



Identifikation
Bewertung
Darstellung
Anwendung

Reinhard Preiss

Methoden der Risikoanalyse in der Technik

Systematische Analyse komplexer Systeme

Impressum

Methoden der Risikoanalyse in der Technik

Systematische Analyse komplexer Systeme

2., überarbeitete und ergänzte Auflage 2017

ISBN 978-3-901942-76-1

Autor: Dipl.-Ing. Dr. Reinhard Preiss,

Geschäftsfeldleiter International Industry & Energy, TÜV AUSTRIA SERVICES GMBH

Medieninhaber:

TÜV AUSTRIA AKADEMIE GMBH

Leitung: Mag. (FH) Christian Bayer, Rob Bekkers, MSc BSc

1100 Wien, Gutheil-Schoder-Gasse 7a

Tel.: +43 (0)1 617 52 50-0 | Fax: +43 (0)1 617 52 50-8145

E-Mail: akademie@tuv.at | www.tuv-akademie.at



Produktionsleitung: Mag. Judith Martiska

Layout: Mag. Evelyn Hörl

Druck: GRASL FairPrint. Grasl Druck & Neue Medien GmbH

Foto Umschlag: fotolia.com

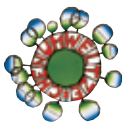
© 2017 TÜV AUSTRIA AKADEMIE GMBH

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte, insbesondere die Rechte der Verbreitung, der Vervielfältigung, der Übersetzung, des Nachdrucks und der Wiedergabe bleiben – auch bei nur auszugsweiser Verwertung – dem Verlag vorbehalten.

Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner Form (durch Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) ohne schriftliche Genehmigung des Medieninhabers reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme gespeichert, verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Trotz sorgfältiger Prüfung sämtlicher Beiträge in diesem Werk sind Fehler nicht auszuschließen. Die Richtigkeit des Inhalts ist daher ohne Gewähr. Eine Haftung des Herausgebers oder der Autoren ist ausgeschlossen.

Zur leichteren Lesbarkeit wurde die männliche Form gewählt. Selbstverständlich gelten alle Formulierungen für Männer und Frauen in gleicher Weise.



Dieses Produkt entspricht dem Österreichischen Umweltzeichen für schadstoffarme Druckprodukte (UZ 24), UW-Nr. 715
Grasl FairPrint, Bad Vöslau, www.grasl.eu



Bitte sammeln Sie Altpapier für das Recycling.

EU Ecolabel:
AT/028/036

Inhalt

1 Einführung	12
1.1 Allgemeines	12
1.2 Begriffe	13
1.3 Risikoanalysen als Teil des Risikomanagements	18
1.3.1 Allgemeine Darstellung	18
1.3.2 HSE/OI-Management in der Prozessindustrie	21
1.3.3 Beispiele für Performance Indikatoren der Prozessindustrie	24
1.4 Ausgewählte Anwendungsgebiete von technischen Risikoanalysen	27
1.4.1 Produktsicherheit im Sinne Europäischer Richtlinien	27
1.4.2 Produkthaftung nach PHG	30
1.4.3 Wirtschaftlicher Erfolg und Image eines Produkts	31
1.4.4 Arbeitnehmerschutz und Umweltschutz	31
1.4.5 Anlagensicherheit (Process Safety)	33
1.4.6 Schutz kritischer Infrastruktur	43
1.5 Known/Unknown Knowns/Unknowns – eine Reflexion zum Thema Risikoanalysen	49
1.6 Referenzen/Literatur	52
2 Methoden der Risikobeurteilung	55
2.1 Allgemeine Gesichtspunkte der Risikobeurteilung	55
2.2 Risikomatrix	60
2.2.1 Allgemeines	60
2.2.2 Quantitativ – Anlagentechnik	62
2.2.3 Qualitativ – Anlagentechnik	66
2.2.4 Qualitativ – Eisenbahntechnik	67
2.2.5 Qualitativ nach DoD practice for System Safety	68
2.2.6 Risk Based Inspection	70
2.3 Individual Risk, Societal Risk, das ALARP Konzept	70
2.3.1 Individual and Societal Risk	70
2.3.2 Der ALARP-Nachweis	73
2.4 Prinzip der minimalen endogenen Mortalität (MEM)	75
2.5 Das GAMAB-Prinzip	78
2.6 Der Risikograph	80
2.7 Risikokennzahlen/die Risikoprioritätszahl	83
2.8 Exkurs: RAPEX	86
2.9 Referenzen/Literatur	88
3 Methodenübersicht	90
3.1 Gesichtspunkte hinsichtlich der Kategorisierung/Charakterisierung von Methoden	90
3.2 Kategorisierung der Methoden hinsichtlich Detailschritte	92
3.3 Charakterisierung der Methoden	93
3.4 Referenzen	102
4 FMEA (FMECA)	103
4.1 Einleitung	103
4.1.1 Historie	104

