

DIN EN 16991



ICS 03.100.01

Einsprüche bis 2016-07-27

Entwurf**Risikobasierte Inspektion (RBIF);
Deutsche und Englische Fassung prEN 16991:2016**

Risk based inspection framework (RBIF);
German and English version prEN 16991:2016

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2016-05-27 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfes besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal des DIN unter www.entwuerfe.din.de bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an natg@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/stellungnahme oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Technische Grundlagen (NATG), 10772 Berlin (Hausanschrift: Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin).

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 172 Seiten

DIN-Normenausschuss Technische Grundlagen (NATG)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN 16991:2016) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 319 „Instandhaltung“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom UNI gehalten wird.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 152-06-07 AA „Instandhaltung“ im DIN Normenausschuss Technische Grundlagen (NATG).

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung der prEN 16991 beigefügt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Für die in diesem Dokument zitierten Internationalen Normen wird im Folgenden auf die entsprechenden Deutschen Normen hingewiesen.

BS EN 60300-3-11	siehe	DIN EN 60300-3-11
ISO 14040	siehe	DIN EN ISO 14040
ISO 14044	siehe	DIN EN ISO 14044
ISO 22301	siehe	DIN EN ISO 22301
ISO 9000	siehe	DIN EN ISO 9000
IEC/ISO 31010	siehe	DIN EN 31010

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN 60300-3-11, Zuverlässigkeitsmanagement — Teil 3-11: Anwendungsleitfaden — Auf die Funktionsfähigkeit bezogene Instandhaltung

DIN EN ISO 14040, Umweltmanagement — Ökobilanz — Grundsätze und Rahmenbedingungen

DIN EN ISO 14044, Umweltmanagement — Ökobilanz — Anforderungen und Anleitungen

DIN EN ISO 22301, Sicherheit und Schutz des Gemeinwesens — Business Continuity Management System — Anforderungen

DIN EN ISO 9000, Qualitätsmanagementsysteme — Grundlagen und Begriffe

DIN EN 31010, Risikomanagement — Verfahren zur Risikobeurteilung

Risikobasierte Inspektion (RBIF)

Risk based framework (RBIF)

ICS:

Deskriptoren

Dokument-Typ:
Dokument-Untertyp:
Dokumentstufe:
Dokumentsprache: D

STD Version 2.8f

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	4
Einleitung	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	6
4 Abkürzungen	8
5 RBI-Rahmenplan	10
5.1 RBIF-Grundsätze	10
5.2 RBIF-Anforderungen	10
5.2.1 Allgemeine Anforderungen	10
5.2.2 Anlagen- und Prozessdokumentation	12
5.2.3 Personalanforderungen	12
5.2.4 Anforderungen zur Ausführung einer PoF-Analyse	13
5.2.5 Anforderungen zur Ausführung einer CoF-Analyse	15
5.2.6 Anforderungen an die Risikobeurteilung	17
5.3 RBIF innerhalb des übergreifenden Managementsystems	17
5.4 Kompatibilität mit anderen bekannten Herangehensweisen und Ansätzen	18
6 RBIF-Verfahren	18
6.1 Allgemeines	18
6.2 Anfängliche Analyse und Planung	20
6.2.1 Allgemeine Beschreibung und Anwendungsbereich	20
6.2.2 Anforderungen	24
6.2.3 Eingaben	24
6.2.4 Verfahrensweise	24
6.2.5 Ausgabe	25
6.2.6 Warnungen und Anwendbarkeitsgrenzen	25
6.3 Sammlung von Daten und Validierung	25
6.3.1 Allgemeine Beschreibung und Anwendungsbereich	25
6.3.2 Anforderungen	26
6.3.3 Eingaben	26
6.3.4 Verfahrensweise	28
6.3.5 Ausgabe	29
6.3.6 Warnungen und Anwendbarkeitsgrenzen	29
6.4 Risikoanalyse auf mehreren Ebenen (von der Früherkennung bis zur detaillierten Untersuchung)	30
6.4.1 Allgemeine Beschreibung und Anwendungsbereich	30
6.4.2 Risikoanalyse - Früherkennungsebene	31
6.4.3 Risikoanalyse - Detaillierte Beurteilung	33
6.5 Entscheidungsfindung und Aktionsplan	40
6.5.1 Allgemeine Beschreibung und Anwendungsbereich	40
6.5.2 Anforderungen	40
6.5.3 Eingaben	40
6.5.4 Verfahrensweise	41
6.5.5 Ausgabe	43
6.5.6 Warnungen und Anwendbarkeitsgrenzen	44

6.6	Ausführung und Berichterstattung.....	44
6.6.1	Allgemeines	44
6.6.2	Eingaben	45
6.6.3	Verfahrensweise	45
6.6.4	Ausgabe	48
6.6.5	Warnungen/Anwendbarkeitsgrenzen	48
6.7	Evergreening-Phase/Leistungsüberprüfung	48
6.7.1	Allgemeine Beschreibung und Anwendungsbereich	48
6.7.2	Anforderungen	49
6.7.3	Eingaben	49
6.7.4	Verfahrensweise	50
	Anhang A (informativ) Beurteilungen.....	53
A.1	Beispiel für eine Risikoanalyse auf mehreren Ebenen anhand der Energieindustrie.....	53
A.2	Beispiele für Früherkennung und detaillierte Risikobeurteilung.....	57
A.3	Risikobeurteilung während der Früherkennungsphase (Screening).....	62
A.4	Beispiel für eine Beurteilung der Schadensanfälligkeit	63
A.5	Beispiele für Wahrscheinlichkeits- und Konsequenzfaktoren einer qualitativen Analyse.....	64
A.6	Beispiele verschiedener Arten von Betriebsschäden und deren Spezifikationen.....	66
A.7	Beispiel für verschiedene Arten von Schäden und ihre Spezifikationen in Bezug auf die hierarchische Struktur der Anlage	67
A.8	Beispiel für eine Klassifikation der Art des Schadens gegenüber priorisierter Inspektionsmethoden.....	69
A.9	Beispiele zur Bestimmung der Ausfallwahrscheinlichkeit (PoF).....	72
A.10	Beispiele zur Bestimmung der Ausfallkonsequenzen (CoF)	73
A.11	Beispiel für Formeln und den Abbau von Komponenten, Strukturen und Systemen	83
A.11.1	Generisches Alterungsmodell.....	83
A.11.2	Allgemeine Beschreibung des Modells.....	84
	Literaturhinweise.....	86

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 16991:2016) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 319 „Instandhaltung“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom UNI gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Einleitung

Seit den späten 1990er Jahren unterliegen die Herangehensweisen an Inspektionen und Instandhaltungen in der Industrie einer Entwicklung von einem vorschreibenden und zeitbasierten Ansatz in eine risikobasierte Alternative. Dieser Trend wird offensichtlich durch den Wunsch vorangetrieben, Produktionszeiten zu steigern, ungeplante Ausfallzeiten aufgrund korrektiver Instandhaltungsmaßnahmen zu reduzieren und/oder solche Anlagenzustände zu unterbinden, die letztlich zu einem Ausfall oder zu einem unerwünschten Einfluss auf die Prozesssicherheit führen könnten.

Diese Europäische Norm bestimmt die maßgeblichen Elemente einer risikobasierten Beurteilung von Industrieanlagen in Übereinstimmung mit der Herangehensweise, die im Rahmen des Europäischen pränormativen Dokuments CWA 15740:2008 (Gültigkeit verlängert im Jahre 2011) entwickelt und dargelegt wurde, sowie dem entsprechenden RIMAP-Netzwerk: „Risk-Based Inspection and Maintenance Procedures for European Industry“ [2], [3]. Eines der Hauptziele dieses Projekts, sowie dieser Norm, ist die kosteneffizientere Gestaltung von Inspektions- und Instandhaltungsprogrammen in industriellen Anlagen während die Leistungsfähigkeit im Hinblick auf Zeit, Sicherheit, Gesundheit und Umweltschutz entweder auf gleichem Niveau gehalten oder sogar verbessert wird.

Dieses Dokument ist für Führungskräfte und Ingenieure bestimmt, welche die RBIM-Richtlinien (risikobasierte Inspektion und Instandhaltung, EN: „Risk-based Inspection and Maintenance“) in ihren jeweiligen Unternehmen der Energieindustrie, der Verfahrensindustrie, der Stahlindustrie und anderen relevanten Branchen umsetzen. Es ist darauf ausgelegt, in Verbindung mit anderen relevanten und international anerkannten Praktiken, nationalen Vorschriften und/oder Unternehmensrichtlinien angewandt zu werden. Das Dokument ist dazu gedacht, als gemeinsamen Referenzrahmen zur Formulierung der oben angesprochenen Richtlinien zu fungieren und bei der Entwicklung der entsprechenden Inspektions- und Instandhaltungsprogramme innerhalb der verschiedenen Industriezweige zu helfen.

Im Vergleich zu anderen Rahmenwerksdokumenten (wie beispielsweise API 580 [4]) wird dieses Dokument in zwei Hauptaspekte unterteilt:

- den Anwendungsbereich (andere, nicht auf verfahrenstechnische Anlage bezogene Gerätearten sind ebenfalls eingeschlossen); und
- die Kompatibilität mit EU-Vorschriften und führenden ISO-Normen (9000, 14000, 31000, 55000).

Es wird angenommen, dass der positive Einfluss und der Transfer von Branchenpraktiken, die aus der Verwendung dieses Dokuments und der geförderten Herangehensweise resultieren, von Vorteil für die europäische Industrie sind und zur Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit durch bessere Inspektions- und Instandhaltungspraktiken führen. Der Hintergrund der hier dargelegten RBIM-Methodik wird detaillierter durch das Projekt RIMAP beschrieben (Risk-based Inspection and Maintenance Procedures for European Industry) [5]. Im Rahmen dieses Projekts wurde die branchenunabhängige Methodik für die Chemieindustrie, petrochemische Industrie, Energieindustrie und Stahlindustrie basierend auf den Application Workbooks [6], [7] und [8] bestätigt.

1 Anwendungsbereich

Das Ziel dieser Europäischen Norm ist die Bereitstellung eines RBI-Rahmenplanes (RBIF, EN: „Risk-Based Inspection Framework“) und der grundlegenden Richtlinien für eine risikobasierte Inspektion und Instandhaltung (RBIM, EN: „Risk-Based Inspection and Maintenance“) in der Kohlenwasserstoffindustrie, chemischen Prozessindustrie, der Energieerzeugung und anderen Industrien.

Obgleich sich RBIF sowohl auf Inspektion als auch auf Instandhaltung bezieht, konzentriert sich dieses Dokument vornehmlich auf RBI und dessen Anwendbarkeit im Kontext der RBIM. Der RBIF unterstützt damit die Optimierung des Betriebs und der Instandhaltung, sowie das Integritätsmanagement von Anlagen.

Das Hauptziel dieser Europäischen Norm ist es, die Einführung von risikobasierten Inspektions- und Instandhaltungsprogrammen in industriellen Anlagen auf eine dokumentierte und effiziente Art und Weise zu erleichtern während gleichzeitig die selben rechtlichen Vorschriften eingehalten und die Leistungsfähigkeit hinsichtlich Zeit, Sicherheit, Gesundheit und Umweltschutz entweder beibehalten oder sogar verbessert wird.

Der RBIF befasst sich vornehmlich mit statischen Behälteranlagen (z.B. Tanks, Rohrleitungen), dynamischen/rotierenden Behälteranlagen (z.B. Pumpen, Turbinen, Ventile), sowie Druckbegrenzungsgeräten, kann aber auf andere Arten von Geräten und Anlagen, soweit angemessen, ausgeweitet werden. Er befasst sich vornehmlich mit Geräten, Anlagen und/oder Systemen, die sich bereits in ihrer aktiven Betriebsphase befinden, kann aber ebenso in der Gestaltungsphase zur Analyse und Bestimmung der Instandhaltungs- und Inspektionsstrategien oder in der Phase der Lebensverlängerung angewandt werden.

Der RBIF-Ansatz kann auch dazu verwendet werden, sicherzustellen, dass Zielsetzungen hinsichtlich Gesundheit, Sicherheit und Umwelt erfüllt werden, unter der Voraussetzung, dass rechtliche Anforderungen umgesetzt und die notwendigen Maßnahmen ergriffen werden.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

Nicht anwendbar.

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1 Risiko

Kombination der Wahrscheinlichkeit eines Schadenseintritts und seines Schadensausmaßes¹⁾²⁾

(QUELLE: ISO/IEC Guide 51:2014)

-
- 1) Die Auftretenswahrscheinlichkeit umfasst die Aussetzung gegenüber einer gefährlichen Situation, die Wahrscheinlichkeit eines gefährlichen Ereignisses und die Möglichkeiten, den Schaden zu begrenzen.
 - 2) Andere Definition, z. B. jene der ISO 31000 werden anerkannt, aber nicht praktisch in diesem Dokument verwendet.

3.2

Risikomanagement

koordinierte Aktivitäten, um eine Organisation in Bezug auf Risiken zu leiten und zu steuern³⁾

(QUELLE: ISO Guide 73:2009, ISO 31000:2009)

3.3

Inspektion

Teil der Instandhaltung, die von einer aktiven Instandhaltungsaufgabe gefolgt sein kann, die dazu dient, die Verfügbarkeit einer Einheit wiederherzustellen oder aufrechtzuerhalten

3.4

Instandhaltung

Kombination aller technischen und administrativen Maßnahmen sowie Maßnahmen des Managements während des Lebenszyklus einer Einheit, die dem Erhalt oder der Wiederherstellung ihres funktionsfähigen Zustands dient, sodass sie die geforderte Funktion erfüllen kann⁴⁾

(QUELLE: EN 13306:2010)

3.5

präventive Instandhaltung

Instandhaltung, ausgeführt in festgelegten Abständen oder nach vorgeschriebenen Kriterien zur Verminderung der Ausfallwahrscheinlichkeit oder der Wahrscheinlichkeit einer eingeschränkten Funktionserfüllung einer Einheit⁵⁾

(QUELLE: EN 13306:2010)

3.6

korrektive Instandhaltung

Instandhaltung, ausgeführt nach der Fehlererkennung, um eine Einheit in einen Zustand zu bringen, in dem sie eine geforderte Funktion erfüllen kann

(QUELLE: EN 13306:2010)

3.7

risikobasierte Inspektion

RBI

Risikobeurteilung und Managementprozesse, um Inspektionen in einer strukturierten und dokumentierten Art und Weise zu planen, umzusetzen und zu bewerten

3) Systematische Anwendung von Managementrichtlinien, Verfahren und Praktiken zur Analyse, Auswertung und Steuerung von Risiken

4) Instandhaltung einer Anlage, bevor der Abbau einen Punkt erreicht, an dem ein Versagen der Anlage die Folge ist. Die Instandhaltung kann in zeitbasierte (nach bestimmten Intervallen) oder zustandsbasierte (nach Zustand des Objekts) Maßnahmen getrennt sein. Beide Arten der präventiven Instandhaltung können auf präskriptiven, gesetzlichen oder risikobasierten Anforderungen beruhen.

5) Wird zur Mäßigung eines unerwünschten Zustands eingesetzt, beispielsweise eines Lecks oder dem Abflocken einer Beschichtung. Bei Geräten mit niedrigen Ausfallkonsequenzen kann ein Betrieb bis zum Ausfall, gefolgt von einer Reparatur, eine akzeptable Strategie zur korrektiven Instandhaltung sein

3.9

zuverlässigkeitsorientierte Instandhaltung

Methode zur Identifikation und Auswahl von Richtlinien des Fehlermanagements, um effizient und effektiv die erforderliche Sicherheit und Verfügbarkeit zu erreichen und einen wirtschaftlichen Betrieb zu ermöglichen [9]

3.10

Ausfallwahrscheinlichkeit

Wahrscheinlichkeit, mit der ein Ereignis vermutlich innerhalb der betrachteten Zeitspanne eintritt [10]

3.11

Ausfallkonsequenz

Konsequenzen eines Ausfalls, die beispielsweise als Beeinträchtigung der Sicherheit des Personals, wirtschaftliche Verluste und Schäden an der Umwelt ausgedrückt werden können [11]

3.12

Evergreening

dynamischer Prozess der Aufzeichnung und Analyse von Daten, wobei diese immer in Anbetracht der momentanen Situation aktualisiert und auf relevantem Stand gehalten werden

4 Abkürzungen

Tabelle 1 — Abkürzungen

Abkürzung	Definition
ALARP	So niedrig wie vernünftigerweise machbar (en: As Low As Reasonably Practicable)
API	American Petroleum Institute
ASME	American Society of Mechanical Engineers
CAD	Rechnerunterstütztes Konstruieren (en: Computer Aided Design)
CAM	Rechnerunterstützte Fertigung (en: Computer Aided Manufacturing)
CMMS	Instandhaltungsplanungs- und -steuerungssystem, dt. auch „IPS“ (en: Computerized Maintenance Management System)
CML	Ort der Zustandsüberwachung (en: Condition Monitoring Location)
CoF	Ausfallkonsequenz (en: Consequence of Failure)
CUI	Korrosion unter der Isolierung (en: Corrosion under Insulation)
FME(C)A	Fehlermöglichkeits- und -einflussanalyse (en: Failure Mode, Effects (Criticality) and Analysis)
HAZOP	Risiko- und Betriebsbereitschaft (en: HAZard and OPerability)
HCF/LCF	Langzeitermüdung/Kurzzeitermüdung (en: High Cycle Fatigue/Low Cycle Fatigue)
HFF/LFF	Hoher Fluidströmung/niedrige Fluidströmung (en: High Fluid Flow/Low Fluid Flow)
HS(S)E	Gesundheit, Sicherheit (Betriebsschutz) und Umwelt (en: Health, Safety (Security) and Environment)
HSE	Gesundheit, Sicherheit und Umwelt (en: Health, Safety and Environment)
H&S	Gesundheit und Arbeitsschutz (en: Health and Safety)
HT	Hohe Temperatur (en: High Temperature)
IOW	Integritätsbetriebsfenster (en: Integrity Operating Window)

Abkürzung	Definition
IPF	Instrumentenschutzfunktion (en: Instrument Protective Function)
KKS	Kraftwerk-Kennzeichensystem
KPI	Leistungskennzahl (en: Key Performance Indicators)
LoF	Ausfallwahrscheinlichkeit (en: Likelihood of Failure) ANMERKUNG Wird in manchen Fällen auch als PoF (en: Probability of Failure) bezeichnet.
LoPC	Verlust der primären Eindämmung (en: Loss of Primary Containment)
MEI	Prüfung der Instandhaltungsausführung (en: Maintenance Execution Inspection)
MOC	Änderungsmanagement (en: Management Of Change)
MTBF	Durchschnittliche Betriebszeit zwischen Ausfällen (en: Mean Time Between Failures)
NCR	Abweichungsbericht (en: Non Conformity Report)
ZfP (en: NDT)	Zerstörungsfreie Prüfung (en: Non-Destructive Testing)
NII	Nicht-invasive Prüfung (en: Non-Intrusive Inspection)
P&ID	Prozess- und Instrumentierungsdiagramm (en: Process and Instrumentation Diagram)
PHA	Prozesssicherheitsanalyse (en: Process Hazard Analysis)
POD	Entdeckungswahrscheinlichkeit (en: Probability of Detection)
PoF	Ausfallwahrscheinlichkeit (en: Probability of Failure) ANMERKUNG Wird in manchen Fällen auch als LoF (en: Likelihood of Failure) bezeichnet.
PRV	Druckentlastungsventil (en: Pressure Relief Valve)
QS (en: QA)	Qualitätssicherung (en: Quality Assurance)
QRA	Quantitative Risikobeurteilung (en: Quantitative Risk Assessment)
RBI	Risikobasierte Inspektion (en: Risk Based Inspection)
RBIF	Rahmenplan zur risikobasierten Inspektion (en: Risk Based Inspection Framework)
RBIM	Risikobasierte Inspektion und Instandhaltung (en: Risk Based Inspection and Maintenance)
RBM, RBLM	Risikobasierte Instandhaltung, Risikobasiertes Lebensmanagement (en: Risk-Based Maintenance und Risk-Based Life Management)
RBWS	Risikobasierte Arbeitsauswahl (en: Risk Based Work Selection)
RC(F)A	Fehler-Ursachen Analyse (en: Root Cause (Failure) Analysis)
RCM	Zuverlässigkeitsorientierte Instandhaltung (en: Reliability Centered Maintenance)
RIMAP	Verfahrensabläufe der risikobasierten Inspektion und Instandhaltung (en: Risk Based Inspection and Maintenance Procedures)
VIB	Schwingung (en: Vibration)

5 RBI-Rahmenplan

5.1 RBIF-Grundsätze

Der risikobasierte Ansatz muss eine interdisziplinäre technische Analyse anwenden, um sicherzustellen, dass die Zielsetzungen hinsichtlich Gesundheitsschutz, Betriebssicherheit, Geschäftsbetrieb und Umweltschutz erreicht werden. Diese Zielsetzungen müssen durch die Einführung optimierter Programme zur Inspektion, Überwachung und Instandhaltung basierend auf der entsprechenden risikobasierten Methodik erreicht werden, welche die folgenden Aspekte betreffen:

- Planung der primären Arbeitsergebnisse von RBI-Beurteilungen und eines Managementansatzes in der Hinsicht, dass Risiken auf System- und/oder Geräteebeene entsprechend gesteuert und Risiken aus der Perspektive Gesundheit/Sicherheit/Umwelt (HSE), sowie die Standpunkte in Sachen Wirtschaftlichkeit und Geschäftsbetrieb berücksichtigt werden;
- Definition der RBI-Methodik in einem Rahmenplan, welcher die Anforderungen der guten Ingenieurpraxis und die industriellen Normen hinsichtlich des Umgangs mit Gefahrgütern und deren Einhausung erfüllt;
- Definition der Mindestanforderungen, um rechtliche oder normative Vorschriften und Richtlinien zu erfüllen.

