erfassen. Der Zugang zum Arbeitsbereich sollte beschränkt werden, wenn die für die Überwachung zuständige Person nicht vor Ort ist.

D. Alle entfernten Leitungen sollten an beiden Enden mit Abdeckungen oder Stopfen ausgestattet werden sowie mit Etiketten, die Informationen zu ihrem Standort und andere relevante Daten enthalten.

E. Es sollte ein Spind oder ein Schließfach für persönliche Gegenstände der Mitarbeitenden, die die Fremdmaterial-Sperrzone betreten, bereitgestellt werden.

F. Es sollte sichergestellt werden, dass das Personal beim Betreten des Bereichs keine Gegenstände in den Taschen mehr hat. Nur wirklich erforderliche Gegenstände sollten mit in den Bereich genommen werden, alle persönlichen Gegenstände (z. B. Mobiltelefone, Uhren, Schmuck, Stifte, Messer und Portemonnaies) sollten außerhalb der Sperrzone sicher verwahrt werden. Alle Gegenstände (einschließlich Schmuck), die für die Durchführung einer bestimmten Aufgabe im Arbeitsbereich nicht erforderlich sind, sollten bei der für die Überwachung zuständigen Person abgegeben oder im Spind/Schließfach für persönliche Gegenstände verstaut werden.

G. Die Mitarbeitenden sollten sicherstellen, dass ihre Kleidung sowie die Schuhsohlen sauber sind und kein Schmutz daran haftet, bevor sie den Arbeitsbereich betreten. Die für die Überwachung der Fremdmaterial-Sperrzone zuständige Person sollte kontrollieren, ob Kleidung und Schuhe der Mitarbeitenden wirklich sauber sind, bevor diese den Arbeitsbereich betreten. Das gilt insbesondere, wenn die Remontage ansteht.

H. Bevorzugt sollten Mitarbeitende Sicherheitsschuhe ohne Schnürsenkel oder Schuhüberzieher tragen. Wenn keine solchen Sicherheitsschuhe verwendet werden, sollten Schnürsenkel und Schnallen mit Klebeband befestigt werden.

I. Sicherheitsbrillen sollten mit Kordeln ausgestattet sein.

J. Es sollte sichergestellt werden, dass alle Werkzeuge im Arbeitsbereich übersichtlich angeordnet werden und jede mitarbeitende Person prüft, ob sie vollständig vorliegen. Alle Mitarbeitenden sind für die jeweils eigenen Werkzeuge verantwortlich: „Alles, was mitgebracht wurde, muss auch wieder hinaus“.

K. Werkzeuge sollten mit Sicherungsbändern ausgestattet sein, wenn sie in einen Bereich fallen könnten, aus dem sie nicht leicht wieder entfernt werden können.

L. Alle Teile im Arbeitsbereich sollten in Tüten oder Kisten aufbewahrt werden, die entsprechend gekennzeichnet sind.

M. Die in den Fremdmaterialausschluss-Protokollen aufgeführten Werkzeuge, Teile oder Schutzeinrichtungen sollten am Ende einer Schicht oder bei Schichtwechsel mitgenommen und auf der Liste abgehakt werden. Ausnahmen sind Werkzeuge, Teile oder Schutzeinrichtungen, die langfristig benötigt werden.

N. Die technische Direktion sollte regelmäßig, mindestens aber wöchentlich, eine Prüfung zum Ausschluss von Fremdmaterialien durchführen. Dabei sollten die Begrenzungen des Bereichs zum Ausschluss von Fremdmaterialien, die Etiketten, Schutzeinrichtungen, Ein- und Ausgangsprotolle für die Fremdmaterial-Sperrzone sowie alle Rohrleitungen geprüft werden, die noch nicht installiert sind. Die Prüfung sollte unter Anwendung der Checkliste zur Prüfung des Programms zum Ausschluss von Fremdmaterialien (Formular 1) erfolgen.

O. Die Vertretung des Eigentümers sollte mindestens wöchentlich eine Prüfung des Programms zum Ausschluss von Fremdmaterialien durchführen. Die Prüfung sollte unter Anwendung der Checkliste zur Prüfung des Programms zum Ausschluss von Fremdmaterialien (Formular 1) erfolgen.

P. Wenn Sichtprüfungen von schlecht einsehbaren Bereichen per Fernüberwachung durchgeführt werden, sollten die technische Direktion und die Vertretung des Eigentümers rechtzeitig entscheiden, ob ein aufgenommenes Video oder Fotos mit dem Projektbericht abgelegt werden.