4.1.2	Anwendungsgebiete und Motivation für die FMEA	104
4.1.3	Ziele der FMEA	105
4.2	Begriffserklärung	106
4.3	Durchführung einer FMEA	106
4.3.1	Funktionsdarstellung	106
4.3.2	Systemstruktur und Grenzen	107
4.3.3	Analyse potenzieller Fehler – Ablaufdiagramm	107
4.3.4	Risikobewertung mittels FMECA	110
4.3.5	Dokumentation/Erfolgskontrolle	114
4.4	Anwendungsbeispiele	117
4.4.1	Elektrischer Druckkochtopf – Sicherheits-Features	117
4.4.2	FMEA zum Thema Gasversorgungssicherheit	120
4.4.3	Funktionsdarstellung eines Autositzes	122
4.4.4	FMEA Anwendung in der Verfahrenstechnik	124
4.4.5	Prozess – FMEA: Durchführung einer Risikoanalyse	127
4.5	Zusammenfassung und Grenzen	128
4.6	Referenzen/Literatur	128
5	HAZOP	129
5.1	Einleitung	129
5.1.1	Historie	130
5.1.2	Anwendungsgebiete	130
5.1.3	Unterschied zur (Bauteil-)FMEA	130
5.2	Begriffserklärungen/Abkürzungen	130
5.3	Methodik der HAZOP-Studie	132
5.3.1	Kontinuierliche Systeme	132
5.3.2	Diskontinuierliche (sequentielle, Batch-)Systeme	137
5.4	Durchführung einer HAZOP	138
5.4.1	Definition des Ziels und des Umfangs der Studie	138
5.4.2	Auswahl des Teams	139
5.4.3	Vorbereitung der Studie	139
5.4.4	Teamsitzungen und Dokumentation	140
5.5	Anwendungsbeispiele	141
5.5.1	Kontinuierliches System – Gasreduzierstation	141
5.5.2	Festlegung der Teilsysteme für eine chemische Produktion	146
5.5.3	Vorbereitung eines diskontinuierlichen Systems – Reaktor Regeneration	147
5.5.4	Bahnschranken an Eisenbahnkreuzung (HAZOP als PHA)	148
5.5.5	Weitere Anwendungen (Notfallmaßnahmen, Personalauswahl)	150
5.6	Zusammenfassung und Grenzen	152
5.7	Referenzen/Literatur	153
6	Fehlerbaumanalyse (Fault Tree Analysis – FTA)	154
6.1	Einleitung	154
6.1.1	Historie	154
6.1.2	Ziele der Fehlerbaumanalyse	154
6.2	Begriffe und Symbole	155
6.3	Durchführung einer Fehlerbaumanalyse	157
6.3.1	Grundlagen	157

