

TEXTE

14/2017

Ausarbeitung von Arbeitshilfen zur methodischen Ereignisanalyse und Ergebnisauswertung zur Fortschreibung des Standes der Technik

Endbericht

TEXTE 14/2017

Umweltforschungsplan des
Bundesministeriums für Umwelt,
Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit

Forschungskennzahl 3713 43 3131
UBA-FB 002402

Ausarbeitung von Arbeitshilfen zur methodischen Ereignisanalyse und Ergebnisauswertung zur Fortschreibung des Standes der Technik

von

Dr. Babette Fahlbruch, Dr. Inga Meyer
TÜV NORD EnSys Hannover GmbH & Co. KG, Berlin

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Impressum

Herausgeber:

Umweltbundesamt
Wörlitzer Platz 1
06844 Dessau-Roßlau
Tel: +49 340-2103-0
Fax: +49 340-2103-2285
info@umweltbundesamt.de
Internet: www.umweltbundesamt.de

 /umweltbundesamt.de

 /umweltbundesamt

Durchführung der Studie:

TÜV NORD EnSys Hannover GmbH & Co. KG
Zimmerstr. 23
10969 Berlin

Abschlussdatum:

August 2016

Redaktion:

Fachgebiet III 2.3 Anlagensicherheit
Roland Fendler

Publikationen als pdf:

<http://www.umweltbundesamt.de/publikationen>

ISSN 1862-4804

Dessau-Roßlau, Februar 2017

Das diesem Bericht zu Grunde liegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit unter der Forschungskennzahl 3713 43 3131 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und Autoren.

Kurzbeschreibung

Zielsetzung des Vorhabens war die Förderung der Anwendung von systematischen, dem Stand der Technik entsprechenden Verfahren zur Analyse von Ereignissen und Verbesserung der Kommunikation gewonnener Erkenntnisse durch Behörden. Grundlage ist die Seveso III-Richtlinie (2012/18/EU), in der Anforderungen an die Ereignisanalyse und Erkenntniskommunikation bestimmt werden, insbesondere, dass die Analyse durch eine Behörde zu erfolgen hat.

Es wurden 39 Verfahren zur Ereignisanalyse identifiziert. Aus diesen wurden mit dem Forschungsbegleitkreis drei für den Einsatz durch Behörden geeignete Verfahren ausgewählt: Abweichungsanalyse, SOL 3.0 und Storybuilder/BowTie. Für diese Verfahren wurden Manuale erstellt und mit Behördenvertretern diskutiert sowie Verfahren an drei realen Ereignissen erfolgreich erprobt. Die Hilfsmittel wurden als handhabbar eingeschätzt und in den drei Erprobungen konnten jeweils neue Erkenntnisse über die Ereignisse gewonnen werden, die über die ursprüngliche Auswertung hinausgingen. Während der Erprobung wurde die Bedeutung der Informationssammlung vor der eigentlichen Analyse deutlich und es entstand der Wunsch nach einer Checkliste für die Informationssammlung für Ereignisanalysen. Es zeigte sich, dass der Aufwand für die verfahrensunabhängige Informationssammlung deutlich höher war, als für die Informationsaufbereitung und eigentliche Ereignisanalyse mit den ausgewählten Verfahren. Zudem wurde deutlich, dass nach der Ereignisanalyse noch eine Phase der aktiven Erkenntniskommunikation folgen muss, damit aus der Analyse eine Prävention von Ereignissen folgen kann. Die erwünschte Checkliste zur Informationssammlung wurde entwickelt. Diese und die Manuale für die Verfahren sowie weitere Hilfsmittel finden sich im Anhang des Berichtes.

Abschließend wurden Empfehlungen zur guten Praxis der Ereignisanalyse formuliert. Diese Empfehlungen und die Checkliste zur Informationssammlung wurden dem Ausschuss anlagenbezogener Immissionsschutz und Störfallvorsorge (AISV) der Bund-Länder Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) vorgelegt, der sie als für die Ereignisanalyse geeignet beurteilte.

Abstract

This Project aimed at the support of the conduction of systematic – state of the art - event analysis tools as well as at the improvement of the communication of lessons learned by members of competent supervisory authorities. This is based on the revision of the Seveso III-directive in which new demands to event analysis and communication of lessons learned were defined especially that the event analysis has to be conducted by the competent supervisory authorities.

39 event analysis tools were identified, out of this sample three tools were chosen together with advisory board of this project consisting of members of competent supervisory authorities: Change Analysis, SOL 3.0 and Storybuilder/BowTie. For these tools guidelines were developed and discussed with members of competent supervisory authorities as well as tested successfully on three real events. The aids were judged as manageable and the three tests delivered new insights which exceeded the first assessment. During practical test the significance of the data acquisition prior to the event analysis itself became obvious and it was asked for a checklist for the data acquisition. The practical tests also showed that the needed effort for the tool independent data acquisition was significantly higher as for the event analysis itself with the selected tool. Furthermore, it became apparent that the event analysis itself has to be followed by a phase of active communication of results and lessons learned to prevent future events. A corresponding checklist for data acquisition was developed. This and the guidelines for the tools as well as further aids are part of the annex of this report.

Finally recommendations for best practices for event analysis were formulated. These as well as the above mentioned checklist were submitted to the AISV, the members decided that the recommendations as well as the checklist are seen as appropriate for event analysis.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	9
Tabellenverzeichnis.....	9
Abkürzungsverzeichnis.....	10
Zusammenfassung	12
Summary	18
1 Einleitung.....	24
1.1 Projektziele.....	24
1.2 Rechtliche Anforderungen	24
1.3 Vorgehen im Forschungsvorhaben	26
1.3.1 Einbindung der Länder	26
1.3.2 Erprobung ausgewählter Verfahren.....	28
2 Ereignisanalyseverfahren	30
2.1 Theoretischer Hintergrund	30
2.2 Kriterien für die Auswahl geeigneter, dem Stand der Technik entsprechender Verfahren.....	34
3 Durchführung einer Ereignisanalyse	37
3.1 Gute Praxis einer Ereignisanalyse	37
3.2 Informationssammlung.....	38
3.3 Entscheidung für ein Verfahren.....	41
3.4 Analyse mit geeigneten Verfahren	41
3.4.1 Abweichungsanalyse	42
3.4.2 SOL 3.0.....	43
3.4.3 Storybuilder/BowTie.....	44
3.5 Ergebniskommunikation	47
4 Quellenverzeichnis.....	50
Anhänge:	54
5 Hilfsmittel für die Ereignisanalyse	55
5.1 Checkliste zur Informationssammlung	55
5.1.1 Allgemeines	55
5.1.2 Unterlagen	60
BlmSchG	60
GefahrstoffV	61
BetrSichV	61
ProdSG.....	61

WHG (Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen)	61
5.2 Manual Abweichungsanalyse	62
5.2.1 Einführung in das Manual zur Abweichungsanalyse	63
5.2.2 Vorgehen bei der Veränderungsanalyse	63
5.2.2.1 Beschreibung der Ereignissituation.....	64
5.2.2.2 Beschreibung einer vergleichbaren Situation ohne Ereignis.....	65
5.2.2.3 Vergleich der beiden Situationen	65
5.2.2.4 Identifikation von Unterschieden	65
5.2.2.5 Bewertung der Unterschiede hinsichtlich der Folgen auf die Ereignisentstehung.....	65
5.2.3 Häufig gestellte Fragen	66
5.2.3.1 Wann sollte eine Abweichungsanalyse durchgeführt werden?.....	66
5.2.3.2 Womit beginnt man bei einer Change Analysis?.....	66
5.2.3.3 Was ist zu tun, wenn keine Unterschiede oder Änderungen in der Abweichungsanalyse aufgedeckt wurden?.....	66
5.2.3.4 Wie erstelle ich am Einfachsten eine Situationsbeschreibung?.....	67
5.2.3.5 Woran erkennt man, dass eine Situationsbeschreibung vollständig ist?.....	67
5.2.3.6 Wie kann man feststellen, dass die Ursachensuche vollständig durchgeführt wurde?.....	67
5.3 Manual SOL 3.0 – Sicherheit durch Organisationales Lernen	68
5.3.1 Einführung in das Manual zu SOL 3.0	69
5.3.2 Vorgehen bei der Ereignisanalyse	70
5.3.2.1 Informationssammlung	70
5.3.2.2 Beschreibung des Geschehens (Situationsbeschreibung).....	70
5.3.2.3 Ereignisbausteine.....	70
5.3.2.4 Prüfung der Situationsbeschreibung	72
5.3.2.5 Ursachensuche (Identifikation beitragender Faktoren).....	75
5.3.3 Häufig gestellte Fragen	78
5.3.3.1 Wann sollte eine Ereignisanalyse mit dem Verfahren SOL 3.0 durchgeführt werden?	78
5.3.3.2 Womit beginnt eine Ereignisanalyse mit SOL 3.0?	79
5.3.3.3 Woran erkennt man, dass ein ausreichender Untersuchungsumfang festgelegt wurde?	79
5.3.3.4 Woran erkennt man, ob mit allen relevanten Personen Interviews geführt wurden?	79
5.3.3.5 Woran erkennt man, dass eine Situationsbeschreibung vollständig ist?.....	79

5.3.3.6	Wie kann man feststellen, dass die Ursachensuche vollständig durchgeführt wurde?.....	80
5.3.3.7	Müssen zur Ursachensuche in SOL 3.0 immer alle Fragen zu den 20 Faktorenkategorien der Identifikationshilfe durchgegangen werden?	80
5.3.4	Identifikationshilfe für SOL 3.0 – Sicherheit durch Organisationales Lernen	81
5.3.4.1	Übersicht über beitragende Faktoren	81
5.4	Manual Storybuilder/BowTie	98
5.4.1	Einführung	99
5.4.2	Vorgehensweise bei Story-Builder/BowTie	100
5.4.2.1	Bestimmung des zentralen Ereignisses	100
5.4.2.2	Identifizierung des oder der Kontrollverluste	101
5.4.2.3	Identifikation von Barrieren	101
5.4.2.4	Identifikation der fehlerhaften Barrierenfunktion	102
5.4.2.5	Identifikation von Barrieren zweiter Ordnung.....	103
5.4.2.6	Bestimmung der Konsequenzen.....	103
5.4.2.7	Bestimmung der Begrenzungsbarrieren.....	104
5.4.3	Häufig gestellte Fragen	105
5.4.3.1	Wann sollte eine Analyse mit Storybuilder durchgeführt werden?	105
5.4.3.2	Wie beginnt man bei einer Analyse mit Storybuilder?.....	105
5.4.3.3	Wozu benötigt man eine Ereignisbeschreibung?.....	105
5.5	Leitfaden zur Kommunikation der Ergebnisse	106
6	Ereignisanalyseverfahren	108
7	Schnittstellen	111
7.1	Schnittstellen zur ZEMA	111
7.2	Schnittstellen zu e-Mars	117

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	„Schweizer Käsemodell“ - Barrierenkonzept von Seveso-Richtlinie & StörfallV	32
Abbildung 2:	Handlungsschritte bei einer Ereignisanalyse	39
Abbildung 3:	BowTie-Diagramm mit Beispielen für mögliche „Barrieren“ (Hailwood & Heuer, 2015).....	46
Abbildung 4:	Handlungsschritte Abweichungsanalyse.....	62
Abbildung 5:	Handlungsschritte SOL 3.0	68
Abbildung 6:	Ereignisbaustein SOL 3.0.....	71
Abbildung 7:	ausgefüllter Ereignisbaustein SOL 3.0	71
Abbildung 8:	Faktorenkarte SOL 3.0	76
Abbildung 9:	Handlungsschritte Storybuilder/BowTie	98
Abbildung 10:	Zentrales Ereignis	101
Abbildung 11:	Auslöser/Kontrollverlust.....	101
Abbildung 12:	Barriere/verhindernde Maßnahme	102
Abbildung 13:	Fehlerhafte Barrierenfunktion	103
Abbildung 14:	Barriere zweiter Ordnung.....	103
Abbildung 15:	Konsequenzen	104
Abbildung 16:	Begrenzungsbarriere/begrenzende Maßnahmen.....	104

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Kurzanleitung Abweichungsanalyse	63
Tabelle 2:	Arbeitsblatt Veränderungsanalyse.....	64
Tabelle 3:	Kurzanleitung SOL 3.0	69
Tabelle 4:	Zeit-Akteur-Diagramm SOL 3.0	73
Tabelle 5:	Faktorenfragen aus der Identifikationshilfe SOL 3.0.....	77
Tabelle 6:	Kurzanleitung Storybuilder/BowTie	99
Tabelle 7:	Zuordnung der Unterschieds-/Ursachenkategorien zur ZEMA-Klassifikation – Abweichungsanalyse	111
Tabelle 8:	Zuordnung der Unterschieds-/Ursachenkategorien zur ZEMA-Klassifikation – SOL 3.0.....	112
Tabelle 9:	Zuordnung der Unterschieds-/Ursachenkategorien zur ZEMA-Klassifikation - Story Builder / BowTie	114
Tabelle 10:	Zuordnung der Unterschieds-/Ursachenkategorien zu eMars - Abweichungsanalyse.....	117
Tabelle 11:	Zuordnung der Unterschieds-/Ursachenkategorien zu eMars – SOL 3.0.....	118

Tabelle 12: Zuordnung der Unterschieds-/Ursachenkategorien zu eMars – Storybuilder/BowTie 119

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Erläuterung
AISV	Ausschuss anlagenbezogener Immissionsschutz und Störfallvorsorge
BetrSichV	Betriebssicherheitsverordnung
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
BImSchV	Bundes-Immissionsschutzverordnung
bzgl.	bezüglich
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
d.h.	das heißt
etc.	et cetera
FORDEC	Facts-Options-Risk-Decision-Execute-Check - Entscheidungsverfahren
GefahrstoffV	Gefahrstoffverordnung
ggf.	gegebenenfalls
HSE	Health and Safety Executive
IT	Informationstechnik
KAS	Kommission für Anlagensicherheit
LAI	Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz
MARS	Major Accident Reporting System
MORT	Management Oversight and Risk Tree
PAAG	Prognose, Auffinden der Ursache, Abschätzen der Auswirkungen, Gegenmaßnahmen
ProdSG	Produktsicherheitsgesetz
RCA	Root Cause Analysis
SFK	Störfallkommission
SIL	Sicherheits-Integritäts-Level
SOL	Sicherheit durch Organisationales Lernen
STEP	Sequentially Timed Events Plotting
StörfallV	Störfall-Verordnung
TRAS	Technische Regeln für Anlagensicherheit

Abkürzung	Erläuterung
TRBS	Technische Regeln für Betriebssicherheit
TRGS	Technische Regeln für Gefahrstoffe
u.U.	unter Umständen
vgl.	vergleiche
WHG	Wasserhaushaltsgesetz
z.B.	zum Beispiel
ZEMA	Zentrale Melde- und Auswertestelle für Störfälle und Störungen in verfahrenstechnischen Anlagen

Zusammenfassung

Mit dem schnellen Fortschritt der technischen Entwicklungen im Rahmen der Industrialisierung entwickelte sich ein neues Bewusstsein für Unfälle, Beinahe-Unfälle sowie zuvor nicht vorhandene Gefahrenquellen wie z.B. chemische Verbindungen oder das Zusammenwirken verschiedener Stoffe in chemischen Prozessen. In der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts fand die Relevanz neuer Gefahrenpotenziale sowie die damit verbundenen Folgen in Form von Unfällen und Beinahe-Unfällen Berücksichtigung in rechtlichen Anforderungen¹ sowie der wissenschaftlichen Auseinandersetzung einschließlich der Entwicklung von Verfahren zur Analyse von Unfällen und Beinahe-Unfällen. Heute sind der Einsatz von methodischen Verfahren zur Analyse von Ereignissen² und die Kommunikation der Ergebnisse fester Bestandteil verschiedener Untersuchungstechniken.

Die rechtlichen Grundlagen für die Analyse von schweren Unfällen bilden u. a. die Störfallverordnung - auf nationaler Ebene - und die Seveso III-Richtlinie - auf europäischer Ebene. Die rechtlichen Anforderungen an Betreiber und Behörden im Rahmen der Analyse von schweren Unfällen sind in den verschiedenen Artikeln der Seveso III- Richtlinie festgeschrieben.

Die rechtliche Verpflichtung für Behörden zur Durchführung von Ereignisanalysen ergibt sich aus Artikel 17 der Seveso III-Richtlinie. Ergänzend werden detaillierte Anforderungen an die Qualität der Ereignisanalysen aufgestellt. Die zuständige Behörde ist verpflichtet insbesondere „durch Inspektionen, Untersuchungen oder andere geeignete Mittel die für eine vollständige Analyse der technischen, organisatorischen und managementspezifischen Gesichtspunkte des Unfalls erforderlichen Informationen einzuholen“. In Deutschland verbleibt bei einer Beauftragung eines Sachverständigen die letztendliche Verantwortung für die Qualität der Ereignisanalyse aufgrund der oben dargestellten Verantwortungszuweisung bei der Behörde (Artikel. 17). Wenn ein Sachverständiger eingeschaltet wird, muss der Gutachtensprozess durch die Behörde kompetent geleitet werden.

Aus den rechtlichen Grundlagen zur Analyse von Ereignissen wurden die Ziele des Projektes abgeleitet. Als übergeordnete Ziele wurden die Verbesserung des kontinuierlichen Lernens aus Unfällen und Beinahe-Unfällen (Ereignissen), die Förderung der systematischen Ermittlung von Ereignisursachen sowie die Verbesserung der Ergebnis- und Erkenntniskommunikation und deren Berücksichtigung im Sicherheitsmanagement der Betreiber festgelegt.

Die konkrete Umsetzung der Ziele erfolgte im Rahmen des Forschungsprojektes zuerst durch die Auswahl von Ereignisanalyse-Methoden, die für die Anwendung durch Behörden (oder Sachverständige in ihrem Auftrag) zur Umsetzung des Artikel 17 der Seveso-III-Richtlinie geeignet sind.

Eine vollständige Ereignisanalyse hat das Ziel, bei dem zu analysierenden Ereignis unter Verwendung einer systematischen Vorgehensweise zu ermitteln, was passierte und warum es passierte. Durch die Ereignisanalyse selbst und durch die Kommunikation ihrer Ergebnisse und daraus abgeleiteten Erkenntnissen von allgemeiner Bedeutung an andere Betreiber und Behörden ist es möglich, aus dem Ereignis zu lernen und sicherheitsgerichtete Verbesserungen und Maßnahmen abzuleiten,

¹ Z. B. Verordnung über das gewerbsmäßige Verkaufen und Feilhalten von Petroleum vom 24. Februar 1882. Deutsches Reichsgesetzblatt Band 1882, Nr. 7, Seite 40–41

² Der Begriff Ereignis wird in diesem Bericht nicht nur im engeren Sinne - Ereignis: Störung des bestimmungsgemäßen Betriebs in einem Betriebsbereich unter Beteiligung eines oder mehrerer gefährlicher Stoffe (Entwurf StörfallIV, Kabinettsbeschluss vom 27.04.2016), sondern auch darüber hinaus als Oberbegriff für Unfälle oder Beinahe-Ereignisse verstanden. Allerdings sind die ausgewählten Ereignisanalyseverfahren auf den Ereignisbegriff aus dem Entwurf der StörfallIV bezogen.

die eine Wiederholung oder das Auftreten eines ähnlichen Ereignisses verhindern sollen. Als vollständig wird eine Ereignisanalyse bezeichnet, wenn sie Ursachen aus den Bereichen Technik, Organisation, Management und Mensch sowie deren Wechselwirkungen zueinander berücksichtigt.

Damit die Ereignisanalyseverfahren dem Stand der Technik entsprechen, müssen sie ebenfalls auf einem Ereignisentstehungsmodell basieren, das sowohl menschliche, technische, managementspezifische und organisatorische Ursachen als auch deren Interaktion postuliert.

Ereignisentstehungsmodelle stellen theoretische Annahmen dar, wie Ereignisse entstehen und welche Elemente daran beteiligt sind. Seit Anfang des letzten Jahrhunderts wurde eine Reihe von Ereignisentstehungstheorien zuerst für Arbeitsunfälle, später für das Versagen von Systemen entwickelt.

Insgesamt zeichnen die Ereignisentstehungsmodelle die Entwicklung der Sicherheitsforschung hin zu einem interorganisationalen Verständnis nach. Den theoretischen Überlegungen über die Ereignisentstehung kommt auch eine große Bedeutung in Bezug auf die Analyse von Unfällen, Ereignissen oder Beinahe-Unfällen zu. Die Grenzen einer solchen Analyse werden nämlich explizit oder implizit durch die zugrundeliegende Theorie bestimmt, indem diese vorgibt, welche Informationen gesammelt und welche in die Analyse einbezogen werden, welche Art der Analyse durchgeführt wird, ob nach einer einzigen „root cause“, mehreren „root-causes“ und/oder beitragenden Faktoren gesucht wird. Weiterhin wird durch die Theorie festgelegt, welche Ursachen berichtet und dementsprechend welche Maßnahmen vorgeschlagen werden können. Dadurch beeinflusst das einer Analyse zugrundeliegende Ereignisentstehungsmodell die Qualität des Lernens aus Betriebserfahrungen zur Erhöhung der Sicherheit. Ausgehend von den Ergebnissen der Fallstudien großer Unfälle erscheint es offensichtlich, dass Ereignisentstehungsmodelle, die entweder nur die Technik, den Menschen oder die Arbeitssituation fokussieren, zu kurz greifen. Für eine adäquate Modellierung der Realität sollten in Ereignisentstehungsmodellen zumindest auch organisationale und interorganisationale Faktoren als „root-causes“ oder mögliche beitragende Faktoren konzipiert werden.

Bisher wurden in Deutschland hinsichtlich der Anlagensicherheit vor allem Verfahren und Empfehlungen entwickelt, die sich an die Betreiber richten wie SOL – Sicherheit durch organisationales Lernen (Wilpert et al., 1997) oder Empfehlungen für interne Berichtssysteme (KAS-8, 2008). Auf die Belange und Bedingungen von Behörden zugeschnittene Verfahren werden explizit in der Literatur nicht genannt. Für Großunternehmen sowie für Unternehmen mit hohem Gefährdungspotenzial wurden seit Mitte der 80er des letzten Jahrhunderts verschiedene Verfahren zur Analyse von Unfällen, Ereignissen und Beinahe-Ereignissen entwickelt, die in diesem Projekt hinsichtlich ihrer Geeignetheit zur Anwendung durch Behördenvertreter bewertet wurden.