5.2 RBIF-Anforderungen

5.2.1 Allgemeine Anforderungen

Die allgemeinen Anforderungen an den Rahmenplan zur risikobasierten Inspektion sind:

- die Zielsetzungen und Risikokriterien müssen klar definiert sein;
- die Beurteilung und die angewandten Verfahrensweisen müssen den örtlich vorherrschenden gesetzlichen und regulatorischen Anforderungen entsprechen;
- ein ausreichendes Maß an Eingabeinformationen muss für die Beurteilung verfügbar sein;
- die Beurteilung muss durch ein interdisziplinäres Team, bestehend aus Personal mit den geeigneten Kompetenzen und Qualifikationen, durchgeführt werden;
- die Integrität und Sicherheitsbeurteilung sowie die angewandten Verfahrensweisen müssen Ergebnisse liefern, welche:
 - a) konservativer Natur sind; und
 - b) in einer Risikomatrix darstellbar, sowie prüffähig sind und sowohl den Zielsetzungen, als auch den angewandten Risikokriterien zur Unterstützung der RBI-Planung und Entscheidungsfindung am Zielsystem oder der Zielkomponente entsprechen;
- die Beurteilung muss die echten Bedingungen in der Anlage widerspiegeln und stets auf aktuellem Stand gehalten werden (vgl. Evergreening);
- das Veränderungsmanagement muss einer akzeptierten und anerkannten Norm wie beispielsweise ISO 9000 entsprechen; und
- im Falle, dass Computer-Modelle verwendet werden, müssen diese Modelle validiert werden.

Der RBI-Prozess wird in eine Hauptebene sowie in eine Inspektions- und Instandhaltungsstrategieebene unterteilt. Die Hauptebene wird in Bild 1 dargestellt und berücksichtigt folgende Faktoren:

- die Gelegenheit, Fehlerquellen zu beseitigen;
- das Risiko, welchem das Personal bei Ausführung der Inspektion und Instandhaltung ausgesetzt ist; und
- das Risiko, neue Ausfallursachen oder Fehlerquellen zu verursachen, bei dem Versuch die vorherigen Fehler zu eliminieren.

In Fällen, wo es nicht möglich ist, die Inspektions- und Instandhaltungsstrategie zu ersetzen, können technische (z. B. Robotertechnik) oder organisatorische (z. B. Fortbildungen) Maßnahmen zur Reduzierung des Risikos und der Vermeidung des Verursachens neuer Ausfälle eingeführt werden.

Die Entscheidungslogik dient drei wichtigen Zwecken:

- der Sicherstellung der systematischen Auswertung der Erfordernis von inspizierenden Instandhaltungsmaßnahmen;
- der Sicherstellung der Konsistenz der Auswertung zwischen verschiedenen Einheiten, Anlagensystem und ähnlichen Einheiten an verschiedenen Orten; und
- der Vereinfachung der Dokumentation der erzielten Schlussfolgerungen.

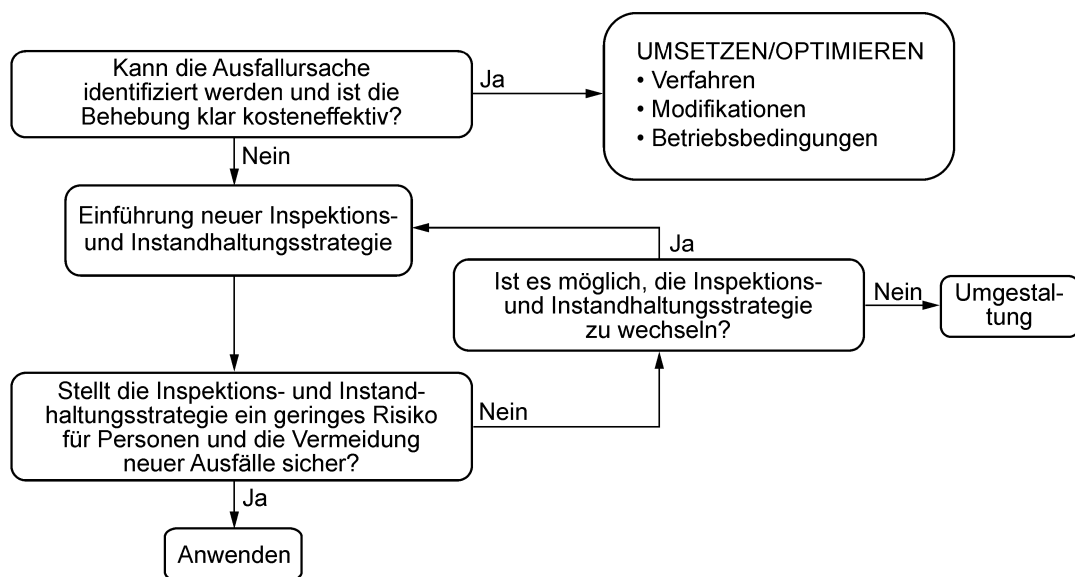


Bild 1 — Die Hauptebene des entscheidungsfindenden Rahmenplans

Nachdem die Inspektions- und Instandhaltungsstrategie bestimmt wurde, müssen die Methoden, Intervalle und das Ausmaß der Inspektionen festgelegt werden, damit Risiken in einem annehmbaren Rahmen bleiben und Kosten optimiert werden (ALARP). Dies wird erreicht, indem Maßnahmen zur Risikominderung für jene Einheiten, welche die Annahmegrenzen überschreiten und, in Fällen wo dies anwendbar ist, Minderungsmaßnahmen, wie Inspektionen und Instandhaltungen, für Einheiten, die während des Beurteilungszeitraums unterhalb dieser Grenzen bleiben, eingeführt werden. Der risikomindernde Effekt von alternativen Maßnahmen sowie die Kosten dieser Maßnahmen müssen festgelegt werden.

Die Ansätze und Methoden im RBIF sollten mit den allgemeinen Anforderungen aus den grundlegenden ISO-Normen, wie der ISO 9000-Reihe, der ISO 14000-Reihe, ISO 55000 und insbesondere der ISO 31000-Reihe (IEC/ISO 31010, ISO/IEC Guide 51, ISO Guide 72, ISO Guide 73) entsprechen. Andere Normen, mit denen der RBIF ebenso kompatibel sein sollte, sind EN 13306, OHSAS 18001, ISO 22301 und ISO/IEC 17020.

5.2.2 Anlagen- und Prozessdokumentation

Die Zuweisung eines risikobasierten Inspektionsplans für Druckgeräte muss einem genau definierten, gründlichen und logischen Prozess folgen, der sicherstellt, dass alle relevanten Informationen berücksichtigt wurden. Andernfalls können kritische Faktoren übersehen werden.

Der RBI-Prozess muss in einem schriftlichen Verfahren klar dokumentiert werden. Dieses Dokumentationsverfahren muss referenziert und kontrolliert werden. Das Verfahren muss alle Schritte des Risikobeurteilungsprozesses definieren. Das Verfahren muss im Detail erklären, wie Gefährdungen für jedes System oder jede Einheit definiert werden, wie die Ausfallwahrscheinlichkeiten und Ausfallkonsequenzen festgestellt werden und wie diese Informationen dazu verwendet werden, um Risikograde und Inspektionspläne zu bestimmen.

Es ist von grundlegender Wichtigkeit, dass alle RBI-Beurteilungen genau dokumentiert werden, einschließlich aller Faktoren, welche die endgültige Risikobeurteilung beeinflussen. Das Mindestmaß an Dokumentation muss folgendes umfassen:

- die Teammitglieder, welche die Beurteilung durchgeführt haben und deren Kompetenzen;
- das Intervall bis zur erneuten Beurteilung;
- die Faktoren anhand derer das Risiko bestimmt wurde;
- jegliche Annahmen, die während der Beurteilung gemacht wurden;
- die Ergebnisse der Risikobeurteilung (ungeminderte Risikograde);
- die notwendigen Aktionen, um die neuen, geminderten Risikograde zu erreichen; und
- optional, die Ergebnisse der Risikobeurteilung für die geminderten Risikograde.

Diese Dokumentation ermöglicht die regelmäßige Überprüfung der Risikobeurteilungen, sowie die Revision dieser basierend auf Änderungen am Prozess, aktualisierten Inspektionsinformationen und anderen neuen Informationen.

5.2.3 Personalanforderungen

Der Rahmenplan zur risikobasierten Inspektion erfordert kompetentes Personal auf allen Ebenen sowie geeignete Routinen zur Ausführung der Beurteilung. Das RBI-Programm muss das Personal definieren, das mit allen Stufen der Risikobeurteilung betraut sein wird, einschließlich der erforderlichen Qualifikationen, der Ausbildung, sowie dem anlagenspezifischen Wissen und der Erfahrung des Personals. Die Schlüsselmitglieder des RBI-Teams sollten folgende Personen beinhalten:

- einen Teamleiter (Vermittler);
- einen Spezialisten für Werkstoffe und Schadensmechanismen mit ausreichender Qualifikation und Erfahrung, um den Prozess zu verstehen, Ausfallmechanismen zu prognostizieren und Einschränkungen von Inspektionsmethoden zu erkennen;
- einen Spezialisten für Inspektion und Instandhaltung;
- einen Spezialisten für Anlagenbetrieb und Prozesse;
- Personal zur Beurteilung der Zuverlässigkeit und der Risiken, Personal im Hinblick auf Umweltschutz, Gesundheitsschutz und Betriebssicherheit, sowie Personal für Finanz- und Geschäftsfragen; und
- einen externen Spezialisten, z. B. in einer regulierenden Kapazität.

Der Rahmenplan zur risikobasierten Inspektion muss über einen dokumentierten Prozess verfügen, der zur Beurteilung des Kompetenzniveaus des mit der Risikobeurteilung betrauten Personals dient und sicherstellt, dass das Team über das erforderliche Wissen und die Erfahrung verfügt, um eine sichere Beurteilung vorzunehmen.

Das Team muss über technisches Wissen und Erfahrung in Sachen risikobasierter Inspektion verfügen. Alle Personen, die am RBI-Programm beteiligt sind, müssen das Programm sowie die Auswirkungen der getroffenen Entscheidungen verstehen.

In bestimmten Fällen kann das Personal, je nach Art der Branche bzw. Industrie, besondere Kompetenzen benötigen. Außerdem können örtliche Gesetze und Richtlinien weitere Anforderungen hinsichtlich der Kompetenzen stellen. Die Zusammenstellung der Fähigkeits- und Erfahrungswerte der unterschiedlichen Personen im Team sollte wohl überlegt sein. Einzelne oder mehrere Fähigkeiten können auch von nur einer Person beherrscht sein, es wird aber an dieser Stelle hervorgehoben, dass die RBI-Planung eine Teamleistung darstellt und in der Regel einen Vermittler benötigt.

5.2.4 Anforderungen zur Ausführung einer PoF-Analyse

5.2.4.1 Allgemeine Anforderungen

Allgemeine RBIF-Anforderungen für PoF-Analysen (Analyse der Ausfallwahrscheinlichkeit) sind:

- 1) Einsatz anerkannter Modelle;
- 2) Konservatismus bei der Anwendung vereinfachter Ansätze;
- 3) Prüffähigkeit der Ergebnisse;
- 4) Kompetenzen;
- 5) Ansätze auf mehreren Ebenen (Früherkennung, detaillierte Untersuchungen, Bezug auf Anlagenhierarchie); und
- 6) weitere zu berücksichtigende Aspekte.

Diese Anforderungen werden im Folgenden detailliert beschrieben.

5.2.4.2 Einsatz anerkannter Modelle

Die Beurteilungsmethode zur Bestimmung der Ausfallwahrscheinlichkeit (PoF) muss gegenüber einem anerkannten (etablierten) Abbaumodell, welches allgemein in der frei zugänglichen Literatur verwendet, akzeptiert und auf welches verwiesen wird (z. B. Normen wie IEC/ISO 31010), verifiziert bzw. geprüft werden.

5.2.4.3 Konservatismus bei der Anwendung vereinfachter Ansätze

Die verfügbaren Methoden zur Bestimmung der Ausfallwahrscheinlichkeit können sich in ihren Detaillierungsgraden unterscheiden. Die Ergebnisse einer Risikofrüherkennung müssen im Vergleich zu den Ergebnissen einer detaillierten Analyse konservativer Natur sein. In anderen Worten: es darf dabei nur eine höhere oder gleiche Ausfallwahrscheinlichkeit im Vergleich mit einem detaillierteren Ansatz herauskommen.

5.2.4.4 Prüffähigkeit der Ergebnisse

Die Ergebnisse müssen durch ähnliche Experten prüffähig sein (Peer Review). Daher müssen die Methodik, die Eingabedaten, die Entscheidungskriterien und die Ergebnisse dokumentiert werden (die Ergebnisse dürfen in einem genehmigten Dokument aufgezeichnet werden).

5.2.4.5 Kompetenzen

Das RBI-Team muss die folgenden Kompetenzfelder umfassen, was schriftlich nachgewiesen werden muss: Inspektion, Instandhaltung, Werkstoffe und Schadensmechanismen, Prozesstechnologie, risikobasierte Inspektion, Durchführung (Betrieb) und Vermittlung. Für jedes dieser Kompetenzfelder muss eine bestimmte Anforderung hinsichtlich Kompetenz und Erfahrung definiert werden. Manche Kompetenzfelder können in einer einzelnen Person kombiniert werden.

5.2.4.6 Ansätze auf mehreren Ebenen (Früherkennung, detaillierte Untersuchungen, Bezug auf Anlagenhierarchie)

Qualitative, semi-quantitative oder quantitative Ansätze (die von einer Früherkennung zu einer detaillierten Untersuchung reichen) müssen angewandt werden. Die Verwendung von beschreibenden Begriffen, wie beispielsweise „sehr hoch“ oder „sehr niedrig“ kann nur dann erfolgen, wenn die Bedeutung (Erklärung) dieser Begriffe gegeben ist. Der Ansatz kann auf mehreren Ebenen erfolgen, sowohl in Sachen der qualitativen/quantitativen Bestimmung, als auch hinsichtlich der Anlagenhierarchie.

5.2.4.7 Weitere zu berücksichtigende Aspekte

Die Beurteilung der Ausfallwahrscheinlichkeit muss durch genau definierte Randbedingungen strukturiert sein. Sie sollte (um die Verwendung anderer/ähnlicher Ansätze für globale Unternehmen zu ermöglichen) auf eine solche Art und Weise durchgeführt werden, dass die folgenden Aspekte bei der Überwachung des Betriebs und der Identifikation der relevanten Abbaumechanismen berücksichtigt werden.

- Identifikation der anfälligen Abbaumechanismen;
- Festlegung realistischer (bestmögliche Schätzung) der Schadensquoten;
- Beurteilung der Auswirkungen des Inspektions- und Instandhaltungsprogramms in der Vergangenheit, sowie des für die Zukunft geplanten;
- Bestimmung des Vertrauensniveaus hinsichtlich der Schadensquote, z. B. unter Berücksichtigung der folgenden Aspekte:
 - a) Inspektionshistorie und Gültigkeit;
 - b) Prozessparameter und verfügbare Prozessdaten;
 - c) Abbaumodelle, deren Anwendbarkeit und Defizite; und
 - d) die Auswirkungen von Minderungsmaßnahmen, wie beispielsweise Neubeschichtungen;
- Bestimmung der Störanfälligkeit und/oder Beurteilung der Wahrscheinlichkeit, dass ein bestimmter Schadensumfang die Schadenstoleranz eines Geräts übersteigt und so zu einem Ausfall führt;
- Analyse möglicher Wechselwirkungen oder Synergieeffekte für alle Abbaumechanismen;
- Bestimmung der Ausfallwahrscheinlichkeit in Bezug auf das geplante Intervall bis zur nächsten Inspektion; und
- Bestimmung der Ausfallwahrscheinlichkeit in Bezug auf die Kriterien zur Risikoakzeptanz.

5.2.5 Anforderungen zur Ausführung einer CoF-Analyse

5.2.5.1 Allgemeines

Eine CoF-Beurteilung (Beurteilung der Ausfallkonsequenzen) muss mit einer ordentlichen Beschreibung des Systems oder der Einheit beginnen, welche vom RBI-Prozess betroffen ist. Relevante Informationen zum System, bzw. der Einheit, wie beispielsweise dem Ort, den Größendimensionen, den Werkstoffen und den Prozessdaten, wie der Temperatur, dem Druck, sowie Fluid- und Gaseigenschaften müssen jederzeit verfügbar sein.

Die eigentliche Analyse erfolgt in Anbetracht der relevanten Schadensmechanismen und Ausfallmodi des Systems oder der Einheit. Die Analyse sollte dann in einer glaubwürdigen Klassifikation der potenziellen Konsequenzen des entsprechenden Ausfallmodus gipfeln.