6.3.2	Minimalschnittdarstellung	160
6.4	Anwendungsbeispiel – Flüssigkeitsabscheider	164
6.5	Anwendungsbeispiel – Automatische Befüllung eines Tanks	169
6.6	Zusammenfassung und Grenzen	174
6.7	Referenzen/Literatur	175
7	Ereignisbaumanalyse (Event Tree Analysis)	176
7.1	Methodik und Darstellung	176
7.2	Anwendungsbeispiele	178
7.2.1	Ausfall der Pumpe eines Reaktorkühlkreislaufes	178
7.2.2	Störung in einer Abgasbehandlungsanlage	179
7.2.3	Austritt eines brennbaren Gases einer brennbaren Flüssigkeit	183
7.3	Referenzen/Literatur	185
8	Cause-Consequence Analyse und Bow-Tie Analyse	186
8.1	Allgemeines zur Methodik	186
8.2	Cause-Consequence-Analyse	186
8.3	Bow-Tie Analyse	187
8.3.1	Elemente eines Bow-Tie Diagramms	188
8.3.2	Anwendungsbeispiel – Behälter mit brennbarer Flüssigkeit	191
8.4	Referenzen/Literatur	194
9	3-F Methode	195
9.1	Methodik	195
9.2	Anwendungsbeispiel – Notwendigkeit des Tragens eines Fahrradhelms	196
9.3	Referenzen/Literatur	197
10	Layer of Protection Analyse (LOPA)	198
10.1	Einleitung und Historie	198
10.2	Begriffsbestimmungen	200
10.3	Durchführung der LOPA	202
10.3.1	Überblicksdarstellung	202
10.3.2	Darstellung der Auswirkung von Szenarien	204
10.3.3	Initiating Event, Enabling Event, Conditional Modifier	206
10.3.4	Independent Protection Layer (IPL)	213
10.3.5	Bestimmung der Eintrittswahrscheinlichkeit eines Szenarios	216
10.3.6	Zielwerte für die Risikominimierung	217
10.4	Anwendungsbeispiele	220
10.4.1	Anwendung nach Allgemeiner Methodik	220
10.4.2	Beispiele – Österreichische LOPA Arbeitsgruppe [Ref. 10-7]	222
10.5	Zusammenfassung und Grenzen	232
10.6	Referenzen/Literatur	233
11	What-If-, SWIFT Analyse, Checklisten	234
11.1	Allgemeines	234
11.2	Analyse von Prozeduren und Abläufen	234
11.2.1	Vorgangsweise bei der Prozeduren- bzw. Ablaufanalyse	234
11.2.2	Darstellung der Prozeduranalyse anhand eines Beispiels	235
11.3	SWIFT-Analyse (Strukturierte What-If Analyse)	237
11.3.1	Vorgangsweise bei der SWIFT Analyse	237

11.3.2	SWIFT Kategorien – Maschinensicherheit	238
11.3.3	SWIFT Kategorien – Anlagen- und Prozesstechnik	239
11.3.4	Analyse nach Haferkamp-Jäger (Seveso Richtlinie); WACKER Analyse	240
11.3.5	Anwendungsbeispiel – SWIFT Kategorien für eine Windkraftanlage	245
11.3.6	Anwendungsbeispiel – SWIFT Kategorie für Medizinprodukte	246
11.3.7	Anwendungsbeispiel – Druckluftversorgungssystem	247
11.4	Checklisten	251
11.5	Referenzen/Literatur	255
12	Relative Risk Ranking	256
12.1	Allgemeine Zielsetzung	256
12.2	Methodenübersicht	257
12.3	Dow Fire & Explosion Index (F&EI)	257
12.3.1	Begriffe	258
12.3.2	Vorgangsweise bei der Bestimmung des F&EI	259
12.3.3	Anwendungsbeispiel – Lagertank für Toluol	268
12.4	Literatur/Referenzen	271
13	HACCP	272
13.1	Allgemeine Einführung	272
13.2	HACCP in der Anwendung	273
13.2.1	Bestandteile von HACCP	273
13.2.2	Durchführung von HACCP	275
13.3	Anwendungsbeispiel in der Lebensmittelherstellung – Käseherstellung	278
13.4	HACCP Anwendung in Biogasanlagen	282
13.5	Literatur/Referenzen	287
14	Human Factor/Human Error	288
14.1	Allgemeine Einführung	288
14.2	Menschliche Fehler – Human Error/Human Failings	290
14.3	Skill-, Rule- und Knowledge-Based: eine genauere Betrachtung	292
14.3.1	Fehlermodes im Skill-Based Level	294
14.3.2	Fehlermodes im Rule-Based Level	295
14.3.3	Fehlermodes im Knowledge-Based Level	295
14.4	Latente Fehler und Systemversagen	297
14.5	Kommunikation & Alarmmanagement	299
14.6	Sicherheitskultur und ganzheitlicher Ansatz	301
14.7	Analyse und Quantifizierung von Human Error	306
14.7.1	Quantifizierung für LOPA Anwendungen	307
14.7.2	Quantifizierung nach dem TESEO Verfahren	309
14.7.3	Procedural Controls for Major Incident Hazards (Delaney/Dow)	310
14.7.4	Quantifizierung nach dem Rasmussen Report	314
14.8	Beispiele für Unfälle durch Human Error	314
14.8.1	KKW Three Mile Island – Harrisburg (USA)	314
14.8.2	Exxon Valdez (Alaska, 1989)	317
14.9	Resümee	317
14.10	Referenzen/Literatur	318
15	Funktionale Sicherheit	319