Im ersten Schritt des Vorhabens wurden 39 publizierte Ereignisanalyseverfahren identifiziert. Im zweiten Schritt wurden anhand von zehn Bewertungsmaßstäben und fünf Ausschlusskriterien, die für die Nutzung durch Behörden besonders relevant erschienen, sieben Verfahren ausgewählt.

Filterkriterien, deren Fehlen zum Ausschluss eines Verfahrens führte, waren:

1. *Ist das Verfahren anforderungsgerecht, d.h. gewährleistet es die Einhaltung und Umsetzung der rechtlichen Anforderungen der Seveso III-Richtlinie und StörfallV?*
2. *Ist das Verfahren bereichsspezifisch, d.h. ist es auf Ereignisse in Betriebsbereichen bzw. Anlagen, die der StörfallV unterliegen, anwendbar?*
3. *Entspricht das Verfahren dem Stand der Technik, d.h. ist es ganzheitlich, liefert es einen ausreichenden Untersuchungsumfang (technische, menschliche, organisationale, managementspezifische und ggf. interorganisationale Faktoren) und basiert es auf einem entsprechendem Ereignisentstehungsmodell?*
4. *Ist das Verfahren handhabbar, d.h. kann das Verfahren ohne umfangreiches Vorwissen anhand der Hilfsmittel angewendet werden?*

5. *Ist das Verfahren frei verfügbar, d.h. ist es ohne Lizenzen und ohne Software, die käuflich erworben werden müssen, einsetzbar?*

Die nach der Bewertung mit den Filterkriterien verbleibenden sieben Verfahren sind Black Bow Ties, Cause Mapping, Change Analysis, RCA, SOL 3.0, STEP, Storybuilder. Da Black Bow Ties implizit in dem Verfahren Storybuilder enthalten ist, wurden diese zusammen behandelt: Storybuilder/BowTie. Die Verfahren wurden kurz beschrieben und dem Forschungsbegleitkreis zur Auswahl von drei Analyseverfahren für die weitere Bearbeitung präsentiert.

Bei der Auswahl von Ereignisanalyseverfahren durch den Forschungsbegleitkreis für die praktische Erprobung wurde ein besonderer Schwerpunkt darauf gelegt, drei Verfahren auszuwählen, die verschiedene Arten von Ereignissen abdecken, unterschiedlich aufwändig sind sowie für spezifische Ursachenkonstellationen geeignet sind. Für die Erprobung ausgewählt wurden:

- a) Abweichungsanalyse
- b) SOL 3.0
- c) Storybuilder/BowTie

Im dritten Schritt wurden für diese Verfahren Hilfsmittel erstellt, anhand derer Behördenvertreter die Ereignisanalyse vornehmen können. Es wurden zwei Informationsveranstaltungen durchgeführt, um Teilnehmer für die Erprobung der Hilfsmittel zu werben. So konnten Teilnehmer aus unterschiedlichen Behörden für die Erprobung gewonnen werden, welche als vierter Schritt im Zeitraum September 2015 bis März 2016 stattfanden. Als fünfter Schritt des Vorhabens wurden im Anschluss an die Erprobungen Empfehlungen für die gute Praxis der Ereignisanalyse und eine Checkliste zur Informationssammlung formuliert.

Die Länder wurden in dieses Forschungsvorhaben auf fünf verschiedenen Ebenen eingebunden:

1. Das geplante Vorgehen im Projekt wurde mit dem Forschungsbegleitkreis, der sich aus Behördenvertretern aus sechs Bundesländern zusammensetzte, diskutiert und abgestimmt. Weiterhin kam der Vorschlag für Informationsveranstaltungen zu Methoden der Ereignisanalyse aus dem Forschungsbegleitkreis.
2. Auf zwei derartigen Informationsveranstaltungen wurde mit insgesamt 31 Behördenvertretern das Vorgehen bei den Erprobungen, die Art der zu untersuchenden Ereignisse und die Aufgabenverteilung für die Erprobung abgestimmt. Auf Anregungen aus diesem Kreis wurde die Checkliste zur Informationssammlung entwickelt.
3. An drei Erprobungen der Verfahren nahmen insgesamt neun Behördenvertreter aus unterschiedlichen Bundesländern/Bezirken teil. Am Ende jeder Erprobung konnten Wünsche, Kritik und Verbesserungsvorschläge abgegeben werden. Eine Reihe von Änderungen wurde nach den Erprobungen umgesetzt.
4. Nach den Erprobungen wurden die Ergebnisse dem Forschungsbegleitkreis vorgestellt und geplante Änderungen an den Hilfsmitteln sowie die ausgearbeiteten Empfehlungen zur guten Praxis einer Ereignisanalyse und die Checkliste zur Informationssammlung mit ihm abgestimmt.
5. Im AISV wurden die Empfehlungen zur guten Praxis einer Ereignisanalyse und die Checkliste zur Informationssammlung abgestimmt, der diese als geeignet beurteilte.

Bei den Erprobungen wurde auf Wunsch der teilnehmenden Behördenvertreter zweimal das Verfahren SOL 3.0 und einmal Storybuilder/BowTie erprobt. Als Ergebnis dieser Erprobungen kann festgestellt werden, dass beide Verfahren geeignet sind, die Behördenvertreter bei der Analyse von Ereignissen zu unterstützen. In allen Erprobungen wurden Ergebnisse erzielt, die weit über die vorläufigen Analysen hinausgingen trotz geringer Verfahrenskennntnisse der Teilnehmer. Alle Teilnehmer sahen

die Verfahren als nützlich an, da bei vergleichbarem oder geringfügig höherem Aufwand neue Erkenntnisse durch die Analyse gewonnen werden konnten. Nicht erprobt werden konnte die Abweichungsanalyse. Dies wurde mit dem Forschungsbegleitkreis diskutiert und es wurde vereinbart, dass eine Erprobung der Abweichungsanalyse nicht durchgeführt werden sollte, weil zum Einen das Verfahren relativ einfach ist und zum Anderen ein verfahrensübergreifendes Kapitel zur Informationssammlung erstellt werden sollte, in dem die Punkte, die unklar oder schwierig waren, benannt werden. Insbesondere ergab die Erprobung, dass die der eigentlichen Analyse vorgeschaltete Informationssammlung entscheidend für die Durchführbarkeit der Analyse und Qualität ihrer Ergebnisse ist, sowie erheblich mehr Ressourcen erfordert, als die eigentliche Analyse selbst.

Für die Durchführung einer Ereignisanalyse ist der erste und wichtigste Schritt die umfassende Sammlung von Informationen. Eine qualitativ gute Informationssammlung ist Voraussetzung für die folgenden Analyseschritte unabhängig von dem Verfahren, welches eingesetzt werden soll. Die Informationssammlung ist eine Faktensuche und -sammlung. Es geht hier nur um harte Fakten, die nachvollziehbar sein müssen. Jede Faktensammlung basiert auf drei Säulen:

- (1) Beweissicherung, Inaugenscheinnahme vor Ort,
- (2) Dokumentenanalysen und
- (3) Interviews und Gesprächen

Besonders wichtig ist es, während der Informationssammlung noch keine Bewertungen vorzunehmen, sondern nur Fakten einzuholen. Zur Unterstützung der Informationssammlung wurde eine Checkliste erstellt, die Teil des Anhangs dieses Berichts ist, der alle Hilfsmittel enthält.

Nach der Informationssammlung muss die Entscheidung für ein Analyseverfahren getroffen werden. Die Entscheidung für ein Verfahren sollte auf der Eignung des Verfahrens für das zu untersuchende Ereignis getroffen werden.

Die drei gewählten Verfahren decken verschiedene Ereignisarten besonders gut ab:

- a) Abweichungsanalyse für Ereignisse mit unerwarteten/unbekannten Stoffreaktionen/-interaktionen,
- b) SOL 3.0 für Ereignisse mit menschlichen, organisatorischen und managementspezifischen Einflussfaktoren,
- c) Storybuilder/BowTie für einfache/wiederkehrende Ereignisse mit menschlichen Einflussfaktoren.

- a) Die **Abweichungsanalyse** wurde von der Rand Corporation entwickelt (Bullock, 1981) und später auch als Bestandteil in andere Ereignisanalyseverfahren übernommen. Sie basiert nicht explizit auf einem Ereignisentstehungsmodell. Implizit wird jedoch von einer gestörten Homöostase ausgegangen. Der Ereignisablauf wird mit früheren störungsfreien Situationen und Abläufen verglichen. Auf der Basis dieses Vergleichs wird identifiziert, ab wann der Ereignisablauf bzw. die Ereignissituation von den Referenzsituationen abweicht, d. h. sich von ihnen unterscheidet. Diese Unterschiede werden dann bewertet, um ihren Beitrag zum Ereignis zu bestimmen.

Aufgrund des einfachen Ansatzes erscheint das Verfahren besonders geeignet im Sinne einer Voranalyse um Hinweise auf mögliche Ursachen und beitragende Faktoren zu generieren. Nicht besonders geeignet erscheint es für organisationale und interorganisationale Faktoren sowie selten eingesetzte diskontinuierliche Prozesse.

- b) **SOL** wurde ab 1992 an der TU Berlin entwickelt (Wilpert et al., 1997). Es basiert auf dem „Schweizer Käsemodell“ und dem soziotechnischen Systemansatz. Es wird postuliert, dass

Ereignisse in Industrien mit hohem Gefährdungspotenzial aufgrund des Zusammenspiels beitragender Faktoren aus den Subsystemen Individuum, Team, Organisation, Organisationsumwelt und Technik sowie aus deren Interaktion entstehen. Weiterhin wird angenommen, dass Ereignisse immer durch mehrere beitragende Faktoren bedingt und als Sequenz von Einzelergebnissen zu sehen sind. Die Ereignisanalyse mit SOL wird als soziale Rekonstruktion oder rückwärts gerichteter Problemlöseprozess verstanden, bei dem auf der Basis vorhandener Information Schlüsse über den Unfallhergang und die beitragenden Faktoren gezogen werden. Da dieser Prozess mehreren Urteilsverzerrungen und Unzulänglichkeiten unterliegt, wurden in SOL Hilfsmittel zur Überwindung dieser Schwierigkeiten konzipiert. SOL wurde experimentell validiert. SOL 3.0 wird in zwei voneinander getrennten und aufeinander aufbauenden Schritten durchgeführt: 1) der Erfassung und Beschreibung der Ereignissituation und 2) der Identifikation beitragender Faktoren.

SOL 3.0 eignet sich besonders gut für die Identifikation von organisationalen und interorganisationalen Faktoren sowie für Ursachen die zeitlich weit zurückliegen wie beispielsweise Fehler bei der Planung und der Errichtung der Anlage.

- c) **Storybuilder** wurde im Rahmen des Occupational Risk Model für das Niederländische Arbeitsministerium entwickelt (Bellamy et al., 2007). Ziel war die Konstruktion eines kausalen Modells für die häufigsten Ereignisszenarien bezogen auf Berufsrisiken, um quantitative Daten für die Risikobewertung ableiten zu können. Storybuilder ist eine Software für die Analyse industrieller Ereignisberichte, d. h. die Daten bereits analysierter Arbeitsunfälle werden hier zusammengeführt und verarbeitet. Die Unfallberichte werden von narrativen Texten in eine BowTie-Struktur überführt, indem vordefinierte Elemente wie Ereignis mit Kontrollverlust, Ereignis mit Barrierenversagen, Ereignis mit erfolgreichen Barrieren und Managementeinfluss vorgegeben, ausgewählt oder ausgefüllt werden. Für verschiedene Unfallarten gibt es bereits existierende BowTies, die angewählt werden können, wie beispielsweise „Fallen aus der Höhe“. Die Analyse besteht aus zwei Schritten: Ereignisbeschreibung und Ursachensuche, wobei die Ursachensuche in sieben Schritte unterteilt ist.

Die Verwendung von generischen BowTies hat den Vorteil, dass bereits ein gewisser Untersuchungsumfang abgearbeitet wurde, allerdings auch den Nachteil, dass Ursachen, die über den BowTie hinausgehen u.U. nicht identifiziert werden.

Die auf die Informationssammlung folgenden Schritte werden mit Hilfe des gewählten Verfahrens abgearbeitet. Zunächst erfolgt die Informationsaufbereitung als Feststellung und Beschreibung des Ablaufs des Ereignisses, d.h. die Darstellung dessen, was passierte anhand eines Zeitstrahls und die Dokumentation des Ablaufs entsprechend den Vorgaben des gewählten Verfahrens.

Im nächsten Schritt erfolgt die eigentliche Ereignisanalyse. Es werden Ursachen, beitragende Faktoren, Veränderungen oder Barrierenversagen entsprechend den Vorgaben des gewählten Verfahrens ermittelt und dokumentiert. Hierbei sind Kenntnisse des Analyseverfahrens bedeutsam. Bei der Beauftragung von Sachverständigen ist darauf zu achten, dass sie auch Expertise im gewählten Verfahren besitzen.

Die folgende Ergebnis- und Erkenntniskommunikation ist wiederum unabhängig vom eingesetzten Verfahren. Hier geht es um die geforderte Information, insbesondere an die ZEMA, und zum anderen aktive Information an Interessengruppen wie beispielsweise interessierte Öffentlichkeit, Anwohner, andere Betreiber und Behörden.

Um aus den Erkenntnissen einer Ereignisanalyse auch über verschiedene Organisationen bzw. über verschiedene Unternehmen und Behörden nachhaltig und übergreifend zu lernen und sicherheitsgerichtete Optimierungen abzuleiten, sollten die Erkenntnisse möglichst aktiv verbreitet werden.

Innerhalb des Projekts wurde eine Checkliste für die Informationssammlung, Hilfsmittel für die Analyse mit der Abweichungsanalyse, mit SOL 3.0, mit Storybuilder/BowTie, Hilfsmittel für die Ergebnis- und Erkenntniskommunikation sowie zur Überführung in die Klassifikationen der ZEMA und eMARS erstellt, die im Anhang zu finden sind.

Schließlich wurden aus den rechtlichen Anforderungen, den theoretischen Hintergründen und den Ergebnissen der Erprobung Empfehlungen für eine gute Praxis für die Durchführung von Ereignisanalysen abgeleitet. Die neun folgenden Empfehlungen stellen diese gute Praxis dar:

1. Ziel der Ereignisanalyse ist das Lernen aus Ereignissen durch das Ermitteln von Ursachen und beitragenden Faktoren sowie die Ableitung von entsprechenden Maßnahmen - nicht die Ermittlung von Schuldigen.
2. Jedes Ereignis soll systematisch analysiert werden, empfehlenswert ist die Anwendung eines Analyseverfahrens nach Stand der Technik wie SOL 3.0, Storybuilder, Abweichungsanalyse.
3. Jede Analyse soll aus fünf Hauptschritten bestehen:
 - a) Ermittlung des Ausgangszustands und Informationssammlung zum Ereignisablauf, d.h. Untersuchungen vor Ort, Durchführung von Befragungen und deren Dokumentation, Auswertung von Unterlagen, wie Genehmigungen und Sicherheitsberichte. Als Hilfsmittel kann die Checkliste zur Informationssammlung verwendet werden.
 - b) Feststellung und Beschreibung des Ablaufs des Ereignisses, d.h. Darstellung dessen, was passierte anhand eines Zeitstrahls und Dokumentation des Ablaufs entsprechend den Vorgaben des gewählten Verfahrens.
 - c) Ermittlung der Ursachen, der beitragenden Faktoren, der Veränderungen oder des Barrierversagens entsprechend den Vorgaben des gewählten Verfahrens und deren Dokumentation; eventuell erforderliche Nachforderung von Unterlagen und Dokumenten.
 - d) Ermittlung von Maßnahmen und Vorkehrungen, die zur Verhinderung von oder Vorbeugung gegen die Folgen von Ereignissen bezogen auf die gestörte Anlage, den Betriebsbereich oder übergreifend erforderlich sind.
 - e) Kommunikation der Erkenntnisse, insbesondere hinsichtlich des Treffens von gemäß der Analyse erforderlicher Vorkehrungen und Maßnahmen sowie Meldung an die ZEMA (Zentrale Melde- und Auswertestelle für Störfälle und Störungen in verfahrenstechnischen Anlagen).
4. Die Analyse soll sowohl die Vorkehrungen und Maßnahmen zur Verhinderung des Ereignisses (vor dem „zentralen Ereignis“) als auch zur Auswirkungsbegrenzung (nach dem „zentralen Ereignis“) betrachten.
5. Die Analyse soll die verschiedenen Bereiche möglicher beitragender Faktoren, wie Stoffe, Technik, Mensch, Organisation, Management betrachten.
6. Es soll im Vorfeld festgelegt werden, welche Behörde für die Analyse von nach StörfallV meldepflichtigen Ereignissen federführend ist.
7. Die Analyse soll von einer Person geleitet werden, die in der Anwendung von Analyseverfahren und Leitung von Analysen ausgebildet ist.
8. Eine Analyse soll im Team von mindestens zwei Personen durchgeführt werden.
9. Wenn eine Analyse durch Sachverständige oder andere durchgeführt wird, soll bei der Beauftragung festgelegt werden, dass diese Empfehlungen zu berücksichtigen sind.

Diese Empfehlungen und die Checkliste zur Informationssammlung wurden in der 137. Sitzung mit dem AISV abgestimmt, der sie als für die Ereignisanalyse geeignet beurteilte und um Rückmeldung von Erfahrungen bei ihrer Anwendung an das Umweltbundesamt bat.

Summary

Accelerating technologies within the industrialization lead to arising awareness for accidents, incidents and new hazard sources like chemical compounds or the interaction of different substances in chemical processes. During the last decades of the 19th century the relevance of new hazards as well as their related consequences like accidents and incidents was taken into account in regulatory requirements as well as in scientific discussions including the development of tools for the investigation of accidents, incidents and near-misses. Nowadays the applications of systematic tools for event analyses and for the communication of their results are main parts of different investigation techniques.

The regulatory bases for the analysis of major accidents are the *Störfallverordnung* – on a national base – and the Seveso III-directive – on European base. The regulatory demands on operators and competent authorities for action to be taken following a major accident are stated in different articles of the Seveso III-directive.

The legal responsibility of competent authorities for the conduction of event analyses results from Article 17 Seveso III- directive. Detailed demands on the quality of event analyses are added. The competent authority is required to collect „by inspection, investigation or other appropriate means, the information necessary for a full analysis of the technical, organizational and management aspects of the accident“. The responsibility for the quality of the event analysis remains with the competent authority even if the authority is commissioning an expert (Article 17). In case of commissioning an expert the investigation process shall be led by the competent authority.

The aims of the project are derived from the regulatory bases for the analysis of major accidents. The overall aim is the improvement of continuous learning from events and near-misses, the facilitation of systematic identification of causes and contributing factors within accident investigation, the enhancement of communication about results of event analysis and lessons learned as well as their consideration in the operator's safety management system.

The practical implementation of the aims of the project was carried out by the selection of event analysis tools in a first step, which are appropriate for the application by competent authorities (or by commissioned experts) to implement Article 17 of Seveso III-directive.

Aim of a complete event analysis is the investigation of what happened and why it happened using a systematic approach. The analysis itself and the communication of its results as well as of the lessons to be learned to other operators and competent authorities allows learning from the event and safety oriented improvements and measures to prevent a re-occurrence or the occurrence of a similar event. A complete event analysis is defined as considering causes and contributing factors from the domain of technology, organization, management and personnel as well as their interactions.

To reflect the state of the art event analysis methods have to be based on a model of event genesis which postulates human, technical, management and organizational causes and their interaction.

Models of event genesis are theoretical underpinnings on how events occur and which elements are involved. Since the beginning of the last century models on event genesis were developed, first for work place accidents later for systems breakdowns.

The models of event genesis reflect the development of safety science towards an inter-organizational approach. The theoretical deliberations on the occurrence of events are significant for the investigations of accident, incidents and near-misses. The stop-rules of such an investigations is explicit or implicit defined by the underlying theory, because it determines which information is collected and integrated, which kind of analysis is conducted, whether it strives for only one root-cause or allows more than one as well as contributing factors. Furthermore, the model determines which causes are

reported and which corrective actions can be recommended. By this the underlying model of event genesis impacts the quality of safety oriented learning from experience. Based on the results of case studies of major accidents it seems obvious that models of event genesis have shortcomings focusing the human or the work situation. For an adequate modeling of reality at least organizational and inter-organizational factors should be considered as causes or contributing factors.

So far in Germany tools and recommendations are developed concerning process safety which are addressed at operators as SOL - Safety through Organizational Learning - (Wilpert et al., 1997) or recommendations for internal reporting systems (KAS-8, 2008). For competent authorities and their requests and conditions tailored event analysis methods are not published. For large companies as well as for high-hazard industries many investigation tools for the analysis of events, incidents and near misses have been developed since the last two decades of the last century. Those were evaluated according their suitability for competent authorities.

In the first step of the project 39 published tools for event analyses were identified. In a second step out of them seven tools were selected by application of ten evaluation criteria and five elimination criteria. The elimination criteria reflected the aim to identify tools for authorities in charge for the enforcement of the Störfall-Verordnung (Seveso-III-Directive).

The applied elimination criteria were:

1. *Is the tool appropriate for the regulatory demands, i.e. ensuring the compliance with and realization of the regulatory demands of Seveso III-directive and StörfallV?*
2. *Is the tool domain specific, i.e. is it appropriate for events in establishments or plants within the scope of the StörfallV?*
3. *Does the tool represent the state of the art, i.e. is it holistic, is the scope of investigation sufficient (technical, human, organizational, managerial and where required inter-organizational factors) and is it based on a corresponding model of event genesis?*
4. *Is the tool easy to apply, i.e. there is no intense training required, it is possible to apply the tool by help of guidance?*
5. *Is the tool free available, i.e. it is not required to buy licenses or software for use?*

The remaining seven tools were Black Bow Ties, Cause Mapping, Change Analysis, RCA, SOL 3.0, STEP, Storybuilder. Because Black Bow Ties are part of Storybuilder they were treated jointly as Storybuilder/BowTie.