Um die Ausfallkonsequenzen zu beurteilen, müssen zumindest auch die Aspekte des Gesundheitsschutzes, der Betriebssicherheit und des Umweltschutzes berücksichtigt werden. Wird ein RBI-Prozess statt zur finanziellen Optimierung zur Sicherstellung des Gesundheitsschutzes, der Betriebssicherheit und des Umweltschutzes herangezogen, dürfen einzelne Aspekte (also der Gesundheitsschutz, die Betriebssicherheit und der Umweltschutz und/oder die geschäftlichen Konsequenzen) nicht gemittelt werden.

Ein potenziell gefährliches Ereignis führt nur dann zu Konsequenzen bezüglich der Gesundheit und Sicherheit von Personen, wenn sich diese zu jenem Zeitpunkt im Gefahrenbereich aufhalten und über keine Möglichkeit verfügen, die Gefährdung zu verhindern oder sich vor dieser zu schützen. Es ist daher unerlässlich, diese zwei „mindernde“ Faktoren bei der realistischen Beurteilung eines Ausfallmodus zu berücksichtigen.

Konsequenzwerte können aus bestehenden quantitativen Risikobeurteilungen oder anderen Analysen zur Risikobeurteilung, die sich mit den Konsequenzen einer Freisetzung befassen, abgeleitet werden. Die hauptsächlichen Anforderungen bezüglich Ausfallkonsequenzen (CoF) [12] im Rahmenplan für die risikobasierte Inspektion werden im Folgenden detailliert beschrieben:

- 1) Einsatz anerkannter Modelle;
- 2) Anforderungen an $\text{CoF}_{\text{Betriebssicherheit}}$;
- 3) Anforderungen an $\text{CoF}_{\text{Gesundheitsschutz}}$;
- 4) Anforderungen an $\text{CoF}_{\text{Umweltschutz}}$; und
- 5) Anforderungen an $\text{CoF}_{\text{Geschäftsbetrieb}}$.

Alle diese Anforderungen werden im Folgenden detailliert beschrieben.

5.2.5.2 Einsatz anerkannter Modelle

Die Beurteilungsmethode zur Bestimmung der Ausfallkonsequenzen (CoF) muss gegenüber einem anerkannten (etablierten) Konsequenzmodell, welches allgemein in der frei zugänglichen Literatur verwendet, akzeptiert und auf welches verwiesen wird, z. B. IEC/ISO 31010, verifiziert bzw. geprüft werden.

5.2.5.3 Anforderungen an $\text{CoF}_{\text{Betriebssicherheit}}$

Die Beurteilung der $\text{CoF}_{\text{Betriebssicherheit}}$ muss durch die verantwortlichen Behörden im Sinne der nationalen Rechtsvorschriften, falls notwendig, dokumentiert und genehmigt werden.

Die Methoden können auf mindestens einem oder mehreren der folgenden Aspekte beruhen (abhängig von der Art des Geräts und des Fluids):

- freigesetzter Massenstrom;
- Art der Freisetzung (augenblickliche Freisetzung der gesamten enthaltenen Menge oder Freisetzung in einer bestimmten Frequenz bei Leckverlust);
- Entflammbarkeit;
- Toxizität;
- freigesetzte Energie (Druck oder Wärme); und
- kinetische Energie der Projektile.

5.2.5.4 Anforderungen an CoF_{Gesundheitsschutz}

Die Beurteilung der CoF_{Gesundheitsschutz} muss durch die verantwortlichen Behörden im Sinne der nationalen Rechtsvorschriften, falls notwendig, dokumentiert und genehmigt werden.

Die Methoden können auf mindestens einem oder mehreren der folgenden Aspekte beruhen (abhängig von der Art des Geräts und der Freisetzung):

- Eigenschaften der Freisetzung, welche einen Einfluss auf die Gesundheit haben;
- freigesetzte Masse; und
- akute Wirkung auf Menschen oder langfristige Wirkung.

5.2.5.5 Anforderungen an CoF_{Umweltschutz}

- 1) Die Beurteilung der CoF_{Umweltschutz} muss durch die verantwortlichen Behörden im Sinne der nationalen Rechtsvorschriften, falls notwendig, dokumentiert und genehmigt werden.
- 2) Umweltauswirkungen müssen die Auswirkungen auf den Boden, die Luft, Oberflächenwasser und Grundwasser einschließen.
- 3) Die Methoden können auf mindestens einem oder mehreren der folgenden Aspekte beruhen (abhängig von der Art des Geräts und der Freisetzung):
 - Eigenschaften der Freisetzung, welche einen Einfluss auf die Umwelt haben;
 - freigesetzte Masse;
 - direkte und indirekte Auswirkungen auf Flora und Fauna; und
 - Sanierungsmaßnahmen.

5.2.5.6 Anforderungen an CoF_{Geschäftsbetrieb}

Die Beurteilung der CoF_{Geschäftsbetrieb} sollte dokumentiert sein.

Die finanziellen Auswirkungen aus dem Ausfall von Anlagen und dem Produktionsausfall müssen berücksichtigt werden. Schäden an Anlagen umfassen üblicherweise die Material- und Arbeitskosten für die Reparatur und/oder das Austauschen der Geräte. Kosten im Zusammenhang mit Produktwerten könnten z. B. sein: entgangene Einnahmen durch Produktionsausfälle wegen der Stilllegung und/oder dem Verlust der Eindämmung/Einhausung, geringere Margen im Falle von nicht spezifikationsgemäßen Produkten oder reduzierter Durchsatzmenge, Kosten für die Wiederaufbereitung, usw.

5.2.6 Anforderungen an die Risikobeurteilung

Alle Anforderungen hinsichtlich des Personals, der PoF-Beurteilung und der CoF-Beurteilung sind ebenso anwendbar auf die Anforderungen der Risikobeurteilung [13]. Zusätzlich müssen auch die folgenden Anforderungen bei der Ausführung von Risikobeurteilungen erfüllt werden.

- 1) Die Entwicklung eines Szenarios für jeden Ausfallmodus ist ein Schritt von kritischer Wichtigkeit. Hierzu sind diverse Techniken denkbar, so beispielsweise eine Fehlerbaumanalyse, ein Bayessches Netz, ein Ereignisbaum, Ursache-Wirkung-Methoden, Bow-Tie-Diagramme usw.;
- 2) PoFs und CoFs, die sich auf verschiedene Szenarien beziehen (z. B. verschiedene Ausfallmodi), dürfen nicht kombiniert werden, selbst wenn sich diese auf dasselbe Gerät beziehen;
- 3) Die Effizienz der risikomindernden Aktivitäten muss mit identifizierten Ausfallmodi in Verbindung stehen und die projizierte Risikominderung sollte abgeschätzt werden und/oder dem ALARP-Prinzip folgen.

5.3 RBIF innerhalb des übergreifenden Managementsystems

Die Entwicklung und Umsetzung eines Planes für die risikobasierte Inspektion und Instandhaltung (RBIM) benötigt Ressourcen, so zum Beispiel Personal, ausreichendes Budget, Ersatzteile und Dokumentationen. Die Leitung muss die Effektivität der risikobasierten Inspektion und Instandhaltung beurteilen, indem Leistungsindikatoren, wie die Vollständigkeit der Umsetzung, Lecks und Beinahe-Lecks, Verspätung, Zuverlässigkeit, Kosten und Risiken überwacht werden.

Die RBIM-Planung erfordert den Einsatz eines interdisziplinären Teams mit einer Vielzahl von technischen Kompetenzen. Die Leitung muss Zielsetzungen hinsichtlich der akzeptablen Risikograde im Rahmen von Inspektions- und Instandhaltungsaktivitäten identifizieren und definieren. Die Zielsetzungen sollten transparent sein und die übergreifenden Ziele des Unternehmens im Hinblick auf Gesundheitsschutz, Arbeitssicherheit, Produktion, Qualität, Ruf und Ansehen, usw. stützen. Die Zielsetzungen sollten auch den Anforderungen von nationalen und anderen normativen Vorschriften, sowie möglichen vertraglichen Anforderungen entsprechen.

Die RBIM-Strategie muss sicherstellen, dass risikomindernde Aktionen identifiziert und umgesetzt werden, bevor die Gesundheits-, Sicherheits- und Umweltrisiken (HSE), die mit dem Ausfall eines Geräts in Zusammenhang stehen, ein inakzeptables Maß erreichen. Wenn diese HSE-Risiken innerhalb der Toleranz liegen, bzw. akzeptabel sind, kann es dennoch sein, dass Maßnahmen zur Minderung der wirtschaftlichen und anderen unternehmerischen Risiken ergriffen werden müssen.

Der Rahmenplan zur risikobasierten Inspektion und Instandhaltung muss als Teil des übergreifenden Arbeitsprozesses zur Prüfung der Instandhaltungsausführung oder MEI (im Rahmen des Qualitätsmanagementsystems) aus Folgendem bestehen:

- der Definition der Zielsetzungen, Ziele und Anforderungen;
- der Einführung eines Inspektions- und Instandhaltungsprogramms;
- der Planung von Aufgaben und Aktivitäten im Zusammenhang mit Inspektion und Instandhaltung;
- der Ausführung von Arbeitsaufträgen;
- der Berichterstattung über Ausfälle und Zustände;
- der Beurteilung von technischen Zuständen;

- der Vorbereitung von Verbesserungsaufgaben;
- der Ausführung an Korrekturmaßnahmen;
- dem aktiven Asset-Managements;
- dem Änderungsmanagement;
- der Gewährleistung der sicheren Produktion;
- sicheren Arbeitspraktiken;
- Überprüfungen vor dem Anfahren;
- Notfallmaßnahmen und Kontrollen;
- Nachforschungen hinsichtlich eingetretener Zwischenfälle;
- Ausbildung; und
- Qualitätssicherung.

5.4 Kompatibilität mit anderen bekannten Herangehensweisen und Ansätzen

Der übergreifende RBIF-Ansatz ist generell kompatibel mit den meisten anderen wesentlichen risikobasierten Ansätzen, wie jene des API [4], VGB [14], ASME CRTD-41 [15] und ASME PCC-3-2007 [16] und für die ungefähr gleichen Zwecke vorgesehen. Aber, obgleich die Grundsätze weitestgehend ähnlich sind, wird der Anwender davor gewarnt, identische Ergebnisse zu erwarten. Es bestehen Unterschiede in Detailspekten, welche zu signifikanten Unterschieden bei Anwendung eines anderen Ansatzes auf dieselbe Anlage, den selben Fall oder dasselbe System führen können. Beispielsweise war CWA 15740:2008 im Gegensatz zu den meisten anderen bekannten Ansätzen ursprünglich darauf ausgelegt, prinzipiell branchenunabhängig zu sein und einen nahtlosen Transfer zwischen verschiedenen Analyseebenen (von der Früherkennung zur detaillierten Untersuchung) zu ermöglichen.

6 RBIF-Verfahren

6.1 Allgemeines

Das RBIF-Verfahren dient als Anleitung zur Entwicklung und Erhaltung eines risikobasierten Inspektions- und Instandhaltungsprogramms, das vorzugsweise in eine Umgebung höherer Güte, bzw. eine Risikomanagementumgebung integriert wird. Das Verfahren ist auf viele verschiedene Branchen/Industrien und auf verschiedene Arten von Geräten neben statischem Gerät (z. B. rotierenden Maschinen (RCM), Sicherheitssystemen (PF) und elektrischen Geräten/Instrumenten (RCM)) anwendbar. Die Schritte des Verfahrens sind dieselben für alle Fälle, selbst wenn die einzelnen Modelle oder Werkzeuge, die zur Beurteilung der Wahrscheinlichkeit oder der Konsequenz eines Ausfalls eingesetzt werden, zwischen den unterschiedlichen Anwendungen variieren.

Das Verfahren umfasst die folgenden Hauptschritte:

- 1) anfängliche Analyse und Planung;
- 2) Sammlung von Daten und Validierung;
- 3) Risikoanalyse auf mehreren Ebenen;
- 4) Entscheidungsfindung und Aktionsplan;
- 5) Ausführung und Berichterstattung; und
- 6) Leistungsüberprüfung und Evergreen-Phase.

Eine Übersicht der RBIM/RBI-Verfahren einschließlich RCM für Funktionsausfälle wird im Bild 2 dargestellt. Funktionsausfälle sind hier eingeschlossen, um darzustellen, dass RCM demselben Weg wie RBI folgt und eine proaktive Instandhaltungsplanung ergibt.

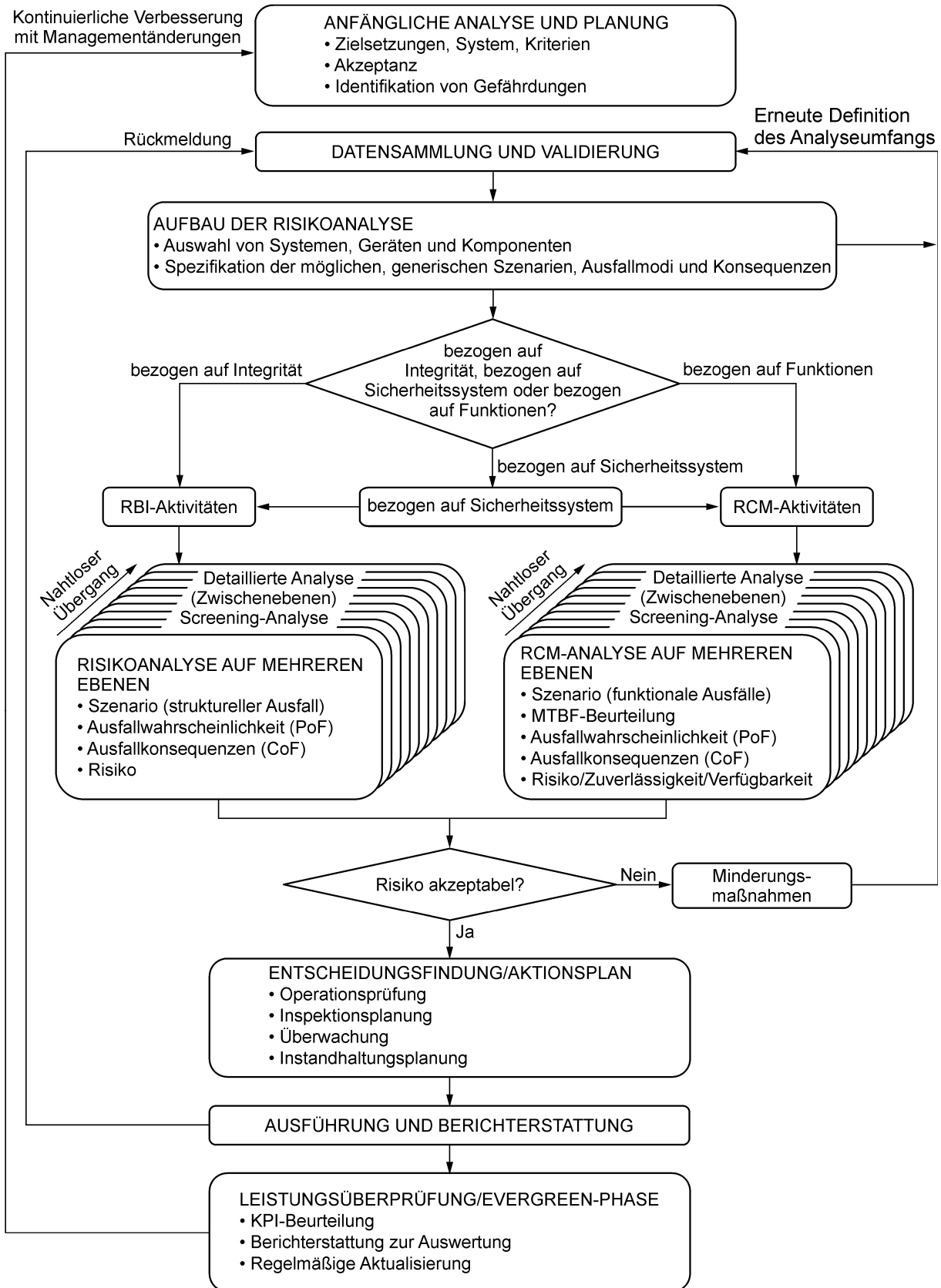


Bild 2 — Rahmenplan des RBIM-Verfahrens innerhalb des übergreifenden Managementsystems

6.2 Anfängliche Analyse und Planung

6.2.1 Allgemeine Beschreibung und Anwendungsbereich

6.2.1.1 Planung und anfängliche Analyse

Nachdem die Entscheidung gefasst wurde, eine risikobasierte Inspektion (RBI) am Standort oder in einer bestimmten Anlage oder einem bestimmten Bereich einzuführen, muss im ersten Schritt mit der Planung und der anfänglichen Analyse begonnen werden.

Diese Stufe besteht aus den folgenden Schritten, einschließlich jener, die durch die Leitung durchgeführt werden:

- 1) Definition von Zielsetzungen (z. B. Gesundheitsschutz- und Betriebssicherheitsziele im Unternehmen, Optimierung der Zeitplanung (Priorisierung) und Umfang der nächsten Inspektion);
- 2) Definition von Systemen, Subsystemen (Schleifen) und Komponenten, die zu berücksichtigen sind, sowie die entsprechenden Abgrenzungen (z. B.: Vorheizeinrichtung vom Eingang x zum Ausgang y [P&ID Nr. xyz] einschließlich Druckbehälter xyz, Wärmetauscher xyz, Pumpen xyz usw.);
- 3) Definition des Umfangs der Analyse einschließlich Betriebsbedingungen und Ausnahmesituationen, die abzudecken sind (z. B. Hochfahren/Herunterfahren, Störungen, Unfälle usw.) sowie den betroffenen Betriebszeitraum;
- 4) Definition der verfügbaren Datenquellen (z. B. Konstruktionsdaten, Gerätehistorie, Inspektionsdaten zur Komponente, PHA-Studien usw.);
- 5) Definition von zu berücksichtigenden Vorschriften;
- 6) Teamspezifikationen;
- 7) zu verwendende Werkzeuge (Software);
- 8) Genauigkeit der Akzeptanz der Methodik und der Zielsetzungen durch die relevanten Institutionen (z. B. Leitung und externe, zugelassene Stellen und Behörden).

In den folgenden Unterabschnitten werden diese Schritte im Detail beschrieben.

6.2.1.2 Definition der Zielsetzungen

In dieser Phase muss die Leitung messbare Zielsetzungen für die Beurteilung klar definieren und die vom Beurteilungsteam vorgeschlagene Verfahrensweise bestätigen. Diese Zielsetzungen sind größtenteils hinsichtlich der Auswirkungen auf Gesundheit, Sicherheit, Umwelt und den Geschäftsbetrieb definiert. Insbesondere muss die risikobasierte Inspektion und Instandhaltung bei Anwendung auf eine Anlage eine oder mehrere der folgenden Zielsetzungen betreffen:

- Erfüllung der Anforderungen der Gesundheitsschutz-, Betriebssicherheits- und Umweltschutzvorschriften durch Reduzierung der entsprechenden Risiken auf ALARP-Niveau oder niedriger;
- Verbesserung der Sicherheit und Zuverlässigkeit der Anlage;
- Optimierung der Kosten für Inspektionen und Instandhaltungen (möglicherweise auch der Produktion und Qualität); und
- Verlängerung der Gebrauchsdauer der Anlage, beispielsweise über die geplante Gebrauchsdauer hinaus und Umsetzung einer geeigneten Strategie zum Lebensende der Anlage (End-of-Life-Strategie).