D.7 Ausschluss von Fremdmaterialien – Stufe 3

Stufe 3 des Ausschlusses von Fremdmaterialien gilt für Komponenten und Systeme, bei denen eine Wahrscheinlichkeit des Eindringens von Fremdkörpern vorliegt und bei denen eine Inspektion und/oder die Entnahme von Gegenständen sich schwierig gestaltet und unter Umständen eine umfassende Demontage von Komponenten erfordert. Stufe 3 sollte auf Projekte angewendet werden, bei denen drehende Anlagen in großem Maß demontiert werden müssen, insbesondere Turbinen und Generatoren. Dringen Fremdmaterialien in diese Anlagen ein, ist dies mit erheblichen Schäden und Kosten verbunden.

Mindestvoraussetzungen für Stufe 3 des Ausschlusses von Fremdmaterialien:

A. Es sollten alle Anforderungen der Stufen 1 und 2 zum Ausschluss von Fremdmaterialien eingehalten werden.

B. Es sollte ein Zugangskontrollpunkt eingerichtet werden und alle Mitarbeitenden sollten sich beim Betreten und Verlassen des Bereichs registrieren sowie eine vollständige Liste aller Gegenstände vorlegen, die in den Arbeitsbereich mitgenommen werden, einschließlich lang- und kurzfristig benötigter Werkzeuge und Teile. Der Zugang zum Arbeitsbereich sollte beschränkt werden, wenn die für die Überwachung zuständige Person nicht vor Ort ist.

C. Es sollte eine für die Überwachung der Fremdmaterial-Sperrzone zuständige Person ernannt werden, die die Zugangskontrollen durchführt und die Listen mit Gegenständen überprüft, die in die Fremdmaterial-Sperrzone mitgenommen und herausgebracht werden.

D. Es sollte sichergestellt werden, dass alle Werkzeuge (auch Taschenlampen) mit Sicherungsbändern ausgestattet sind. Alle Werkzeuge sollten mit Sicherungsbändern am Körper der Mitarbeitenden befestigt sein, damit sie nicht in offene Anlagen fallen können. Alle Werkzeuge, die Batteriefächer oder andere sich öffnende Fächer/Zusätze haben, sollten mit Klebeband gesichert werden, damit die Fächer/Zusätze sich nicht versehentlich öffnen (z. B. Taschenlampen, Luftströmungs-Messgeräte).

E. Wenn Komponenten oder Unterbaugruppen in einen Reinbereich verlegt werden, sollte das Programm zum Ausschluss von Fremdmaterialien auch auf diesen Bereich angewendet werden.

F. Bei Arbeiten an Stromgeneratoren oder großen Elektromotoren sollte wie folgt vorgegangen werden:

1. Es sollte dafür gesorgt werden, dass die Luftzufuhr zum Generator sauber, warm und trocken ist, um das Eindringen von Feuchtigkeit in den Generator zu vermeiden.
2. Es sollte zusätzlich zu seitlichen Schutzeinrichtungen eine Einhausung oder Abdeckung (z. B. ein Zelt oder eine Plane) errichtet werden, um offene Anlagen usw. vor Staub, Feuchtigkeit, Vögeln zu schützen.
3. Es sollte sichergestellt werden, dass alle Mitarbeitenden, die die Fremdmaterial-Sperrzone betreten, Schuhüberzieher und fusselfreie Arbeitskleidung ohne Taschen tragen.

Formular 1. Checkliste zur Prüfung des Programms zum Ausschluss von Fremdmaterialien

Werk/Projekt: _____ Datum: _____ Technische Direktion: _____ Uhrzeit: _____

Die aufgeführten Aufgaben gelten – sofern nicht anders angegeben – für alle Stufen zum Ausschluss von Fremdmaterialien.