These six tools were summarized and discussed with the project's advisory board for the further selection of three tools. In the selection of tools for the practical evaluation test by the project's advisory board emphasis was put on selecting three tools which cover different kind of events, which need different amount of effort and are adequate for specific configurations of causes. Selected were:

- a) Change Analysis
- b) SOL 3.0
- c) Storybuilder/BowTie

In the third step of the project for these three tools aids in form of manuals, checklists etc. were developed with the aim to support the competent authorities in event investigation. Two information workshops were conducted, to find voluntary participants for the practical evaluation tests. Thus, participants could be gathered from different competent authorities for the practical evaluation test which were conducted during September 2015 and March 2016 as fourth step of the project. In the following fifth step recommendations for good practice of event analysis and the checklist for information acquisition were developed.

German Länder participated on the five following levels in this project:

1. The project`s advisory board consists of members of competent authorities from six German Länder. They participated in discussing and adopting the planned approach. Furthermore, the suggestion to conduct information workshops came from the advisory board.
2. 31 members of competent authorities participated in the two information workshops. Discussed were: the approach for the practical evaluation tests, the kind of events to be analyzed as well as the distribution of tasks. Suggestions from these workshops lead to the development of the checklist for data acquisition.
3. In three practical evaluation tests altogether nine members of competent authorities from different German Länder/districts participated. Following the evaluation tests participants were asked for their comments, suggestions for improvement as well as for their requests. Most of them were implemented accordingly.
4. After the practical evaluation test their results were presented to the advisory board and planned changes in the developed aids as well as the recommendation for good practice and the checklist for information acquisition were discussed.
5. With the AISV the recommendation for good practice for event analysis and the checklist for information acquisition was harmonized.

In the practical evaluation tests twice the SOL 3.0 methodology and once Storybuilder/BowTie was used on request of the participants. Results of the practical evaluation tests show that both methods are appropriate to support the competent authorities in the event investigation process. All evaluation tests came to results which exceeded the results of the preliminary investigations despite of missing knowledge of the participants on the event analysis methods. All participants agreed that the tools are useful, because they deliver new insights with comparable or slightly higher efforts. Only Change Analysis was not tested as planned. This was discussed with the project's advisory board. The decision was made not to conduct another practical evaluation test with Change Analysis, because on the one hand the method is relatively simple and on the other hand as compensation another chapter was planned which deals with the generic information acquisition process and treats unclear or difficult aspects of information collection. One important result of the practical evaluation tests is that the information acquisition prior to the analysis itself determines the feasibility of the analysis and the quality of its results. Furthermore, the practical evaluation tests show that the efforts needed for the acquisition of information are much higher than those for the analysis.

Conducting an event analysis the first and most important step is the comprehensive collection of information. An information collection of high quality is the precondition for the analysis no matter what kind of tool is chosen. An information collection is determined by the finding of facts. The facts have to be traceable and based on three aspects:

- (1) Conservation of evidence, observations on site
- (2) Analysis of documents and
- (3) Interviews

It is very important not to evaluate during the collection of information, the focus is on fact finding. To support this process a checklist was developed which can be found in the Annex.

After the collection of information one of the tools for analysis has to be chosen. This decision should be based on the suitability for the event to be investigated. The three selected tools cover different kinds of events:

- a) Change Analysis for events with unexpected/unknown reaction of substances or their interaction,
- b) SOL 3.0 for events with human, organizational or management factors,

- c) Storybuilder/BowTie for simple/repeated events with human factors.
- a) **Change Analysis** was developed by Rand Corporation (Bullock, 1981) and later integrated into other event analysis methods. It is not based on an explicit model of event genesis. Implicit it is assumed that a homeostasis was disturbed. The course of the event is compared to a reference situation without disturbances. On the base of this comparison it is identified, from which point in time changes occurred. All identified changes are evaluated to determine their impact to the event occurrence.

In general Change Analysis seems to be appropriate as a screening method, but not very suitable for the identification of organizational and inter-organizational factors as well for rare, discontinuous processes.

- b) **SOL** was developed from 1992 at TU Berlin (Wilpert et al., 1997). It is based on the "Swiss-Cheese-Model" and the socio-technical system approach. It is assumed that in high hazard industries events occur because of the interaction of contributing factors of sub-systems: person, team, organization, extra-organizational environment and technology: Furthermore, it is assumed that event are always caused by several contributing factors and can be seen as sequence of single events. An event analysis with SOL is like a social reconstruction or a backward oriented problem-solving process, in which based on given information causal inferences a drawback is carried out on the course of the event and the factors contributing. Because this mental process is biased, SOL consists of special aid to overcome those shortcomings. SOL was empirical validated. Recently a newer version SOL 3.0 was developed. SOL 3.0 is conducted in two separate but related steps: 1) identification of the course of the event and the description of the event situation, 2) identification of contributing factors.

SOL 3.0 is appropriate for the identification of organizational and inter-organizational factors as well as for causes which lay in the past like failures in planning and construction.

- c) **Storybuilder** was developed in the frame of the Occupational Risk Model for the Dutch Ministry of Work (Bellamy et al., 2007). It tries to build a causal model for the most frequent accident scenarios related to professional risks to derive data for risk assessment. Storybuilder is software for the analysis of industrial accident reports, i.e. the data of prior analyzed accidents are integrated. The reports were transferred from their narrative word into a BowTie-structure, by choosing predefined elements like loss of control, failure of barriers, management influence. For different accident scenarios predefined bow ties exist which can be chosen like falling from height. The analysis is conducted in two steps: description of the event and causal search, in which the causal search is divided into seven steps.

The use of generic bow ties has the advantage that a certain predefined investigation scope will be considered, but the disadvantage that causes not integrated in the bow tie will not be identified.

The steps following the collection of information are completed with the aid of the selected tool. The collected information is transferred into the description of the course of the event, i.e. display of what happened with a timeline and documentation.

Within the next step the analysis itself take place. Causes, contributing factors, changes or failure of barriers are identified (related to the demands of the chosen tool) and documented. In general the knowledge/expertise of the analysis tools play an important role. If experts are involved it is important that they have expertise in the chosen tool.

The following communication of the results and lessons learned is again independent of the chosen tool. Here it is important which information is requested especially by ZEMA and active information transfer to stakeholders like interested public, other operators or competent authorities. To learn from the conclusions drawn after an event analysis (lessons learned) across different organizations, operators and competent authorities and to recommend safety oriented measures, the lessons learned should be communicated actively.

Within the project a tool kit was developed including the checklist for the collection of information, manuals for the investigation with Change Analysis, with SOL 3.0, with Storybuilder/BowTie, for the communication of results and for the transfer to the classification schemes of ZEMA and eMARS were developed, which can be found in the annex.

Based on the regulators demands, the theoretical underpinnings and the results of the practical evaluation tests recommendations for good practice of event analyses were developed. The following nine recommendations represent good practice:

- (1) Event analysis aim is learning from events by the identification of causes and contributing factors as well as of corresponding measures – not blaming or identification of scapegoats.
- (2) Each event should be analyzed systematically, best with an investigation tool that reflects the state of the art like SOL 3.0, Storybuilder, Change Analysis.
- (3) Each analysis should be conducted in five steps:
 - a) Identification of the status and collection of information about the course of the event, i.e. investigations on site, interviews and their documentation, review of documents like approval and safety case. The checklist for information acquisition serves as an aid for this step.
 - b) Identification and description of the course of the event, i.e. display of what happened on the timeline, documentation according to the demands of the selected tool.
 - c) Identification of causes, contributing factors, changes or failure of barriers according to the demands of the selected tool and documentation, tentative requests for additional documents.
 - d) Identification of safety oriented measure and corrective actions, which are necessary to prevent future events or mitigate the consequences of events related to the disturbed plant, part of it or be more generic.
 - e) Communication of the results, in particular related to necessary precautions and measures corresponding to the analysis as well as to report to ZEMA.
4. The analysis should cover precautions and measures to prevent an event (prior to the central event) as well as mitigation measures (after the central event).
5. The analysis should cover the different domain of possible factors like substances, technology, human, organization, management.
6. In advance it should be appointed which competent authority is leading the analysis of major accidents in accordance with StörfallV.
7. The analysis should be guided by a person who is trained in investigations, event analysis tools and leading of analyses.
8. An event analysis should be conducted in a team consisting of two persons minimum.
9. In the case that the analysis is commissioned to experts, it should be required that these recommendations are followed.

These recommendations as well as the checklist for information acquisition were harmonized in the 137th meeting of AISV and a corresponding decision was made, that they are appropriate for event analysis. It was asked for feedback of experience about the application to the Umweltbundesamt.

1 Einleitung

Unfälle und Beinahe-Unfälle treten seit Menschengedenken auf, gewannen aber mit der Industrialisierung an Bedeutung. Mit der Entwicklung der Technik entstanden neue Arten von Gefahrenpotentialen, wie das Vorhandensein von größeren Mengen an gefährlichen Stoffen, und mit der Industrialisierung gewannen diese an Bedeutung. Die Technikentwicklung führte zu einem gleichzeitigen Anwachsen der Komplexität und des inhärenten Gefahrenpotenzials (Perrow, 1984). In der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts wurde die Relevanz der neuen Gefahrenpotenziale sowie der damit verbundenen Unfälle und Beinahe-Unfälle erkannt und mit rechtlichen Anforderungen³ sowie der wissenschaftlichen Auseinandersetzung einschließlich der Entwicklung von Verfahren zur Analyse von Unfällen und Beinahe-Unfällen reagiert. Heute ist der Einsatz von methodischen Verfahren zur Analyse von Ereignissen⁴ und Kommunikation der Ergebnisse fester Bestandteil verschiedenster Techniken.

In dem folgenden Kapitel der Einleitung werden die Projektziele, die rechtlichen Anforderungen und das Vorgehen im Forschungsvorhaben und die Einbindung der Bundesländer sowie die Erprobung dargestellt. Im zweiten Kapitel werden die Verfahren der Ereignisanalyse beschrieben. Im dritten Kapitel werden Empfehlungen zur Durchführung von Ereignisanalysen gegeben.

1.1 Projektziele

Generell bestand die Zielsetzung des Projektes darin, die Qualität der Ereignisanalysen zu verbessern, welche von den Behörden in der Folge von Ereignissen oder Unfällen durchgeführt und deren Ergebnisse an die Zentralen Melde- und Auswertestelle für Störfälle und Störungen in verfahrenstechnischen Anlagen (ZEMA) gemeldet wurden. Damit sollte letztendlich auch die Qualität der Ereignisberichte gesteigert werden. Dieses übergeordnete Projektziel wurde durch die folgenden Teilziele umgesetzt: Es sollte eine Auswahl von Methoden zur Ereignisanalyse und –dokumentation, die entsprechend der Störfall-Verordnung (StörfallV) und der Seveso III-Richtlinie für die Anwendung durch die zuständigen Behörden geeignet sind und die dem Stand der Technik entsprechen, erfolgen. Für diese ausgewählten Methoden sollten Hilfsmittel erstellt werden, die den zuständigen Behörden eine Anwendung dieser Methoden unter ihren Arbeitsbedingungen ermöglichen. Die Hilfsmittel sollen sowohl bei der Ereignisdokumentation als auch bei der Kommunikation von Ereignisinformationen, von Analyseergebnissen und von Empfehlungen auf nationaler und internationaler Ebene unterstützen. Die Hilfsmittel sollen gegebenenfalls auch durch entsprechend qualifizierte Sachverständige nutzbar sein. Alle Vorschläge und Hilfsmittel sollten mit den Bundesländern abgestimmt werden, die diese später anwenden und umsetzen könnten.

1.2 Rechtliche Anforderungen

Die rechtlichen Grundlagen zur Analyse von schweren Unfällen durch die zuständige Behörde und die Übermittlung der Informationen nach einem schweren Unfall an die Europäische Kommission stellen die Anforderungen und Vorgaben der Seveso III-Richtlinie (Richtlinie 2012/18/EU) und die StörfallV (Störfall-Verordnung – 12. BImSchV) dar. In der Seveso-III-Richtlinie sind neben den Informationspflichten des Betreibers gegenüber der Behörde nach Eintritt eines schweren Unfalls ebenfalls Vorgaben für die Behörde bzgl. der zu ergreifenden Maßnahmen und auch generell der vom Mitgliedsstaat an die Europäische Kommission zu erbringenden Informationen festgeschrieben.

³ Z. B. Verordnung über das gewerbsmäßige Verkaufen und Feilhalten von Petroleum vom 24. Februar 1882. Deutsches Reichsgesetzblatt Band 1882, Nr. 7, Seite 40–41

⁴ Unter Ereignis wird in diesem Bericht eine Störung des bestimmungsgemäßen Betriebs in einem Betriebsbereich unter Beteiligung eines oder mehrerer gefährlicher Stoffe verstanden (vgl. Entwurf StörfallV), dementsprechend kann ein Beinahe-Ereignis auch eine Betriebsstörung sein.

Artikel 17 der Seveso III-Richtlinie befasst sich mit „Von der zuständigen Behörde nach einem schweren Unfall zu ergreifende Maßnahmen“:

Die Mitgliedstaaten beauftragen die zuständige Behörde, nach einem schweren Unfall

- a) *„sicherzustellen, dass alle notwendigen Sofortmaßnahmen sowie alle notwendigen mittelfristigen und langfristigen Maßnahmen ergriffen werden;*
- b) *durch Inspektionen, Untersuchungen oder andere geeignete Mittel die für eine vollständige Analyse der technischen, organisatorischen und managementspezifischen Gesichtspunkte des Unfalls erforderlichen Informationen einzuholen;*
- c) *geeignete Maßnahmen zu ergreifen, um sicherzustellen, dass der Betreiber alle erforderlichen Abhilfemaßnahmen trifft;*
- d) *Empfehlungen zu künftigen Verhütungsmaßnahmen abzugeben und*
- e) *die möglicherweise betroffenen Personen von dem eingetretenen Unfall zu unterrichten sowie gegebenenfalls von den Maßnahmen, die ergriffen wurden, um seine Folgen zu mildern.“*

Artikel 18 der Seveso III-Richtlinie regelt die „Vom Mitgliedstaat nach einem schweren Unfall zu erbringende Information“:

Jeder schwere Unfall, bei dem es zur Entzündung, Explosion oder Freisetzung eines gefährlichen Stoffes über den in Anhang VI der Richtlinie vorgegebenen Mengenschwellen gekommen ist oder bei dem Schädigungen von Personen oder Sachwerten oder unmittelbare Umweltschäden oder hohe Sachschäden oder grenzüberschreitende Schädigungen aufgetreten sind, muss der Europäischen Kommission gemeldet werden (Anhang VI).

Die Meldung an die Europäische Kommission muss neben eher allgemeinen Informationen (Mitgliedsstaat, Name und Anschrift der berichtenden Behörde) auch generelle Angaben zum Unfall (Datum, Uhrzeit, Ort, Betreiber und Anschrift des Betriebs) enthalten.

Zusätzlich unterrichtet der Mitgliedsstaat die Europäische Kommission bezüglich folgender Informationen zum Unfall:

- c) *„Kurzbeschreibung der Umstände des Unfalls sowie Angabe der beteiligten gefährlichen Stoffe und der unmittelbaren Auswirkungen für die menschliche Gesundheit und die Umwelt;*
- d) *Kurzbeschreibung der getroffenen Notfallmaßnahmen und der zu Vermeidung einer Wiederholung eines solchen Unfalls unmittelbar notwendigen Sicherheitsvorkehrungen;*
- e) *die Ergebnisse ihrer Analysen und ihre Empfehlungen.“*

Damit sind die Anforderungen an die zuständige Behörde bezüglich der Durchführung von Analysen schwerer Unfälle als auch bzgl. der Ausarbeitung von Empfehlungen zur Verhütung von schweren Unfällen sowie bezgl. der Kommunikation der Analyseergebnisse formuliert.

Um die benötigten Informationen nach einem schweren Unfall zu erlangen, kann die zuständige Behörde verschiedene Methoden wie Inspektionen, Untersuchungen sowie andere geeignete Instrumente einsetzen. Explizite Vorgaben machen die Seveso III-Richtlinie und die StörfallV nur bezüglich der Vollständigkeit der Analyse und der zu betrachtenden Analysebereiche (Technik, Organisation und Management).

Aus der Forderung des Artikels 17 „a) der Sicherstellung, dass alle notwendigen kurz-, mittel- und langfristigen Maßnahmen ergriffen werden“ ergibt sich mittelbar, dass auch Maßnahmen gegen kurz-, mittel- und langfristig wirkende Folgen des Ereignisses wie z. B. Kontaminationen von Pflanzen, Tie-

ren, Gewässern und Boden durch Stofffreisetzungen einbezogen werden. Allerdings kann eine Unfallanalyse selbst die folgenden Aspekte nicht beinhalten, sie sind ggf. im Anschluss im Sinne von Störfallnachsorge oder erweiterter Ereignisanalyse zu klären:

- welche kurz-, mittel- und langfristigen Folgen aufgrund eines Ereignisses zu erwarten sind (zu erwartende Auswirkungen auf Menschen und Umwelt) und welche kurz-, mittel- und langfristigen Maßnahmen deshalb erforderlich sind (wie Sperrzonen, Verzehverbote, Dekontaminierungen),
- welche kurz-, mittel- und langfristigen Folgen tatsächlich eintreten (Human- und Umweltmonitoring) bzw. welche Maßnahmen zur Feststellung von kurz-, mittel- und langfristigen Folgen erforderlich sind (wie beispielsweise die Ereignisse in Seveso, Bhopal und Tschernobyl gezeigt haben).

Aus Artikel 17 e) ergibt sich die Notwendigkeit der Kommunikation der Analyseergebnisse insbesondere an möglicherweise betroffene Personen. Dies ist grundsätzlich kein Aspekt der Analyse selbst.

Allerdings ist die Kommunikation von Ergebnissen der Analysen und der gewonnenen Erkenntnisse für die Verhinderung von ähnlichen Ereignissen von entscheidender Bedeutung. Daher soll dieser Aspekt bei den zu erstellenden Hilfsmitteln zumindest kurz aufgezeigt werden. Zur Unterstützung der Behördenmitarbeiter bei der Informationssammlung wurde eine entsprechende Checkliste erstellt (vgl. Kap. 3.2 und Anhang I.1) sowie generelle Regeln und Hinweise zur Kommunikation von Ergebnissen von Ereignisanalysen formuliert (vgl. Anhang I.5), die bei der Darstellung und Präsentation von Erkenntnissen helfen.

1.3 Vorgehen im Forschungsvorhaben

In diesem Vorhaben wurden auf der Basis von Recherchen zu Ereignisanalyseverfahren 39 Verfahren identifiziert. Aufgrund theoretischer Überlegungen und Praxisanforderungen wurden zehn Bewertungsmaßstäbe (siehe Kapitel 2.2) entwickelt, die der Auswahl geeigneter dem Stand der Technik entsprechender Verfahren dienen. Im Anschluss daran wurden mit Hilfe von Ausschlusskriterien die Anzahl der Verfahren weiter reduziert. So wurden sechs Verfahren ausgewählt und diese kurz beschrieben. Mit Beteiligung des Forschungsbegleitkreises (siehe Kapitel 1.3.1) wurden aus diesen sechs Verfahren drei Verfahren für die Erprobung (siehe Kapitel 1.3.2) ausgewählt. Für diese drei Verfahren wurden Hilfsmittel erstellt und diese möglichen teilnehmenden Behördenvertretern in zwei Informationsveranstaltungen im ersten Halbjahr 2015 vorgestellt (siehe Kapitel 1.3.1). Durch diese „Werbeveranstaltungen“ konnten Vertreter aus drei unterschiedlichen Behörden für die Teilnahme an der Erprobung gewonnen werden. Die Erprobungen fanden, anders als ursprünglich geplant, im Zeitraum September 2015 bis März 2016 statt. Im Anschluss an die Erprobungen wurden deren Ergebnisse dem Begleitkreis vorgestellt und diskutiert. Es wurden Empfehlungen für die gute Praxis der Ereignisanalyse und eine Checkliste zur Informationssammlung formuliert. Das Vorgehen, die Empfehlungen und die Checkliste wurden dem AISV (Ausschuss Anlagenbezogener Immissionsschutz und Störfallvorsorge der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz - LAI) auf der 137. Sitzung am 05.07.2016 vorgestellt, der sie als geeignet beurteilte und um Berichte über Erfahrungen bei ihrer Anwendung an das Umweltbundesamt bat.

1.3.1 Einbindung der Länder

Die Länder wurden bei diesem Forschungsprojekt auf fünf verschiedenen Ebenen eingebunden:

Forschungsbegleitkreis: Der Forschungsbegleitkreis setzte sich aus Behördenvertretern aus sechs Bundesländern zusammen. Er diskutierte mit dem Umweltbundesamt und den Forschungsnehmern im September 2014 auf dem ersten Fachgespräch das vorgeschlagene Vorgehen im Rahmen des Forschungsvorhabens und stimmte diesem zu. Der Vorschlag für die Informationsveranstaltungen kam

Ende 2014 aus dem Forschungsbegleitkreis, da bis dahin noch keine Teilnehmer für die Erprobung gefunden waren. Nach den Erprobungen wurden die Ergebnisse der durchgeführten Ereignisanalysen und geplante Änderungen an den Hilfsmitteln mit dem Forschungsbegleitkreis auf dem zweiten Fachgespräch im Mai 2016 diskutiert und die Empfehlungen zur guten Praxis einer Ereignisanalyse abgestimmt.