6.2.1.3 Definition von Systemen, Subsystemen (Schleifen) und anderen zu berücksichtigenden Komponenten

Eine risikobasierte Analyse kann sich auf ein Netzwerk aus Anlagen, eine einzelne Anlage, bestimmte Systeme (Grundoperationen) einer Anlage, eine bestimmte Komponente oder sogar einen Teil einer Komponente beziehen. Der Eingabeschritt der vorbereitenden Arbeit dient der Definition der relevanten Systeme und/oder Subsysteme (Schleifen).

Systeme werden allgemein in Abhängigkeit der Funktionen (RCM), welche sie ausführen, definiert. Es gibt viele Wege ein System in Subsysteme aufzuteilen, um eine System-Komponenten-Hierarchie zu erstellen. Diese Subsysteme müssen kontrollierbar und bedeutsam sein, damit sie zur Beurteilung bestimmter Probleme dienen können, die mit ihnen im Zusammenhang stehen, z. B. sollten die Subsysteme bestimmten Abbaumechanismen, eingeschlossenen Fluiden, Prozessfunktionen, Prozessbedingungen, der Materialauswahl, dem gleichen Lagerbestand, usw. entsprechen. Der Detail-Grad der Systeme, der Ausrüstung und seiner Bauteile sowie deren Hierarchie kann je nach ausgewählter Methodologie (RBI/RCM) unterschiedlich sein.

Durch Aufteilung einer Prozesseinheit in Systeme usw. können Geräte zusammen einer Untersuchung unterzogen werden, sodass gegenüber der einzelnen Behandlung jedes Geräts Zeit gespart werden kann. Sofern die Risiken bezüglich jedes Geräts im System eine gemeinsame Anfälligkeit gegenüber Veränderungen der Prozessbedingungen zeigen, dann kann eine einzelne Untersuchung ein IOW mit den gleichen Variablen und Spannweiten für das gesamte System definieren [17]. Dies ist in diesem Falle eine praktische Art und Weise, den Abbau in einem System zu beschreiben, zu verstehen und zu überwachen. Jedes System und Subsystem muss bezüglich der Abgrenzungen klar definiert sein, d. h. wo das System anfängt/aufhört, welche Geräte und Komponenten inbegriffen sind usw.

Als Faustregel darf man aber nicht vergessen, dass auch das Risiko besteht, ein zu beurteilendes System zu breit zu definieren. Der Gesamtüberblick hinsichtlich Sicherheit und Integrität kann durch übermäßige Komplexität oder zu viele Informationen behindert werden, was zu Verwirrung und Fehldeutungen führt. Andererseits führt eine zu eng gefasste Definition dazu, dass man eher den Überblick über die Auswirkung eines Ausfalls oder einer Prozessstörung auf andere Subsysteme verlieren kann; siehe [18].

Um eine System-Komponenten-Hierarchie herzustellen, wird im weiteren Verlauf jedes Subsystem weiter in seine einzelnen Komponente und/oder Orte aufgeteilt, die einen Systemausfall betreffen könnten. Dieses „Auseinandernehmen“ muss fortgeführt werden, bis man bei den kleinsten Komponenten angelangt ist, für welche ausreichende Daten aus Inspektionen, Instandhaltungen und Ausfallhistorien entweder vorliegen oder gesammelt werden können.

6.2.1.4 Definition des Umfangs der Analyse

Für alle definierten Systeme (ab Eingabe) muss der Umfang der Analyse bestimmt werden, einschließlich der Betriebsbedingungen, der Lasten und Ausnahmesituationen, z. B. Störungen, sowie Betriebszeiträume, die abzudecken sind, usw.

6.2.1.5 Definition der verfügbaren Datenquellen

Die verfügbaren Datenquellen müssen identifiziert werden. Es sollte sichergestellt werden, dass zumindest die folgenden Informationen verfügbar sind:

- Konstruktionsdaten;
- Betriebsdaten; und
- historische Daten (Instandhaltungs- und Inspektionsaufzeichnungen), falls verfügbar/anwendbar.

Die Daten sollten in Anbetracht der Anforderungen der Anwendung (System oder Komponente), dem Umfang der Beurteilung, dem erwarteten Detaillierungsgrad (oder der akzeptablen Messunsicherheit) der Ergebnisse und des absehbaren zukünftigen Einsatzes abgestimmt sein.

Vor einer anfänglichen Analyse muss eine kurze Übersicht über die Anlage oder Einheit und dessen Betrieb im Ganzen dargelegt werden. Diese muss die folgenden Punkte umfassen:

- Prozess- und Betriebshistorie;
- spezifische Prozess- und Betriebsanforderungen für Anlageneinheiten des Anwendungsbereichs;
- Routinebetrieb;
- spezifische Begrenzungsfaktoren von Anlageneinheiten des Anwendungsbereichs;
- Faktoren, die zu anormalen und gestörten Bedingungen führen können;
- mögliche zukünftige Betriebs- und Prozessprobleme;
- potenzielle Abbaumechanismen und einflussreiche Prozessvariablen, sowie die üblichen Methoden zur Minderung;
- Übersicht über die Inspektionshistorie, einschließlich aller Reparaturen und Veränderungen; und
- MOC-Liste (Anlage, Feldveränderungen).

In Bereichen wo keine Daten existieren (z. B. bei der Inspektionshistorie, usw.), beispielsweise weil sich die Anlage oder Einheit noch in der Entwicklungsphase befindet, muss ein konservativer Risikoansatz basierend auf dem Sachverstand und der Erfahrung der RBI-Teams angewandt werden.

6.2.1.6 Definition von zu berücksichtigenden Vorschriften

Regulatorische Anforderungen, welche anzuwenden sind, müssen identifiziert werden. Anforderungen können die Qualifikation von Teammitgliedern, zu verwendende Softwarewerkzeuge (siehe 6.2.1.7 und 6.2.1.8 nachstehend), maximale Intervalle usw. betreffen.

6.2.1.7 Teamspezifikationen

Eine erfolgreiche risikobasierte Beurteilung erfordert kompetente technische Leistungen und die Perspektiven verschiedener Fachrichtungen oder Disziplinen. Dies ist nur durch eine Teamleistung möglich. Zur Vorbereitung der Verfahrensweise sollte der erforderliche Sachverstand des Teams definiert werden. Für gewöhnlich muss das RBI-Team über Kompetenzen in den folgenden Feldern verfügen:

- Inspektion und Instandhaltung;
- bestimmte gerätebezogene Fachrichtungen oder Disziplinen (z. B. Werkstoffe, Korrosion, Elektrik, Instrumentierung und Steuerung, ortsfeste und rotierende Maschinen usw.);
- Belange des Gesundheitsschutzes, der Betriebssicherheit und des Umweltschutzes;
- Anlagenbetrieb und Prozesse;
- Risikobeurteilung bezüglich Zuverlässigkeit und Geschäftsauswirkungen.

Zu Beginn muss der Auswahl der kompetenten Mitglieder des Teams und des RBI-Vermittlers viel Aufmerksamkeit gewidmet werden, da dies ein Kernelement zur Gewährleistung einer erfolgreichen risikobasierten Beurteilung ist. Auch ausgeklügelte Details in der Verfahrensweise oder andere Werkzeuge sind nicht in der Lage, Mängel und Defizite des eingesetzten Teams zu kompensieren, da dieses maßgeblich die Qualität der Eingabeinformationen, die vorhergesehenen Ausfallszenarien und die Schlussfolgerung aus der Beurteilung beeinflussen kann.

Die Durchführung risikobasierter Inspektionen und Instandhaltungen erfordert erfahrenes Personal auf allen Ebenen, sowie geeignete Routinen in Sachen Umsetzung (siehe 5.2.3).

Bei fehlender interner Erfahrung kann es sinnvoll sein, eine geeignete externe Ressource zu Rate zu ziehen. Dies kann sich auf Sachverstand bezüglich Zuverlässigkeit und Risikoanalysen beziehen, einzelne Fälle können aber auch spezielle Kompetenzen erfordern, so zum Beispiel in Sachen Abbaumechanismen oder Statistik. In jedem Falle sollte aber anlagenspezifisches Wissen intern zur Verfügung stehen.

Zusätzlich können, je nach Art der Industrie/Branche sowie örtlichen Regeln und Gesetzen bestimmte Personalanforderungen bestehen und gewisse Kompetenzen notwendig sein. Die Zusammenstellung der Fähigkeits- und Erfahrungswerte der unterschiedlichen Personen im Team muss wohl überlegt sein. Einzelne oder mehrere Fähigkeiten können auch von nur einem Teammitglied beherrscht sein, es wird aber an dieser Stelle hervorgehoben, dass die risikobasierte Inspektion eine Teamleistung darstellt.

6.2.1.8 Zu verwendende Werkzeuge

Im Allgemeinen ist es als unpraktisch zu betrachten, eine detaillierte Risikobeurteilung ohne die Unterstützung durch die entsprechenden Softwarewerkzeuge durchzuführen. Solche Softwarewerkzeuge werden zur Verwaltung der Eingabedaten und zur Durchführung der Risikobeurteilung, sowie zur Unterstützung der Entscheidungsfindung verwendet. Zusätzlich dienen computergestützte Systeme zur Lagerung der Daten und der Analyse der Ergebnisse, sowie anderer verbundenen Informationen für das nächste Mal, wenn wieder ein Bedarf nach einer Analyse besteht (Neubeurteilung). Die entsprechenden Softwarewerkzeuge finden weitverbreitete Anwendung bei der Handhabung großer Mengen an Eingabedaten, die bezüglich der zu beurteilenden Systeme gesammelt werden. In einem solchen Falle kann es zweckdienlich sein, ein Softwarewerkzeug zu verwenden, das in bestehende Datenerfassungssysteme beim Antragsteller integriert werden kann, z. B. solche, die für die Inspektion und Instandhaltung verwendet werden, obgleich dies nicht zwingend notwendig ist.

Das RBI-Team muss sicherstellen, dass die zu verwendende Software dem Anwendungsbereich und den Zielsetzungen für die Beurteilung entspricht und, dass die grundlegenden Analysemethoden den gesetzlichen Anforderungen vor Ort entsprechen.

6.2.1.9 Genauigkeit der Akzeptanz der Methodik

6.2.1.9.1 Allgemeines

In dieser Phase sollte das RBI-Team und die Anlagenleitung über eine ungefähre Vorstellung hinsichtlich des erforderlichen Engagements und der Ressourcen verfügen, die notwendig sind, um ein Verfahren erfolgreich umzusetzen und darüber, welcher Zeitrahmen für die Herleitung der Zwischenergebnisse und der endgültigen Beurteilungsergebnisse besteht.

Das verantwortliche Team muss alle notwendigen Maßnahmen einleiten, um sicherzustellen, dass die Verfahrensweise und die Zielsetzungen von den wesentlichen Interessensträgern, wie dem Anlagenbesitzer, der Anlagenleitung, den Behörden und den zuständigen notifizierten oder akkreditierten Stellen akzeptiert wird.

6.2.1.9.2 HSE-Risiko (Gesundheit/Sicherheit/Umwelt)

Die Metrik bezüglich risikobasierter Entscheidungen muss über Unternehmensnormen und/oder nationale Gesetzgebungen definiert werden. Für die Prozessindustrie im Allgemeinen werden drei verschiedene Risikokriterien verwendet:

- Gesundheit und Sicherheit des Arbeiters in der Anlage;
- Sicherheit von Dritten (Personen außerhalb der Grenzen der Anlage); und
- Umweltschäden, langfristiger und kurzfristiger Natur.

6.2.1.9.3 Geschäftsrisiken

Im Falle von Geschäftsauswirkungen werden keine absoluten Grenzen durch den regulatorischen Rahmenplan oder vergleichbare Praktiken gesetzt. Stattdessen müssen die Geschäftsauswirkungen, die mit dem beurteilten Risiko einhergehen mit den Wettbewerbsalternativen im finanziellen Sinne verglichen werden. Finanzielle Grenzen müssen durch die Anlagenleitung noch innerhalb der Anfangsstufe des Beurteilungsprozesses formuliert und dem RBI-Team mitgeteilt werden.

Die Risikoakzeptanzkriterien werden zur Ableitung der erforderlichen Inspektions- und Instandhaltungsaktivitäten innerhalb eines bestimmten Zeitraums verwendet. Für Abbaumechanismen, die sich mit der Zeit entwickeln, liefern die Abbaurate und die Akzeptanzgrenze eine obere Abgrenzung auf der Zeitskala für die präventive Instandhaltung und Inspektionsmaßnahmen. Für Abbaumechanismen, welche keinen Trends folgen und daher nicht prognostiziert werden können, verfügt die Akzeptanzgrenze über keine klare Zeitskala, allerdings muss nachgewiesen werden, dass diese verhindert (durch Planung) oder durch adäquate Maßnahmen (Inspektion, Instandhaltung, Betrieb) und Prozessüberwachung frühzeitig erkannt werden. Überdies muss auch die Effektivität der Inspektionsmethode zur Erkennung des Abbaus berücksichtigt werden.

6.2.2 Anforderungen

Das verantwortliche RBI-Team muss alle notwendigen Maßnahmen einleiten, um die Akzeptanz des RBI-Prozesses und dessen Zielsetzungen durch den Anlagenbesitzer und/oder die Anlagenleitung und die verantwortlichen Behörden zu gewährleisten.

6.2.3 Eingaben

Aus dem Betrachtungsstandpunkt der Anwendbarkeit und Genauigkeit heraus kann es sinnvoller sein, eine relativ gründliche Analyse eines kleineren, klar definierten Subsystems, als eine ungefähre Beurteilung eines weitaus größeren Subsystems auszuführen. Jedoch kann im ersten Schritt eine grobe Früherkennungsanalyse ebenfalls nützlich sein, um bestimmte Subsysteme für eine detailliertere Beurteilung zu lokalisieren [19]. Die funktionalen Grenzen eines Systems können von der Betriebsweise der Anlage abhängen.

6.2.4 Verfahrensweise

Das Ausbleiben der Unterstützung durch Interessensträger oder sogar Gleichgültigkeit hinsichtlich der Zielsetzungen und Verfahrensweisen der Beurteilung kann die Anwendbarkeit getroffenen Anstrengungen stark einschränken. Eine solche Unterstützung sollte als zwingend notwendig für eine aussagekräftige Beurteilung angesehen werden.

Zur Definition von glaubwürdigen Ausfallszenarien, sollte das zur Umsetzung des Verfahrens verantwortliche Team sich einig werden, was im Kontext ihrer Branche als Ausfall einer Einheit bzw. eines Geräts angesehen wird. Diese Aktivität sollte ein Anliegen des Unternehmens sein.

Wenn eine Anlage mit verschiedenen Modi betrieben wird, ist es notwendig, Ausfallkriterien zu definieren, welche die Spezifika jedes Betriebsmodus berücksichtigen.

6.2.5 Ausgabe

Die erwartete Ausgabe der vorbereitenden Arbeit muss Folgendes sein:

- die Auswahl eines angewandten Verfahrens, eines kompetenten Beurteilungsteams und unterstützende Werkzeuge;
- Definition der Systeme, die von Interesse sind, der Subsysteme (Schleifen), der Komponentenhierarchie und der Grenzen der Beurteilung;
- Zielsetzungen, Anwendungsbereich und Methoden der geplanten Anstrengung, sowie Bestätigung der Unterstützung durch die Interessensträger für jene;
- gesammelte regulatorische Anforderungen zur Definition der Grenzen der Beurteilung und der von den Ergebnissen betroffenen Entscheidungen; und
- gesammelte Kriterien für die Risikobeurteilung aus absehbaren Belangen des Gesundheitsschutzes, der Betriebssicherheit, des Umweltschutzes, des Geschäftsbetriebs und anderer Auswirkungen.

6.2.6 Warnungen und Anwendbarkeitsgrenzen

6.2.6.1 Allgemeines

Die wesentlichen Teile der Planung, einschließlich der Anforderungen, der Eingaben, der Verfahrensweisen und der Ausgaben betreffen Warnungen und Anwendbarkeitsgrenzen. Einige der häufigsten, sowie einige spezifische Probleme in Bezug auf ortsfeste Geräte werden nachstehend dargelegt.

6.2.6.2 Spezifische Probleme in Bezug auf ortsfeste Geräte

Viele statische Komponenten unterliegen verbindlichen nationalen Vorschriften, z. B. Druckgeräte und Lagerbehälter, welche Fluide beinhalten, die einer potenziellen giftigen Freisetzung unterliegen, Brände verursachen oder andere Umweltgefährdungen darstellen könnten. In solchen Fällen muss das zuständige Team über den notwendigen Sachverstand hinsichtlich dieser Vorschriften zum Zeitpunkt der Beurteilung verfügen. Bei diesen Vorschriften müssen oftmals HSE-Kriterien berücksichtigt werden. Die zugrundeliegenden potenziellen Gefährdungen sind oft maßgeblich für die Definition der innerhalb der Risikobeurteilung zu behandelnden Szenarien.

6.2.6.3 Spezifische Probleme in Bezug auf dynamische Komponenten (rotierende Maschinen)

Dynamische Komponenten, wie beispielsweise Turbinen, Pumpen, Motoren, Kompressoren, Generatoren, Ventilatoren, Ventile und Zahnräder sind oft signifikanten Belastungen während des Betriebs ausgesetzt und bestehen aus wichtigen Teilen kritischer Systeme oder Subsysteme. Sie sollten im Rahmen der Beurteilung in Übereinstimmung mit ihrem Anteil am Gesamtrisiko der beurteilten Einheit, des beurteilten Systems oder des Subsystems berücksichtigt werden.

Besonders dynamische Komponente können oftmals mehr als einen Betriebsmodus haben. Dies erfordert die Definition von spezifischen Ausfallraten und die Berücksichtigung jedes einzelnen Modus.

6.3 Sammlung von Daten und Validierung

6.3.1 Allgemeine Beschreibung und Anwendungsbereich

Die Sammlung und Organisation relevanter Daten und Informationen ist eine zwingende Voraussetzung für jede Art der risikobasierten Analyse. Viele dieser Daten beziehen sich beispielsweise auf die Konstruktion,

den Betrieb, Ausfallinformationen usw. Die Daten werden dazu verwendet, sowohl die Wahrscheinlichkeit, als auch die Konsequenzen (und daher das Risiko) eines Ausfallszenarios durch Analysemethoden, welche die Anforderungen des generischen RBI-Verfahrens erfüllen, zu beurteilen.

Informationen für eine risikobasierte Analyse können aus vielen Quellen verfügbar oder beziehbar sein. Jedoch kann die Qualität der Daten sehr vom bestimmten Fall abhängig sein. In Fällen wo wenige Daten verfügbar sind oder diese von schlechter Qualität sind, steigt die Unsicherheit der Risikoanalyse an. In solchen Fällen müssen die abgeleiteten Schlussfolgerungen und Beurteilungen in Bezug auf Konsequenzen und Wahrscheinlichkeiten eher konservativer Natur sein.

Vor dem Sammeln der Daten, muss das RBI-Team die Daten abschätzen, welche tatsächlich benötigt werden. Dies dient zum Teil dazu, die Sammlung von Daten mit der Analyse abzugleichen, andererseits aber auch dazu, den erforderlichen Aufwand in Anbetracht der Daten und Informationen, welche bereits verfügbar sind und der Daten, welche zusätzliche Arbeiten nach sich ziehen, abzuschätzen. Alle gesammelten Daten können in einem datenbankartigen System gespeichert werden, was die Beurteilung und zusätzlich das Aktualisieren und Prüfen von Prozessen, die einen wesentlichen Teil des RBI-Verfahrens darstellen, ermöglicht.