15.1 Grundbegriffe	319
15.2 Risikobasierende Festlegung des Schutzniveaus	323
15.2.1 Sicherheit von Maschinen nach EN 13849	323
15.2.2 Sicherheit von Maschinen nach EN 62061	325
15.2.3 Prozessindustrie	327
15.3 Anwendungsbeispiele	336
15.3.1 Überfüllung eines Abscheiders – SIL nach EN 61511	336
15.3.2 Stillsetz- und Sperreinrichtung einer Maschine – PL nach EN 13849	338
15.4 Grundlegendes zum Nachweis der Anforderungen	341
15.4.1 SIL nach EN 61508/EN 61511	341
15.4.2 PL nach EN 13849 (Sicherheit von Maschinen)	351
15.4.3 SIL nach EN 62061 (Sicherheit von Maschinen)	356
15.5 Referenzen/Literatur	360
16 RAM-Analysen (Exkurs)	362
16.1 Grundlagen und Vorgehensweise	362
16.2 Anwendungsbeispiel	364
16.3 Monte-Carlo-Simulation	365
16.4 Referenzen	367
17 QRA in der Prozessindustrie (Exkurs)	368
17.1 Grundlegende Vorgehensweise	368
17.2 Loss-of-Containment Events	370
17.3 Consequence Analysis	372
17.4 Wirkung auf Menschen, Individual- und Soziales Risiko	376
17.4.1 Wirkung von toxischer Exposition	376
17.4.2 Wirkung von Feuer	377
17.4.3 Wirkung von Druckwellen (Explosionen)	379
17.4.4 Ergebnisdarstellung einer QRA	380
17.5 Anmerkungen	384
17.6 Referenzen	385
18 Risk Based Inspection (RBI)	386
18.1 Einleitung und Historie	386
18.2 Begriffsbestimmungen	388
18.3 Durchführung der RBI-Studie	390
18.3.1 Überblicksdarstellung Ablauf	390
18.3.2 RBI-Team	391
18.3.3 Annahmen	392
18.3.4 Umfang des RBI-Projektes definieren	393
18.3.5 Risiko Matrix	393
18.3.6 Verfügbare Daten sammeln und Qualität bewerten	398
18.3.7 Risiko Screening durchführen	398
18.3.8 Systematische Einteilung der Anlage	399
18.3.9 POF und COF Analyse	402
18.3.10 Risiko definieren, Risiko Treiber identifizieren	412
18.3.11 Risiko-Minderung planen	412
18.4 Zusammenfassende Darstellung	415
18.5 Referenzen/Literatur	415

TÜV AUSTRIA vereint Sicherheit und Technik



Sicherheit gehört zu den Grundbedürfnissen unserer Gesellschaft. Diesen Sicherheitsanspruch im privaten und öffentlichen Leben zu gewährleisten, erfordert kontinuierliche Weiterentwicklung und Verbesserung. Gerade in Zeiten der fortschreitenden Globalisierung ist dies eine stete Herausforderung. Zumal die technischen Entwicklungen und die Digitalisierung neue Wege und neue Chancen ermöglichen. Moderne Technologien und der digitale Wandel eröffnen innovativen Unternehmen auch im Sicherheitsbereich viele Marktchancen. Klar ist: Nur wer sichere Innovationen anbietet, wird auf dem Markt langfristig erfolgreich sein.

TÜV AUSTRIA vereint als vorausblickende Institution Sicherheit und Technik.

Die Analyse und das Auffinden von technischen Gefahrenpotentialen vor allem in Wirtschaft und Industrie werden aufgrund der neuen Technologien immer komplexer. Umso wichtiger ist es, dass der TÜV AUSTRIA über die entsprechenden Methoden verfügt, um technische Gefahrenpotenziale zu identifizieren und entgegenzuwirken. Damit leistet die Gruppe auch einen wichtigen Beitrag für Österreichs Wettbewerbsfähigkeit. Denn langfristig werden jene Unternehmen am internationalen Markt besonders erfolgreich sein, die neben Innovationen auch sichere Produktionsabläufe und Prozesse bieten können.

Mit dieser zweiten Auflage veröffentlicht der TÜV AUSTRIA Fachverlag eine neue und aktualisierte Zusammenstellung bewährter Methoden zur Auffindung von Gefahrenquellen in Industrieanlagen und für die nötigen Schutzmaßnahmen. Damit bleibt der TÜV AUSTRIA am Puls der Zeit und trägt zu noch mehr Sicherheit bei. In diesem Sinne wünsche ich dem gesamten Team alles Gute und weiterhin viel Erfolg.