Informationsveranstaltungen: Auf Vorschlag der Teilnehmer des Forschungsbegleitkreises wurden zwei Informationsveranstaltungen für potentielle Teilnehmer der Erprobungen durchgeführt. Die erste Informationsveranstaltung fand im Februar 2015 statt. Es nahmen neben dem Umweltbundesamt und den Forschungsnehmern fünf Vertreter von Landesbehörden, ein Vertreter eines Landkreises und zehn Vertreter von Bezirksregierungen teil. Es wurden die folgenden Punkte vorgestellt und diskutiert: Behördenpflichten bzgl. Ereignisanalyse gemäß StörfallV, Ziele und geplante Vorgehensweise des Forschungsvorhabens, ausgewählte Verfahren zur Ereignisanalyse, Auswahlgründe, Vor- und Nachteile, geeignete Ereignisse, Aufgaben und Aufgabenverteilung beim Praxistest, notwendige Informationen, offene Fragen und Kooperationspartner. Es wurde folgendes Vorgehen vereinbart: Die Teilnehmer melden sich beim TÜV NORD bzw. beim Umweltbundesamt, sobald ein geeignetes Ereignis eingetreten ist. Als Ergebnis der Diskussion einigten sich die Teilnehmer darauf, ein meldepflichtiges Ereignis gemäß Anhang VI Teil 1 Nr. II/III StörfallV ohne Personenschaden (keine Beteiligung der Staatsanwaltschaft) zu untersuchen. Da bis April/Mai 2015 noch kein geeignetes Ereignis vorlag, wurde vom Umweltbundesamt und dem TÜV NORD beschlossen, eine weitere Informationsveranstaltung durchzuführen, um für die Teilnahme am Projekt zu werben. Die zweite Informationsveranstaltung fand im Juni 2015 statt. Neben dem Umweltbundesamt und den Forschungsnehmern nahmen vier Teilnehmer von Landesbehörden und elf Teilnehmer aus Landesämtern teil. Es wurde über Behördenpflichten bzgl. Ereignisanalyse gemäß StörfallV, Ziele und geplante Vorgehensweise im Forschungsvorhaben, ausgewählte Verfahren zur Ereignisanalyse, Auswahlgründe, Vor- und Nachteile, geeignete Ereignisse, Aufgaben und Aufgabenverteilung beim Praxistest, notwendige Informationen und offene Fragen diskutiert. In der Informationsveranstaltung konnte ein Landesamt für die Teilnahme an der Erprobung gewonnen werden. Die Teilnehmer einigten sich darauf, dass im Rahmen der Erprobung der Verfahren keine Kontakte zu der Betreiberin aufgenommen werden, dass die Vertraulichkeit der Informationen garantiert wird und, dass die Behörden die erstellten Hilfsmittel vorab zur Verfügung gestellt bekommen. Als Ergebnis der zweiten Informationsveranstaltung wurde von dem Forschungsnehmer in Abstimmung mit dem Umweltbundesamt eine Checkliste zur Informationssammlung erarbeitet. Grundlagen für die Checkliste waren die StörfallV, die drei ausgewählten Verfahren sowie die Erfahrungen der Projektmitarbeiter aus diversen Ereignisuntersuchungen. Die Checkliste wurde den Teilnehmern der Informationsveranstaltung zugesandt.

Erprobungen: An drei Erprobungen nahmen insgesamt neun Behördenvertreter aus unterschiedlichen Bundesländern/Bezirken teil. Am Ende jeder Erprobung wurde ein Resümee gezogen und es wurden Wünsche, Kritik und Verbesserungsvorschläge per Fragebogen erhoben. So konnten die teilnehmenden Behörden Einfluss auf die Gestaltung der Hilfsmittel nehmen. Eine Reihe von Änderungen wurde nach den Erprobungen umgesetzt (siehe nächstes Kapitel).

Ergebnisabstimmung mit dem Forschungsbegleitkreis: Die Ergebnisse der Erprobungen wurden dem Forschungsbegleitkreis vorgestellt und geplante Änderungen an den Hilfsmitteln sowie die ausgearbeiteten Empfehlungen zur guten Praxis einer Ereignisanalyse und die Checkliste zur Informationssammlung mit ihm abgestimmt.

Abstimmung im AISV: Im Juli 2016 wurden auf der 137. Sitzung die mit dem Begleitkreis erarbeiteten Empfehlungen zur guten Praxis einer Ereignisanalyse und die Checkliste zur Informationssammlung im AISV vorgestellt und diskutiert. AISV, der beide als geeignet beurteilte und um Berichte über Erfahrungen bei ihrer Anwendung an das Umweltbundesamt bat.

1.3.2 Erprobung ausgewählter Verfahren

An der **ersten Erprobung** im September 2015 nahmen fünf Behördenvertreter teil. Auf eigenen Wunsch sollte die Analyse mit SOL 3.0 (Sicherheit durch Organisationales Lernen) durchgeführt werden. Anhand des Manuals für SOL 3.0 und der Identifikationshilfe wurde das von den Behördenvertretern ausgewählte Ereignis analysiert. Zuerst wurde eine Liste mit Akteuren durch die Teilnehmer erstellt. Auf der Basis der Akteurliste wurden Ereignisbausteinkarten geschrieben, die den Ablauf des Ereignisses beschreiben. Im Anschluss daran wurde für jede Ereignisbausteinkarte nach beitragenden Faktoren gesucht. Die Projektmitarbeiter unterstützten die Analyse, indem sie Erklärungen zu den jeweiligen Analyseschritten abgaben, das Ergebnis der einzelnen Schritte visualisierten und bei methodischen Fragen Hilfestellungen gaben. Bei Unsicherheiten über Abgrenzungen von Faktoren oder das weitere Vorgehen wurden von den Projektmitarbeitern ebenfalls Hilfestellungen gegeben. Die Analyse dauerte ca. 4 Stunden.

Die Teilnehmer an der Erprobung äußerten sich am Ende positiv über das Vorgehen, berichteten aber auch, dass sie anfangs skeptisch gewesen wären. Besonders die Checkliste zur Informationssammlung und die Identifikationshilfe erschienen anfangs zu umfangreich und zu schuldzuweisend. Während der Analyse sei dann aber klar geworden, dass eine Bewertung erst nach der Analyse stattfindet und die Fragen der sachlichen Aufklärung dienen. Auch die eigenen Vorabinformationen und Meinungen zum Ereignishergang und der Ereignisursache wurden durch SOL 3.0 auf eine objektive Ebene gelenkt. Anhand dieser Vorgehensweise ergaben sich bezüglich des Ereignisses weitere, bisher noch nicht geklärte Fragestellungen und neue Erkenntnisse auch technischer Natur. Als negativ wurde die Informationsveranstaltung gesehen, da das eigentliche Vorgehen dort nicht erkennbar war. Die Teilnehmer halten Schulungen im Vorfeld für notwendig, können sich aber vorstellen, das Verfahren auch zukünftig anzuwenden, da durch die systematische Betrachtung sowohl technische Verfahren als auch managementspezifische Handlungen bewertet werden. Sowohl Aufwand als auch Nutzen werden höher als beim bisherigen Vorgehen eingeschätzt.

An der **zweiten Erprobung** im Oktober 2015 nahmen zwei Behördenvertreter teil. Auch diese Teilnehmer wünschten eine Analyse mit SOL 3.0. Obwohl ursprünglich geplant war bei jeder Erprobung ein anderes Verfahren einzusetzen, wurde vor dem Hintergrund der Schwierigkeiten freiwillige Teilnehmer zu gewinnen, darauf verzichtet zusätzliche Hürden durch Vorgaben aufzubauen. Anhand des Manuals für SOL 3.0 und der Identifikationshilfe wurde das Ereignis analysiert. Zuerst wurde eine Liste mit Akteuren durch die Teilnehmer erstellt. Auf der Basis der Akteurliste wurden Ereignisbausteinkarten geschrieben, die den Ablauf des Ereignisses beschreiben. Im Anschluss daran wurde für jede Ereignisbausteinkarte nach beitragenden Faktoren gesucht. Die Projektmitarbeiter unterstützten die Analyse, indem sie Erklärungen zu den jeweiligen Analyseschritten abgaben, das Ergebnis der einzelnen Schritte visualisierten und bei methodischen Fragen Hilfestellungen gaben. Bei Unsicherheiten über Abgrenzungen von Faktoren oder das weitere Vorgehen wurden von den Projektmitarbeitern ebenfalls Hilfestellungen gegeben. Die Analyse dauerte ca. 5 Stunden.

Die Teilnehmer äußerten sich im Anschluss positiv über das systematische Vorgehen. Mit mehr Vorkenntnissen hätten sie die Erprobung allerdings effektiver gestalten können. Die Vorschläge zur Änderung beziehen sich auf die Frageliste im Anhang des Manuals, diese könnte durch die Checkliste zur Informationssammlung ersetzt werden. Außerdem sollte der Faktor 14 Qualitätssicherung und Qualitätsmanagement durch Sicherheitsmanagement ersetzt werden (Anlage III zur StörfallV). Die Teilnehmer haben einen Nutzen aus der Analyse gezogen, da sie tiefer angelegt war als die bisher durchgeführten Untersuchungen. Sie konnten neue Gesichtspunkte identifizieren, daher können sie sich vorstellen, das Verfahren auch zukünftig zu anzuwenden. Den Aufwand schätzen sie nicht höher ein als bei anderen Untersuchungen. Auch bei dieser Erprobung plädieren die Teilnehmer für eine vorgelagerte Schulung.

An der **dritten Erprobung** im März 2016 nahmen zwei Behördenvertreter und ein Vertreter des Umweltbundesamtes teil. Anhand des Manuals für Storybuilder/BowTie wurde ein Beinahe-Ereignis von den Behördenvertretern analysiert. Im ersten Schritt wurde das zentrale Ereignis benannt. An dieser Stelle entstand eine Diskussion, da per Definition das zentrale Ereignis die Freisetzung eines gefährlichen Agenten beschreibt. Da in dem zu analysierendem Ereignis keine Stofffreisetzung stattfand, wurde beschlossen, eine mögliche Freisetzung als zentrales Ereignis zu wählen. In den folgenden Schritten wurde die linke Seite des BowTie ausgearbeitet, es wurden der Kontrollverlust (Schritt 2), die vorhandenen Barrieren (Schritt 3), fehlerhafte Barrierenfunktionen (Schritt 4) und die Barrieren zweiter Ordnung (Schritt 5) identifiziert. Im Anschluss daran wurde die rechte Seite des BowTie bearbeitet, d.h. es wurden mögliche Konsequenzen (Schritt 6) sowie Begrenzungsbarrieren (Schritt 7) bestimmt. Die Projektmitarbeiter unterstützten die Analyse, indem sie Erklärungen zu den jeweiligen Analyseschritten abgaben, das Ergebnis der einzelnen Schritte visualisierten und bei methodischen Fragen Hilfestellungen gaben. Die Analyse dauerte ca. 5 Stunden.

Die Teilnehmer äußerten sich im Anschluss positiv über das systematische Vorgehen. Sie bedauerten, dass der Betreiber nicht anwesend war, da dieser Fragen, die im Verlauf der Analyse entstanden, hätte beantworten können. Sie bewerteten Expertise als einen wichtigen Punkt neben der Analysetechnik. Die Teilnehmer haben einen Nutzen aus der Analyse gezogen und bewerteten die mit dem Verfahren verbundene Systematik und Gründlichkeit positiv. Sie können sich vorstellen, das Verfahren bzw. Einzelaspekte auch zukünftig anzuwenden. Den Aufwand schätzen sie etwas erhöht ein. Die Teilnehmer wünschen sich ein praktisches Beispiel für die Anwendung bei einem Beinahe-Ereignis.

Zusammengefasst kann festgehalten werden: Auf Wunsch der teilnehmenden Behördenvertreter wurde zweimal das Verfahren SOL 3.0 und einmal Storybuilder/BowTie erprobt. Als Ergebnis dieser Erprobungen kann festgestellt werden, dass beide Verfahren geeignet sind, die Behördenvertreter bei der Analyse von Ereignissen zu unterstützen. In allen Erprobungen wurden Ergebnisse erzielt, die weit über die vorläufigen Analysen hinausgingen trotz geringer Verfahrenskennnisse der Teilnehmer. Alle Teilnehmer sahen das Verfahren als nützlich an, da bei vergleichbarem oder geringfügig höherem Aufwand neue Erkenntnisse durch die Analyse gewonnen werden konnten. Allerdings hat ein Großteil der Teilnehmer einen Wunsch nach entsprechenden Schulungen geäußert.

Nicht erprobt werden konnte die Abweichungsanalyse. Grund hierfür war die Verfahrensauswahl durch die kooperierenden Behörden. Dieser Punkt wurde jedoch auch mit dem Forschungsbegleitkreis diskutiert. Es wurde vereinbart, dass eine Erprobung der Abweichungsanalyse nicht mehr durchgeführt werden soll, weil zum Einen das Verfahren relativ einfach ist und weil zum Anderen ein verfahrensübergreifendes Kapitel zur Informationssammlung (siehe Kapitel 3.2) erstellt werden sollte, in dem die Punkte, die unklar oder schwierig waren, benannt werden.

In den Erprobungen erwies sich die Bedeutung der Sammlung von Informationen über das zu untersuchende Ereignis, die der eigentlichen Analyse vorgeschaltet und verfahrensunabhängig ist. Vollständigkeit und Richtigkeit der über ein Ereignis gesammelten Informationen sind entscheidend für Durchführbarkeit und erreichbare Tiefe der späteren Analyse. Die für die Informationssammlung erforderlichen Ressourcen sind weitaus höher als die für die eigentliche Analyse erforderlichen.

2 Ereignisanalyseverfahren

In diesem Kapitel werden die theoretischen Grundlagen von Ereignisanalyseverfahren dargestellt (Kapitel 2.1) und der Auswahlprozess aus den recherchierten Verfahren beschrieben (Kapitel 2.2). Die Verfahren selbst werden im dritten Kapitel dargestellt.

2.1 Theoretischer Hintergrund

Eine vollständige Ereignisanalyse hat das Ziel, bei dem zu analysierenden Ereignis unter Verwendung einer systematischen Vorgehensweise zu ermitteln, was passierte und warum es passierte. Durch die Ereignisanalyse selbst und durch die Kommunikation ihrer Ergebnisse und der gewonnenen verallgemeinerbaren Erkenntnisse an andere Betreiber und Behörden ist es möglich, aus dem Ereignis zu lernen und sicherheitsgerichtete Verbesserungen und Maßnahmen abzuleiten, die eine Wiederholung oder das Auftreten eines ähnlichen Ereignisses verhindern sollen. Als vollständig wird eine Ereignisanalyse bezeichnet, wenn sie Ursachen aus den Bereichen Technik, Organisation, Management und Mensch sowie deren Wechselwirkungen zueinander berücksichtigt.

Fahlbruch und Wilpert (1999) unterscheiden in Anlehnung an Reason (1993) vier sich überlappende Phasen der Sicherheitsforschung, deren jeweiliger Fokus auch die Analyse von Ereignissen beeinflusst. In der ersten, der technischen Phase, wird das größte Sicherheitsproblem in der Technik gesehen und Anstrengungen zur Erhöhung der Sicherheit zeigen sich überwiegend in technischen Verbesserungen. In der darauf folgenden Phase der menschlichen Fehler wird der Mensch als die Hauptfehlerquelle angesehen und Maßnahmen wie Training oder Personalauswahl zielen auf die Reduzierung von Fehlern des Personals. In der dritten, der soziotechnischen Phase, wird das Blickfeld auf die gesamte Organisation erweitert. Im Mittelpunkt der Betrachtungen stehen jetzt die Interaktionen des technischen und sozialen Subsystems sowie der Organisation, die als potenzielle Sicherheitsgefährdungen gesehen werden. Dementsprechend zielen Verbesserungen vor allem auf die Optimierung dieser Interaktionen und der Organisation. Die jüngste Phase wurde durch Untersuchungen von katastrophalen Unfällen eingeleitet, die zeigten, dass auch Institutionen oder Organisationen außerhalb der Betreiberorganisation wie Verfahrensentwickler, Anlagenhersteller, Anlagenerrichter und Fremdfirmen an der Entstehung der Ereignisse beteiligt waren. In der Phase der interorganisationalen Beziehungen werden daher zusätzlich zu den organisationalen Interaktionen eben auch dysfunktionale Beziehungen zwischen Organisationen als Gefährdung für die Sicherheit konzipiert (Wilpert & Fahlbruch, 1998). Maßnahmen zur Erhöhung der Sicherheit zielen auf eine verbesserte Koordination zwischen den Organisationen.

Für die Auswahl geeigneter Methoden zur Ereignisanalyse entsprechend dem Stand der Technik ist es also anzustreben, dass möglichst alle vier Phasen der Sicherheitsforschung berücksichtigt werden.

Damit die Ereignisanalyseverfahren dem Stand der Technik entsprechen, müssen sie auf einem Ereignisentstehungsmodell basieren, das sowohl menschliche, technische, managementspezifische und organisatorische Ursachen als auch deren Interaktion postuliert. Im Folgenden werden die verschiedenen theoretischen Modelle zur Ereignisentstehung dargestellt.

Ereignisentstehungsmodelle stellen theoretische Annahmen dar, wie Ereignisse entstehen und welche Elemente daran beteiligt sind. Seit Anfang des letzten Jahrhunderts wurde eine Reihe von Ereignisentstehungstheorien zuerst für traditionelle Arbeitsunfälle, später dann für das Versagen von Systemen entwickelt. Als überholt können die ersten drei der folgenden Modelle angesehen werden (Reason, 1997; Fahlbruch, 2000).

Unfälletheorie: In diesem Ansatz von Greenwood und Woods (1919) sowie Marbe (1926) wird postuliert, dass es eine Unfällepersönlichkeit gibt, d. h. einige Menschen tendieren eher als andere dazu, in Unfälle verwickelt zu sein. Dieser Ansatz ist der Phase des menschlichen Fehlers zuzuordnen, da er ausschließlich menschliche Fehler zur Erklärung von Unfällen heranzieht. Er gilt heute

allerdings als überholt, weil er nach heutigen Erkenntnissen als Erklärungsmodell für die Entstehung von Unfällen zu kurz greift (Reason, 1997).

Dominotheorie: Heinrich (1936) geht davon aus, dass Ereignisse eine kausale Sequenz von Einzeleignissen sind, die in ihrer Abfolge umfallenden Dominosteinen gleicht. Soziale Umwelt, individuelle Fehler, unsichere Handlungen und mechanisches Risiko führen so zu einem Ereignis, das wiederum in Verletzungen endet. Dieser Ansatz ist der Schnittstelle zwischen den Phasen der Technikorientierung und der menschlichen Fehler zuzuordnen, da menschliche Fehler und mechanisches Risiko als ereignisdeterminierende Elemente bestimmt werden. Auch dieser Ansatz gilt nach Reason (1997) heute als überholt, da jedes Ereignisentstehungsmodell ohne den expliziten Einbezug organisationaler Faktoren zur Erklärung von Unfällen der Komplexität der Realität nicht gerecht wird.

3 x 3 Matrix der Unfallursachen: Haddon et al. (1964) gehen von einer multikausalen Ereignissequenz aus, bei der eine Homöostase gestört wird. Sie konzipieren eine 3 x 3 Matrix von Ereignisphasen und Komponenten als Unfallursachen. Hier werden neben menschlichen Handlungen erstmals Technik und Arbeitsbedingungen als gleichberechtigte Ursachen behandelt. Damit geht dieser Ansatz über die beiden vorher genannten hinaus, ist aber den Modellen für reine Arbeitsunfälle zuzurechnen. Er ist ebenfalls an der Schnittstelle zwischen technischer Phase und Phase der menschlichen Fehler anzuordnen. Da auch in diesem Ansatz auf den expliziten Einbezug organisationaler Faktoren verzichtet wird, kann er ebenfalls als unzureichend bezeichnet werden. Zwei Weiterentwicklungen dieses Ansatzes scheinen jedoch auch für eine modernere Betrachtung von Unfällen wichtig zu sein: das Ereignissequenzmodell und das Energieflussmodell.

Ereignissequenzmodell: Benner (1975) konzipiert Ereignisse als Ereignissequenzen mit interagierenden Elementen und notwendigen sowie hinreichenden Bedingungen. Auch hier entsteht ein Ereignis dann, wenn eine homöostatische Aktivität unterbrochen wird.

„An accident is not a single event, but rather an accident is the transformation process by which a homeostatic activity is interrupted with accompanying unintentional harm. The critical point is that an accident is a process involving interacting elements and certain necessary or sufficient conditions“ (Benner, 1975, p. 180).

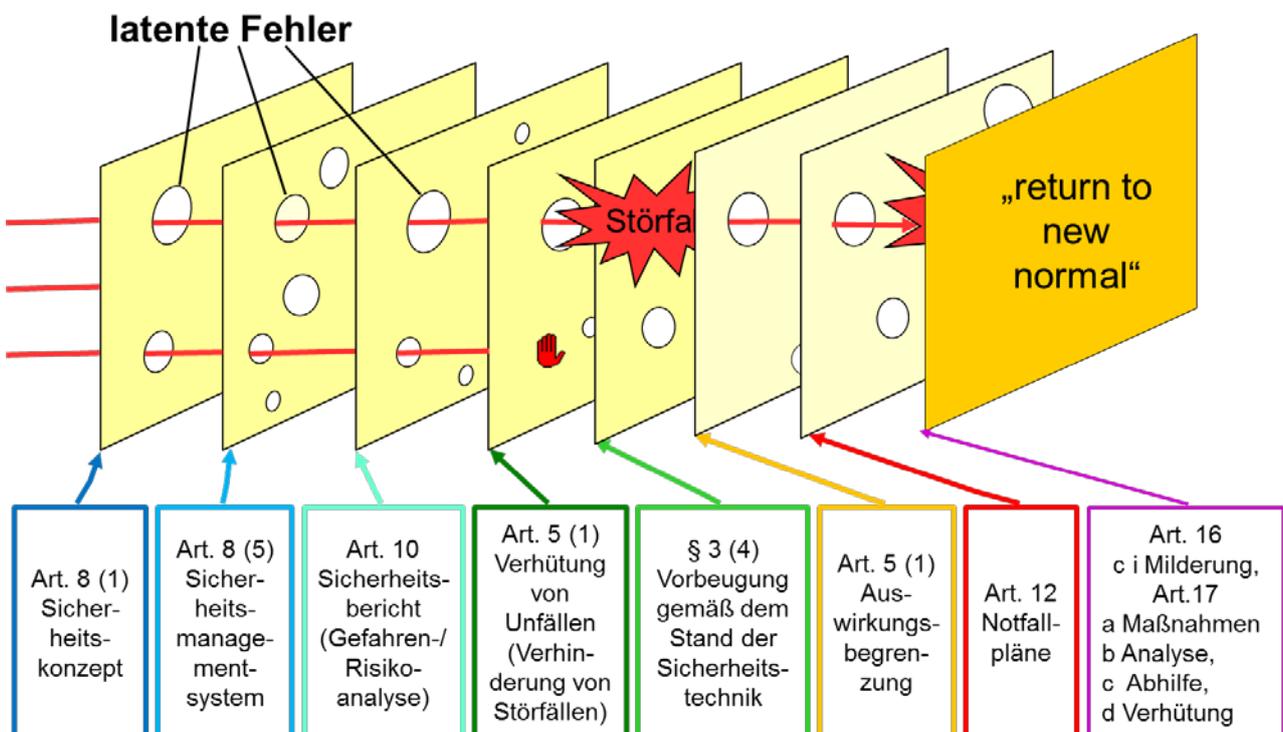
Da dieses Modell ausschließlich auf den Prozess der Ereignisentstehung abhebt, ohne mögliche Einflussfaktoren zu benennen, ist eine Einordnung schwierig. Einer zeitlichen Zuordnung entsprechend sollte es vor der Phase der soziotechnischen Sicherheitsbetrachtung angesiedelt sein. Unter Einbezug des auf dem Modell basierenden Ereignisanalyseverfahrens, das später dargestellt ist, scheint es jedoch nicht unmöglich, organisationale Faktoren zur Erklärung der Ereignisentstehung heranzuziehen.