	Aufgabe	Ja	Nein	Nicht zutreffend	Kommentare
1	Sind Begrenzungen für die Fremdmaterial-Sperrzone errichtet und gekennzeichnet?				
2	Ist eine entsprechende Beschilderung vorhanden?				
3	Sind die Fremdmaterialausschluss-Schutzeinrichtungen ordnungsgemäß angebracht?				
4	Sind die Etiketten an den Fremdmaterialausschluss-Schutzeinrichtungen angebracht?				
5	Sind die Etiketten ordnungsgemäß beschriftet?				
6	Fehlen Fremdmaterialausschluss-Schutzeinrichtungen?				
7	Ist das Protokoll zum Ausschluss von Fremdmaterialien ordnungsgemäß ausgefüllt?				
8	Setzen alle zuständigen Leitungspersonen die Verfahren zum Ausschluss von Fremdmaterialien um?				
9	Sind entfernte Rohre (einschließlich Leitungen) mit Etiketten gekennzeichnet und identifiziert?				
10	Ist das Fremdmaterialausschluss-Verlustprotokoll aktuell?				
11	Wie viele Gegenstände sind im Fremdmaterialausschluss-Verlustprotokoll?				
12	Sind die Fremdmaterialausschluss-Protokolle aktuell?				
13	Wird eine Überwachungsmethode für die Fremdmaterial-Sperrzone verwendet? (Stufen 2 und 3)				
14	Wurden entfernte Rohre (einschließlich Leitungen) an beiden Enden mit Abdeckungen/Stopfen versehen? (Stufen 2 und 3)				
15	Gibt es einen Spind oder ein Schließfach für persönliche Gegenstände? (Stufen 2 und 3)				
16	Sind alle Teile im Arbeitsbereich in Tüten oder Kisten verstaut oder gekennzeichnet? (Stufen 2 und 3)				
17	Werden die Fremdmaterialausschluss-Protokolle am Ende einer Schicht abgezeichnet? (Stufen 2 und 3)				
18	Wurden die Werkzeuge übersichtlich angeordnet? (Stufen 2 und 3)				
19	Wird die Fremdmaterial-Sperrzone überwacht und wird geprüft, dass Mitarbeitende keine persönlichen Gegenstände mit in den Bereich nehmen? (Stufen 2 und 3)				
20	Sind alle Werkzeuge mit Sicherungsbändern ausgestattet? (Stufe 3)				
21	Wird die Richtlinie zum Ausschuss von Fremdmaterialien für Generatoren/elektrische Anlagen angewendet? (Stufe 3)				
22	Sind Generatoren/elektrische Anlagen abgedeckt und werden sie mit warmer und trockener Luft versorgt? (Stufe 3)				
23	Tragen Mitarbeitende im Bereich des Generators Schuhüberzieher und fusselfreie Arbeitskleidung? (Stufe 3)				

Kommentare: _____

Ausgefüllt von: _____ Vertretung des Eigentümers: _____

Formular 2. Fremdmaterialausschluss-Schutzeinrichtungsprotokoll

Werk/Projekt: _____ Datum: _____ Technische Direktion: _____

Nummer des Etiketts	Datum der Anbringung	Standort ¹	Art der Schutzeinrichtung ²	Angebracht von	Entfernt von	Datum der Entfernung	Geprüft von	Unterzeichnet

¹ Wo wurde eine Fremdmaterialausschluss-Schutzeinrichtung angebracht? (Ablassleitung, Leitung zur Dampfeinspeisung, Entnahmeleitung usw.)

² Welche Art von Fremdmaterialausschluss-Schutzeinrichtung wurde verwendet?

(Stopfen, Magnetstreifen, Rohrkappen usw.) 7639 (7/18)

Formular 5. Fremdmaterialausschluss-Teileprotokoll

Material	Beschreibung	Datum des Eingangs in die Fremdmaterial- Sperrzone	Datum des Ausgangs aus der Fremdmaterial- Sperrzone	Name der*des Mitarbeitenden

ANHANG E – ALTERNATIVE DIENSTLEISTUNGSUNTERNEHMEN

E.1 Richtlinien für ein Prüf- und Inspektionsprogramm für Dienstleistungen und Komponenten alternativer Dienstleistungsunternehmen

Wenn Dienstleistungen und/oder Komponenten bezogen werden (oder wurden), sollte der Kunde anhand eines Prüf- und Inspektionsprogramms sicherstellen, dass qualitativ hochwertige Komponenten und Dienstleistungen bezogen werden.

Für alle Dienstleistungen und Komponenten sollte Folgendes gelten:

- A. Das Dienstleistungsunternehmen sollte über ein dokumentiertes und überprüfbares Programm zur Qualitätssicherung und -kontrolle verfügen, in dem alle Teile und Materialien genau nachverfolgt werden können.
- B. Das Dienstleistungsunternehmen sollte über ein dokumentiertes und überprüfbares Programm zur Qualitätssicherung und -kontrolle verfügen, das Angaben zu den jeweils bezogenen Dienstleistungen enthält: Spezifikationen, Beschaffung, Herstellung, Inventar, Inspektion, Prüfung, Transport, Lagerung, Installationsabnahme und Inbetriebnahme.
- C. Dieses Programm sollte mindestens die nachfolgend aufgeführten Aspekte enthalten, soweit diese auf die bezogenen Dienstleistungen oder Komponenten zutreffen. Diese Richtlinie erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit, sie dient vielmehr als Ausgangspunkt für die Ausarbeitung eines detaillierten Prüf- und Inspektionsprogramms.
- D. Das Prüf- und Inspektionsprogramm sollte vom Einkäufer oder der vom Einkäufer für die Beschaffung der Dienstleistungen und/oder Komponenten ernannten Partei eingeführt werden.