6.3.2 Anforderungen

Die gesammelten Daten müssen Folgendes umfassen:

- Daten auf Anlagenebene;
- Konstruktion und verfügbare Produktions- sowie Konstruktionsdaten;
- Betrieb;
- Instandhaltung und Inspektion;
- Sicherheitssysteme (z. B. Feuermeldeanlagen usw.);
- Forschung an anderen relevanten und international verfügbaren Erfahrungen; und
- geschäftsbezogene Wirtschaftsdaten (optional).

Zusätzlich zur Prüfung von Dokumenten, z.B. Prozessablaufdiagrammen, P&IDs, Aufzeichnungen zu Inspektionen und Instandhaltungen sowie Betriebsprotokolle und Verfahrensabläufen usw., muss das Team sicherstellen, dass die relevanten nicht-dokumentierten Daten ebenfalls gesammelt werden.

Das Team muss Zugang zum Anlagenpersonal haben, welches Einblicke in die tatsächliche Anlagenkonfiguration und die Betriebsbedingungen sowie die Effektivität der Programme zur Inspektion und Instandhaltung der Anlage liefern kann und spezifische Probleme der untersuchten Anlage zu identifizieren vermag. Die Beteiligung des Anlagenpersonals kann auf effektive Art und Weise zu deren positiven Akzeptanz des Ergebnisses der risikobasierten Analyse beitragen und den Erfolg der Beurteilung voranbringen.

6.3.3 Eingaben

6.3.3.1 Allgemeines

Es wird empfohlen, dass das aufgestellte RBI-Team den nachstehenden Verfahrensweisen zur Datensammlung und Validierung folgt. Vor diesem Schritt muss das Team die grobe Qualität und Quantität der Daten, die für die Analyse benötigt werden, anfänglich abgeschätzt haben. Die gesammelten Daten müssen bestätigt und gespeichert werden, wenn diese zur RBI-Analyse und Dokumentation verwendet werden.

6.3.3.2 Sammlung und Validierung dokumentierter, relevanter Daten

Die Sammlung und Validierung von dokumentierten, relevanten Daten umfasst zumindest einige der folgenden Bestandteile:

1) Technische Daten hinsichtlich Konstruktion, Herstellung und Zusammensetzung:

Diese Daten sind überwiegend anlagen- und komponentenspezifisch und liegen in der Form von numerischen Daten oder Diagrammen, sowie Zeichnungen der Prozesse, Systeme, Komponenten, der Werkstoffauswahl, der Korrosionskontrollen und der Sicherheitssysteme vor. Diese Hintergrunddaten beschreiben ebenso die funktionalen Anforderungen und die geplanten Belastungen und können potenzielle Ausfallorte anzeigen. Daten können durch interne Quervergleiche, Vergleiche mit physischen und technischen Grenzen eines Prozesses und durch Abgleiche mit Expertenmeinungen validiert werden.

2) Inspektions- und Instandhaltungshistorie (einschließlich Ausfallanalysen):

Diese Daten sind anlagen- und komponentenspezifisch und umfassen üblicherweise Aufzeichnungen von Inspektionsergebnissen und mögliche Korrekturmaßnahmen, wie beispielsweise Reparaturen oder Modifikationen am Ursprungssystem oder der Ursprungskomponente. Die Aufzeichnungen müssen auch Erfahrungen hinsichtlich des Modus und der Ursachen für Ausfälle und andere Prozessauffälligkeiten umfassen. Es kann möglich sein, eine Zeitreihe aus den verfügbaren Daten zu erstellen. Aufzeichnungen aus früheren technischen Analysen und Ausfallanalysen, sowie Daten aus den Ergebnissen anderer Risikobeurteilungen hinsichtlich der Prozesssicherheit (z. B. RCM, QRA, PHA, HAZOP, usw.) können als Eingabeinformationen für die RBI-Analyse berücksichtigt werden. Die Datenvalidierung kann wie oben beschrieben durchgeführt werden;

3) Betriebshistorie:

Diese Daten sind anlagen- und komponentenspezifisch und können zumindest einige Aufzeichnungen von Bedienerprotokollen zur Identifikation von Betriebszeiträumen, Betriebstransienten außerhalb des Integritätsbetriebsfensters, Inbetriebsetzungen, Stilllegungen und andere Abschaltungen, sowie Belastungswerte in verschiedenen Betriebsphasen umfassen. Diese Aufzeichnungen zeigen auch an, in welchem Ausmaße der tatsächliche Betrieb vom geplanten Betrieb möglicherweise abgewichen ist. Zur Prognose der zukünftigen Leistungsfähigkeit ist es unbedingt erforderlich, den zukünftigen Betriebsmodus zu berücksichtigen, wenn dieser sich absehbar vom Betriebsmodus der Vergangenheit unterscheidet. Die Datenvalidierung kann wie oben beschrieben durchgeführt werden;

4) Sicherheitssystem:

Maßnahmen oder Sperren, die den Betrieb der Anlage betreffen können und in der Lage sind, eine Gefährdung zu verhindern oder zu kontrollieren, die von einer Bedrohung ausgelöst wurde und jene davon abhält, zu einem unerwünschten Ereignis zu eskalieren oder die Konsequenzen im Falle der Freisetzung der Gefährdung zu mindern.

5) Maßnahmen oder Sperren betreffen:

- Anlagenteile, z. B. Druckentlastungssysteme, Erkennungssysteme für Brände, Leckage und Gasaustritt; und
- Personen und Verfahrensabläufe, beispielsweise im Rahmen von Betriebsverfahren, Ausbildungen und Kompetenzen.

6) Generische Ausfalldaten und Betriebsdaten für ähnliche Fälle oder Komponenten:

Generische Daten hinsichtlich Ausfällen für ähnliche Fälle und Komponenten sind aus verschiedenen Quellen verfügbar [6], [7], [20] und [21]. Generische Daten hinsichtlich betrieblicher Erfahrungen sind zum Teil in diesen Quellen enthalten, obgleich die verfügbaren Informationen stark in Abhängigkeit des Falles und der Komponente variieren können. Die Datenvalidierung kann hauptsächlich durch Vergleich solcher Quellen mit Expertenmeinungen erfolgen, aber die Validierung der Optionen kann ebenso durch die Verfügbarkeit von Informationen, abhängig vom jeweiligen Fall oder der Komponente, beschränkt sein.

7) Wirtschaftliche Daten bezüglich der Einrichtung:

Diese Daten können prinzipiell anlagen- und komponentenspezifisch sein, gelten aber oftmals als generisch für den jeweiligen Komponententyp oder die Art der Aktion. Die Datenvalidierung kann durch Quervergleiche oder durch Anfrage von Zitaten beim Anbieter oder Lieferanten erfolgen. Die erforderlichen Informationen sollten die Kosten für den Produktionsausfall und indirekte Kosten aufgrund von Geldstrafen, Sanierungen, usw. ebenfalls enthalten.

6.3.3.3 Sammlung relevanter, nicht-dokumentierter Daten

Relevante, nicht-dokumentierte Daten sind allgemein aus den meisten der oben angeführten Quellen verfügbar, mit welchen dokumentierte Daten gesammelt werden müssen. Nicht-dokumentierte Daten umfassen üblicherweise das Wissen und die Meinungen des Personals, was eine sehr wichtige Informationsquelle für die RBI-Analyse darstellen kann. Daher muss das Team Zugang zu Personen haben, welche Einblicke in das eigentliche System, die Komponentenkonfiguration, die Betriebsbedingungen, die Effektivität der Programme zur Inspektion und Instandhaltung der Anlage liefern und bei der Identifikation von bestimmten Problemen helfen können. Das empfohlene Gesprächsverfahren (Interview) mit dem Personal (im Folgenden als „Experten“ bezeichnet), z. B. einem Bediener, Instandhalter oder Ingenieur für Betriebssicherheit, einem Korrosionsingenieur, usw. zur Bestimmung von Fehlerwahrscheinlichkeiten sollte folgende Aspekte umfassen:

- 1) die Meinung der Experten hinsichtlich der persönlichen Erfahrung mit dem System oder der Komponente;
- 2) die Meinung der Experten hinsichtlich der wahrgenommenen Konsequenzen (auch persönlicher Natur) eines unerwarteten Komponentenausfalls;
- 3) die Meinung der Experten hinsichtlich der frühestmöglichen Ausfallzeit;
- 4) die Meinung der Experten hinsichtlich der längsten möglichen Gebrauchsdauer (für eine einzelne Komponente) oder (für Komponenten aus mehreren Elementen) dem Zeitpunkt, ab welchem es nicht mehr wert ist, Komponenten zu reparieren; und
- 5) die Meinung der Experten hinsichtlich einer vernünftigen Dauer zwischen den kürzesten und längsten Ausfallzeiten. Es ist wichtig, sich bei den Intervallen einig zu werden, da eine zu grobe Einteilung keine Unsicherheiten aufdeckt und eine zu feine Einteilung eine übermäßig detaillierte Analyse erfordern kann.

6.3.4 Verfahrensweise

Die gesammelten Daten müssen validiert und gespeichert werden, wenn diese zur RBI-Analyse und Dokumentation verwendet werden. Falls sich die Validierung der Daten als zu komplex für einmalige Analysen oder Messungen erweist, dann dürfen Quervergleiche, Kompatibilitätsprüfungen in Anbetracht physischer und technischer Grenzen und die Übereinstimmung mit Kalibrierungsanforderungen, sowie Normen/Richtlinien zu Unterstützungszwecken herangezogen werden. Vergleiche mit extern verfügbaren Informationen können ebenso hilfreich sein, z. B. Daten zu technischen Details, Informationen von den Geräteanbietern, usw.

Daten und Ergebnisse aus anderen Verfahren, z. B. RCM, QRA, PHA und HAZOP, sowie andere zuvor durchgeführte risikobasierte Beurteilungen (falls zutreffend) können ebenfalls als Eingabeinformationen für die RBI-Analyse herangezogen werden.

Dokumentierte Hintergrunddaten sind oft in Form von Diagrammen und Zeichnungen von Prozessen und Systemen, Komponenten, Kontrollen und Instrumenten, Sicherheitssystemen, Instandhaltungs- und Betriebsaufzeichnungen, sowie Verfahrensabläufen verfügbar. Nützliche betriebliche und andere anlagenspezifische Daten können den Schweregrad des Ausfalls, den Ausfallmodus und die Ursachen eines Ausfalls, sowie Aufzeichnungen von Bedienern umfassen, die zur Bestimmung von Betriebszeiträumen, Transienten, Inbetriebsetzungen, Stilllegungen und andere Abschaltungen, sowie Belastungswerte in verschiedenen Betriebsphasen dienen können.

Relevante, nicht-dokumentierte Daten und Informationen sind üblicherweise als Wissen und Meinungen des Personals verfügbar. Um an diese Informationen zu gelangen, muss das RBI-Team Zugang zu Anlagenpersonal haben, welches Informationen zur tatsächlichen Anlagenkonfiguration, der Betriebshistorie, Instandhaltungsaufwänden und momentanen, sowie zukünftigen Zuständen bereitstellen kann.

6.3.5 Ausgabe

Die Ausgabe der Datensammlung und Validierungsprozesses muss eine Beurteilung aller relevanten und repräsentativen Daten sein, welche zur Berechnung des Risikos im Zusammenhang mit den betreffenden Komponenten relevant sind. Diese Daten müssen auf geeignete Art und Weise zusammengetragen werden, z. B. durch Speicherung in einer elektronischen Datenbank usw.

In Abhängigkeit der Verfügbarkeit der Daten, kann es sein, dass eine Veränderung hinsichtlich der System- und Komponentengrenzen, die während der anfänglichen Analyse und Planung erkannt wurde, notwendig ist. Ebenso können unzureichende Daten weitere Maßnahmen zur Herbeiführung neuer Daten durch eine technische Analyse oder andere Mittel notwendig machen. In solchen Fällen muss ebenfalls eine Revalidierung und Neubeurteilung der Daten angesetzt werden.

Die Ausgabe der Datensammlung und Validierung besteht hauptsächlich aus technischen Rohdaten und Informationen, die mit Ausfallwahrscheinlichkeiten und Ausfallkonsequenzen zusammenhängen (oder in diese Richtung abgeleitet werden). Die definierten Zielsetzungen und das zu beurteilende System kann maßgeblich die Tiefe und den Umfang der Datensammlung vorgeben.

Die Unterstützung der Anlagenleitung und die Beteiligung des Anlagenpersonals sind wichtig und tragen positiv zur Akzeptanz der Ergebnisse der risikobasierten Analyse bei. Überdies haben eine aktive Leitung und die Involvierung des Anlagenpersonals einen positiven Einfluss auf die Qualität der gesammelten und verarbeiteten Daten.

6.3.6 Warnungen und Anwendbarkeitsgrenzen

Daten, die in Bezug zu Konstruktion, Herstellung und Zusammensetzung (Fertigung) stehen, können nicht immer nach späteren Modifikationen entsprechend aktualisiert werden. Insbesondere bei älteren Geräten, die seit vielen Jahrzehnten in Gebrauch sind und aus einer Zeit vor der modernen CAD/CAM-Dokumentation stammen, kann dies der Fall sein. Selbiges kann auch für Kontrollen und Instrumentierungen gelten, sowie für die Betriebs- und Instandhaltungshistorie aus ähnlichen Gründen. Die Expertenmeinung des Anlagenpersonals hinsichtlich dieser Belange kann von essentieller Wichtigkeit sein.

Ein Problem bei der Datensammlung ist die Qualität der generischen Datenbanken – und vor allem die Ausfallhäufigkeiten, welche Informationen in Bezug auf Instandhaltungen, Inspektionen und Betriebsbedingungen einer Komponente enthalten. Daher müssen diese Datenbanken mit großer Sorgfalt und Vorsicht eingesetzt und für jeden Fall qualifiziert werden. Ihre Anwendbarkeit hängt in großem Maße von den folgenden Parametern ab.

- Art der Anlage/Komponente (Größe und Brennstofftyp);
- Hersteller;
- Prozessfluid (einschließlich chemischer Kontrollen, Korrosion und Erosion);
- Betriebsparameter (Prozessdruck und Temperatur, Vibrationen usw.);
- Betriebsumgebung (Feuchtigkeit, Temperatur usw.);
- betriebliche Einschränkungen (Lastfolgebetrieb oder Beharrungszustand);
- Inspektionssystem/-programm/-techniken; und
- das geographische Gebiet (Umgebung und externe Einflüsse).

Um eine vernünftige Wahrscheinlichkeit für den jeweiligen Prozess zu ermitteln, müssen die generischen Daten modifiziert werden (d. h. zur Berechnung äquivalenter Daten verwendet werden), indem alle Bedingungen, die mit dem spezifischen Problem in Zusammenhang stehen, berücksichtigt werden (siehe [22]).

Ein weiteres potenzielles Problem betrifft die Methode der Entwicklung der generischen Datenbank, welche bestimmte Komponentenausfälle bereits aussortieren kann und andere gänzlich weggelassen werden⁶⁾.

6.4 Risikoanalyse auf mehreren Ebenen (von der Früherkennung bis zur detaillierten Untersuchung)

6.4.1 Allgemeine Beschreibung und Anwendungsbereich

Die Risikoanalyse besteht aus den folgenden Schritten:

- 1) Identifikation von Gefährdungen;
- 2) Identifikation relevanter Abbaumechanismen und Ausfallmodi;
- 3) Bestimmung der Ausfallwahrscheinlichkeit (PoF);
- 4) Bestimmung der Ausfallkonsequenzen (CoF);
- 5) Bestimmung des Risikos und Klassifizierung/Einstufung der Geräte, z. B. auf CoF/PoF-Risikokarten oder ISO-Risk-Maps.

Die Risikoanalyse auf mehreren Ebenen definiert die Risikobeurteilung in Bezug auf (i) die Komplexität der Analyse (z. B. von einer vereinfachten Früherkennung/Screening-Analyse zu einer detaillierten Untersuchung) sowie in Bezug auf (ii) die Hierarchiestufen der Anlage (Tiefe).

Ein Beispiel für eine Risikoanalyse auf mehreren Ebenen wird in A.1 angegeben. Die Eingaben, die üblicherweise für jeden Schritt der Früherkennung und der detaillierteren Phasen der Risikobeurteilung notwendig sind, werden in A.2 angeführt.

⁶⁾ Beispielsweise bezieht sich das NERC-GADS-System [23] ausschließlich auf eine Leistungsreduzierung („Derating“) und erzwungene Anlagenstillstände. Komponentenausfälle, die nicht mit einer Leistungsreduzierung („Derating“) oder einem erzwungenen Anlagenstillstand im Zusammenhang stehen, werden nicht berichtet [20]. Ähnliches gilt bei der Verwendung der KISSY-Datenbank von VGB [24].

6.4.2 Risikoanalyse - Früherkennungsebene

6.4.2.1 Beschreibung

Die Risikofrüherkennung („Screening“) ist vor allem für solche Anlagen geeignet, die nur über eine begrenzte Menge an Daten verfügen, sowie für die Anfangsphase der Beurteilung. Die Risikofrüherkennung teilt die Systeme und Gruppen der Geräte in zwei neue Gruppen ein: Einheiten mit hohem/mittlerem Risiko und Einheiten mit geringem Risiko. Die Einheiten mit hohem/mittlerem Risiko müssen im Detail untersucht werden. Die Einheiten mit geringem Risiko sollten nur ein Mindestmaß an Überwachungsaufwand erfordern, um zu bestätigen und sicherzustellen, dass die während der Früherkennung gemachten Annahmen wahr sind und bleiben. Wenn während der Früherkennungsphase Informationen fehlen und so das Risiko in Bezug auf ein Gerät nicht bestimmt werden kann, muss das Gerät aus einer konservativen Betrachtungsweise heraus eingestuft werden und zwar so, als unterläge es den denkbar schlechtesten Bedingungsanforderungen.

Die folgenden Anforderungen müssen für die Risikoanalyse erfüllt werden:

- 1) die Beurteilungskriterien müssen definiert und schriftlich festgehalten werden;
- 2) die Ausfallwahrscheinlichkeit muss für einen vorgegebenen (vordefinierten) Zeitraum basierend auf der Prognose der Schadensentwicklung im Betrieb während eines bestimmten Betriebsfenster ermittelt werden. Das bestimmte Betriebsfenster muss auch jene Faktoren berücksichtigen, welche vom Prozessbetrieb beeinflusst werden können (z. B. Temperatur, Druck), sowie Faktoren, welche vom Betrieb nicht beeinflusst werden können (z. B. die Zusammensetzung des Prozessmediums);
- 3) die Auswirkungen auf Gesundheit, Sicherheit, Umwelt und den Geschäftsbetrieb müssen ebenfalls einbezogen werden, um die Konsequenzen beurteilen zu können. Zusätzlich sollte die Konsequenzbewertung so aufgebaut sein, dass die schlimmste Ausfallkonsequenz (CoF) für einen der verschiedenen Aspekte (Gesundheit, Sicherheit, Umwelt und/oder geschäftliche Konsequenzen) die Endwertung maßgeblich beeinflussen kann (keine Mittelung der Werte);
- 4) die angewandte Methodik muss dokumentiert werden;
- 5) die Ergebnisse müssen durch ähnliche Experten prüffähig sein (Peer Review). Daher müssen die Methodik, die Eingabedaten, die Entscheidungskriterien und die Ergebnisse dokumentiert werden (die Ergebnisse müssen in einem genehmigten Dokument aufgezeichnet werden).