Energieflussmodell: Johnson (1973) geht von den Bestimmungsgrößen eines Ereignisses - von Energien, Barrieren und Zielen - aus und postuliert, dass ein Ereignis durch ungewollte Energieübertragung auf ein Objekt, die dann zu unbeabsichtigten Schäden führt, gekennzeichnet ist. Unzureichende oder fehlende Barrieren sind die Ursache der schädigenden Energieübertragung und damit auch des Ereignisses. Dieses Modell ist eindeutig der Phase der soziotechnischen Sicherheitsbetrachtung zuzuordnen, da Barrieren und Ziele auf den Einbezug organisationaler Faktoren hinweisen. Es greift aber in Hinblick auf den Einbezug interorganisationaler Faktoren zu kurz (Wilpert & Fahlbruch, 1998).

In einer Evaluation verschiedener Ereignisentstehungsmodelle kommt Benner (1985) aufgrund von Kriterien wie Funktionalität, Konsistenz, Vollständigkeit und Realismus zu dem Schluss, dass das Ereignissequenzmodell und das Energieflussmodell anderen Modellen überlegen sind. Beide Modelle bilden die Basis für Ereignisanalyseverfahren, die später dargestellt werden.

„Schweizer Käsemodell“: Ausgehend von dem relativ simplen Energieflussmodell entwickelte Reason (1990) ein Ereignisverursachungsmodell, das explizit verschiedene Organisationsebenen einbezieht: In einer Organisation mit hohem Gefährdungspotenzial gibt es zahlreiche Barrieren für die Ereignisprävention auf allen Ebenen der Organisation, wie technische Sicherheitssysteme oder administrative Barrieren, beispielsweise Prozeduren oder Kontrollen. Nur wenn mehrere dieser Barrieren Schwachstellen aufweisen, kann es zu einem Ereignis kommen. Zur Erklärung der Schwachstellen führt Reason (1990) das Konzept der aktiven und latenten Fehler ein. Aktive Fehler sind Handlungsfehler des Bedienpersonals wie beispielsweise Pilotenfehler oder Operateurfehler. Sie führen zu unmittelbaren negativen Konsequenzen, und es kommt ihnen eine Auslösefunktion für die Ereignisentstehung zu. Latente Fehler dagegen hängen mit Handlungen und Entscheidungen von Personen zusammen, die nicht unmittelbar ausführende Funktionen, im Sinne der Steuerung der technischen Anlage, innehaben, wie beispielsweise Entscheidungsträger oder Wartungspersonal. Deren fehlerhafte Handlungen oder inadäquate Entscheidungen bleiben häufig unentdeckt, da sie nicht sofort zu negativen Konsequenzen führen. Reason (1990) bildet hier die Analogie zu residenten Pathogenen, die nicht sofort zu Krankheiten führen, aber den Gesundheitsstatus insgesamt schwächen. Latente Fehler schwächen so unbemerkt die Systemfunktion und können in Verbindung mit aktiven Fehlern zur Ereignisentstehung beitragen. Er identifiziert elf Bereiche für latente Fehler, die sogenannten „General Failure Types“, die Groeneweg (1992) empirisch belegen konnte: Hardwareschwächen (hardware defects), ungeeignetes Design (inappropriate design), schlechtes Wartungsmanagement (poor maintenance management), schlechte Betriebsprozeduren (poor operating procedures), Fehler fördernde Bedingungen (error-enforcing conditions), unzureichende Sauberkeit und Ordnung (poor housekeeping), unvereinbare Ziele (incompatible goals), Kommunikationsfehler (communication failures), organisationale Fehler (organizational failures), inadäquates Training (inadequate training) und inadäquate Sicherheitseinrichtungen (inadequate defenses).

Abbildung 1: „Schweizer Käsemodell“ - Barrierenkonzept von Seveso-Richtlinie & StörfallV



Soziotechnisches Ereignisentstehungsmodell: Eine Weiterentwicklung des Modells von Reason (1990) stellt das soziotechnische Ereignisentstehungsmodell dar (Becker et al., 1995; Fahlbruch & Wilpert, 1999; Wilpert & Fahlbruch, 1998). In Anlehnung an den soziotechnischen Systemansatz gehen die Autoren von dem technischen und dem sozialen Subsystem aus (Trist & Bamforth, 1951), wobei sie das soziale Subsystem aus analytischen Gründen in vier weitere Subsysteme unterteilen. Einen Einfluss auf die Erreichung der Organisationsziele und damit auch auf die Sicherheit üben so die Subsysteme Technik, Individuum, Team, Organisation und Organisationsumwelt sowie deren Interaktion aus. In dem soziotechnischen Ereignisentstehungsmodell wird dann postuliert, dass Ereignisse multikausale Ereignissequenzen sind und dass direkt oder indirekt beitragende Faktoren aus jedem der Subsysteme und deren Interaktion zur Entstehung von Unfällen beitragen können. Direkt beitragende Faktoren haben ähnlich wie die aktiven Fehler bei Reason eine auslösende Funktion und können menschliche und technische Akteure sein sowie Aspekte, die in der Ereignissituation anwesend waren (beispielsweise die Arbeitsbedingungen). Indirekt beitragende Faktoren dagegen sind, wieder vergleichbar mit den latenten Fehlern bei Reason (1990), zeitlich und/oder räumlich von der Ereignisentstehung entfernt.

Neu an diesem Modell ist die explizite Betrachtung der Organisationsumwelt als Einflussfaktor auf die Entstehung von Unfällen. Dieser Ansatz steht offensichtlich am Übergang von der soziotechnischen zur interorganisationalen Sicherheitsbetrachtung. Das Modell unterscheidet sich ferner von den anderen Modellen dadurch, dass hier ganz bewusst auf den Fehlerbegriff verzichtet wird. Nach Fahlbruch und Wilpert (1999) hat der Fehlerbegriff eine negative Konnotation und impliziert auch immer Verantwortlichkeit oder Schuldzuschreibung. Zum anderen kann ein Fehler nur im Nachhinein als solcher bestimmt werden, nämlich nachdem das intendierte Ziel einer Handlung nicht erreicht wurde. Für Handlungsfehler scheint das auch noch verhältnismäßig problemlos möglich, schwierig sollte die spätere Beurteilung hinsichtlich des intendierten Ziels bei solchen „Fehlern“ wie Managemententscheidungen sein, die unter Umständen Jahre zuvor getroffen wurden. Ferner ist davon auszugehen, dass eine solche Beurteilung auch immer durch einen „Hindsight-Bias“⁵ beeinflusst ist (Fahlbruch & Wilpert, 1999).

Insgesamt zeichnet sich in den Ereignisentstehungsmodellen die zuvor genannte Entwicklung der Sicherheitsforschung hin zu einem interorganisationalen Verständnis nach. Den theoretischen Überlegungen über die Ereignisentstehung kommt auch eine große Bedeutung in Bezug auf die Analyse von Unfällen, Ereignissen oder Beinahe-Unfällen zu. Die Grenzen einer solchen Analyse werden nämlich explizit oder implizit durch die zugrundeliegende Theorie bestimmt, indem diese vorgibt, welche Informationen gesammelt und welche in die Analyse einbezogen werden, welche Art der Analyse durchgeführt wird, ob nach einer einzigen „root cause“, mehreren „root-causes“ und/oder beitragenden Faktoren gesucht wird. Weiterhin wird durch die Theorie festgelegt, welche Ursachen berichtet und dementsprechend welche Maßnahmen vorgeschlagen werden können. Dadurch beeinflusst das einer Analyse zugrundeliegende Ereignisentstehungsmodell die Qualität des Lernens aus Betriebserfahrungen zur Erhöhung der Sicherheit. Ausgehend von den Ergebnissen der Fallstudien großer Unfälle erscheint es offensichtlich, dass Ereignisentstehungsmodelle, die entweder nur den Menschen oder die Arbeitssituation fokussieren, zu kurz greifen. Für eine adäquate Modellierung der Realität sollten in Ereignisentstehungsmodellen zumindest organisationale und interorganisationale Faktoren als „root-causes“ oder mögliche beitragende Faktoren konzipiert werden.

⁵ Urteilsverzerrung, bei der Menschen sich, nachdem sie den Ausgang von Ereignissen erfahren, systematisch falsch an ihre früheren Vorhersagen erinnern, indem ihre ursprünglichen Aussagen in Richtung der tatsächlichen Ausgänge verändern, d.h. „wir haben es vorher schon gewusst“.

Die Annahme, dass aus vertieften Analysen ausreichend gelernt wird und dies als Prävention für neue Ereignisse dient, wird nur zum Teil in der Praxis widergespiegelt, denn es entstehen immer wieder sowohl neue als auch sich wiederholende Ereignisse und Unfälle (recurring events) (Carroll & Fahlbruch, 2011). Als typische Barrieren, die das Lernen aus Ereignissen verhindern, nennt Baram (1997) Schuldzuweisungen, Haftungsaspekte und Hierarchien. Im Sonderheft „The gift of failure: new approaches to analyzing and learning from events and near-misses“ der „Safety Science“ von 2011 werden weitere Barrieren genannt und drei Lösungsvorschläge diskutiert:

1. Es sollten verbesserte Analysemethoden eingesetzt werden.
2. Analyse heißt nicht Lernen, denn dieses erfordert Verstehen und geeignete Aktionen oder Maßnahmen.
3. Lernen erfordert neue mentale Modelle und kooperative Kommunikation.

2.2 Kriterien für die Auswahl geeigneter, dem Stand der Technik entsprechender Verfahren

Bisher wurden in Deutschland hinsichtlich der Anlagensicherheit vor allem Verfahren und Empfehlungen entwickelt, die sich an die Betreiber richten, wie SOL – Sicherheit durch organisationales Lernen (Wilpert et al., 1997) und Empfehlungen für interne Berichtssysteme (KAS-8, 2008).

Auf die Belange und Bedingungen von Behörden zugeschnittene Verfahren werden explizit in der Literatur nicht genannt.

Für Großunternehmen sowie für Unternehmen mit hohem Gefährdungspotenzial wurden seit Mitte der 80er des letzten Jahrhunderts verschiedene Verfahren zur Analyse von Unfällen, Ereignissen und Beinahe-Ereignissen entwickelt. Im Folgenden werden diese aus Gründen der Einfachheit Ereignisanalysen genannt. Beispiele für solche Verfahren sind:

Accident Mapping (Svedung & Rasmussen, 2002)
 ARCA – APOLLO Root Cause Analysis (Gano, 1999)
 ASSET – Assessment of Safety Significant Events Teams (IAEA, 1991)
 Black Bow Ties, mehr Darstellungsmethode beispielsweise für TRIPOD (CGE, 2016)
 Cause Mapping, Werkzeug zur Durchführung einer Root-Cause-Analyse (ThinkReliability, 2013)
 Change Analysis – Abweichungsanalyse (Bullock, 1981)
 CREAM – Cognitive Reliability and Error Analysis Method (Hollnagel, 1998)
 DORI – Defining Operational Readiness To Investigate (Kingston et al., 2007)
 ECFA – Events and Causal Analysis (Charting) (Buys & Clark, 1978)
 ECFA+ – Events and Conditional Factors Analysis (Kingston & Kornneeff, 2014)
 Fishbone Diagram (Ishikawa, 1990)
 FRAM – Functional Resonance Analysis Method (Hollnagel, 2012)
 HERA – Human Error Repository and Analysis System (Hallbert et al., 2006)
 HERA-JANUS – Human Error in Air Traffic Management Technique (Isaac et al., 2003)
 HFACS – The Human Factors Analysis and Classification System (Wiegmann & Shappell, 2003)
 HFAT – Human Factors Analysis Tool (Komaki et al., 2000)
 HFIT – Human Factors Investigation Tool (Gordon et al., 2005)
 HPES – Human Performance Enhancement System (Bishop & LaRhette, 1988)
 HSYS – Human System Interactions (Hill et al., 1990)
 ICAM – Incident Cause Analysis Method (Helmreich & Merritt, 2000)
 MEDA – Maintenance Error Decision Aid (Boing, 2001)
 MORT – Management Oversight and Risk Tree (Johnson, 1980)
 PEAT – Procedural Event Analysis Tool (Moody & Kimball, 2004)

PRISMA – Prevention and Recovery Information System for Monitoring and Analysis (van der Schaaf, 1996)
RCA – Root Cause Analysis (Paradies & Busch, 1988)
SCAT® - Systematic Cause Analysis Technique (International Loss Control Institute, 1990)
SOL – Sicherheit durch Organisationales Lernen (Wilpert et al., 1997), SOL 3.0
SOURCE™ – Seeking Out the Underlying Root Causes of Events (Vanden Heuvel, 2005)
STAMP – Systems Theoretic Accident Model and Process (Leveson, 2004)
STEP – Sequentially Timed Events Plotting (Hendrick & Benner, 1987)
Storybuilder (National Institute for Public Health and the Environment, 2016)
TapRoot® (Paradies & Unger, 2000)
Kelvin TOP SET® (2016)
TOR – Technique of Operations and Review Weaver, 1973)
TRACer – Technique for Retrospective and Predictive Analysis of Cognitive Errors (Kirwan & Shorrock, 2002)
Tripod Beta (Stichting Triop Foundation, 2016)
WBA – Why-Because Analysis (Lewis, 1973)
5 Whys (Ohno, 1988)
Why Tree (Nelms, 1996)

Zur Bewertung und Auswahl der Ereignisanalyseverfahren für die Erprobung innerhalb dieses Forschungsvorhabens diente die Beantwortung der folgenden Fragen:

- (1) Ist das Verfahren anforderungsgerecht, d.h. gewährleistet es die Einhaltung und Umsetzung der rechtlichen Anforderungen der Seveso III-Richtlinie und StörfallV?
- (2) Ist das Verfahren bereichsspezifisch, d.h. ist es auf Ereignisse in Betriebsbereichen bzw. in Anlagen, die der StörfallV unterliegen, anwendbar?
- (3) Entspricht das Verfahren dem Stand der Technik, d.h. ist es ganzheitlich, liefert es einen ausreichenden Untersuchungsumfang (technische, menschliche, organisationale, management-spezifische und ggf. interorganisationale Faktoren) und basiert es auf einem entsprechenden Ereignisentstehungsmodell?
- (4) Existieren Erfahrungen aus der betrieblichen Anwendung (Praxiserfahrung), d.h. ist das Verfahren mehrfach angewandt worden und sind die Ergebnisse dokumentiert?
- (5) Ist das Verfahren kompatibel, d.h. lassen sich die Ursachenkategorien/Deskriptoren und Ereignisbeschreibungen entsprechend KAS-8 (2008) (Kommission für Anlagensicherheit – KAS), SFK-GS-21 (1999) (Störfallkommission – SFK), SFK-GS-20 (1999), SFK-GS-16 (1997/1998), KAS-24 (2010), Anhang 1 (KAS 24, 2010) sowie ZEMA, e-MARS (Major Accident Reporting System), den AISV-Empfehlungen (2010) und dem LAI-Leitfaden (2009), umwandeln, übersetzen oder transformieren?
- (6) Ist das Verfahren handhabbar, d.h. kann das Verfahren ohne Vorwissen anhand der Hilfsmittel angewendet werden?
- (7) Ist das Verfahren frei verfügbar, d.h. ist es ohne Lizenzen und ohne Software, die käuflich erworben werden müssen, einsetzbar?
- (8) Ist das Verfahren ökonomisch, d.h. ist der Aufwand für den gewonnenen Nutzen vertretbar?
- (9) Kann das Verfahren ohne Spezialsoftware eingesetzt werden?
- (10) Ist ein ausreichender Untersuchungsumfang gewährleistet? – Werden in dem Verfahren Hilfen gegeben, die eine verkürzte Ursachensuche (nur direkte, offensichtliche Ursachen oder Konzentration auf ein Ursachenfeld, d.h. nur technische oder personelle) verhindern bzw. reduzieren? Fahlbruch (2000) nennt eine Reihe von Urteilsverzerrungen, die die Qualität der Unfallanalyse beeinträchtigen können.

Zuerst wurden die identifizierten Verfahren einer Grobanalyse anhand der zehn oben genannten Fragen unterzogen.

Danach wurden fünf Filterkriterien, deren Nicht-Erfüllung zum Ausschluss des jeweiligen Verfahrens führte, vor dem Hintergrund einer Nutzung der Verfahren durch Behörden ausgewählt und angewandt:

1. Zunächst wurden Verfahren ausgeschlossen, die nicht die Einhaltung der einschlägigen, rechtlichen Anforderungen gewährleisten (siehe (1)).
2. Dann wurden Verfahren ausgeschlossen, die nicht bereichsspezifisch sind, d.h. nicht für Ereignisse in Betriebsbereichen bzw. in Anlagen, die der StörfallV unterliegen, anwendbar sind, sondern z.B. für Ereignisse im Bereich Luftfahrt konzipiert wurden (siehe (2)).
3. Anschließend wurden Verfahren ausgeschlossen, die nicht dem Stand der Technik entsprechen, d.h. eine vollständige Betrachtung von Ursachen aus den Bereichen Mensch, Technik, Organisation und Management nicht unterstützen (siehe (3)).
4. Als nächstes wurden diejenigen Verfahren ausgeschlossen, für die intensive Schulungen oder Vorkenntnisse notwendig sind oder bei denen es an der Handhabbarkeit mangelt (siehe (6)).
5. Als letztes wurden die Verfahren ausgeschlossen, die nicht frei zugänglich sind sondern den Erwerb von Lizenzen oder Softwarelizenzen erfordern (siehe (7)).

Die verbliebenden sieben Verfahren waren Black Bow Ties, Cause Mapping, Change Analysis, RCA, SOL 3.0, STEP, Storybuilder. Da Black Bow Ties implizit in dem Verfahren Storybuilder enthalten ist, wurden diese zusammen behandelt: Storybuilder/BowTie.

Bei der Auswahl von Ereignisanalyseverfahren durch den Forschungsbegleitkreis für die praktische Erprobung wurde ein besonderer Schwerpunkt darauf gelegt, drei Verfahren auszuwählen, die verschiedene Arten von Ereignissen abdecken, unterschiedlich aufwändig sind sowie für spezifische Ursachenkonstellationen geeignet sind. Bei der Entscheidung für die Verfahren wurde darüber hinaus berücksichtigt, dass die Entscheidung für ein Verfahren auch an die Erfüllung bestimmter Voraussetzungen geknüpft sein kann. Beispielsweise wird für die Anwendung der Abweichungsanalyse vorausgesetzt, dass die Anlage oder der Produktionsprozess bereits mehrfach sicher und verfahrensgemäß abgelaufen ist (vgl. Kapitel 3.3).

Mit dem Forschungsbegleitkreis (siehe Kapitel 1.3) wurden im September 2014 aus den sechs genannten Verfahren die folgenden drei Verfahren für die Erprobung ausgewählt (vgl. Kapitel 3.4):

- a) Abweichungsanalyse
- b) SOL 3.0
- c) Storybuilder/BowTie

3 Durchführung einer Ereignisanalyse

Das dritte Kapitel behandelt die Durchführung von Ereignisanalysen. Im Kapitel 3.1 werden die abgestimmten Empfehlungen für die Durchführung vorgestellt, Kapitel 3.2 behandelt den ersten Schritt jeder Analyse, die Informationssammlung. In Kapitel 3.3 wird die Entscheidung für ein Analyseverfahren thematisiert und in Kapitel 3.4 werden die drei ausgewählten Verfahren vorgestellt. Abschließend ist in Kapitel 3.5 die Ergebniskommunikation zentraler Inhalt.

3.1 Gute Praxis einer Ereignisanalyse

Aus den rechtlichen Anforderungen, den theoretischen Hintergründen und den Ergebnissen der Erprobung lässt sich eine gute Praxis für die Durchführung von Ereignisanalysen ableiten. Die neun folgenden Empfehlungen spiegeln dies wider:

1. Ziel der Ereignisanalyse ist das Lernen aus Ereignissen durch das Ermitteln von Ursachen und beitragenden Faktoren sowie die Ableitung von entsprechenden Maßnahmen - nicht die Ermittlung von Schuldigen.
2. Jedes Ereignis soll systematisch analysiert werden, empfehlenswert ist die Anwendung eines Analyseverfahrens nach Stand der Technik wie SOL 3.0, Storybuilder, Abweichungsanalyse.
3. Jede Analyse soll aus fünf Hauptschritten bestehen:
 - a) Ermittlung des Ausgangszustands und Informationssammlung zum Ereignisablauf, d.h. Untersuchungen vor Ort, Durchführung von Befragungen und deren Dokumentation, Auswertung von Unterlagen, wie Genehmigungen und Sicherheitsberichte. Als Hilfsmittel kann die Checkliste zur Informationssammlung verwendet werden.
 - b) Feststellung und Beschreibung des Ablaufs des Ereignisses, d.h. Darstellung dessen, was passierte anhand eines Zeitstrahls und Dokumentation des Ablaufs entsprechend den Vorgaben des gewählten Verfahrens.
 - c) Ermittlung der Ursachen, der beitragenden Faktoren, der Veränderungen oder des Barrierverhaltens entsprechend den Vorgaben des gewählten Verfahrens und deren Dokumentation; eventuell erforderliche Nachforderung von Unterlagen und Dokumenten.
 - d) Ermittlung von Maßnahmen und Vorkehrungen, die zur Verhinderung von oder Vorbeugung gegen die Folgen von Ereignissen bezogen auf die gestörte Anlage, den Betriebsbereich oder übergreifend erforderlich sind.
 - e) Kommunikation der Erkenntnisse, insbesondere hinsichtlich des Treffens von gemäß der Analyse erforderlicher Vorkehrungen und Maßnahmen sowie Meldung an die ZEMA.
4. Die Analyse soll sowohl die Vorkehrungen und Maßnahmen zur Verhinderung des Ereignisses (vor dem „zentralen Ereignis“) als auch zur Auswirkungsbegrenzung (nach dem „zentralen Ereignis“) betrachten.
5. Die Analyse soll die verschiedenen Bereiche möglicher beitragender Faktoren, wie Stoffe, Technik, Mensch, Organisation, Management betrachten.
6. Es soll im Vorfeld festgelegt werden, welche Behörde für die Analyse von nach StörfallV meldepflichtigen Ereignissen federführend ist.
7. Die Analyse soll von einer Person geleitet werden, die in der Anwendung von Analyseverfahren und Leitung von Analysen ausgebildet ist.
8. Eine Analyse soll im Team von mindestens zwei Personen durchgeführt werden.
9. Wenn eine Analyse durch Sachverständige oder andere durchgeführt wird, soll bei der Beauftragung festgelegt werden, dass diese Empfehlungen zu berücksichtigen sind.