Vizekanzler Dr. Reinhold Mitterlehner

Bundesminister für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft

Komplexität verständlich werden lassen



Unternehmen sehen sich heute mit einer Reihe von Herausforderungen konfrontiert: Neben den Markterfordernissen sind in den vergangenen Jahren auch gesellschaftliche Ansprüche an Betriebe gewachsen, die über den Erhalt und Schaffung von Arbeitsplätzen weit hinausgehen. Dazu kommen – auch als Ausdruck des gesellschaftspolitischen Anspruchs an Unternehmen – rechtliche Rahmenbedingungen, die zunehmend komplexer werden und immer mehr Ressourcen binden. Viele Unternehmen klagen dementsprechend – wie auch die österreichische Industrie insgesamt – vielfach und zu Recht über eine kaum bewältigbare Regulierungsflut.

Unternehmen sind oftmals selbst gefordert, dynamische, anpassungsfähige Lösungen in diesem Umfeld zu finden – auch und vor allem im Bereich Sicherheit. Die Bewertung von Risiken technischer Systeme, um Schaden von Menschen und Umwelt abzuwenden, nimmt dabei naturgemäß einen hohen Stellenwert ein und ist insbesondere auch für die Industrie von größter Bedeutung. Denn längst ist der Faktor „Sicherheit“ nicht mehr nur im unmittelbaren Interesse der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, sondern ein für den Wirtschafts- und Industriestandort wichtiges Qualitätsmerkmal im internationalen Wettbewerb. Dazu kommen die Herausforderungen rund um die Datensicherheit, die angesichts der dynamischen Entwicklung der Digitalisierung in der Produktion massiv an Stellenwert gewinnen.

Vor diesem Hintergrund sind nicht nur die vehementen Forderungen der heimischen Industrie nach Entbürokratisierungen und Deregulierung verständlich. Neben wirtschaftspolitischen Rahmenbedingungen erhalten auch die Themen Risikoanalyse und Risikomanagement stetig steigende Aufmerksamkeit. Methoden der Risikoanalyse und des Risikomanagements verständlich zu machen und sie gleichsam als Werkzeug für Unternehmen aufzubereiten, ist genau jene wertvolle Unterstützung, die Österreichs Betriebe in einem tendenziell immer komplexer werdenden Umfeld brauchen.

Mag. Christoph Neumayer

Generalsekretär
Industriellenvereinigung

Vorwort



Nichts ist so beständig wie der Wandel. Dieses Heraklit von Ephesus zugeschriebene Zitat hat heute mehr Gültigkeit denn je. In Zeiten der Veränderung wird paradoxerweise aber auch das Bedürfnis der Menschen nach Sicherheit immer größer. Manche Autoren sprechen in diesem Zusammenhang gerne von der sogenannten „Vollkaskogesellschaft“. Absolute Sicherheit ist allerdings etwas, das per definitionem gar nicht erreichbar ist, insbesondere bei komplexen technischen Systemen. Anton Neuhäusler hat dazu treffend bemerkt: „Es gibt keine Sicherheit, nur verschiedene Grade der Unsicherheit.“ Um diesen gordischen Knoten aus Sicherheitsbe-

dürfnis und praktischen Möglichkeiten zu durchschlagen, sind in der jüngeren Vergangenheit die Methoden zur systematischen Risikoerfassung und -bewertung wesentlich weiterentwickelt worden.

Das vorliegende Buch „Methoden der Risikoanalyse in der Technik“ gibt nun in seiner 2., aktualisierten und erweiterten Auflage einen Überblick über den heutigen Stand der Technik in der Risikoanalyse und wird sich in vielen Fällen als ein wertvoller und vor allem praktischer Wegweiser im Dickicht der Sicherheitsfragen erweisen. Insbesondere die vorgenommenen Erweiterungen über beispielsweise funktionale Sicherheit oder Risk Based Inspection geben einen Einblick darüber, wie man die gestiegenen Sicherheitsanforderungen mit einem technisch vertretbaren Aufwand erfüllen kann.

Ich wünsche dem Buch eine möglichst große Verbreitung und vor allem, dass es einen Beitrag zur systematischen Verbesserung der Sicherheit leisten möge.