E.2 Inspektionsdienstleistungen – Werkstatt und Außendienst

Zu den angebotenen Inspektionsdienstleistungen können verschiedene Arten der zerstörungsfreien Prüfung gehören. Wenn diese Dienstleistungen bezogen werden, sollte Folgendes gegeben sein:

- A. Das Prüfpersonal sollte über entsprechende Kenntnisse der Art der durchzuführenden Inspektion(en) sowie der zu prüfenden spezifischen Komponenten verfügen. Zusätzlich sollte sichergestellt werden, dass das Prüfpersonal Zugang zum empfohlenen Inspektionsverfahren des Originalherstellunternehmens (oder einem entsprechenden Verfahren) sowie zu den Akzeptanzkriterien des Originalherstellunternehmens hat.
- B. Wenn zerstörungsfreie Prüfungen vorgesehen sind, sollte der*die zuständige Techniker*in mindestens über eine Zertifizierung gemäß ASNT SNT-TC-1A, Level II (oder einem entsprechenden national anerkannten Standard) verfügen.
- C. ASNT SNT-TC-1A ist ein empfohlener Standard, der Richtlinien für Arbeitgebende enthält, um interne, dokumentierte Programme zur Zertifizierung von Personal aufzustellen, das zerstörungsfreie Prüfungen durchführen soll. Dies ist nicht gleichzusetzen mit einer ASNT-Zertifizierung, da Unternehmen ihre internen Zertifikate an ihre Mindestanforderungen anpassen können.
- D. Dienstleistungen sollten gemäß einem qualifizierten, dokumentierten Verfahren bereitgestellt werden oder entsprechend nachverfolgbar sein.
- E. Das Dienstleistungsunternehmen sollte ein Verfahren zum Ausschluss von Fremdmaterialien strikt einhalten (siehe Anhang D).

E.3 Außendienst

Die Leistungen im Außendienst können handwerkliche Arbeiten, die technische Anweisung vor Ort sowie zerstörungsfreie Prüfungen umfassen. Wenn diese Dienstleistungen bezogen werden, sollte Folgendes gegeben sein:

- A. Das Dienstleistungsunternehmen sollte einschlägig ausgebildete, geschulte und erfahrene Ingenieur*innen und Techniker*innen mit entsprechender Dokumentation einsetzen. Personal, das zerstörungsfreie Prüfungen durchführt, sollte über den entsprechenden Zertifizierungsgrad für die anzuwendende Methode verfügen.

- B. Das Dienstleistungsunternehmen sollte gängige Branchenstandards, anerkannte technische Methoden, Prozesse und Verfahren einhalten. Dienstleistungen sollten gemäß einem qualifizierten, dokumentierten Verfahren bereitgestellt werden.
- C. Das Dienstleistungsunternehmen sollte sich strikt an ein Verfahren zum Ausschluss von Fremdmaterialien halten.
- D. Das Dienstleistungsunternehmen sollte über entsprechende Möglichkeiten zur Werkstattfertigung verfügen (oder Zugang dazu haben). Die Werkstatt sollte über ein dokumentiertes Verfahren zur Qualitätskontrolle der Leistungsindikatoren von kritischen Anlagen verfügen.
- E. Das Dienstleistungsunternehmen sollte dokumentierte Schulungsnachweise für alle Mitarbeitenden im Außendienst und das Montagepersonal vorlegen.
- F. Das Dienstleistungsunternehmen sollte über entsprechend ausgebildete Hilfskräfte verfügen, die aufgetretene Probleme beheben, die vor Ort nicht angegangen werden können.
- G. Alle vom Dienstleistungsunternehmen bereitgestellten Werkzeuge (bei Bedarf) sollten geprüft und als funktionstüchtig eingestuft worden sein. Das gilt insbesondere für Hebevorrichtungen.