Diese Empfehlungen und die Checkliste zur Informationssammlung wurden in der 137. Sitzung mit dem AISV abgestimmt, der sie als für die Ereignisanalyse geeignet beurteilte und um Rückmeldung von Erfahrungen bei ihrer Anwendung an das Umweltbundesamt bat.

3.2 Informationssammlung

Der erste und wichtigste Schritt jeder Ereignisanalyse ist die umfassende Sammlung von Informationen. Eine qualitativ gute Informationssammlung ist Voraussetzung für die folgenden Analyseschritte unabhängig davon welches der drei Verfahren eingesetzt werden soll. Die Informationssammlung ist eine Faktensuche und -sammlung. Es geht hier nur um harte Fakten, die nachvollziehbar sein müssen. Jede Faktensammlung basiert auf drei Säulen:

- (1) Beweissicherung, Inaugenscheinnahme vor Ort,
- (2) Dokumentenanalysen und
- (3) Interviews und Gesprächen

In Abbildung 1 (nächste Seite) werden die Schritte einer Ereignisanalyse dargestellt.

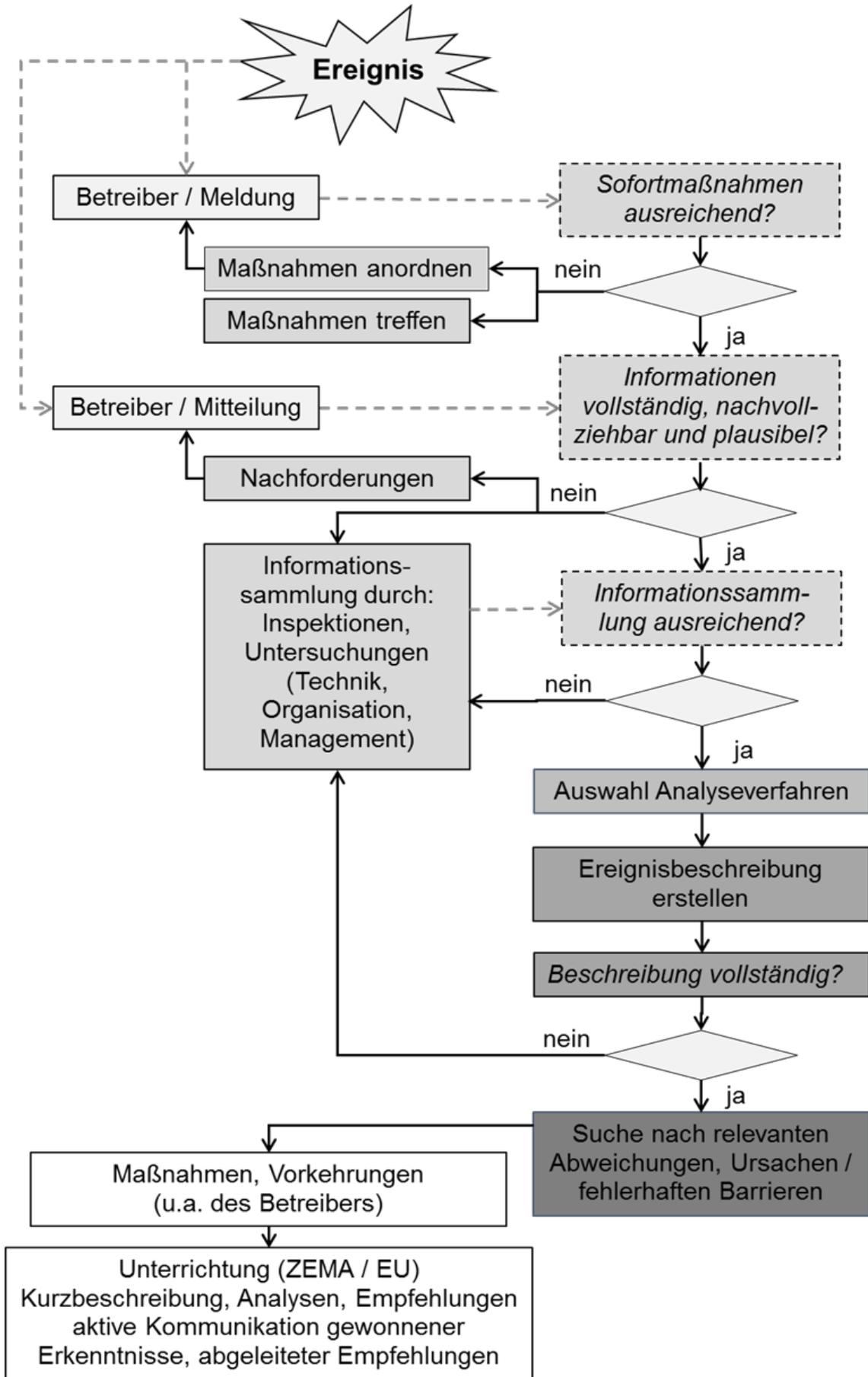
Bevor beschrieben wird, wie bei der Informationssammlung vorgegangen werden soll, wird zunächst auf die Informationsinhalte eingegangen. Aus der Einbindung der Länder wurde in Diskussionen und Gesprächen deutlich, wie schwierig es für die Behördenvertreter ist, den Umfang und die Art notwendiger Informationen zu bestimmen. Gründe hierfür sind beispielsweise Stresssituationen, die bei einem nächtlichen Einsatz bei einem Störfall auftreten können: die Lage ist unübersichtlich, Gefährdungen zum Teil unbekannt, Einsatzkräfte wie Polizei und Feuerwehr sind vor Ort sowie Mitarbeiter des Betreibers. Solche Situationen können dazu führen, dass wichtige Fragen nicht gestellt oder wichtige Dokumente nicht gesichert werden. Aus diesem Grund wurde eine Checkliste zur Informationssammlung erstellt, die im Anhang I.1 zu finden ist.

Diese Checkliste ist sehr umfangreich, aber in Abhängigkeit vom Ereignis bzw. von der Genehmigung müssen nicht alle Punkte abgearbeitet werden. Auch müssen nicht alle Informationen sofort eingeholt werden, häufig ist es ausreichend, diese später oder in verschiedenen Schritten zu erfragen. Die Checkliste bietet nach Aussagen der teilnehmenden Behörden eine umfassende Sicht auf möglicherweise erforderliche Informationen und ist sehr hilfreich. Die Teilnehmer an den Erprobungen und im Forschungsbegleitkreis berichteten, dass sie diese gegebenenfalls in gekürzter Form für die Informationssammlung verwenden werden.

Der erste Schritt der Informationssammlung ist in der Regel die **Beweissicherung/Inaugenscheinnahme** vor Ort, bei der die Ereignissituation festgestellt und gegebenenfalls durch Fotos festgehalten wird. Wichtig hierbei ist es sich nicht nur auf zerstörte Anlagenteile oder den Ereignisort zu konzentrieren. Die Sauberkeit der Anlage, die sichtbare Instandsetzung (beispielsweise sichtbare Leckagen, defekte Leuchtmittel oder wackelnde Geländer/Handläufe) sowie die Ausstattung der Kantine/Sozialräume können einen ersten Hinweis auf mögliche Defizite in der Organisation geben.

Eine weitere wichtige Informationsquelle sind **Betriebs- und Genehmigungsunterlagen**, die man auswerten kann wie Sicherheitsbericht, Genehmigung, Verfahrens- und Arbeitsanweisungen, Störmeldungen, Systemmeldungen sowie Protokolle des Prozessleitsystems. Erstere helfen den Soll-Ablauf festzustellen und letztere den tatsächlichen Ablauf zu beschreiben. Hier geht es neben den Auswertungen auch um Vergleiche wie: *Entsprach der Zustand der Anlage vor dem Ereignis dem genehmigten Zustand? Sind die Grenzwerte in allen betrieblichen Unterlagen konsistent? Gibt es entsprechende Textstellen/Inhalte in Dokumenten, auf die verwiesen wird?*

Abbildung 2: Handlungsschritte bei einer Ereignisanalyse



Allerdings wird die Auswertung der Dokumente nicht alle notwendigen Informationen liefern. Für eine vollständige Informationssammlung müssen zusätzlich **Gespräche** mit Beteiligten geführt werden. Beteiligte sind mögliche Augenzeugen, Kollegen, Vorgesetzte etc. Mit der Anzahl der Befragten steigt die Qualität der Analyse. Protokollieren Sie die Gespräche, da Sie die Information später noch benötigen werden.

Damit man in den Gesprächen die gewünschten Informationen erhält, muss der Gesprächspartner ernst genommen werden, möglichst nicht unterbrochen werden und eine Reihe von Regeln ist zu beachten:

Einführung: Zuerst müssen die Gesprächspartner über Ziel und Grund des Gespräches aufgeklärt werden.

Die Erfahrung zeigt, dass es sich günstig auf den Gesprächsverlauf auswirkt, wenn den Gesprächspartner mitgeteilt wird, dass es um das Lernen aus dem Ereignis und nicht um eine Schuldigensuche geht (allerdings dürfen dann auch wirklich keine Personen beschuldigt werden) und dass seine Sicht des Geschehens wichtig für die Untersuchung ist.

Danach muss dem Gesprächspartner mitgeteilt werden, was mit den Informationen aus dem Gespräch geschieht bzw. wie diese behandelt werden.

Wenn Sie dem Gesprächspartner Vertraulichkeit zusichern können, wird dies den Gesprächsverlauf ebenfalls positiv beeinflussen. Auch hier gilt, dass diese dann unbedingt eingehalten werden muss. Ebenfalls günstig wirkt sich aus, wenn Sie Ihrem Gesprächspartner zusichern können, dass Sie ihn über die Untersuchungsergebnisse informieren werden.

Zum Abschluss der Einführung sollte dem Gesprächspartner mitgeteilt werden, dass gerade seine persönliche Sichtweise für die Untersuchung wichtig ist, da sich aus den verschiedenen subjektiven Perspektiven dann insgesamt ein vollständiges Bild ergibt.

Durch diese Hinweise können Sie Ihrem Gesprächspartner die Sorge nehmen, dass er etwas „Falsches“ sagen könnte. Mitarbeiter haben häufig Sorge, anderen zu widersprechen oder etwas zu sagen, dass sie nicht belegen können. Bitten Sie ihn, Ihnen seine Sicht des Ablaufs zu schildern und Ihnen seine Erklärungen für das Geschehen zu geben.

Gesprächsführung: Der Gesprächspartner sollte gebeten werden, zu berichten, wie er das Ereignis wahrgenommen hat und sich dessen Entstehung erklärt. Lassen Sie sich schildern, welche Tätigkeiten er gerade ausgeübt hat und ob es Besonderheiten oder Schwierigkeiten gab.

Vermeiden Sie Fragen, die nur mit ja und nein beantwortet werden können. Seien Sie offen und vermeiden Sie Wertungen im Gespräch mit den Mitarbeitern. Fragen Sie nach, wenn Ihnen etwas widersprüchlich oder unverständlich erscheint. Selbst wenn Sie anderer Meinung sind oder eine Schilderung falsch finden, werten Sie nicht, sondern lassen sich den Standpunkt Ihres Gegenüber erklären. Nutzen Sie Formulierungen wie: „Schildern Sie mir doch bitte, was Sie gesehen haben.“, „Wie erklären Sie sich, dass es zu dem Ereignis gekommen ist?“ oder „Gab es Besonderheiten am Ereignistag, war etwas anders als sonst?“.

Es sollte vermieden werden, den Gesprächspartner überzeugen zu wollen oder ihm bestimmte Antworten in den Mund zu legen.

Folgende Formulierungen sollten daher vermieden werden: „Sind Sie nicht auch der Meinung, dass...“ „sicherlich...“ „zweifello...“ Bei offensichtlichen Widersprüchen beispielsweise zwischen Systemmeldungen und Aussagen Ihres Gesprächspartners, können Sie diese thematisieren und Ihren Gesprächspartner um seine Erklärung für den Widerspruch bitten, indem Sie ihn fragen, wie er sich erklärt, dass die Systemmeldung xy etwas anderes aussagt.

Es sollte gefragt werden, wie aus der Sicht des Gesprächspartners das Ereignis hätte vermieden werden können und nach möglichen Maßnahmen, um ähnliche Ereignisse in Zukunft zu vermeiden.

Unter Umständen ergeben sich aus den Antworten weitere Hinweise für Ursachen. Nutzen Sie Formulierungen wie: „Was hätte aus Ihrer Sicht geschehen müssen, um das Ereignis zu verhindern“ oder „Wenn Sie Maßnahmen vorschlagen könnten, welche würden Sie wählen“

Gesprächsabschluss: Es sollte dem Gesprächspartner für seine Mithilfe gedankt werden und er sollte gebeten werden, für möglicherweise auftretende Fragen erneut zur Verfügung zu stehen.

Die Informationssammlung stellt den Startpunkt der Ereignisanalyse dar, allerdings ist sie in der Regel nicht auf den Analysebeginn beschränkt. Selbst bei der Ursachensuche können noch Fragestellungen auftreten, für die keine oder nicht ausreichende Informationen vorhanden sind. In diesem Fall wird es notwendig sein, einen der drei Schritte der Informationssammlung – Inaugenscheinnahme, Dokumentenanalyse, Gespräche – zu wiederholen.

Besonders wichtig ist es, während der Informationssammlung noch keine Bewertungen vorzunehmen, sondern nur Fakten einzuholen.

3.3 Entscheidung für ein Verfahren

Nach der Informationssammlung muss die Entscheidung für eines von den drei Analyseverfahren getroffen werden. Die Entscheidung für ein Verfahren sollte auf der Eignung des Verfahrens für das zu untersuchende Ereignis getroffen werden. Dabei geben die Art des Ereignisses, die Ersteinschätzung der möglichen Ursachen sowie schon vorhandene Verfahrenskennnisse wichtige Hinweise für die Wahl des Verfahrens. Die drei im folgenden Kapitel (3.4) genannten Verfahren decken verschiedene Ereignisarten besonders gut ab:

1. Change Analysis für Ereignisse mit unerwarteten/unbekannten Stoffreaktionen/-interaktionen
2. SOL 3.0 für Ereignisse mit menschlichen, organisatorischen und managementspezifischen Einflussfaktoren
3. Storybuilder/BowTie für einfache/wiederkehrende Ereignisse mit menschlichen Einflussfaktoren

Nach der Informationssammlung wurden erste Hinweise darüber gewonnen, um welche Art von Ereignis es sich handelt. Beispielsweise können Lücken oder Widersprüche in den Betriebsunterlagen ein Hinweis für organisatorische oder managementspezifische Einflussfaktoren sein.

Generell spielen auch die Verfahrenskennnisse eine wichtige Rolle. Je vertrauter man mit einem Analyseverfahren ist, desto effektiver kann es eingesetzt werden.

Grundsätzlich können auch andere Verfahren verwandt werden, wenn sie dem Stand der Technik entsprechen, d.h. die Identifikation von Ursachen im technischen, menschlichen, organisatorischem oder managementspezifischen Bereich ermöglichen und Hilfen gegen verkürzte Ursachensuche (siehe Kapitel 2.2) geben.

Bei der Beauftragung von Sachverständigen ist darauf zu achten, dass auch Expertise im gewählten Verfahren besitzen.

3.4 Analyse mit geeigneten Verfahren

In diesem Teilkapitel werden die vom Forschungsbegleitkreis ausgewählten Verfahren kurz beschrieben: Abweichungsanalyse (Kapitel 3.4.1), SOL 3.0 (Kapitel 3.4.2) und Storybuilder/BowTie (Kapitel 3.4.3). Die Manuale zu den Verfahren finden sich im Anhang (I.2, I.3, I.4).

3.4.1 Abweichungsanalyse

Die Abweichungsanalyse wurde von der Rand Corporation entwickelt (Bullock, 1981). Sie wurde später auch als Bestandteil in andere Ereignisanalyseverfahren übernommen, beispielsweise in MORT (Management Oversight and Risk Tree). Die Abweichungsanalyse basiert nicht explizit auf einem Ereignisentstehungsmodell. Implizit wird jedoch von einer gestörten Homöostase ausgegangen, ähnlich wie bei Haddon et al. (1964) oder Benner (1975). Der Ereignisablauf wird mit früheren störungsfreien Situationen und Abläufen verglichen. Auf der Basis dieses Vergleichs wird identifiziert, ab wann der Ereignisablauf bzw. die Ereignissituation von den Referenzsituationen abweicht, d. h. sich von ihnen unterscheidet. Diese Unterschiede werden dann bewertet, um ihren Beitrag zum Ereignis zu bestimmen. Das Verfahren soll so zum Ereignis beitragende Änderungen der Anlage erfassen, aber auch ungeeignete Veränderungen der administrativen Überwachung und Abweichungen vom üblichen Arbeitsablauf. Zu diesem Zweck wurde von Bullock (1981) ein Formblatt als Hilfsmittel entwickelt. Es enthält die folgenden Fragen zur Situation:

- „Was?“ (Objekt, Energie, Fehler, Schutzeinrichtung)
- „Wo?“ (am Objekt, im Prozess, Ort)
- „Wann?“ (Zeit, im Prozess)
- „Wer?“ (Operateur, Fremdpersonal, Aufsicht, andere)
- „Aufgaben?“ (Ziel, Anweisung, Qualität, Anweisung)
- „Arbeitsbedingungen?“ (Umgebung, Risikobetrachtung)
- „Auslösendes Ereignis?“
- „Management?“ (Überwachungsfolge, Gefährdungsanalyse, Risikobetrachtung)

Die Beantwortung dieser Fragen ist nach der Ereignissituation und Referenzsituationen unterteilt. Erst wenn alle Veränderungen identifiziert sind, werden die Unterschiede zwischen den Situationen auf ihren Beitrag für die Ereignisentstehung hin überprüft.

Die Bewertung im Forschungsvorhaben hat ergeben, dass das Verfahren auf Ereignisse in Betriebsbereichen bzw. Anlagen, die der StörfallV unterliegen, anwendbar ist, da es keine industriespezifischen Ursachenkategorien enthält. Das Verfahren entspricht dem Stand der Technik, da Ursachen aus den Feldern Mensch, Technik, Organisation und Management identifiziert werden können. Es gibt ausreichend Praxiserfahrungen, d.h. das Verfahren ist mehrfach auch als Bestandteil anderer Verfahren angewandt worden. Es könnte von Behörden verwendet werden, ist aber nicht speziell für deren Belange entwickelt worden.

Das Verfahren ist ohne aufwändige Schulung vermittelbar und kann ohne Lizenz genutzt werden. Der Aufwand bei dem Verfahren ist vergleichbar mit den anderen Verfahren. Das Verfahren kann ohne Software als Papierversion eingesetzt werden.

Generell erscheint das Verfahren besonders geeignet im Sinne einer Voranalyse Hinweise auf mögliche Ursachen und beitragende Faktoren zu generieren. Nicht besonders geeignet erscheint es für organisationale und interorganisationale Faktoren, sowie selten eingesetzte diskontinuierliche Prozesse.

Für die Change Analyse wurde ein Manual erstellt (Anhang I.2), in dem das Vorgehen detailliert beschrieben wird. In dem Manual wird auch auf mögliche Probleme bei Anwendung hingewiesen und es werden Lösungen im Stil von Antworten auf häufig gestellte Fragen angeboten. Das Formblatt zur Identifizierung der Abweichungen wurde übersetzt (Anhang I.2).

3.4.2 SOL 3.0

SOL wurde ab 1992 an der TU Berlin entwickelt (Wilpert et al., 1997). Es basiert auf dem „Schweizer Käsemodell“ von Reason (1990) und dem soziotechnischen Systemansatz (Trist und Bamforth, 1951), die zum soziotechnischen Ereignisentstehungsmodell zusammengeführt wurden. Dieses postuliert, dass Ereignisse in Industrien mit hohem Gefährdungspotenzial aufgrund des Zusammenspiels beitragender Faktoren aus den Subsystemen Individuum, Team, Organisation, Organisationsumwelt und Technik sowie aus deren Interaktion entstehen. Weiterhin wird angenommen, dass Ereignisse immer durch mehrere beitragende Faktoren bedingt und als Sequenz von Einzelereignissen zu sehen sind (Wilpert et al., 1997; Wilpert & Fahlbruch, 1998; Fahlbruch & Wilpert, 1999, Fahlbruch, 2000). Die Ereignisanalyse mit SOL wird als soziale Rekonstruktion oder rückwärts gerichteter Problemlöseprozess verstanden, bei dem auf der Basis vorhandener Information Schlüsse über den Unfallhergang und die beitragenden Faktoren gezogen werden (Fahlbruch et al., 1998; Fahlbruch & Wilpert, 1997). Da dieser Prozess mehreren Urteilsverzerrungen und Unzulänglichkeiten unterliegt, wurden in SOL Hilfsmittel zur Überwindung dieser Schwierigkeiten konzipiert (Fahlbruch, 2000). SOL wurde experimentell validiert. Ursprünglich wurde SOL für die kerntechnische Industrie entwickelt, in der das Verfahren regelmäßig angewandt wird. Es gibt jedoch auch Praxiserfahrungen aus anderen Industrien (Fahlbruch & Schöbel, 2011). Inzwischen gibt es eine neuere Version von SOL: SOL 3.0, in der vor allem die Identifikationshilfe (Liste der beitragenden Faktoren) überarbeitet wurde. SOL 3.0 wird in zwei voneinander getrennten aber aufeinander aufbauenden Schritten durchgeführt: 1) der Erfassung und Beschreibung der Ereignissituation und 2) der Identifikation beitragender Faktoren.