6.4.2.2 Eingaben

Ein Beispiel der erforderlichen Details wird in A.2 angeführt.

6.4.2.3 Verfahrensweise

Die Früherkennungsebene der Analyse ist oftmals ausreichend, um bestimmte Bereiche mit den höchsten Ausfallwahrscheinlichkeiten, bzw. Ausfallhäufigkeiten innerhalb einer Anlage (Einheiten/Systeme) hervorzuheben. Der Hauptzweck der Risikofrüherkennung ist die Identifikation von Einheiten mit geringem Risiko (siehe Bild 3) und diese von der weiteren Analyse auszuschließen. Bei der Klassifizierung/Einstufung der Komponenten in Risikokategorien ist es wichtig, falsch-negative Ergebnisse zu verhindern (z. B. darauf achten, dass keine Komponenten mit hohem Risiko in die Kategorien für niedrige oder mittlere Risiken eingestuft werden).

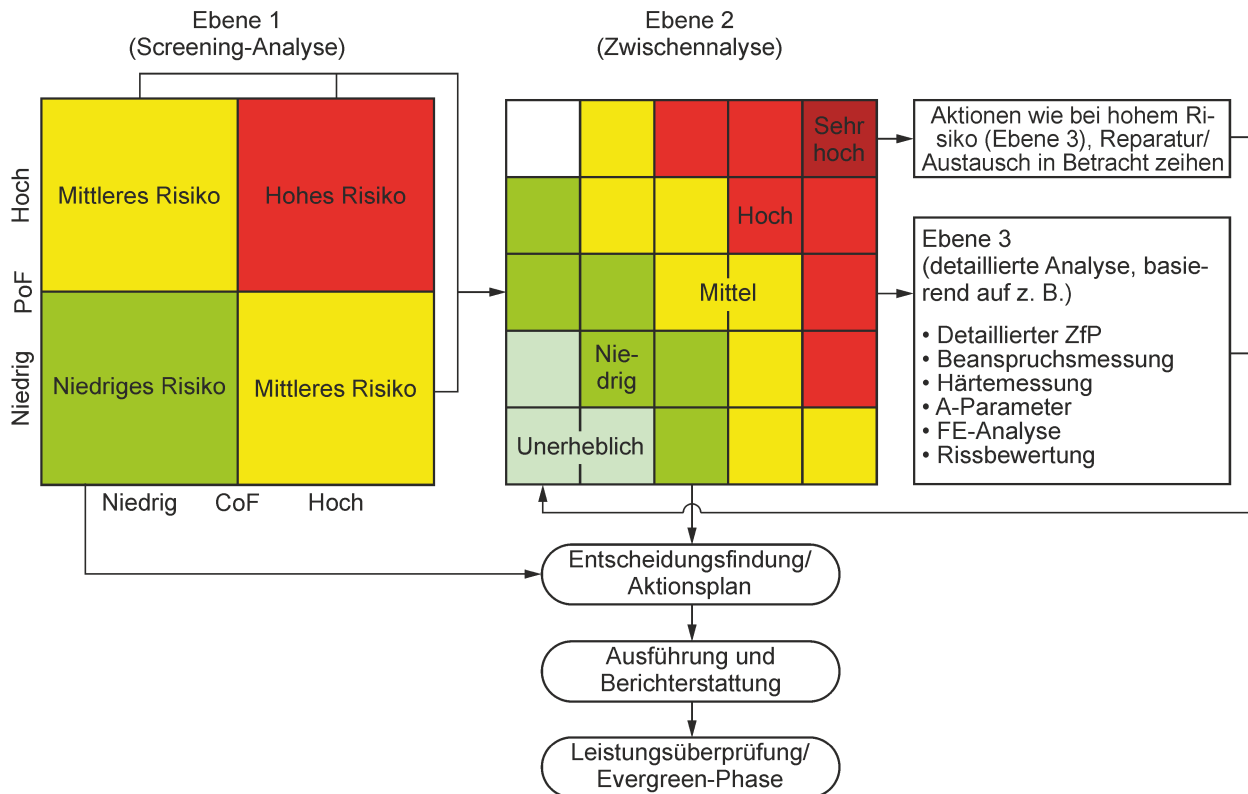


Bild 3 — Risikomatrix Früherkennung⁷⁾

Es ist sinnvoll und nützlich, das Spektrum der beurteilten PoF, CoF und der Risikokategorien mit denen aus anderen, ähnlichen Beurteilungen gewonnenen, zu vergleichen. Die Erstellung weiterer Matrizen (z. B. 3 × 3) kann ebenfalls in Betracht gezogen werden.

Eine Mischung unterschiedlicher Kriterien, z. B. Auswirkungen auf den Geschäftsbetrieb und Auswirkungen auf die Sicherheit, darf nicht erfolgen.

Beispiele für die Zuverlässigkeit der Beurteilung in der Früherkennungsphase, der Beurteilung der Schadensanfälligkeit und Wahrscheinlichkeit sowie der Konsequenzfaktoren werden im Anhang, A.3, A.4 und A.5 geliefert.

6.4.2.4 Ausgabe

Typische Ergebnisse dieser Aufgaben sind:

- Einheiten/Systeme mit niedrigem Risiko, welche für ein Mindestmaß an Überwachung und eine regelmäßige Bestätigung der Annahmen und der Beurteilung in Betracht kommen können;
- Einheiten/Systeme mit mittlerem oder hohem Risiko, welche weiter beurteilt werden müssen;
- Risikowerte oder Kategorien für die unterschiedlichen Geräte als Teil der Früherkennungsmatrix, wie in Bild 3 gezeigt; und
- Warnungen und Anwendbarkeitsgrenzen.

⁷⁾ Für weitere Details hinsichtlich des generischen RBI-Prozesses, siehe detailliertere Richtlinien, wie zum Beispiel [11].

Die Beurteilung der Ausfallwahrscheinlichkeiten (PoF) erfordert einen höheren Detailgrad und ist daher kostenintensiver als die Beurteilung der Ausfallkonsequenzen. Daher ziehen manche Betriebe vor, Systeme und Gruppen von Komponenten lediglich in Bezug auf die Ausfallkonsequenzen einer Früherkennung zu unterziehen. Dies ist ebenfalls akzeptabel, selbst wenn im Rahmen dieses Berichts andere Arten der Früherkennung vorgeschlagen werden.

6.4.3 Risikoanalyse - Detaillierte Beurteilung

6.4.3.1 Allgemeine Beschreibung und Anwendungsbereich

Die detaillierte Beurteilung unterscheidet sich von der Früherkennung („Screening“) primär in der für die Analyse benötigten Detailtiefe und stellt daher einen deutlich größeren Beurteilungsaufwand dar. Eine detaillierte Untersuchung muss auf Systeme und Gerätegruppen, bei denen im Rahmen der Früherkennung ein hohes/mittleres Risiko festgestellt wurde, bzw. auf alle Geräte im jeweiligen Arbeitsbereich angewandt werden, falls keine Früherkennungsphase durchgeführt wurde. Für jedes System oder jede Komponentengruppe muss der relevante Abbaumechanismus identifiziert und das Ausmaß der zu erwartenden Schäden abgeschätzt werden. Ebenso muss die wahrscheinlichste Schadensentwicklung bestimmt werden. Auf Grundlage dieser Informationen muss die maximale Dauer bis zur nächsten Inspektions-/Instandhaltungsaktivität unter der Voraussetzung, dass die Risiken für Gesundheit, Sicherheit, Umwelt und den Geschäftsbetrieb in einem akzeptablen Rahmen bleiben (wie in den Akzeptanzkriterien definiert), bestimmt werden. Diese Informationen sollten dann mit den Kosten für eine Inspektion/Instandhaltung und der Effektivität der Inspektion/Instandhaltung kombiniert werden, um kostenoptimale Intervalle für die Inspektion/Instandhaltung so zu ermitteln, dass die Risiken für Gesundheit, Sicherheit und Umwelt dennoch in einem akzeptablen Rahmen bleiben, d.h. dass die Akzeptanzkriterien erfüllt werden.

Die detaillierte Analyse besteht aus den folgenden Hauptaufgaben:

- 1) Identifikation von Gefährdungen;
- 2) Identifikation relevanter Abbaumechanismen und Ausfallmodi;
- 3) Bestimmung der Ausfallwahrscheinlichkeiten (ungemindert und in späteren Durchläufen auch gemindert);
- 4) Bestimmung der Ausfallkonsequenzen (ungemindert und in späteren Durchläufen auch gemindert);
- 5) Risikobeurteilung.

6.4.3.2 Anforderungen

Die Bewertungskriterien müssen definiert und schriftlich festgehalten werden.

Die Anforderungen zur Identifikation und Berücksichtigung von Abbaumechanismen lauten wie folgt:

- Identifikation der Abbaumechanismen nach dem systematischen Beispiel in Bild 4. Der Abbaumechanismus kann für ein bestimmtes System oder eine bestimmte Komponente gelten;
- Anlagenausfälle, die Identifikation des Abbaumechanismus und die Analyseprozesse müssen ordentlich dokumentiert sein;
- die Anlagenleitung muss sicherstellen, dass Wissen über die Inspektions- und Instandhaltungshistorie, sowie alle bekannten Abbaumechanismen, welche die Anlage betreffen, in der Analyse berücksichtigt werden;

- die verantwortlichen Personen, die mit der Analyse betraut sind, müssen sicherstellen, dass jedwedes Wissen über die betreffenden Abbaumechanismen aus der verfügbaren Literatur in der Analyse berücksichtigt wird;
- die verantwortlichen Personen, die mit der Analyse betraut sind, müssen sicherstellen, dass jedwedes verfügbares Wissen über die betreffenden Abbaumechanismen und Erfahrungen aus ähnlichen Anlagen in der Analyse berücksichtigt werden;
- alle zum Vorschein kommenden Abbaumechanismen, die bis zu dem entsprechenden Zeitpunkt noch nicht berücksichtigt wurden, müssen der Kategorie „Andere“ Abbaumechanismen zugeordnet werden.

Die Analyse der Ausfallmodi steigert die Detailgenauigkeit zur Beurteilung der Ausfallkonsequenzen. Findet diese Analyse nicht statt, muss ein konservativer Ansatz angewandt werden. Ein konservativer Ansatz wäre, beispielsweise, die Annahme, dass der gesamte Inhalt eines Behälters augenblicklich, d. h. sofort und in Fülle, aus dem Behälter entweicht.

Die Ausfallwahrscheinlichkeit muss für einen vorgegebenen (vordefinierten) Zeitraum basierend auf der Prognose der Schadensentwicklung im Betrieb während eines bestimmten Betriebsfenster ermittelt werden. Das bestimmte Betriebsfenster muss auch jene Parameter berücksichtigen, die während des Betriebs variieren können (z. B. Temperatur, Druck), sowie jene, die stets fester Natur sind (z. B. die Zusammensetzung des Prozessmediums).

Die Prognostizierung der Gebrauchsdauer kann aus einer der folgenden Optionen abgeleitet werden: Messung von Inspektionsdaten, Berechnung unter Berücksichtigung von Betriebsbedingungen oder durch eine Expertenmeinung. Falls erwünscht, können spezifische Analysewerkzeuge zum Einsatz kommen, beispielsweise eine probabilistische (Sicherheits-)Analyse und/oder eine Analyse der Gebrauchstauglichkeit. Für Abbaumechanismen, welche keinen Trends folgen und daher nicht prognostiziert (z. B. Sprödbbruch) oder überwacht werden können, sollte nachgewiesen werden, dass diese entweder verhindert (durch Planung) oder durch adäquate Maßnahmen (Inspektion, Instandhaltung, Betrieb) und Prozessüberwachung frühzeitig erkannt werden. Eine Methodik zur Bestimmung des Verhältnisses zwischen Effektivität einer Maßnahme (Art, Umfang und Häufigkeit), sowie der Ausfallwahrscheinlichkeit sollte vorgesehen werden.

Um die Ausfallkonsequenzen zu beurteilen, müssen zumindest auch die Aspekte des Gesundheitsschutzes, der Betriebssicherheit, des Umweltschutzes und der Auswirkungen auf den Geschäftsbetrieb berücksichtigt werden. Zusätzlich muss die Konsequenzbewertung so aufgebaut sein, dass die schlimmste Bewertung für einen der verschiedenen Aspekte (Gesundheit, Sicherheit, Umwelt und/oder geschäftliche Konsequenzen) die Endwertung maßgeblich beeinflusst (keine Mittelung der Werte);

Die Methodik sollte geprüft und durch Vergleiche bestätigt sein („Benchmarking“) sein. $CoF_{\text{Sicherheit}}$ kann mit bestehenden und anerkannten Methoden verglichen werden.⁸⁾

Diese Aufgabe sollte durch das zuständige RBI-Team durchgeführt werden (siehe 6.2, Anfängliche Analyse und Planung).

Die Ergebnisse sollten durch Experten prüffähig sein (Peer Review). Daher müssen die Methodik, die Eingabedaten, die Entscheidungskriterien und die Ergebnisse dokumentiert werden (die Ergebnisse müssen in einem genehmigten Dokument aufgezeichnet werden).

6.4.3.3 Eingaben

Die Details zur Ausführung der verschiedenen Schritte der Risikobeurteilung auf der detaillierten Ebene werden in A.2 gezeigt.

8) Beispiele für etablierte Methoden hinsichtlich $CoF_{\text{Sicherheit}}$ werden in den Referenzen [31], [32] angeführt.

6.4.3.4 Verfahrensweise

6.4.3.4.1 Allgemeines

Die detaillierte Untersuchung ist eine relativ aufwändige Verfahrensweise, die mehrere Aktivitäten umfasst. Die verschiedenen Schritte der detaillierten Risikobeurteilung enthalten zahlreiche Aktivitäten.

6.4.3.4.2 Identifikation von Gefährdungen

Eine Reihe an Werkzeugen kann zur Identifikation von Gefährdungen herangezogen werden. In diesem Falle wird empfohlen, eine Analyse der Ausfallmodi und Auswirkungen (sowie der Gefährlichkeit) auf Systemebene durchzuführen, bzw. eine FME(C)A in Übereinstimmung mit den verfügbaren Normen [25]. Es gibt ebenfalls eine Reihe von Softwarewerkzeugen, welche FME(C)A unterstützen können. Zusätzlich sind auch andere Analysemethoden wie HAZOP oder diejenigen in IEC/ISO 31010 aufgeführten denkbar.

6.4.3.4.3 Identifikation relevanter Abbaumechanismen und Ausfallmodi

Der Zweck dieser Aufgabe ist die Identifikation relevanter Abbaumechanismen und Ausfallmodi. Ein Ausfallmodus ist ein möglicher Zustand, indem eine definierte Funktion nicht länger die erwünschte Leistungsanforderung erfüllen kann. Die Auflistung von Ausfallmodi ist einfacher, wenn der Funktionsausfall gut beschrieben ist. Alle wahrscheinlichen Ausfallursachen für den identifizierten Ausfallmodus sollten nach Funktion aufgelistet sein (siehe Bild 4). Dies könnten Ausfälle sein, die vom momentanen Instandhaltungsprogramm behandelt werden, aber auch historische Ausfälle und mögliche Ausfälle. Die RBIF-Methodik zielt darauf ab, diese Ausfälle vorherzusagen und zu verhindern. Die Liste der Ausfallursachen sollte alle Ereignisse umfassen, die wahrscheinlich mit dem identifizierten Ausfallmodus zusammenhängen. Dies sollte den Verschleiß/Abbau des Geräts, Einflüsse menschlicher Faktoren, die Anlagenkonzeption, usw. beinhalten. Die Ursachenphase der Analyse untersucht die zugrundeliegenden Ursachen, die mit einem Ausfallmodus im Zusammenhang stehen. Die Bestimmung der zugrundeliegenden Ursachen erhöht die Wahrscheinlichkeit dafür, geeignete Aufgaben zur Verhinderung dieser Ausfallmodi zu finden. Die hierarchische Aufteilung und die Ursachenphase der Ursachenanalyse (RCFA) vermag in vielen Fällen Einblicke in den relevanten Schadensmechanismus zu liefern.

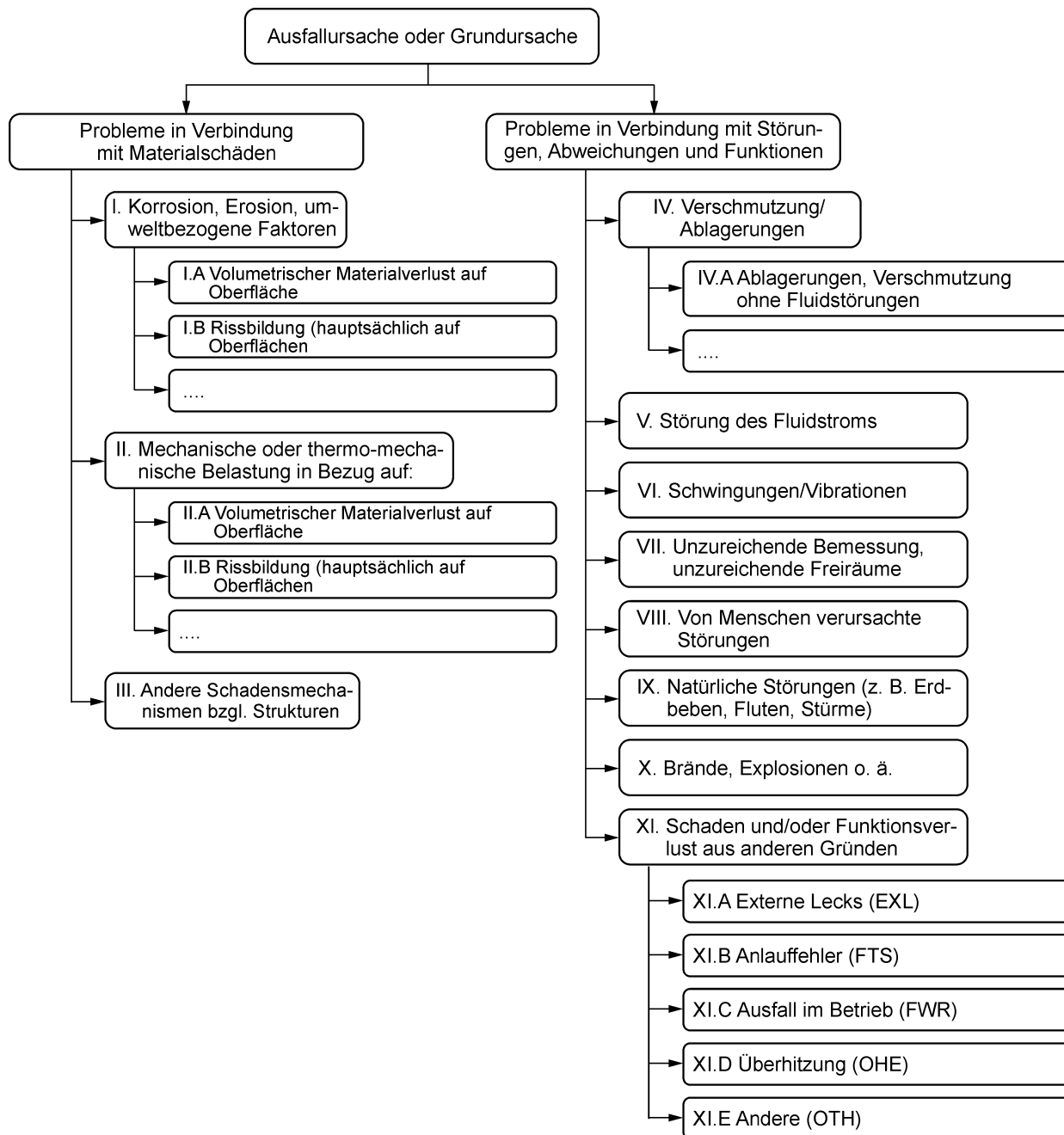


Bild 4 — Schadensarten, die als Ausfälle oder Ausfallursachen in Betracht kommen

A.6 zeigt verschiedene Arten von Betriebsschäden und deren Spezifikationen. Die Hierarchie der Abbaumechanismen in Bezug auf die Hierarchie der Anlagenkomponenten wird in A.7 anhand eines Beispielfalles aufgezeigt.