E.4 Werkstatt

Ein wichtiger Bestandteil der Inspektion, Prüfung und Instandhaltung von Anlagen ist die Aufarbeitung von Komponenten, um ihre Nutzungsdauer zu verlängern. Der Prozess der Aufarbeitung kann viele Beteiligte umfassen, z. B. Facharbeitende, Personal für zerstörende und zerstörungsfreie Prüfungen sowie die Unterstützung von Ingenieur*innen. Wenn Teile zur Aufarbeitung an eine Werkstatt gesendet werden, sollte Folgendes gegeben sein:

- A. Der Standort sollte über entsprechende Kenntnisse der Art der durchzuführenden Aufarbeitung sowie der aufzuarbeitenden spezifischen Komponenten verfügen. Des Weiteren sollten alle Dienstleistungen zur Inspektion Abschnitt C.1.1 dieses Datenblatts entsprechen.
- B. Das Dienstleistungsunternehmen sollte einschlägig ausgebildetes, geschultes und erfahrenes Personal mit entsprechender Dokumentation einsetzen. Das Dienstleistungsunternehmen sollte dokumentierte Schulungsnachweise für alle bei der Aufarbeitung beteiligten Mitarbeitenden vorlegen können. Das Dienstleistungsunternehmen sollte gängige Branchenstandards, anerkannte technische Methoden, Prozesse und Verfahren einhalten.
- C. Das Dienstleistungsunternehmen sollte über entsprechende Möglichkeiten zur Aufarbeitung (oder einen anerkannten Anbieter) verfügen sowie über eine dokumentierte Qualitätskontrolle der Leistungsindikatoren von kritischen Komponenten.
- D. Das Dienstleistungsunternehmen sollte Zugang zu Ersatzteilen von Teilen haben, die während der Reparaturarbeiten ausrangiert werden. Das Dienstleistungsunternehmen sollte die Eignung (Vorgeschichte oder Herkunft) der einzusetzenden Ersatzteile für ein oder mehrere Wartungsintervalle prüfen.
- E. Das Dienstleistungsunternehmen sollte die Bezugsquelle aller bei den Reparaturarbeiten verwendeten Verbrauchsmaterialien überprüft haben. Dazu gehören Schweißdraht, Füllstoffe, Lötmaterialien usw. Reparaturen wie Löten und/oder Schweißen sollten einer technischen Bewertung unterzogen werden. Das schließt eine metallurgische Analyse ein, um die Eignung der Reparaturmethode für die spezifische Anwendung, das jeweilige Material und die entsprechende Temperatur zu prüfen, wobei entsprechend qualifizierte Verfahren sowie zertifizierte Schweißer*innen eingesetzt werden sollten.
- F. Das Dienstleistungsunternehmen sollte über eine angemessene und überprüfbare Bezugsquelle für alle verschiedenen Hardware-Teile verfügen, die für die Reparaturen erforderlich sind, z. B. Stifte, Dichtungen usw.
- G. Das Dienstleistungsunternehmen sollte über dokumentierte, qualifizierte Reparaturverfahren verfügen, die für eine wiederholbare Qualität gemäß den Spezifikationen des Originalherstellunternehmens sorgen. Der Reparaturprozess sollte ausführliche Prozessspezifikationen für die Durchführung der Verfahrensschritte enthalten:

1. Erfassung der Teilenummer der Komponente, der Seriennummer, der akkumulierten Betriebshistorie seit der letzten Reparatur und seit der Originalfertigung
2. Sicht-, Maß- und zerstörungsfreie Prüfung sowie Abbildung/Fotografie von Mängeln bei der Eingangskontrolle
3. Metallurgische Analyse der Grundmaterialien (wie erforderlich), um Zusammensetzung und Eigenschaften der Materialien zu prüfen
4. Demontage von Unterbaugruppen-Komponenten
5. Reinigung
6. Arten der zerstörungsfreien Prüfung gemäß dokumentierten, qualifizierten Verfahren
7. Wärmebehandlung
8. Schweiß- und Lötrepaturen gemäß qualifizierter Verfahren unter Verwendung zertifizierter Füllstoffe basierend auf der Kompatibilität mit den Grundmaterialien
9. Wärmebehandlung zum Vorheizen und Spannungsabbau nach Schweißarbeiten (falls erforderlich)
10. Mechanische Nachbearbeitung zur Erreichung der erforderlichen Abmessungen der reparierten Komponente
11. Neubeschichtung und Diffusionshärtung (falls erforderlich)
12. Remontage von Unterbaugruppen-Komponenten
13. Inspektionen zur Qualitätskontrolle/-sicherung, Endprüfung usw.