Für die Erfassung und Beschreibung der Ereignissituation werden Dokumente, Protokolle etc. ausgewertet und Interviews mit den beteiligten Personen und/oder unbeteiligten Personen mit der gleichen Funktion geführt. Dies dient der Überprüfung, wie andere gehandelt oder reagiert hätten. Durch die Datensammlung werden der Ist- und der Sollzustand erhoben. Zur Ereigniserfassung wird dem Analytiker eine Reihe von Fragen als Anregung zur Verfügung gestellt, mit deren Hilfe geklärt werden kann, was passiert ist. Die zusammengetragene Information wird in standardisierter Form auf Ereignisbausteinkarten übertragen. Die Ereignisbausteine repräsentieren die einzelnen Ereignissequenzen. Sie werden dann nach Akteuren und nach der Zeit in einer Art Matrix, dem Zeit-Akteurs-Diagramm, geordnet wieder zu einem gesamten Bild zusammengesetzt.

Erst nachdem die Situation ausreichend beschrieben wurde, soll mit dem zweiten Schritt begonnen werden: der Klärung, warum das Ereignis geschehen ist. Diese klare Trennung zwischen Informationssammlung und Interpretation der Information wurde konzipiert, um die mögliche Einschränkung durch vorschnelle Hypothesen gering zu halten. Mit der Identifikation beitragender Faktoren wird erst begonnen, wenn eine vollständige Situationsbeschreibung erstellt wurde. Um Verkürzungen bei der Ursachensuche zu verhindern, wird für jede Ereignisbausteinkarte einzeln nach beitragenden Faktoren gesucht und für diese eine separate Analyse durchgeführt, deren Ergebnisse ebenfalls auf Karten festgehalten werden und mit denen die Ereignisdarstellung ergänzt wird. Als Hilfe für die Analytiker gibt es mögliche beitragende Faktoren aus den fünf Subsystemen und deren Interaktion, die in einer Identifikationshilfe zusammengefasst sind. Die Vorgabe dieser möglichen beitragenden Faktoren dient zum einen der Sicherung des Untersuchungsumfangs, zum anderen soll sie den Analytikern helfen, mögliche Hypothesen zu generieren. Die identifizierten beitragenden Faktoren werden unterhalb der entsprechenden Ereignisbausteine im Zeit-Akteurs-Diagramm angeordnet, so dass eine vollständige Darstellung des Ereignisses entsteht. Tauchen bei der Identifikation von beitragenden Faktoren noch Fragen oder Unverständlichkeiten auf, wird der dargestellte Prozess iterativ durchlaufen, d. h. es werden wieder Informationen gesammelt, Ereignisbausteine gebildet und beitragende Faktoren gesucht.

Die Bewertung im Forschungsvorhaben hat ergeben, dass SOL 3.0 geeignet ist, Ereignisse in Betrieben, die der StörfallV unterliegen, zu analysieren, wie die verschiedenen Praxisanwendungen zeigen,

auch wenn SOL ursprünglich für die Kerntechnik entwickelt wurde. Das Verfahren entspricht dem Stand der Technik, da beitragende Faktoren aus den Bereichen Mensch, Technik, Team, Organisation und Management und Organisationsumwelt explizit geprüft werden. Es gibt ausreichend Praxiserfahrungen aus verschiedenen Industrien und von unterschiedlich schweren Ereignissen (von Terminverzügen über Qualitätsmängel und Beinahe-Ereignissen bis hin zu meldepflichtigen Ereignissen). Es könnte von Behörden verwendet werden, ist aber nicht speziell für deren Belange entwickelt worden. Das Verfahren ist ohne aufwändige Schulung vermittelbar und kann ohne Lizenz genutzt werden. Der Aufwand bei dem Verfahren ist vergleichbar mit den anderen Verfahren. Das Verfahren kann ohne Software als Papierversion eingesetzt werden. Ein ausreichender Untersuchungsumfang ist bei dem Verfahren gewährleistet, wie auch empirisch belegt wurde (Fahlbruch, 2000).

SOL 3.0 eignet sich besonders gut für die Identifikation von organisationalen und interorganisationalen Faktoren sowie für Ursachen die zeitlich weit zurückliegen wie beispielsweise Fehler bei der Planung und der Errichtung der Anlage.

Es wurde ein Manual erstellt (Anhang I.3), in dem das Vorgehen detailliert beschrieben wird. In dem Manual wird auch auf mögliche Probleme bei Anwendung hingewiesen und es werden Lösungen im Stil von FAQ angeboten. Außerdem wurde eine Identifikationshilfe (Anhang I.3) erstellt mit Definitionen der beitragenden Faktoren, Leitfragen für jeden Faktor und Beispielen, die die mögliche Spannweite der Ausprägungen verdeutlichen.

3.4.3 Storybuilder/BowTie

Storybuilder (National Institute for Public Health and the Environment, 2016) wurde im Rahmen des Occupational Risk Model für das Niederländische Arbeitsministerium entwickelt (Bellamy et al., 2007). Ziel war die Konstruktion eines kausalen Modells für die häufigsten Ereignisszenarien bezogen auf Berufsrisiken, um quantitative Daten für die Risikobewertung ableiten zu können. Storybuilder ist eine Software für die Analyse industrieller Ereignisberichte, d. h. die Daten bereits analysierter Arbeitsunfälle werden hier zusammengeführt und verarbeitet. Die Methode basiert auf dem BowTie-Modell (CGE, 2016) und dem Barrierenkonzept (Haddon, 1973). Die Unfallberichte werden von narrativen Texten in eine BowTie-Struktur überführt, indem vordefinierte Elemente wie Ereignis mit Kontrollverlust, Ereignis mit Barrierenversagen, Ereignis mit erfolgreichen Barrieren und Managementeinfluss vorgegeben, ausgewählt oder ausgefüllt werden. Für verschiedene Unfallarten gibt es bereits existierende BowTies, die angewählt werden können, wie beispielsweise „Fallen aus der Höhe“. Weitere Ereignisse können an diesen gespiegelt werden. Die Methode wird zur Identifikation von Trends und zugrunde liegenden Ursachen sowie zur Maßnahmenableitung verwandt.

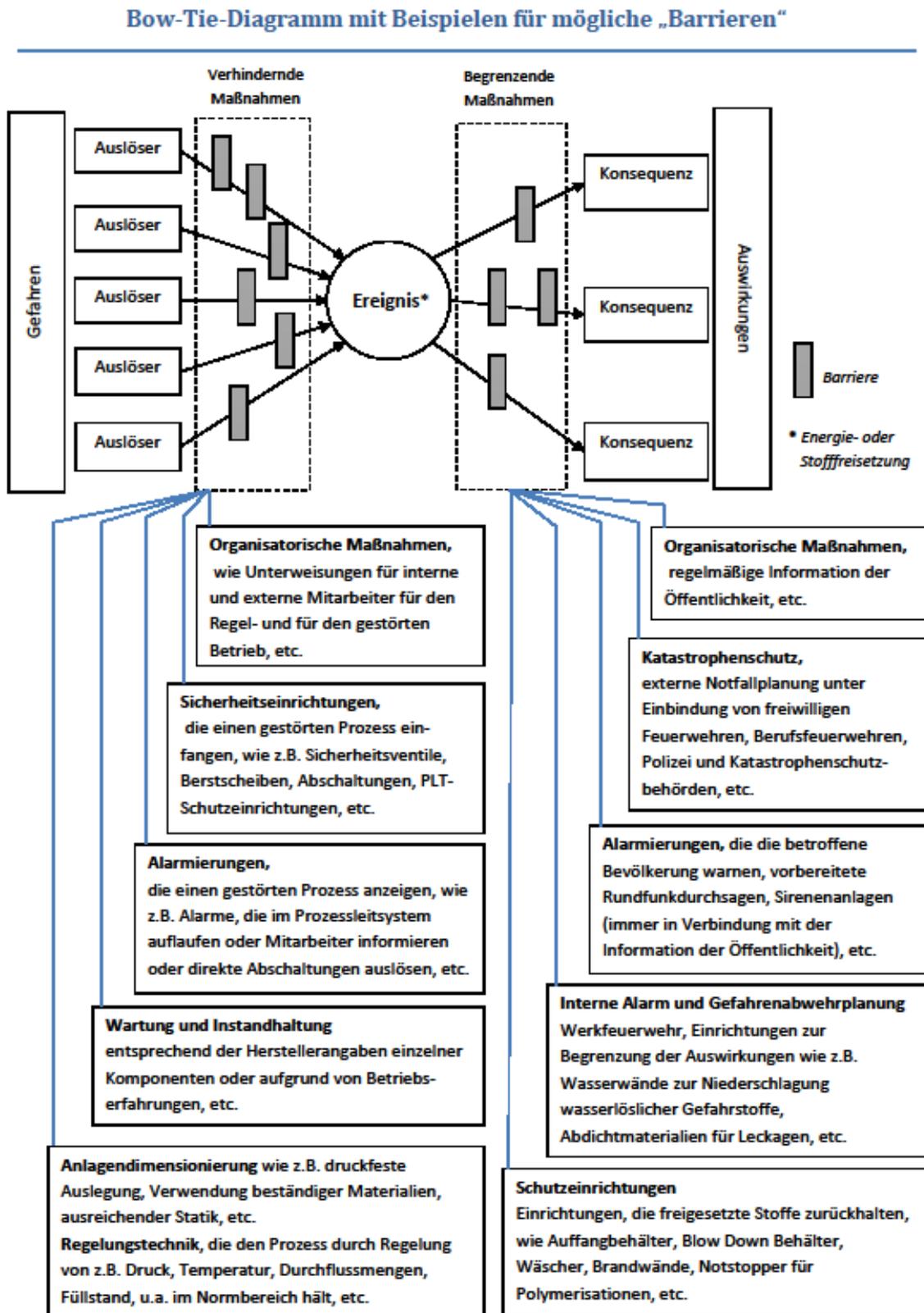
Die Analyse besteht aus zwei Schritten, der Ereignisbeschreibung und der Ursachensuche, wobei diese in sieben Schritte unterteilt ist

- (1) Identifikation des geeigneten BowTie: Der geeignete BowTie wird nach dem zentralen Ereignis (center event) ausgewählt, das die Freisetzung eines gefährlichen Agenten (Energie) beschreibt und dessen Berührung mit dem Menschen, beispielsweise „Fallen aus der Höhe“ oder „Freisetzung einer gefährlichen Substanz“. Auf der Basis von 23.000 Arbeitsunfällen wurden 36 generische BowTies gebildet. Falls keiner dieser 36 geeignet ist, kann ein eigener BowTie erstellt werden.
- (2) Identifizierung des oder der Kontrollverlustereignisse, die das zentrale Ereignis verursacht haben: ein Kontrollverlustereignis weist auf das Versagen einer Sicherheitsfunktion hin. Beispiele sind „eine brechende Leiter“ oder „ein fallendes Objekt“. Kontrollverlustereignisse sollen notwendig und hinreichend sein, um das Ereignis/den Unfall zu rekonstruieren.

- (3) Identifikation von Barrierenversagen: Durch die Integration des zentralen Ereignisses und des / der Kontrollverlustereignisse wurde das „was“ des Ereignisses geklärt, d.h. es wurde beschrieben, was passiert ist. In diesem Schritt soll nun geklärt werden, wo etwas falsch gelaufen ist, d.h. welche Barrieren versagt haben, die das Ereignis verhindern sollten.
- (4) Identifikation der fehlerhaften Barrierenfunktion: Hier soll das „wie“ des Barrierenversagens beschrieben werden, d.h. welche Aufgabe hatte die Barriere, die versagte. Es wird überprüft, ob die Barriere nicht existierte bzw. verfügbar war, ob die Barriere falsch gebraucht wurde, ob sie falsch gewartet wurde und falsch überwacht wurde. Pro Barrierenversagen soll nur ein Hauptfehler genannt werden. Es gibt einen Entscheidungsbaum, um diesen zu identifizieren.
- (5) Identifikation von Managementfehlern: Managementfehler sind fehlende Ressourcen in Form von:
 - Plänen und Prozeduren
 - Verfügbarkeit
 - Kompetenz
 - Kommunikation
 - Konfliktlösung
 - Motivation, Selbstverpflichtung und Aufmerksamkeit
 - Ergonomie
 - Equipment
- (6) Identifikation von Konsequenzen Folgen: Hier werden die Folgen für das Opfer beschrieben wie Dosis determinierende Faktoren, Verletzungsart, Krankenhausaufenthalt sowie resultierende Folgen wie Tod, permanente Schäden und Dauer der Arbeitsunfähigkeit.
- (7) Identifikation von Begrenzungsbarrieren, die die Entstehung der Konsequenzen/Folgen nach dem Eintritt des zentralen Ereignisses verhindern.

Wenn die Analyse abgeschlossen ist, sollen Maßnahmen und Erkenntnisse abgeleitet werden. Diese sollen vor allem an den Barrieren und Managementfehlern ansetzen. In einem Forschungsprojekt der HSE (Health and Safety Executive) werden generische BowTies für Unfälle in der chemischen Industrie erarbeitet. Allerdings existieren noch keine Veröffentlichungen hierzu. Hailwood und Heuer (2015) haben einen beispielhaften BowTie veröffentlicht, der die möglichen Barrieren etc. in der chemischen Industrie aufzeigt, wie in Abbildung 3 dargestellt ist.

Abbildung 3: BowTie-Diagramm mit Beispielen für mögliche „Barrieren“ (Hailwood & Heuer, 2015)



Storybuilder ist eine Erfassungsmethode für bereits analysierte Unfälle. Sie ist geeignet, Ereignisse in Betrieben zu analysieren, die der StörfallV unterliegen, da es keine industriespezifischen Kategorien enthält. Das Verfahren entspricht dem Stand der Technik, da beitragende Faktoren aus den Bereichen Mensch, Technik, Organisation und Management identifiziert werden können. Es gibt ausreichend Praxiserfahrungen aus den 23.000 analysierten Arbeitsunfällen. Es könnte von Behörden verwendet werden, ist aber nicht speziell für deren Belange entwickelt worden. Das Verfahren erfordert relativ viel Übung, es kann ohne Lizenz genutzt werden. Der Aufwand bei dem Verfahren ist vergleichbar mit den anderen Verfahren. Es gibt eine unterstützende Software, allerdings nur in englischer Sprache. Außerdem ist diese sehr kompliziert, es ist eine nutzerfreundliche Version in Planung. Die Verwendung von generischen BowTies hat den Vorteil, dass bereits ein gewisser Untersuchungsumfang abgearbeitet wurde, allerdings auch den Nachteil, dass Ursachen, die über den BowTie hinausgehen u.U. nicht identifiziert werden. Vorteilhaft ist die Visualisierung auch der Untersuchung der dem zentralen Ereignis folgenden Maßnahmen zur Auswirkungsbegrenzung.

Es wurde ein Manual erstellt (Anhang I.4), in dem das Vorgehen detailliert beschrieben wird. In dem Manual wird auch auf mögliche Probleme bei Anwendung hingewiesen und es werden Lösungen im Stil von Antworten auf häufig gestellte Fragen angeboten.

3.5 Ergebniskommunikation

Die Ergebniskommunikation ist wiederum unabhängig vom eingesetzten Verfahren. Hier geht es um die geforderte Information, zum einem in Richtung ZEMA und zum anderen in Richtung Interessengruppen wie beispielsweise interessierte Öffentlichkeit, Anwohner, andere Betreiber und Behörden. Die Forderung nach der Ergebniskommunikation kommt aus der Seveso III-Richtlinie.

Artikel 18 der Seveso III-Richtlinie regelt die „*Vom Mitgliedstaat nach einem schweren Unfall zu erbringende Information*“:

Jeder Unfall, bei dem es zur Entzündung, Explosion oder Freisetzung eines gefährlichen Stoffes über den in Anhang VI der Richtlinie vorgegebenen Mengenschwellen gekommen ist oder bei dem Schädigungen von Personen oder Sachwerten oder unmittelbare Umweltschäden oder hohe Sachschäden oder grenzüberschreitende Schädigungen aufgetreten sind, muss der Europäischen Kommission gemeldet werden (Anhang VI).

Die Meldung an die Europäische Kommission muss neben eher allgemeinen Informationen (Mitgliedsstaat, Name und Anschrift der berichtenden Behörde) auch generelle Angaben zum Unfall (Datum, Uhrzeit, Ort, Betreiber und Anschrift des Betriebs) enthalten.

Zusätzlich unterrichtet der Mitgliedsstaat die Europäische Kommission bezüglich folgender Informationen zum Unfall:

- c) *„Kurzbeschreibung der Umstände des Unfalls sowie Angabe der beteiligten gefährlichen Stoffe und der unmittelbaren Auswirkungen für die menschliche Gesundheit und die Umwelt;*
- d) *Kurzbeschreibung der getroffenen Notfallmaßnahmen und der zu Vermeidung einer Wiederholung eines solchen Unfalls unmittelbar notwendigen Sicherheitsvorkehrungen;*
- e) *die Ergebnisse ihrer Analysen und ihre Empfehlungen.“*

Aus Artikel 17e) ergibt sich die Notwendigkeit der Kommunikation der Analyseergebnisse an möglicherweise betroffene Personen. Dies ist grundsätzlich ebenfalls kein Aspekt der Analyse selbst. Allerdings ist die Kommunikation von Ergebnissen der Analysen und der gewonnenen Erkenntnisse für die Verhinderung von ähnlichen Ereignissen von entscheidender Bedeutung. Daher soll dieser Aspekt zumindest kurz aufgezeigt werden.

Um aus den Ergebnissen einer Ereignisanalyse auch über verschiedene Organisationen bzw. über verschiedene Unternehmen und Behörden nachhaltig und übergreifend zu lernen und sicherheitsgerichtete Optimierungen abzuleiten, sollten die Ergebnisse und gewonnenen, allgemein bedeutsamen Erkenntnisse möglichst weit, aktiv und adressatengerecht verbreitet werden. Die Vorstellung und Verbreitung der Analyseergebnisse, hieraus gewonnenen Erkenntnissen und Empfehlungen zur Fortentwicklung der Anlagensicherheit könnte bei folgenden Anlässen erfolgen (vgl. KAS-8):

- Interne Besprechungen in der Behörde
- Besprechungen von Betreibern und Behörden
- Sicherheitstechnischer Erfahrungsaustausch (von Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung/Umweltbundesamt organisiert)
- Einbringen in Inspektionen bei vergleichbaren Anlagen (bzgl. Eingesetzter Verfahren oder Stoffen)
- Datenbanken zu Ereignissen, zielgruppenspezifische Newsletter, Emailverteiler
- Unterweisungen, Schulungen, Weiterbildungen, Veröffentlichungen
- Vorträge vor Fachgremien, Verbänden, Fachkräften für Arbeitssicherheit, Führungskräften etc.

Dazu ist es hilfreich, dass bei der Darstellung/Präsentation der Ergebnisse einer Ereignisanalyse folgende Regeln/Hinweise berücksichtigt werden:

1. Die Ergebnisse der Ereignisanalyse sollten nachvollziehbar sein, d.h. es werden kurze und verständliche Angaben zum Ereignis (was ist passiert?, Zeitrahmen der Analyse, gegebenenfalls einbezogene Ereignisse aus der Vergangenheit), zu den ermittelten Ursachen (warum ist es passiert?, graphische Darstellung der ermittelten Ursachen im Überblick und deren Verteilung), und zu den abgeleiteten übergreifend relevanten Erkenntnissen und Empfehlungen (wie beugt man zukünftig vor?, Zuordnung der Ursachen zu den Abhilfemaßnahmen, Umsetzungszeitpunkte und –verantwortlichkeiten) gegeben.
2. Die Ergebnisse sollten plausibel sein, d.h. der Zusammenhang zwischen dem Ereignisablauf, den ermittelten Ursachen und den abgeleitete Abhilfemaßnahmen sollte explizit benannt und erläutert werden. Zum Beispiel wenn eine Abweichung von Vorgaben ursächlich am Ereignis beteiligt war, sollte die relevante Vorgabe benannt werden (Gegenüberstellung von durchgeführter Handlung und vorgeplanter Handlungsablauf).
3. Die Erkenntnisse und Empfehlungen sollten zielgruppenspezifisch sein, d.h. sie sollten so aufbereitet sein, dass sie dem Wissens- und Erfahrungshintergrund des Empfängers entsprechen, beispielsweise keine spezifischen technischen Erklärungen für branchenfremde Empfänger, bei der Vorstellung in der gleichen bzw. ähnlichen Branche können technische Sachverhalte entsprechend der Kenntnisse und Aufgabenbereiche der Empfänger dargestellt werden.
4. Die Ergebnisse, Erkenntnisse und Empfehlungen sollten zugänglich sein, d.h. im Idealfall werden sie über verschiedene Informationskanäle/Medien oder verschiedene Zielgruppen verbreitet, z.B. über das Internet, auf Kongressen, Symposien, Fachveranstaltungen etc.
5. Der vertrauensvolle Umgang mit personenbezogenen Informationen wird immer sichergestellt, d.h. es ist bei der Darstellung der Ergebnisse in keinem Fall ableitbar, wer, was, wann getan oder gesagt hat. Die Ergebnisse werden ausschließlich anonymisiert, komprimiert und abstrahiert dargestellt.

Bei der Darstellung/Präsentation der Ergebnisse einer Ereignisanalyse sollte folgendes vermieden werden:

- Direkte oder indirekte Beschuldigung von beteiligten Personen, Abteilungen oder Unternehmen.
- Die Vertraulichkeit von Informationen wird nicht sichergestellt, es ist zum Beispiel möglich, bestimmte Verhaltensweisen oder Aussagen einzelnen Personen, Abteilungen oder Unternehmen zu zuordnen.
- Die technischen Aspekte nehmen den Hauptteil der Darstellung /Präsentation der Ergebnisse der Ereignisanalyse ein. Ermittelte Ursachen, abgeleitete Erkenntnisse und Empfehlungen, insbesondere aus den Bereichen Organisation und Mensch, werden vernachlässigt bzw. unvollständig dargestellt.

4 Quellenverzeichnis

Anlagenbezogener Immissionsschutz und Störfallvorsorge (AISV) der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) (2010). Hinweise zur Gestaltung und Prüfung von Gutachten nach § 29a BImSchG.