Der in A.8 vorgeschlagene Ansatz führt die Systematik der Schadensmechanismen anhand von Inspektionsmethoden und Kombinationen aus der Entdeckungswahrscheinlichkeit (POD oder „Probability of Detection“), der Effektivität und der Wahrscheinlichkeit von Fehleinstufungen (FCP „False Calls Probability“) an.

6.4.3.4.4 Risikobeurteilung

Um die Risiken hinsichtlich Gesundheit, Sicherheit, Umwelt und den Geschäftsbetrieb beurteilen zu können, müssen die Ausfallwahrscheinlichkeiten (siehe A.9) und die Ausfallkonsequenzen (siehe A.10) bestimmt werden. Die Ergebnisse können in Risikomatrizen (siehe Tabelle 3) zu Darstellungs- und Vergleichszwecken eingezeichnet werden. Separate Matrizen sollten hierbei für unterschiedliche Risikoarten verwendet werden, sofern nicht ein Vergleich, bzw. eine Kombination der Risikoarten zweckdienlich ist. Beachten Sie, dass die Risikomatrix das Risiko für eine vorbestimmte Zeitspanne darstellt.

Es wird allgemein als sinnvoll angesehen, die beurteilten Komponenten oder Einheiten nach ihrem Risikograd (siehe Tabelle 2) einzuordnen, da dies dabei hilft zu bestimmen, wo Inspektions- und Instandhaltungsmaßnahmen konzentriert zur Anwendung gebracht werden müssen und wo solche Aktivitäten weniger erforderlich sind. Wenn Risiken im finanziellen Sinne gemessen werden, werden dann die zur Minderung notwendigen Investitionen, sowie die Ersparnisse durch Vermeidung von Inspektionen und Instandhaltungen deutlich. Hierzu ist es erforderlich, dass ein vernünftiger Cut-Off durch die beurteilten Risikokriterien vorgegeben wird.

Tabelle 2 — Beispiel von Entscheidungs-/Aktionskriterien für verschiedene Risikograde in einer Risikomatrix

Risikograd	Entscheidungs- bzw. Aktionskriterien
Sehr hoch	Sofortmaßnahmen zur Reduzierung des Risikos definieren. Zum Beispiel Reparatur/Austausch des Geräts in Betracht ziehen
Schwer	Notwendiges Inspektions- und Instandhaltungsprogramm zur Reduzierung des Risikos definieren. (Anmerkung: Kann akzeptabel sein, wenn das Risiko durch wirtschaftliche Verluste, Sicherheitsbelange, Imageverluste und öffentliche Störungen getrieben wird)
Mittel	Prüfen, ob es möglich ist, das Risiko durch Inspektion und Instandhaltung günstig zu reduzieren. Andernfalls optimalen Kostenpunkt ermitteln
Niedrig	Falls kein Inspektions- und Instandhaltungsprogrammplan existiert, ist keine detaillierte Analyse erforderlich. Andernfalls Feinabstimmung zur Ermittlung des optimalen Kostenpunkts
Sehr niedrig	Keine Aktion

6.4.3.5 Ausgabe

Typische Ergebnisse dieser Aufgaben sind:

- PoF-Wert für das betrachtete Gerät;
- CoF-Wert für das betrachtete Gerät;
- Risikowert oder Kategorie aus Tabelle 2; und
- Warnungen und Anwendbarkeitsgrenzen.

Tabelle 3 — Beispiel für eine Risikomatrix bei detaillierter Untersuchung mit Risiken bezüglich HSE und wirtschaftlichen Auswirkungen und fünf Risikobeschränkungskategorien, einschließlich Beispielen für Werte auf der Skala (Skalen und Werte müssen für jede Anwendung einzeln bestimmt werden)

BEISPIELE für Wahrscheinlichkeiten						Wahrscheinlichkeit					
< 1 Jahr	(oder)	> 10 ⁻²	Sehr wahr-scheinlich	Bei einem kleinen System* sind einer oder mehrere Ausfälle im Jahr zu erwarten.	5						Sehr hohes Risiko
				Ausfall ist mehrere Male in einem Jahr vor Ort eingetreten.							
1–5 Jahre		10 ⁻³ to 10 ⁻²	Wahr-scheinlich	Bei einem großen System* sind einer oder mehrere Ausfälle im Jahr zu erwarten.	4						Hohes Risiko
				Ausfall ist mehrere Male in einem Jahr beim Betreiber eingetreten.							
5–25 Jahre		10 ⁻⁴ to 10 ⁻³	Möglich	Mehrere Ausfälle können während der Gebrauchsdauer einer Installation bei einem System aus wenigen Komponenten eintreten.	3					Mittleres Risiko	
				Ausfall ist beim Betreiber eingetreten.							
25–100 Jahre	10 ⁻⁵ to 10 ⁻⁴	Unwahr-scheinlich	Mehrere Ausfälle können während der Gebrauchsdauer einer Installation bei einem System aus vielen Komponenten eintreten.	2			Niedriges Risiko				
			Ausfall ist in der Branche eingetreten.								
> 100 Jahre	< 10 ⁻⁵	Sehr unwahr-scheinlich	Ein Ausfall ist nicht zu erwarten.	1	Sehr niedrig (unerhebliches Risiko)						
			Ausfall ist in der Branche nicht eingetreten.								
MTBF	PoF jährlich	Qualitativ	Beschreibung	Kat.	Auswirkungen (Konsequenzen)						
Anmerkungen:					Gesundheits-auswirkungen	A	B	C	D	E	
* Kleines System = 20 bis 50 Komponenten.						Warnung ausgestellt Keine Auswirkung	Warnung ausgestellt Mögliche Auswirkung	Temporäre gesundheitliche Probleme, heilbar	Beschränkte Auswirkungen auf öffentliche Gesundheit, Gefahr chronischer Erkrankungen	Ernsthafte Auswirkungen auf öffentliche Gesundheit, lebensbedrohliche Erkrankungen	
** Großes System = Mehr als 50 Komponenten.											

Auswirkungen (Konsequenzen)				
Sicherheitsauswirkungen	(oder)			
	Keine Hilfe notwendig Arbeit gestört	Erste Hilfe notwendig Keine Arbeitsunfähigkeit	Temporäre Arbeitsunfähigkeit	Permanente Arbeitsunfähigkeit Todesfälle
Umweltauswirkungen	(oder)			
	Unerhebliche Auswirkungen	Auswirkungen eingedämmt (z. B. bei Austritt von Substanzen)	Geringfügige Auswirkungen (z. B. bei Austritt von Substanzen)	Schaden vor Ort Schaden außerhalb des Betriebsgeländes, Langzeitwirkung
Geschäftsauswirkungen (€)	(oder)			
	< 10k€	10–100 k€	0,1–1 M€	1–10 M€ > 10 M€
Sicherheitsauswirkungen	(or)			
	Keine	Vor Ort (örtlich)	Vor Ort (allgemein)	Außerhalb des Betriebsgeländes Gefahr für die Gesellschaft
Imageauswirkungen	(oder)			
	Keine	Geringfügig	Schlechte Publicity	Unternehmensproblem Politisches Problem
Öffentliche Störung	(oder)			
	Keine	Unerheblich	Geringfügig	Kleine Gemeinde Große Gemeinde
<i>BEISPIELE für Auswirkungen</i>				

6.5 Entscheidungsfindung und Aktionsplan

6.5.1 Allgemeine Beschreibung und Anwendungsbereich

Dieser Abschnitt beschreibt den vorgeschlagenen Rahmenplan zur Entscheidungsfindung zur Optimierung und Aktualisierung einer Inspektions- und Instandhaltungsstrategie. Die folgenden Faktoren können die Optimierung und Aktualisierung der Strategie (der Pläne) notwendig machen:

- Materialabbau;
- Unzuverlässigkeit des Geräts/der Maschine;
- menschliches Versagen im Betrieb oder bei der Instandhaltung/Inspektion des Geräts/der Maschine;
- gesetzliche und andere regulatorische Anforderungen; und
- externe Gefährdungen, wie zum Beispiel Erdbeben, raue Witterung usw.

Inspektions- und Instandhaltungspläne werden als Reaktion auf eine niedrige Zuverlässigkeit und unakzeptable Risiken, sowie zur Erfüllung gesetzlicher/regulatorischer Anforderungen umgesetzt.

6.5.2 Anforderungen

Adäquate Kompetenz, Verständnis, Wissen und Erfahrung in Bezug auf:

- risikobasierte Inspektionen (RBI) und Wissen, wie die RBI-Ergebnisse einen Einfluss auf die Inspektionsaktivitäten haben;
- Abbaumechanismen und Inspektionsmethoden, einschließlich deren Anwendungen und Einschränkungen;
- gesetzliche Anforderungen, sowie anlagenspezifische Verfahrensweisen und Anforderungen; und
- relevante Akzeptanzkriterien und Kodizes.

Arbeitsprozess:

- die Arbeit muss durch Kollegen prüffähig und gut dokumentiert sein;
- der Inspektions- und Überwachungsplan:
 - muss alle relevanten Abbaumechanismen für alle Systeme im relevanten Anwendungsbereich berücksichtigen, auch jene, die nicht in der RBI-Analyse enthalten sind;
 - muss alle relevanten gesetzlichen Anforderungen erfüllen;
 - sollte vor Ort bestätigt und in Bezug auf die Zugänglichkeit zu Anlagen, der Entfernung von Isolierungen und andere vorbereitende Arbeiten angepasst werden;
 - muss durch Personal mit einem ähnlichen oder höheren Kompetenzniveau als jenes Personal, welches den Plan entworfen hat, bestätigt werden.

6.5.3 Eingaben

Zur Ermittlung eines risikobasierten Inspektions- und Instandhaltungsplans sind zumindest die folgenden Eingabeinformationen erforderlich:

- Ergebnisse aus der RBI-Analyse:
 - a) Abbaumechanismen;
 - b) PoF, CoF und Risikoeinstufung; und
 - c) Zeiträume/Intervalle für Inspektions- und Instandhaltungspläne;
- historische Inspektions- und Instandhaltungsdaten;
- Konstruktionsdaten und Betriebsdaten, einschließlich erforderlicher Zeichnungen; und
- allgemeine Sanierungspläne sowie die Verfügbarkeit der relevanten Objekte.

6.5.4 Verfahrensweise

6.5.4.1 Schritte zur Vorbereitung eines Inspektionsprogrammes

Die folgenden Schritte können zur Vorbereitung eines Inspektionsprogrammes basierend auf der RBIF-Methodik befolgt werden:

- Identifikation von Einheiten mit einem inhärenten Risiko über der Risikoakzeptanzgrenze;
- Definition von Aktionen bezüglich verschiedener Abbaumechanismen;
- Gruppierung nach Abbauschleife und Definition von Brennpunkten;
- Auswahl von Inspektionspunkten und Inspektionsmethoden.

Diese Schritte berücksichtigen keine anderen Dokumentationen/Informationen, die zur Optimierung des Inspektionsprogramms erforderlich sind. Solche Informationen könnten sein:

- Überwachungsergebnisse, einschließlich IOW;
- Prozessveränderungen;
- Betriebsunregelmäßigkeiten (Störungen);
- Abweichungen (Non-Konformität) in Bezug auf die Fertigung; und
- gesetzliche Anforderungen.

Die oben angeführten Dokumentationen können die RBI-Ergebnisse und daher auch das Inspektionsprogramm verändern. Derartige Informationen sollten in eine RBI-Reanalyse bzw. Evergreening-Maßnahme integriert werden, um die tatsächliche Situation bestmöglich abbilden zu können.

6.5.4.2 Identifikation von Einheiten mit einem inhärenten Risiko über der Risikoakzeptanzgrenze

Die analysierten Objekte müssen so sortiert werden, dass alle Einheiten mit einem inhärenten Risiko, welches die Risikoakzeptanzgrenze über den Planungszeitraum hinweg übersteigt, eingeschlossen werden. Objekte, welche die Risikogrenze in der ersten Hälfte des nächsten Planungszeitraums übersteigen, könnten auch bei der Planung für den anfänglichen Zeitraum einbezogen werden, um für eine effizientere Arbeitsorganisation zu sorgen.

6.5.4.3 Definition von Aktionen bezüglich verschiedener Abbaumechanismen

Nach Ermittlung der Ergebnisse der RBI-Analyse müssen die zutreffenden Abbaumechanismen identifiziert und die relevanten Inspektionsmethoden für jede Mechanismusart definiert werden. Folgendes muss dabei beurteilt werden (siehe auch Bild 5).

- Das Intervall für die nächste Inspektion, Instandhaltung oder Überwachung;
- die Inspektionsmethode und der erforderliche Umfang um zuverlässige Ergebnisse zu erhalten;
- die Wahrscheinlichkeit der Entdeckung (PoD oder „Probability of Detection“);
- übliche Inspektionssorte (Brennpunkte)⁹⁾; und
- die Inspektionskosten, z. B. NII, in Betracht ziehen.

Diese Informationen werden zur Planung einer Richtlinie, welche die Behandlung der verschiedenen Abbaumechanismen regelt, verwendet.

6.5.4.4 Gruppierung nach Korrosionsschleife und Definition von Brennpunkten;

Um ein effektives Inspektionsprogramm zu entwickeln, sollte die Inspektion in Übereinstimmung mit der Korrosionsschleife, siehe #2 in Bild 5, organisiert werden. Dies dient der Ausnutzung des Zusammenhangs zwischen Einheiten innerhalb derselben Korrosionsschleife, um eine zuverlässige und aktuelle Abbaurate zu ermitteln. Eine Korrosionsschleife kann unter verschiedenen Arten des Abbaus leiden und über mehrere Gruppen von Brennpunkten verfügen. Diese sollte daher separat beurteilt und geplant werden. Siehe #3 Bild 5.

Der Inspektionsumfang im Hinblick auf die Anzahl der Brennpunkte sollte in Anbetracht der gesamten Korrosionsschleife ermittelt werden. Alle Brennpunkte innerhalb der Schleife müssen identifiziert werden, um ermitteln zu können, was einer zu 100 % gründlichen Inspektion für den betreffenden Abbau entspricht, siehe #4 Bild 5.

6.5.4.5 Auswahl von Inspektionspunkten und Inspektionsmethoden

Basierend von den definierten Brennpunkten in einer Korrosionsschleife und den definierten Inspektionsmethoden für verschieden Abbaumechanismen, müssen genaue Inspektionspunkte (CMLs), siehe #5 Bild 5, sowie Inspektionsmethoden, siehe #6 Bild 5, ermittelt und angewandt werden. Die Inspektionstabelle sowie die Tabelle zur Inspektionseffektivität des Verweises [26], Anhang F können als Richtlinie zur Ermittlung des Inspektionsumfangs herangezogen werden.

Das Inspektionsprogramm sollte vor Ort bestätigt werden, um das Programm in Bezug auf die Zugänglichkeit der Anlage und andere relevante Bedingungen zu optimieren, welcher üblicherweise außerhalb des Anwendungsbereichs einer RBIF-Analyse liegen. Diese Eingabeinformationen müssen auch zur Planung der vorbereitenden Arbeiten, siehe #7 Bild 5, verwendet werden.

Bild 5 dient als Vorschlag für einen allgemeinen Arbeitsablauf des RBI-Prozesses.

9) Berücksichtigung von Schwachstellen und Orten zur Korrosionsüberwachung.

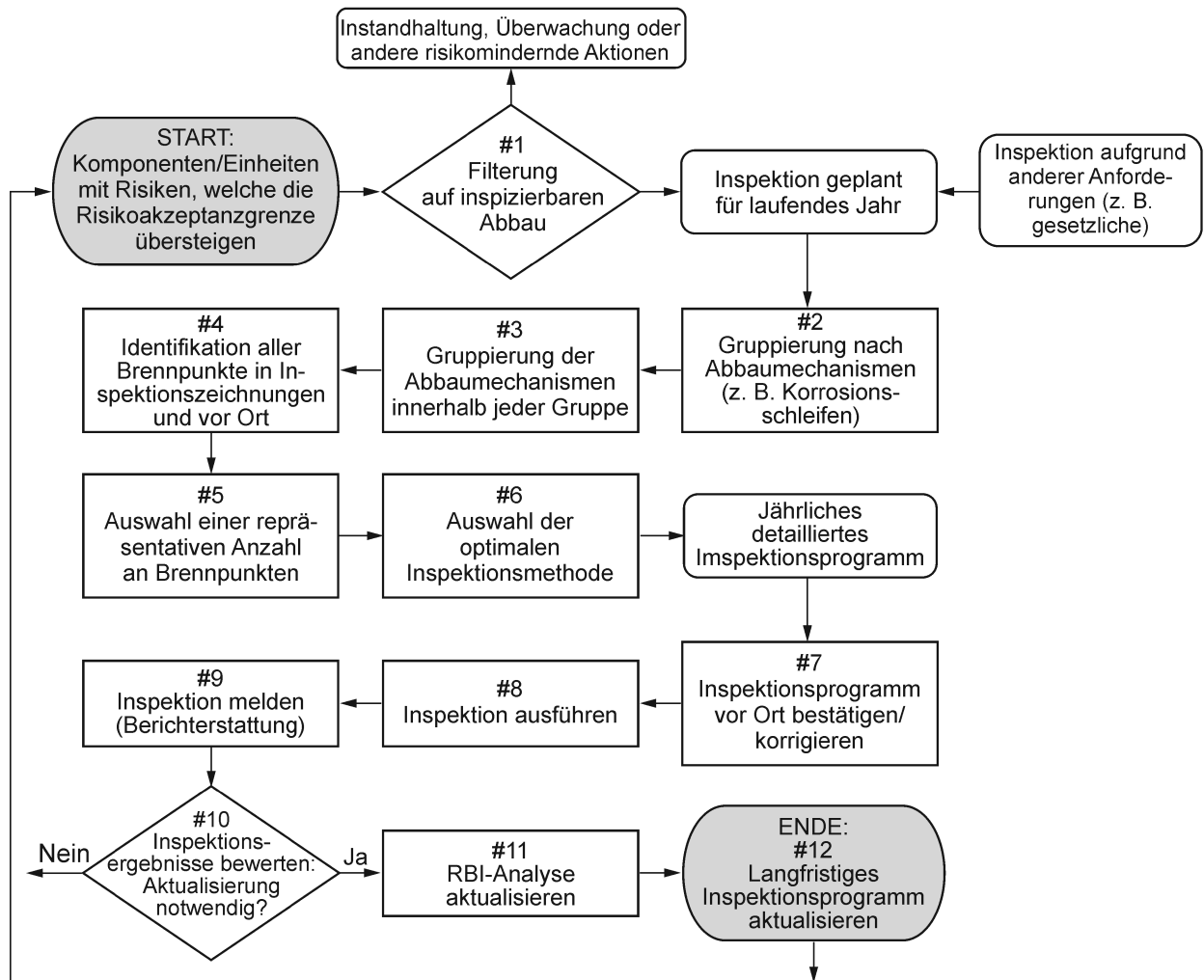


Bild 5 — Beispiel für einen allgemeinen Arbeitsablauf des RBI-Prozesses

6.5.5 Ausgabe

Im Prinzip dient die Entscheidungslogik als Anleitung zur Entwicklung der bevorzugten Inspektions- und Instandhaltungsstrategie basierend auf der Risikobeurteilung, der Feststellbarkeit von Schäden und den Ausfallsmerkmalen.