Sobald die erste Komponente unter Verwendung der anwendbaren Verfahren bearbeitet wurde und die Qualitätsanforderungen erfüllt sind, sollte anhand der qualifizierten Reparaturverfahren und Prozessspezifikationen die wiederholbare Qualität sichergestellt werden. Alle künftigen Optimierungen am Reparaturprozess und an den Reparaturverfahren sollten eine Neubewertung der Qualifizierung nach sich ziehen. Die Änderungen sollten dabei im Rahmen eines Änderungsmanagement-Revisionsprozesses dokumentiert werden. Der überarbeitete Prozess sollte verwendet werden, wenn dies für die spezifischen Bedingungen erforderlich ist, um eine wiederholbare Qualität sicherzustellen.

E.5 Aftermarket-Komponenten (Reverse-Engineering und Re-Engineering)

Vor dem Einsatz von Aftermarket-Komponenten sollte der Anbieter die Auslegung der Komponente gemäß den Angaben des Originalherstellunternehmens bewertet und mögliche Leistungsprobleme des Teils identifiziert haben (d. h. vorzeitige Oxidation, Rissbildung, Verschleiß oder Ausfall). Wenn keine Probleme identifiziert werden können und keine Patentverletzungen vorliegen, ist eine Reverse-Engineering-Komponente, die die nachfolgend aufgelisteten Qualitätskriterien erfüllt, eine akzeptable Alternative. Wenn bekannten Probleme mit der Komponente vorliegen, ist eine Re-Engineering-Komponente, die die nachfolgend aufgelisteten Kriterien erfüllt, akzeptabel.

E.5.1 Reverse-Engineering-Komponenten

Wenn der Eigentümer ein Probeteil bereitstellt, auf dessen Grundlage die Reverse-Engineering-Komponente modelliert werden soll, sollte der Eigentümer sich darüber im Klaren sein, dass die Komponente im Rahmen der metallurgischen Analyse geschädigt/zerstört werden könnte, um die Komponente präzise zu quantifizieren. Um präzise Komponenteneigenschaften per Reverse-Engineering zu erreichen, sind statistisch gesehen mindestens sechs neue Teile erforderlich.

Das/die Probeteil(e), aus dem/denen die Reverse-Engineering-Komponente abgemessen werden soll(en), sollte(n) über die korrekten Abmessungen verfügen und innerhalb der entsprechenden Toleranzen liegen. Es sollten 3D-Messungen durchgeführt werden. Dabei sollten reproduzierbare Messverfahren wie Laser, Weißlicht, Computertomographie (CT) oder Röntgenverfahren verwendet werden.

Alle in der Komponente, der Beschichtung (falls erforderlich) und in den Unterbaugruppen-Komponenten verwendeten Legierungen sollten per Spektralanalyse oder ähnlichem Verfahren identifiziert und repliziert werden. Alle erforderlichen und geeigneten metallurgischen Oberflächen sollten identifiziert und einbezogen worden sein.

Sämtliche Abweichungen von den Standards des Originalherstellunternehmens, z. B. alternative Legierungen oder andere Materialien, sollten bewertet werden. Vor ihrer Verwendung in der Auslegung sollte festgestellt werden, ob sie akzeptabel sind.

Bei der Ausarbeitung metallurgischer und weiterer relevanter technischer Spezifikationen für den Erwerb der Reverse-Engineering-Komponenten sollten entsprechende Fachkräfte (entweder interne oder externe) zu Rate gezogen werden.

E.5.2 Re-Engineering-Komponenten

Wenn bei einer Komponente während des Betriebs wiederkehrende Mängel (z. B. Ausfälle) auftreten, sollte ein alternatives Dienstleistungsunternehmen die Komponente umrüsten (Re-Engineering), um diese Probleme zu beheben, bevor die Komponente neu gefertigt werden muss. Ein alternatives Dienstleistungsunternehmen kann eine Komponente auch deshalb umrüsten (Re-Engineering), um Patentverletzungen zu vermeiden.

E.5.3 Auslegungsprozess

Der Anbieter sollte potenzielle Ursachen für Mängel der Komponente anhand von Anlagenprüfungen, Labortests, Computermodellen usw. wie erforderlich analysieren.

Komponenten mit bekannten Mängeln sollten neu ausgelegt werden, um Mängel zu eliminieren. Dabei sollten moderne, allgemein anerkannte und aktuelle Analysewerkzeuge sowie Tests eingesetzt werden.