Dipl.-Ing. Dr. Stefan Haas

Vorstandsvorsitzender
TÜV AUSTRIA HOLDING AG

Vorwort des Autors



Die systematische Analyse und Bewertung der Risiken technischer Systeme ist in Hochrisikobereichen, wie der Chemischen Industrie, Öl- und Gasindustrie, Flugindustrie, Medizintechnik und dgl., seit vielen Jahren Standard. Bedingt durch die bereits bestehenden und laufend zunehmenden legislativen, normativen und haftungsrechtlichen Anforderungen wird die Anwendung von systematischen Methoden der Risikoanalyse und Risikobewertung, letztendlich des gesamten Risikomanagements, nun auch in nahezu allen Bereichen der Technik gefordert.

Die Ziele davon sind die Vermeidung von Schäden an Menschen, an der Umwelt und an Sachgütern sowie die Sicherstellung einer geforderten Verfügbarkeit von technischen Systemen und Prozessen. Damit soll der ethischen Verantwortung der Technik genüge getan werden sowie eine wettbewerbsfähige Wirtschaftlichkeit der technischen Systeme sichergestellt werden. Die möglichen Kosten von Schadensfällen übersteigen die Kosten zur Erzielung risikominimierter Systeme bei weitem, daher ist eine Einsparung bei anfallenden Kosten für die Risikominimierung in vielen Fällen kurzfristig und unwirtschaftlich bzw. bei möglichen Schäden an Personen und Umwelt gesellschaftlich und rechtlich nicht tolerierbar.

Dieses Werk soll seinen Beitrag dazu leisten, dass gängige Methoden der Risikoanalyse und des Risikomanagements verständlich gemacht werden und breit angewendet werden.

Die vorliegende zweite Auflage beleuchtet eine Vielzahl von Verfahren nun in größerer Detailtiefe mit mehr Anwendungsbeispielen, zeigt zusätzlich die Grundzüge der Anwendung neuerer Verfahren, wie z. B. Human Error Analyse und Risk Based Inspection (RBI), außerdem wurden Fehler der ersten Auflage korrigiert.

An dieser Stelle möchte mich besonders bei meinem Kollegen Dr. Joachim Rajek, welcher die Ausführungen zum Kapitel Risk Based Inspection beigesteuert hat, herzlich bedanken. Seine Fachkenntnis auf diesem Gebiet gibt diesem Werk mehr Gewicht, insbesondere bei Anwendungen im Bereich der Prozessindustrie.

Dipl.-Ing. Dr. Reinhard Preiss

Geschäftsfeldleiter International Industry & Energy
TÜV AUSTRIA SERVICES GMBH

1 Einführung

1.1 Allgemeines

Im Rahmen dieser Einführung in das Fachgebiet der Risikoanalysen in der Technik werden grundlegende Begriffsdefinitionen vorgenommen, der Zusammenhang zwischen den Analysen und dem Begriff Risikomanagement sowie ausgewählte typische Anwendungsbereiche und deren rechtlicher Kontext dargestellt.

Risikomanagement umfasst sämtliche Maßnahmen zur systematischen Erkennung, Analyse, Bewertung, Überwachung und Kontrolle von Risiken einer Organisation und stellt eine Führungsaufgabe dar. Die technische Risikoanalyse wird in diesem Zusammenhang zur Identifikation und Bewertung von Risiken eingesetzt, welche die Sicherheit technischer Systeme und damit Organisationsziele (z. B. hinsichtlich Betriebssicherheit, Produktsicherheit, Personen- und Umweltsicherheit etc.) beeinflussen oder beeinflussen können.

Der Begriff der Risikoanalyse (in der Technik) im Sinne des Buchtitels ist umfassend als Sammelbegriff für die Teilbereiche Identifikation, Analyse, Bewertung und Bewältigung (Setzen von Maßnahmen) von technischen Risiken zu verstehen.

Hinsichtlich typischer Anwendungsbereichen von technischen Risikoanalysen wird in der Folge auf

- ✓ Produktsicherheit und Produkthaftung
- ✓ Produktimage
- ✓ Arbeitnehmerschutz und Umweltschutz
- ✓ Anlagensicherheit
- ✓ Schutz kritischer Infrastruktur

näher eingegangen. Natürlich gibt es noch weitere technische Bereiche – beispielsweise besondere die Luft- und Raumfahrt sowie die öffentliche Verkehrstechnik und die Medizintechnik –, innerhalb derer die technische Risikoanalyse einen wesentlichen Beitrag zur Gestaltung und Sicherheit der Systeme liefert.