Der Inspektions- und Instandhaltungsplan muss anlagenspezifisch sein. Ein solcher Plan muss die folgenden Elemente umfassen, ist aber nicht auf diese beschränkt:

- detaillierte Inspektionsmethoden (z. B. Ultraschallprüfen), Orte (z. B. Position der Düse G 6°) und Intervalle (z. B. 24 Monate);
- zeitbasierte und zustandsorientierte Instandhaltung (präventiv/vorbeugend);
- Inspektionen und Instandhaltungen im Betrieb;
- geplante Korrekturmaßnahmen (z. B. Düse G ersetzen);
- Identifikation des Abbaus und des Schadens (z. B. allgemeine Korrosion 0,2 mm pro Jahr sowie Erosion);
- regelmäßige Funktionsprüfungen (PRV) und Überwachungen (IOW);

- der RBIF-Inspektionsplan muss eine Sammlung von Informationen zur Reduzierung der Unsicherheit und rechtzeitige Inspektionen (keine Leckage) sicherstellen.

6.5.6 Warnungen und Anwendbarkeitsgrenzen

RBIF ist auf Systeme und Geräte in deren aktiven Betriebsphase, sowie während der Entwicklungsphase zur Analyse und Bestimmung von Instandhaltungs- und Inspektionsstrategien anwendbar.

Örtliche, internationale, sowie von der jeweiligen Regierung vorgegebene Einschränkungen und Vorschriften müssen bei der Erstellung des RBIF-Aktionsplanes berücksichtigt werden und können Änderungen der Inspektionsintervalle, des Inspektionsumfangs und der Methodik, usw. verursachen.

Obgleich die RBI-Analyse durch personal mit analytischen Hintergrundkenntnissen bestätigt wurde und die ausgeführte Beurteilung von einer kompetenten Stelle bzw. Person ausgewertet wurde, sollte sich der Inspektionsplaner dennoch die Zeit nehmen, die Ergebnisse für jene Einheiten zu korrigieren, bei denen in Kürze eine Inspektion fällig wird. Im Allgemeinen verfährt die Analyse nach einem konservativen Ansatz, d. h. dass wenn Informationen fehlen, grundsätzlich der schlimmste Fall angenommen wird („Worst Case“). Solche Annahmen können zu einer relativ kurzen Zeit bis zu einer fälligen Inspektion führen und es sollte dafür Sorge getragen werden, dass dies entsprechend klargestellt wird.

Der Inspektionsplaner sollte auch in Ansätzen die Ergebnisse der RBI-Analyse mit den Ergebnissen ähnlicher Anlagen, bekannten Ausfällen in bestehenden Anlagen und historischen Inspektionsdaten vergleichen.

Abzweigrohrleitungen ohne eigene Messstellennummer werden oftmals nicht durch die RBI-Analyse behandelt. Diese Art der Rohrleitung verfügt in der Regel über dünnere Wände als die Hauptrohrleitung und bei manchen Abbaumechanismen kann dies zu einem höheren Wert für die Ausfallwahrscheinlichkeit (PoF) führen. Soweit möglich sollten diese Einheiten identifiziert werden, damit sie separat behandelt werden können.

6.6 Ausführung und Berichterstattung

6.6.1 Allgemeines

Die Ausgabe eines RBIM-Planes stellt die Eingabe für die Planung und Terminierung aller beteiligten Abteilungen, Fachrichtungen (Disziplinen) und Auftragnehmer für die Instandhaltungs- und Inspektionsarbeit (MEI) für die gesamte Anlage dar, einschließlich des Turnarounds. Die Ausgabe der Entwicklung des RBIM-Planes basiert auf einer instand zuhaltenden Einheit. Es erlaubt zuerst das Risikomanagement und führt im Verlauf zu wissensbasierten Entscheidungen. Die RBIM-Ausgabe ermöglicht eine breite Palette an möglichen Strategien, so zum Beispiel die Reduzierung oder Beseitigung von Risiken durch Überwachung, Funktionsprüfungen und Verbesserung der Verfahrensabläufe für Prozesse, den Betrieb und/oder die Instandhaltung, Inspektion, Modifikation, Reparatur, Austausch oder den Betrieb bis zum Ausfall. Instandhaltungsarbeiten lassen sich in drei Hauptkategorien, wie in Tabelle 4 gezeigt, aufteilen.

Tabelle 4 — Hauptkategorien für Inspektion/Instandhaltung

Art der Instandhaltung	Typischer Verfahrensablauf	Durch wen
1a. Im laufenden Betrieb/im Gebrauch (nicht-invasiv), OS/NI	Stillsetzung der Anlage/der Einheit nicht erforderlich	Betriebspersonal/eigenes Personal/Spezialisten/beauftragte Unternehmen
1b. Im laufenden Betrieb/nicht in Gebrauch (invasiv), OS/I	Stillsetzung der Einheit erforderlich, aber nicht der Anlage	Betriebspersonal/eigenes Personal/Spezialisten/beauftragte Unternehmen
2. Kurze Stillsetzung	Stillsetzung zum Austausch des verschlissenen Geräts oder durch den Prozess erforderliche Änderungen (Katalysatoren, Molekularsiebe usw.)	Eigenes Personal/Spezialisten/beauftragte Unternehmen
3. Turnaround/allgemeine Revision	Längere Stillsetzung der Anlage für große Aufrüstungen, Reparaturen, Inspektionen, Prozessverbesserungen	Eigenes Personal und beauftragte Unternehmen

6.6.2 Eingaben

Die Haupteingabe der Planung und Ausführung ist der RBI-Prozess, einschließlich aller Geräte im Anwendungsbereich. Die folgenden Ergebnisse werden aus dieser Risikobeurteilung erwartet:

- Risikoeinstufung der Anlage(en)/der Geräte/der Einheiten, einschließlich, aber nicht beschränkt auf statische (feststehende) Geräte, Rohrleitungen und Druckentlastungsvorrichtungen;
- Art der Inspektion und Instandhaltung. Hierbei kann es sich um einen Inspektionsplan auf hoher Ebene, wie er üblicherweise durch die RBI-Software geliefert wird, oder einen detaillierten Inspektionsplan, einschließlich spezifischer Inspektionsorte und Methoden, wie er üblicherweise von Inspektionsexperten ausgestellt wird, handeln;
- zeitliche Abstimmung der Aktivität/Datum für die geplante Inspektion, üblicherweise bis zustandsbasierte oder zeitbasierte Planung;
- notwendige Arbeit und Fähigkeiten zur Ausführung der Arbeit, sowie geschätzter Zeitaufwand pro Aufgabe;
- Erfordernis einer kompletten oder teilweisen Stillsetzung der Anlage, sowie invasiver oder nicht-invasiver Inspektion;
- Abhängigkeiten zwischen Arbeit an der beurteilten Einheit und anderen Geräten/Komponenten;
- benötigte Werkzeuge, notwendiger Sachverstand des Personals und nötige Ersatzteile.

6.6.3 Verfahrensweise

Die Instandhaltungsarbeit (oder Inspektionsarbeit) besteht üblicherweise aus Arbeitsmaßnahmen, die aus 3 verschiedenen Quellen (siehe Bild 6) ermittelt wurden und Aktivitäten, wie in Tabelle 5 angeführt, umfassen.

- 1) Präventive Pläne, die durch RBIM-Beurteilungen entstanden sind (zustandsbasierte und/oder geplante Instandhaltung), selbst wenn sich diese lediglich auf Inspektionen beziehen;
- 2) Erfordernis für korrektive Instandhaltung aufgrund wahrgenommener Ausfälle, anfänglicher Problemen;
- 3) Ausfälle, die durch die Zustandsüberwachung ermittelt wurden.

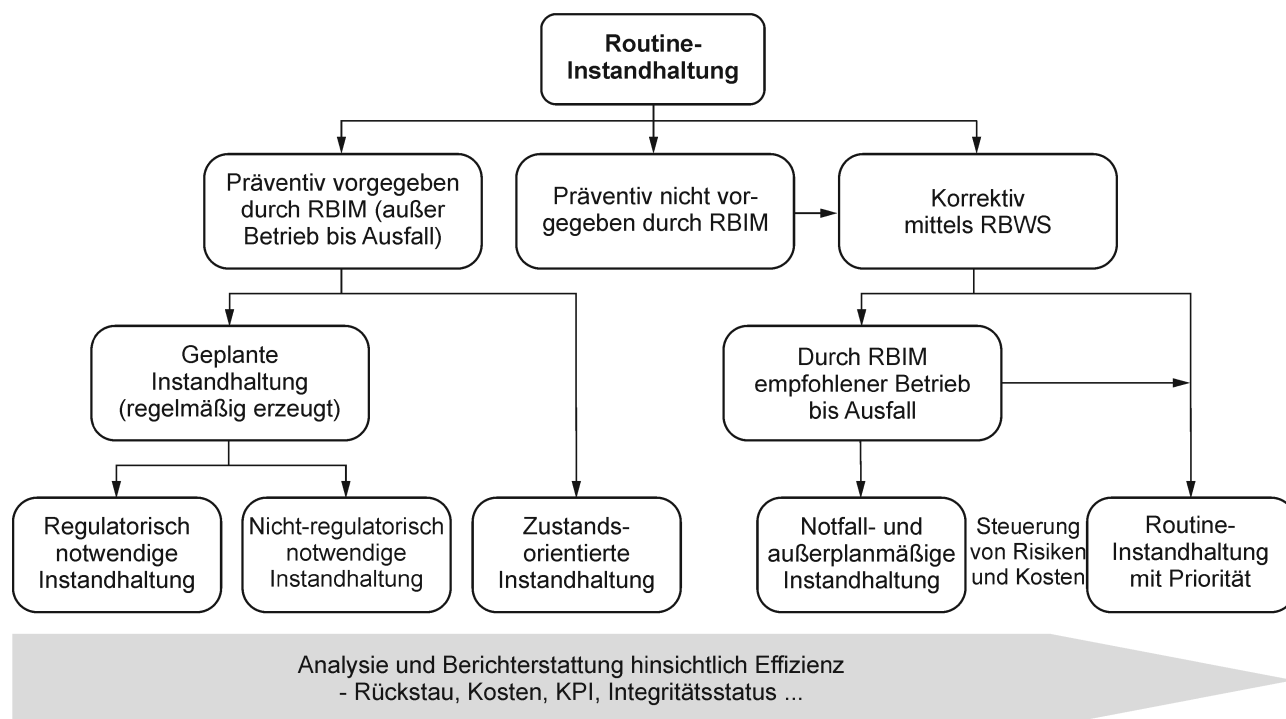


Bild 6 — Instandhaltungsplanung. Beispiele für die RBWS-Priorisierung bei der Arbeitsauftragsplanung (kurzfristig und langfristig). In der Phase der Erstellung Beurteilung neuer Anfragen, sollten die RBIM-Informationen (Ausfallmodi, Ausfallraten und die verbundenen Konsequenzen) im CMMS verfügbar sein

Tabelle 5 — Aktivitäten zur Ausführung und Berichterstattung

Aktivität	Beschreibung
Risikobasierte Arbeitsauswahl (RBWS oder „Risk Based Work Selection“)	RBWS dient der Priorisierung von Arbeiten auf täglicher oder wöchentlicher Basis, sowohl für korrektive, als auch präventive Aufgaben. Es hat sich in der Praxis gezeigt, dass ungefähr 40 % der korrektiven Aufgaben, die angefragt wurden, mehrere Wochen verschoben werden können. Daher geht es bei der RBWS-Aktivität um die optimale Auswahl und Zeitplanung von durchzuführenden Aufgaben. RBWS sollte jedoch weder die RBIM-Risikoanalyse ersetzen, noch Instandhaltungsaufgaben zu lange nach hinten verschieben.
Arbeitsausführung	Die Arbeitsausführung umfasst: • das Ausstellen eines Arbeitsauftrags • die Verfügbarkeit der unterstützenden Dokumentation • HSE – Vorbesprechung, Risikobeurteilung • Kontrolle der ausgeführten Arbeiten
Werkzeuge und Datenbanken	Eine moderne Instandhaltungsorganisation verwendet in der Regel ein computergestütztes Instandhaltungsmanagementsystem (CMMS) als Schlüsselwerkzeug bei der Ausführung der Instandhaltungsfunktion. Das CMMS umfasst üblicherweise die folgenden Informationen/Module: • Aufschlüsselung der Geräte der Anlage (Hierarchie der funktionalen Orte) • technische Schlüsselinformationen • Instandhaltungspläne • Management der Arbeitsaufträge (Arbeitsablauf, Signatur) • Berichterstattung über Instandhaltungsmaßnahmen • Modul für Berichterstattung und Analyse Im Kontext der RBIM-Informationen (Ausfallmodi, Ausfallraten und verbundene Konsequenzen) ist eine Mindestanforderung an CMMS-Systeme, dass diese entweder die Risikoinformationen aus der Risikobeurteilung enthalten oder zumindest über eine entsprechende Verknüpfung verfügen sollten.
Bericht- erstattung und Dokumentation der Arbeit	Der Zweck der Dokumentation der ausgeführten Instandhaltungsarbeiten ist: • die Aufzeichnung des Gerätezustands vor und nach der Arbeit. die Aufzeichnung von Informationen bezüglich der Art des Abbaus und dem Ausmaß der Schäden – Informationen, die für die zukünftige Planung von Relevanz sind. Eine Kombination aus Fehlercodes, Texten und Bildern wird empfohlen. • die Steuerung von Kosten und Zeiten – wie viele Arbeitsstunden aufgebracht wurden, welche Ersatzteile (Art und Kosten) und welche Werkzeuge verwendet wurden • Eine genaue Berichterstattung ist der Schlüssel zur ordentlichen Analyse und Aktualisierung von Inspektions- und Instandhaltungsplänen. Eine unzureichende Qualität dieses Teils der Arbeit sorgt dafür, dass die risikobasierte Planung in der Zukunft von suboptimaler Natur sein wird.
Analyse	Die Ergebnisse der ausgeführten Instandhaltungsarbeiten sollten analysiert und regelmäßig wieder in das RBIM-System zurückgeführt werden, üblicherweise durch monatliche, quartalsweise und jährliche Instandhaltungs- und Inspektionsberichte. Diese Berichte sollten üblicherweise Informationen zu den folgenden Themen beinhalten: • Rückstau – ausgeführte Arbeiten im Vergleich zur geplanten Arbeit • Überfällige Druckgeräte • Arbeit zu Betriebsstörungen (nicht eingeplante Arbeitsmaßnahmen) • Verfügbarkeit von Hauptproduktionssystemen und instandhaltungsbezogene Verluste • Zuverlässigkeit von Sicherheitssystemen • Trendaufzeichnung zu Schlüsselparametern in Bezug auf Verfügbarkeit, Integrität und Zuverlässigkeit

6.6.4 Ausgabe

Die Ausgabe der Instandhaltungsausführung ist eine Anlage, wo die präventive Instandhaltung auf RBIM-Analysen basiert und die korrektive Instandhaltung ebenfalls anhand risikobasierter Grundsätze gehandhabt wird. Im Ergebnis ist das Ausfallrisiko unter Kontrolle und auf ein akzeptables Niveau beschränkt. Die Zuverlässigkeit und damit die Verfügbarkeit, wird zu einem bekannten Parameter. Ebenfalls wird die Arbeit dokumentiert und eine Berichterstattung erfolgt, sodass Berichte, Werkzeuge und Informationen zur kontinuierlichen Verbesserung verfügbar sind.

Ein Korrosionsschutzdokument (CCD oder „Corrosion Control Document“) kann auch ein Teil eines RBIM-Programms sein. Ein solches Dokument bezieht sich auf die Abbaumechanismen, die spezifisch für jede Prozesseinheit eines Standorts vorliegen. Ein solches Dokument beschreibt näher, auf welche Art und Weise ein Gerät dem Abbau unterliegt und wie Schäden aufgedeckt, gemindert oder vermieden werden. Es dient auch dem Transfer von Wissen von den RBI-Experten zum Personal, das mit der Einheit betraut ist.

6.6.5 Warnungen/Anwendbarkeitsgrenzen

Die Qualität und das Leistungsvermögen eines RBIM-Planes hängt von der Eingabe ab. Um einen erfolgreichen RBIM-Plan zu erhalten, ist es von entscheidender Wichtigkeit, Eingabedaten aus dem Betrieb, Prozessen, der Instandhaltung und von anderen Experten zu erhalten. Es ist unerlässlich, sicherzustellen, dass der RBIM-Plan den Vorschriften der europäischen Union, jedweden nationalen Vorschriften und den jeweiligen Unternehmensrichtlinien entspricht. Falls notwendig, sollte eine Zweitmeinung von unabhängigen Experten eingeholt werden, um eine erfolgreiche Ausführung der Pläne zu prüfen.

6.7 Evergreening-Phase/Leistungsüberprüfung

6.7.1 Allgemeine Beschreibung und Anwendungsbereich

Der Zweck der Auswertung des RBIM-Prozesses ist es, die Effektivität und die Auswirkungen der Einführung der Inspektions- und Instandhaltungsprogramme zu bewerten. Dies ermöglicht die Identifikation von Bereichen, wo Modifikationen und Verbesserungen notwendig sind. Die Auswertung umfasst die folgenden Aufgaben:

- Beurteilung der Effektivität des RBIM-Prozesses hinsichtlich der Erfüllung der geplanten Ziele (Beurteilung der Effektivität);
- Aktualisierung des RBIM-Prozesses, indem mögliche Veränderungen der Anlage (Zugänge, neue Einheiten, Änderungen) und neues Wissen berücksichtigt werden (Neubeurteilung des Risikos);
- regelmäßige Neuauswertung der bestehenden RBI-Pläne in Bezug auf etwaige Änderungen hinsichtlich
 - a) der Anforderung an die Konstruktion;
 - b) der Prozessparameter, Betriebsbedingungen;
 - c) nach ungeplanten Instandhaltungsmaßnahmen (z. B. Ausfall der Anlagenintegrität);
 - d) nach einem Instandhaltungs- und Inspektions-Turnaround (Stillsetzung); und
 - e) nach Problemen mit der Erfüllung von Vorschriften (Compliance).
- häufige Erörterung der Befunde aus Inspektionen und Instandhaltungen, um RBIM-Pläne zu aktualisieren und auf die neu gewonnenen Daten anzupassen;