Die Auswirkung der neu ausgelegten Komponente(n) auf andere Komponenten und die Gesamtleistung des Motors sollten im Rahmen des Prozesses der Neuauslegung bewertet werden. Der Anbieter sollte über einen eingeführten Prozess mit dokumentierten Verfahren verfügen, die alle Schritte des Engineering-Auslegungsprozesses enthalten.

Der Anbieter sollte zustimmen, dem Eigentümer und FM die Auslegungsentscheidungen und alle Annahmen, die beim Re-Engineering oder der Durchführung von Modifikationen angewendet wurden, welche die vorhandene Anlagenleistung wesentlich verändern könnten, umfassend offenzulegen.

E.5.4 Validierungs-/Prüfprozess

Der Validierungsprozess des Anbieters für die Auslegungsänderungen sollte die Überprüfung der Spielräume der Resonanzfrequenz enthalten.

Der Anbieter sollte über Testkapazitäten verfügen, um zu belegen, dass die Re-Engineering-Komponente(n) wie gewünscht für den vorgesehenen Zweck funktioniert/funktionieren. Eine neu ausgelegte Komponente oder Gruppe von Komponenten sollte sich nicht wesentlich auf die verbleibenden Teile der Anlage auswirken, es sei denn, es wurde eine Analyse an allen betroffenen Komponenten durchgeführt, die aufzeigt, dass es unter keinen Betriebsbedingungen zu negativen Auswirkungen auf die betroffenen Komponenten kommt.

Neu ausgelegte Komponenten sollten Prüfungen unterzogen werden. Dabei sollten wie erforderlich zusätzliche Instrumente verwendet werden, um die Leistung der neuen Auslegung zu bewerten.

Es sollten zusätzliche regelmäßige Inspektionen durchgeführt werden, bis belegt ist, dass die Komponente für die Betriebsumgebung und die Anwendung innerhalb der Anlage geeignet ist und das angestrebte Reparatur- und Austauschintervall für die Komponente erreicht ist.

E.5.5 Fertigungsprozess

Der Komponentenanbieter sollte über ein dokumentiertes Programm zur Qualitätssicherung/-kontrolle verfügen, dass dem Eigentümer zur Einsicht vorliegt.

Das Programm zur Qualitätssicherung/-kontrolle sollte präzise Informationen dazu enthalten, wie das Teilelieferunternehmen die Qualität aller von Subunternehmen aller Stufen (einschließlich der Anbieter von Rohmaterialien) durchgeführten Arbeiten überwacht und gewährleistet.

Das Teilelieferunternehmen sollte garantieren, dass es seine Materialspezifikationen einhält und alle Materialzeugnisse gemäß dem Programm zur Materialidentifizierung vollständig nachverfolgbar sind.

Das Teilelieferunternehmen sollte dem Eigentümer kritische Daten zur Herstellung zur Durchsicht vorlegen, z. B. die chemische Analyse der Stammschmelze, Röntgenbilder in hoher Auflösung, Zertifizierungsnachweise und Analysen zu Verbindungs- und Deckschichten für alle verwendeten Beschichtungen (falls erforderlich) und die Dokumentation der Wärmebehandlung mit Zeit bei Temperatur.

E.6 Upgrades/Austausch von industriellen Steuerungssystemen (ICS)

Das industrielle Steuerungssystem sollte umfassende, verlässliche, moderne Kontroll-, Überwachungs-, Sequenzierungs- und Notfallschutzfunktionen für die Anlage bereitstellen.

Das Dienstleistungsunternehmen sollte gängige Branchenstandards, anerkannte technische Methoden, Prozesse und Verfahren einhalten.

Das Dienstleistungsunternehmen sollte über ausführliche Kenntnisse des spezifischen Anlagenmodells und der kontrollierten Konfiguration verfügen.

Das Dienstleistungsunternehmen sollte die Stärken und Schwächen der verwendeten Steuerungsplattform kennen, einschließlich Antwortzeit und Abtaste. Das Dienstleistungsunternehmen sollte darlegen können, welche Vorteile die angebotene Steuerungsplattform gegenüber dem auszutauschenden System hat, und in der Lage sein, mögliche erkannte Schwachpunkte des neuen Systems korrigieren zu können.

Das Dienstleistungsunternehmen sollte die bekannten Fehlermodi der angebotenen Steuerungs-Hardware kennen. Es sollte Kenntnisse darüber haben, wie diese Fehlermodi sich äußern und welche Schutzmaßnahmen dagegen ergriffen werden können.

Das ICS sollte alle vom Originalherstellunternehmen der Anlage empfohlenen Schutzsysteme enthalten.