Als grundlegende Ziele von Risikoanalysen in der Technik können angeführt werden:

- ✓ Vermeidung von Personenschaden
- ✓ Vermeidung von Umweltschaden und Schaden an Sachgütern
- ✓ Vermeidung von Schäden in Image und Reputation, welche durch Fehler bzw. Störfälle an Produkten und Anlagen hervorgerufen werden können
- ✓ Erhöhung der Verfügbarkeit und Wirtschaftlichkeit von Systemen, Geräten, Prozessen und Abläufen
- ✓ Erkennung von Schwachstellen und Festlegung von Verbesserungsmaßnahmen.

Auch die **Rechtsicherheit** durch die Untersuchung und Dokumentation der Risiken und der Maßnahmen zur Verringerung derselben ist von zentraler Bedeutung für alle beteiligten Parteien.

In Bezugnahme auf das Vorwort wird am Ende des Kapitels (als theoretische Motivation) die Bedeutung der Begriffe **Known/Unknown, Knowns/Unknowns** näher beleuchtet und anhand von Beispielen dargestellt.

1.2 Begriffe

Im Folgenden werden einige wichtige Begriffe, welche immer wieder in Zusammenhang mit Risikoanalysen in der Technik auftreten, näher erklärt bzw. definiert. Ein gemeinsames Verständnis und eine gemeinsame Sprache der Personen, welche sich mit dem Begriff Risiko und Risikoanalyse in der Technik beschäftigen, ist eine wesentliche Grundvoraussetzung zur Erzielung sinnvoller und konsistenter Ergebnisse.

Gefahr (en: danger)

Zustand oder Eigenschaft mit dem Potential, negative Auswirkungen auf Personen, Umwelt oder Gegenstände hervorzurufen; ist ein übergeordneter, unspezifischer Begriff.

Gefährdung (en: hazard)

Eine für eine konkrete Situation beschriebene Gefahr; räumlich, zeitlich, für die beteiligten Personen und Gegenstände bzw. vorhandene Umwelt bestimmt; stellt eine potentielle Schadensquelle dar.

Anmerkung: die hier genannte, in der Anlagen- und Prozesstechnik gebräuchliche Definition der Begriffe Gefahr und Gefährdung weicht streng genommen von jenen in [Ref. 1-5] ab, somit kann auch eine umgekehrte Verwendung dieser beiden Begriffe zutreffen.

Risiko (en: risk)

Die klassische allgemein gültige Definition, wie sie in [Ref. 1-1], [Ref. 1-2] und [Ref. 1-3] angegeben ist, lautet: „Auswirkung von Unsicherheit auf Ziele“.

In der Technik versteht man jedoch unter dem Begriff „Risiko“ im Allgemeinen die Kombination der Wahrscheinlichkeit des Auftretens eines Schadens und des Schweregrades dieses Schadens; diese Größe kann nur für eine konkrete Situation mit konkreten Parametern bestimmt werden.

Umgangssprachlich:

Risiko = Funktion (Schadensausmaß, zugehöriger Eintrittswahrscheinlichkeit).

Allgemein gültig ist auch die Definition nach [Ref. 1-26]: „Risk is a measure of human injury, environmental damage, or economic loss in terms of both the incident likelihood and the magnitude of the loss or injury“.

Wahrscheinlichkeit (en: likelihood, probability)

Grad, zu dem ein Ereignis (Schadensereignis) wahrscheinlich eintritt. Die Wahrscheinlichkeit eines Risikos kann sich auf eine Periode (z. B. Jahreswahrscheinlichkeit oder in Bezug auf die Gebrauchs- oder Lebensdauer) oder auf eine Anzahl von Fällen (Fall-Wahrscheinlichkeit, oft in Prozent ausgedrückt) beziehen. In Bezug auf eine Zeitperiode wird oft der Begriff Häufigkeit (en: frequency) verwendet, z. B. „einmal in 100 Jahren“.

Risikoanalyse (en: risk analysis)

Systematische Auswertung verfügbarer Informationen, um Gefährdungen und damit verbundene Risiken zu identifizieren und hinsichtlich ihrer Größe (d. h. in Hinblick auf Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadensausmaß) einzuschätzen.

Risikobewertung (en: risk evaluation)

Vergleich des Risikos mit vorgegebenen Grenzwerten.