In den Schutzsystemen sollten ausreichende Redundanzen vorhanden sein, damit eine Anlage nicht bei einem singulären Ausfall auslöst oder das Auslösen der Anlage verhindert wird.

Systemdiagnosen sollten ein wesentlicher Bestandteil der ICS sein. An den Engineering- und Bedienstationen sollten die automatische Erkennung und Ortsbestimmung von Fehlern an Instrumenten und Steuerungssystemen möglich sein. Für jeden Gerätefehler sollte es einen entsprechenden Fehleralarm geben.

Das neue/geänderte System sollte in der Lage sein, die Schutzsysteme zu prüfen. Wenn die vorgeschlagenen Systeme über „Selbstdiagnosefunktionen“ verfügen, sodass separate Prüfungen als nicht erforderlich erachtet werden, sollte der Anbieter entsprechende Dokumentationen vorlegen, um zu belegen, dass die Selbstdiagnosefunktionen ausreichend sind, um keine separate Prüfungen der Systemkomponenten durchführen zu müssen.

Im Rahmen des Inbetriebnahmeprozesses sollten umfassende Zwischenabnahmeprüfungen (einschließlich der kritischen Hilfssysteme) durchgeführt werden, um sicherzustellen, dass das System wie vorgesehen funktioniert. Die Hardware sollte einem Funktionstest unterzogen werden, um die einwandfreie Funktion sicherzustellen.

Im Rahmen des Inbetriebnahmeplans sollten umfassende Endabnahmen (einschließlich der kritischen Hilfssysteme) durchgeführt werden, um sicherzustellen, dass das System wie vorgesehen funktioniert.

E.7 Servicevereinbarungen mit alternativen Dienstleistungsunternehmen

In einer Servicevereinbarung werden Bedingungen für die Lieferung von Ersatzteilen, die Aufarbeitung von Teilen, Inspektionsdienstleistungen, Außendienstleistungen, Überwachung und Diagnose, Bestandsmanagement und Vertragsmanagement festgelegt. Wenn eine Servicevereinbarung mit einem alternativen Dienstleistungsunternehmen abgeschlossen wird, sollten alle entsprechenden Aspekte aus dem Abschnitt „Richtlinien für ein Prüf- und Inspektionsprogramm für Dienstleistungen und Komponenten alternativer Dienstleistungsunternehmen“ dieses Datenblatts berücksichtigt werden.

Für infrage kommende alternative Dienstleistungsunternehmen sollte vor Abschluss einer Servicevereinbarung eine Prüfung der finanziellen und technischen Sorgfaltspflichten durchgeführt werden. Diese Sorgfaltspflichten sollten auch alle Subunternehmen umfassen, die im Rahmen der Servicevereinbarung Dienstleistungen erbringen oder Teile aufarbeiten.

Im Fall einer Zwangsabschaltung sollte der Anbieter zeitnah Teile und Dienstleistungen bereitstellen können.

Der Eigentümer sollte sich das Recht vorbehalten, Teile und Dienstleistungen vom Originalherstellunternehmen oder aus anderen Quellen zu beziehen, falls das alternative Dienstleistungsunternehmen die im Vertrag vereinbarten Leistungen nicht erfüllen kann.

Falls das Dienstleistungsunternehmen, mit dem die Servicevereinbarung abgeschlossen wurde, Teile von neuen alternativen Dienstleistungsunternehmen bezieht und es den Fertigungsprozess nicht direkt überwacht, sollte der Auftragnehmer der Servicevereinbarung ein Programm zur Gewährleistung der Qualität der Teile sowie zur Einhaltung der Richtlinien im Prüf- und Inspektionsprogramm eingeführt haben.

Wenn das Dienstleistungsunternehmen, mit dem die Servicevereinbarung abgeschlossen wurde, im Rahmen einer Pooling-Vereinbarung aufgearbeitete, gebrauchte oder auf dem „grauen Markt“ erworbene Komponenten liefert, sollte der Anbieter die Herkunft der Teile angeben (d. h. die Betriebshistorie seit der Originalfertigung und seit der letzten Reparatur sowie weitere wichtige Verlaufsparameter), um sicherzustellen, dass die Teile für den vorgesehenen Zweck der Anlage geeignet sind.

Der Eigentümer sollte sich das Recht vorbehalten, Dienstleistungen von Dritten (Auftragnehmern/Beratern) in Anspruch zu nehmen, um Unterstützung bei der Kontrolle von Abschaltungen, bei Aufarbeitungsprozessen oder im Falle eines Ausfalls bei der Ursachenanalyse zu erhalten.