Risikobeurteilung (en: risk assessment)

Sammelbegriff für die Risikoanalyse und die Risikobewertung.

Risiko-Bereich; Risiko-Bereichsgrenze (en: risk area, boundary of risk area)

Bereiche/Grenzen in der Risikolandschaft (kleine, mittlere, große Risiken); die Risiko-Toleranz- bzw. Akzeptanzgrenzen trennen die Risiko-Bereiche voneinander.

Restrisiko (en: residual risk)

Risiko, das nach der Anwendung von Schutzmaßnahmen verbleibt.

Allgemein akzeptables Risiko (en: acceptable risk)

Risiko, das in einem bestimmten Zusammenhang nach den allgemein gültigen Wertvorstellungen einer Gesellschaft akzeptiert wird. Zusätzliche Maßnahmen zur Reduzierung des Risikos werden als nicht notwendig erachtet.

Tolerierbares Risiko (en: tolerable risk)

Risiko, das unter Zugrundelegung der Vorteile des Risiko-behafteten Systems oder der Risiko-behafteten Technologie etc. von den Betroffenen toleriert wird. Dieser Begriff unterscheidet sich jedoch vom allgemein akzeptablen Risiko insofern, als dass die Tolerierbarkeit in Abhängigkeit des betroffenen Personenkreises uneinheitlich sein kann. Zusätzliche Maßnahmen zur Reduktion des Risikos sind normalerweise hinsichtlich ihres Aufwands im Verhältnis zum Nutzen zu betrachten.

Unakzeptables bzw. nicht tolerierbares Risiko (en: unacceptable risk)

Risiko, das über der Toleranzgrenze liegt. Zusätzliche Maßnahmen zur Risikoreduktion sind obligatorisch.

ALARP

Risikoreduzierung „As Low As Reasonable Practicable“. Setzen von Maßnahmen zur Reduktion eines Risikos, sodass das verbleibende Restrisiko nicht unzulässig hoch (in-akzeptabel) ist **und** der Aufwand jeder weiteren Maßnahme zur Risikominimierung unverhältnismäßig groß im Vergleich zur weiteren erreichten Verringerung des Risikos ist [Ref. 1-4].

Schadensbegrenzungsmaßnahme (en: mitigation)

Maßnahmen zur Verringerung der Auswirkungen eines Gefahr bringenden Ereignisses

Schutzmaßnahme (en: prevention)

Maßnahmen zur Verringerung der Eintrittshäufigkeit eines Gefahr bringenden Ereignisses

Beispiel:

Gefahr: Schwefelsäure

Gefährdung: Tank mit 1000 l Schwefelsäure in einer Lagerhalle

Schaden: Austritt von Schwefelsäure durch Überfüllen und in Folge Verletzung von anwesendem Personal (Verätzung) und Umweltverschmutzung durch Verschleppung in das Grundwasser

Risiko: Funktion der Wahrscheinlichkeit des Überfüllens und des Schadensausmaßes zufolge Freisetzung

Schadensbegrenzungsmaßnahme: Tankauffangwanne

Schutzmaßnahmen: Füllstandskontrolle, Füllstands-Hoch-Alarm mit automatischer Abschaltung des Zustroms

Qualitative Risikoanalyse

Risikoanalyse, d. h. eine Beschreibung eines Risikos, resp. Bewertung des Restrisikos, ohne Zugrundelegung eindeutig definierter quantitativer Größen, insbesondere in Bezug auf die Eintrittswahrscheinlichkeit. Verwendung qualitativer Kennwörter wie z. B. unbekannt – selten – häufig – dauernd (Eintrittswahrscheinlichkeit, Häufigkeit), vernachlässigbar – gering – moderat – katastrophal (Schadensausmaß) etc. Weitere Details und Anwendungsbeispiele siehe Kapitel Risikobewertung.

Quantitative Risikoanalyse

Risikoanalyse und Beschreibung eines Risikos, resp. Beurteilung eines Restrisikos, unter Zugrundelegung eindeutig definierter quantitativer Größen, z. B. Schadenausmaß in Euro bzw. Anzahl von betroffenen Personen/Grad der Verletzung, und Eintrittswahrscheinlichkeit als Häufigkeit (Fälle pro Zeiteinheit) ausgedrückt. Weitere Details und Anwendungsbeispiele siehe Kapitel Risikobewertung.