Baram M. (1997). Shame, Blame and Liability: Why Safety Management Suffers Organisational Learning Disabilities. In: A. Hale, B. Wilpert & M. Freitag (Eds.). After the Event: From Accident to Organisational Learning. (161-178). Oxford: Pergamon.

Becker, G.; Hoffmann, S.; Wilpert, B.; Miller, R.; Fahlbruch, B.; Fank, M.; Freitag, M.; Giesa, H.-G.; Schleifer, L. (1995). Analyse der Ursachen von "menschlichem Fehlverhalten" beim Betrieb von Kernkraftwerken. Bonn: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. BMU-1996-454.

Bellamy, L.J.; Ale, B.J.M.; Geyer, T.A.W.; Goossens, L.H.J.; Hale, A.R.; Oh, J.; Mud, M.; Bloemhof, A.; Papazoglou, I.A.; Whiston, J.Y. (2007). Storybuilder – A Tool for the analysis of accident reports. Reliability Engineering and System Safety, 92, 735-744.

Benner, L. (1975). Accident theory and accident investigation. In Proceedings of the Annual Seminar (pp. 148-154). Ottawa: Society of Air Safety Investigators.

Benner, L. (1985). Rating accident models and investigation methodologies. Journal of Safety Research, 16, 105-126.

Bishop, J., & LaRhetta, R. (1988). Managing human performance - INPO's human performance evaluation system. In Human-Error-Avoidance-Techniques Conferences Proceedings (pp. 79-85). Warrendale, Pennsylvania: Society of Automotive Engineers, Inc.(SAE), Publication No.P-204.

Boing (2013). Maintenance error decision aid (MEDA), users guide. http://www.faa.gov/about/initiatives/maintenance_hf/library/documents/media/media/meda_users_guide_updated_09-25-13.pdf (26.07.2016).

Bullock, M. G. (1981). Change control and analysis (SSDC-21, Vol. 77). Washington DC: U.S. Department of Energy. Department of Transport. (1987). Herald of Free Enterprise (Report of Court No. 8074) (3rd ed.). London: Her Majesty's Stationery Office.

Buys, R.J. and Clark, J.L. (1978). Events and Causal Factors Charting. DOE 76-45/14, (SSDC-14) Revision 1. Idaho Falls, ID: System Safety Development Center, Idaho National Engineering Laboratory.

Carroll, J.S.; Fahlbruch, B. (2011). „The gift of failure: New approaches to analyzing and learning from events and near-misses": Honoring the contributions of Bernhard Wilpert. Safety Science, 49/1, 1-4.

CGE Risk Management Solutions B.V. <http://www.cgerisk.com/knowledge-base/risk-assessment/thebowtiemethod> (26.07.2016).

Fahlbruch, B. (2000). Vom Unfall zu den Ursachen: Eine empirische Bewertung von Analyseverfahren. Dissertation an der Technischen Universität Berlin: Mensch & Buch Verlag.

Fahlbruch, B., Miller, R. & Wilpert, B. (1998). Sicherheit durch Organisationales Lernen: Das Lernen aus Ereignissen und Beinahe-Ereignissen. atw, 43 (11), 699-703.

Fahlbruch, B.; Schöbel, M. (2011). SOL - Safety through organizational learning: A method for event analysis. Safety Science, 49, 27-31.

- Fahlbruch, B.; Wilpert, B. (1999): System safety - an emerging field for I/O psychology. In C. L. Cooper; I. T. Robertson (Eds.), *International Review of Industrial and Organizational Psychology* (Vol. 14, pp. 55-93). Chichester: Wiley.
- Gano, DL (1999). *Apollo root cause analysis – A new way of thinking*. USA: Apollo Associated Service Inc..
- Gordon, R., Flin R. & Mearns K. (2005). Designing and evaluating a human factors investigation tool (HFIT) for accident analysis. *Safety Science*, 43.
- Greenwood, M.; Woods, H. M. (1919). A report on the incidence of industrial accidents upon individuals with special reference to multiple accidents. *British Industrial Health Research Board*, No. 34.
- Groeneweg, J. (1992). Controlling the controllable. *The management of safety* (pp. 150-159). Leiden: DSWO Press.
- Haddon, W.; Suchman, E. A.; Klein, D. A. (1964). *Accident research: Methods and approaches*. New York: Harper & Row.
- Haddon, Jr.W. (1973). Energy damage and the ten counter measure strategies. *Human Factors*, 15/4, 355-366.
- Hailwood, M. & Heuer, I.-G. (2015). Bow-Tie-Diagramm mit Beispielen für mögliche „Barrieren“.
- Hallbert, B et al (2006). Human Event Repository and Analysis (HERA) System, Overview, NU-REG/CR-6903B. USNRC, Washington DC. <http://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/nuregs/contract/cr6903/> (26.07.2016)
- Heinrich, H. W. (1936). *Industrial accident prevention*. New York: McGraw Hill.
- Helmreich, R.L., & Merritt, A.C. (2000). Safety and error management: The role of Crew Resource Management. In B.J. Hayward & A.R. Lowe (Eds.), *Aviation Resource Management* (pp. 107-119). Aldershot, UK: Ashgate.
- Hendrick, K., & Benner, L. (1987). *Investigating accidents with STEP*. New York: Dekker.
- Hill, S.G., Harbour, J.L., Sullivan, C., Hallbert, B.P. (1990). Examining human system interactions: the HSYS methodology. *Proceedings of the Human Factors Society 34th Annual Meeting*.
- Hollnagel, E. (1998). *Cognitive reliability and error analysis method. CREAM*. Oxford: Elsevier.
- Hollnagel, E. (2012). *FRAM – The Functional Resonance Analysis Method*. Farnham, UK: Ashgate.
- IAEA. (1991). *ASSET guidelines revised 1991 edition*. Reference material prepared by the IAEA for assessment of safety significant events teams (IAEA-TECDOC-632). Vienna: International Atomic Energy Agency.
- International Loss Control Institute (1990). *SCAT® - Systematic Cause Analysis Technique*, Loganville, GA. London: Det Norske Veritas.
- Isaac, A., Shorrock, S.T., Kennedy, R., Kirwan, B., Andersen, H. & Bove, T. (2003). *The human error in ATM technique (HERA-JANUS) (HRS/HSP-002-REP-03)*. Brussels: Eurocontrol.
- Ishikawa, K. (1990). *Introduction to Quality Control*. London: Chapman & Hall.
- Johnson, W. (1973). *The management oversight and risk tree - MORT*. Germantown, MD: US Atomic Energy Commission.
- Johnson, W. (1980). *MORT safety assurance systems (Occupational Safety and Health, Vol. 4)*. New York: Marcel Dekker
- Kelvin TOP SET® (2016). <http://www.kelvintopset.com/> (26.07.2016)

- Kingston, J., Frei, R., Koornneef, F. & Schallier, P. (2007). DORI - Defining operational readiness to investigate. Noordwijk Risk Initiative Foundation, <http://www.nri.eu.com/> (26.07.2016).
- Kingston, J. and Kornneeff, F. (2014) ECFA+ - Events and Conditional Factors Analysis Manual. Noordwijk Risk Initiative Foundation, <http://www.nri.eu.com/> (26.07.2016).
- Kirwan, B. & Shorrock, S. (2002). Development and application of a human error identification tool for air traffic control. *Applied Ergonomics*, 33, 319-336.
- Komaki, J., Coombs, T., Redding, Jr. & Schepman, S. (2000). A rich and rigorous examination of applied behavior analysis research in the world of work. *International Review of Industrial and Organizational Psychology*, 15, 265-367.
- Kommission für Anlagensicherheit (KAS) (2008). Leitfaden: Empfehlungen für interne Berichtssysteme als Teil des Sicherheitsmanagementsystems gemäß Anhang III Störfall-Verordnung (KAS-8).
- Kommission für Anlagensicherheit (KAS) (2010). Bericht des Ausschusses Erfahrungsberichte – Auswertung der Erfahrungsberichte über Prüfungen der Sachverständigen nach § 29a BImSchG und Veranstaltungen zum Meinungs- und Erfahrungsaustausch im Jahr 2010. (KAS-24).
- LAI Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (2009). Leitfaden zur Erfassung, Aufklärung und Auswertung von Störfällen und Störungen des bestimmungsgemäßen Betriebs im Sinne der Störfall-Verordnung.
- Leveson, N. (2004). A new accident model for engineering safer systems. *Safety Science*, 42, 237-270.
- Lewis, D. (1973). *Counterfactuals*. Oxford: Harvard University Press.
- Marbe, K. (1926). *Praktische Psychologie der Unfälle und Betriebsschäden*. München: Oldenbourg.
- Moodi, M. & Kimball, S. (2004). Example application of procedural event analysis tool. Seattle: Boeing Company.
- National Institute for Public Health and the Environment (2016). Storybuilder. <http://www.rivm.nl/en/Topics/S/Storybuilder> (26.07.2016).
- Nelms, R.C. (1996). The Go Book. <http://www.fail-safe-network.com/> (30.09.2013).
- Ohno, T. (1988). *Toyota production system: beyond large-scale production*. Portland: Productivity Press. (5 Whys)
- Paradies, M. & Busch, D. (1988). Root Cause Analysis at Savannah River Plant, IEEE Conference on Human Factors and Power Plants, pp. 479-483.
- Paradies, M. & Unger, L. (2000). TapRoot®- The system for root cause analysis, problem investigation, and proactive improvement. Knoxville: System Improvement Inc..
- Perrow, C. (1984). *Normal accidents: Living with high-risk technologies*. New York: Basic Books.
- Reason, J. (1990). *Human error*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Reason, J. (1993). Managing the management risk: New approaches to organisational safety. In Wilpert, B.; Qvale, T. (Eds.), *Reliability and safety in hazardous work systems: Approaches to analysis and design* (pp. 7-21). Hove, UK: Lawrence Erlbaum Associates.
- Reason, J. (1997). *Managing the risks of organizational accidents*. Aldershot: Ashgate.
- Richtlinie 2012/18/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 4. Juli 2012 zur Beherrschung der Gefahren schwerer Unfälle mit gefährlichen Stoffen (Seveso-III-Richtlinie), Amtsblatt der Europäischen Union L 197/1 vom 24.07.2012.

Stichting Tripod Foundation (2016). Tripod Beta. <http://publishing.energyinst.org/tripod/home> (26.07.2016).

Störfall-Kommission (1999). Abschlussbericht – Erarbeitung eines Vorschlags für einen Thesaurus zur Deskribierung von Meldungen über Störungen des bestimmungsgemäßen Betriebs von verfahrenstechnischen Anlagen (SFK-GS-21).

Störfall-Kommission (1999). Bericht – Erfassung und Auswertung sicherheitsbedeutsamer Ereignisse; Anwendung des Konzepts des Arbeitskreises Daten in der Erprobungsphase (SFK-GS-20).

Störfall-Kommission (1997/1998). Bericht – Konzept zur Erfassung und Auswertung sicherheitsbedeutsamer Ereignisse des Arbeitskreises DATEN der SFK (SFK-GS-16).

Svedung, I. & Rasmussen, J. (2002). Graphic representation of accident scenarios: Mapping system structure and the causation of accidents. *Safety Science*, 40, 397-417.

ThinkReliability, 2016. Cause Mapping, <http://www.thinkreliability.com/Root-Cause-Analysis-CM-Basics.aspx> (26.07 2016).

Trist, E. L.; Bamforth, K. W. (1951). Some social and psychological consequences of the longwall method of coalgetting. *Human Relations*, 4, 3-38.

Vanden Heuvel, L et al. (2005). *Root Cause Analysis Handbook: A Guide to Effective Incident Investigation*. Brookfield: Rothstein Associates Inc.

van der Schaaf, TW (1996). PRISMA: A risk management tool based on incident analysis. In *International Workshop on Process Safety Management and Inherently Safer Processes*. Orlando, Florida, USA, 8-11 October 1996.

Weaver, D. A. (1973). TOR analysis: A diagnostic tool. *ASSE Journal*, 24-29.

Wiegmann, D.A., Shappell, S.A. (2003). *Human error approach to aviation accident analysis: The human factors analysis and classification system*. London: Ashgate.

Wilpert, B.; Fahlbruch, B. (1998). Safety related interventions in interorganisational fields. In A. Hale; M. Baram (Eds.), *Safety management. The challenge of change* (pp. 235-248). Oxford: Pergamon.

Wilpert, B., Maimer, H., Miller, R., Fahlbruch, B., Baggen, R., Gans, A., Leiber, I., Szameitat, S., Becker, G. (1997). *Umsetzung und Erprobung von Vorschlägen zur Einbeziehung von Human Factors (HF) bei der Meldung und Ursachenanalyse in Kernkraftwerken (BMU-1998-505)*. Bonn: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.

Zwölfte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsgesetzes (Störfall-Verordnung – 12. BImSchV); Fassung vom 08. Juni 2005 (BGBl. I S. 1598), die durch Artikel 1 der Verordnung vom 14. August 2013 (BGBl. I S. 3230) geändert worden ist.

Anhänge:

5 Hilfsmittel für die Ereignisanalyse

5.1 Checkliste zur Informationssammlung

5.1.1 Allgemeines

In dieser Checkliste sollen Hinweise zur Informationssammlung nach dem Ereigniseintritt gegeben werden. Je nach Anlage und Ereignis können einzelne Aspekte wegfallen bzw. sollten andere vertieft betrachtet werden. Zur vereinfachten Abarbeitung ist diese Checkliste in folgende Bereiche gegliedert:

1. Anlagenzustand
2. Ereignisablauf/Folgen/Sofortmaßnahmen
3. Genehmigung/Auflagen/Vorschriften/Änderungen
4. Anlage/Technik/Komponenten
5. Chemische Reaktionen
6. Personal (Operateure-Bediener/Management)
7. Managementsystem/Betriebliche Unterlagen/Vorgaben
8. Kontrollen/Eigenüberwachung

1. Anlagenzustand

- a) Kontaminationen durch Stofffreisetzungen, Spuren durch Brände oder Explosionen in und in der Umgebung der Anlage
- b) Position und Zustand aller Arbeitsmittel (ggf. fotografisch) incl. Anlagenteilen zur Auswirkungsbegrenzung wie Rückhalteeinrichtungen, Löschanlagen
- c) Kennzeichnung aller Anlagenteile für Gefahrstoffe
- d) Inhalt und Füllstand aller Anlagenteile (ggf. Probenahme)
- e) Zustand aller Öffnungen von Anlagenteilen
- f) Zustand aller lösbaren Verbindungen der Anlage
- g) Stellung aller Armaturen, Stellglieder der Anlage
- h) Vorhandensein von Vorkehrungen gegen unbefugte oder unbeabsichtigte Bedienung
- i) Zustand der Vorkehrungen gegen unbefugte Eingriffe

2. Ereignisablauf/Folgen/Sofortmaßnahmen

- a) Klären des Ereignishergangs
- b) Welche Anlagen/Stoffe/Anlagenteile waren beteiligt?
- c) Wann wurde wieder ein sicherer Zustand erreicht?
- d) Gibt es Zeugen? Wenn ja, Name und Kontaktdaten notieren. Wenn möglich die Zeugen zeitnah befragen, weil Erinnerungen schnell verblassen. Zeugen können sowohl Betriebsangehörige als auch Außenstehende sein, die Informationen zum Ereignisablauf liefern können.
- e) Protokolle/Ausdrucke/Schreiberstreifen der Prozessleittechnik
- f) Folgen: Verletzte, Freisetzungen, Zerstörungen notieren.
- g) Wurden vorbeugend ausreichende Maßnahmen getroffen, um die Auswirkungen so gering wie möglich zu halten?
- h) Welche Sofortmaßnahmen wurden getroffen? Sind diese ausreichend, um weitere Folgen zu verhindern?
- i) Welche Informationen zum Ereignisablauf liegen dem Betreiber bzw. der gemäß § 52b BImSchG angezeigten Person vor?

3. Genehmigung/Auflagen/Vorschriften/Änderungen

- a) Entsprach der Zustand der Anlage den Angaben für Genehmigungen sowie Nebenbestimmungen und Auflagen von Genehmigungen? Welche Abweichungen gab es?
- b) Wurde die Anlagen entsprechend den Angaben für Genehmigungen sowie Nebenbestimmungen und Auflagen von Genehmigungen betrieben? Welche Abweichungen gab es?
- c) Gab es in den letzten Monaten Änderungen an Anlagenteilen, Prozessen oder Abläufen?
- d) Gab es Änderungen bei Materialien, Stoffen/Stoffeigenschaften, Temperaturen, Drücken/Druckverhältnissen, Mengen etc.?
- e) Wenn ja, sind diese genehmigt bzw. in Übereinstimmung mit geltenden rechtlichen Regelungen und dem Technischen Regelwerk? Gab es Gefährdungsbeurteilungen, Gefahrenanalysen oder Risikobetrachtungen im Vorfeld dieser Änderungen, die sowohl betriebliche und umgebungsbedingte Gefahrenquellen als auch Eingriffe Unbefugter berücksichtigt haben?
- f) Wurde der Ablauf des Ereignisses in Antragsunterlagen für Genehmigungen, Gefahrenanalysen, Gefährdungsbeurteilungen oder Sicherheitsberichten betrachtet? Wenn ja, wie?
- g) Auswertung der im Anhang genannten Unterlagen des Betreibers, soweit er über diese verfügen muss und sie für die Ursachen von Ereignissen von Bedeutung sein könnten.

4. Anlage/Technik/Komponenten

- a) Entspricht die Anlage dem Stand der Sicherheitstechnik?
- b) Wurden die relevanten technischen Regeln und Empfehlungen zur Anlagensicherheit berücksichtigt (z. B. Leitfäden der Kommission für Anlagensicherheit, die TRAS, TRBS, TRGS)?
- c) Mit welchen Sicherheitseinrichtungen, insbesondere Schutzsystemen, ist die Anlage ausgestattet?
- d) Welche Warn-, Alarm- und Sicherheitseinrichtungen sind im betroffenen Betriebsbereich vorhanden?
- e) Gab es Alterungen (Korrosion/Erosion/Ermüdung etc.) oder Defekte einer technischen Komponente?
- f) Kam es zum Versagen/Fehlfunktion eines technischen Bauteils/einer technischen Komponente?
- g) Wurden die Anlagenteile nach Stand der Technik in Stand gehalten und geprüft (vgl. auch Unterlagen)?
- h) Sind unerwünschte Interaktionen entstanden oder gab es Hinweise auf fehlende Kompatibilität?
- i) War die Technik falsch oder falsch ausgelegt (insbesondere: räumliche Trennung von Gefahrenquellen, Explosionsschutz, Rühr- und Kühleinrichtungen, Schutzsysteme, Rückhaltung (bei Druckentlastung, wassergefährdende Stoffe, Löschwasser), zuverlässige Mess-, Steuer- und Regeleinrichtungen (SIL-Einstufung, Redundanzen, Diversität, sicherheitsgerichtetes Ausfallverhalten), Kennzeichnung von Anlagenteilen und Bedieneinrichtungen)?
- j) Gibt es Hinweise auf Softwarefehler?
- k) Gab es Alarmmeldungen? Wenn ja, wie viele, in welchen Zeitraum? Wie standen diese an (Anzahl der Meldungen, Sammelmeldungen, Priorisierungen)?
- l) Wie sind die Mensch-Maschine-Schnittstellen gestaltet (Unterscheidbarkeit, Konsistenz, Erkennbarkeit von Informationen, Alarmpriorisierung, Erwartungskonformität)?
- m) Sind alle Informationen zur Prozess-/Situationsbeurteilung auf der Warte/ vor Ort vorhanden oder fehlen Anzeigen?

- n) Waren die Arbeitsbedingungen und die vorhandenen Arbeitsmittel geeignet (Schutz vor Lärm, Hitze, Staub, Enge, schlechten Beleuchtungsverhältnissen, gesundheitsgefährdenden Stoffen, Störungen; ergonomisch)?

5. Chemische Reaktionen/Brand- und Explosionsschutz

- a) War an dem Ereignis eine chemische Reaktion beteiligt (auch nicht beabsichtigte Reaktionen oder Reaktionen in dafür nicht vorgesehenen Anlagenteilen)?
- b) Welche Stoffe waren beabsichtigt und unbeabsichtigt an der Reaktion/ den Reaktionen beteiligt? Gab es eine Anweisung/Anweisungen für die Durchführung der Reaktion/Reaktionen? Wurde von der Anweisung/den Anweisungen abgewichen?
- c) Wurden beabsichtigte Reaktionen auf Exothermie untersucht? Wurden die Reaktionen auf sonstige unbeabsichtigte exotherme Reaktionen, auch bei Abweichung von der Anweisung, untersucht? Wurde die TRAS 410 „Erkennen und Beherrschen exothermer chemischer Reaktionen“ umgesetzt?
- d) Gibt es Hinweise auf eine mögliche exotherme Zersetzung von Stoffen? Wurden diese Stoffe auf exotherme Zersetzung untersucht?
- e) Wie wurde die Reaktion/ wurden die Reaktionen überwacht? Wurde ein Reaktionsmodell eingesetzt? Welche Aufzeichnungen aufgrund der Überwachung von Reaktionen liegen vor? Welche Aufzeichnungen aufgrund der Überwachung von sonstigen, möglicherweise an dem Ereignis beteiligten Anlagenteilen liegen vor?
- f) Wurden im Vorfeld ausreichende Maßnahmen getroffen, um die Entstehung und Ausbreitung von Bränden und Explosionen zu vermeiden?

6. Personal (Operateure-Bediener/Management)

- a) Welche Personen waren vor, während und nach dem Ereignis vor Ort?
- b) Welche Funktionen hatten die Personen, die vor, während und nach dem Ereignis vor Ort waren?
- c) Welche Personen waren am Ereignis unmittelbar beteiligt?
- d) Welche Personen waren mittelbar (z.B. als Zeugen) am Ereignis beteiligt?
- e) Welche Tätigkeiten oder Aufgaben führten die beteiligten Personen bei Ereigniseintritt aus?
- f) Welche beteiligten Personen gehören zum Eigenpersonal, welche sind Fremdfirmenmitarbeiter?
- g) Welche Ausbildungen, Qualifikationen und Berufserfahrungen haben die beteiligten Personen?
- h) Sind die beteiligten Personen geschult, belehrt und unterwiesen (Dokumente zu Schulungen, Belehrungen, Unterweisungen und Weiterbildungen)?
- i) Sind die Qualifikationen der Personen für ihre Aufgaben ausreichend/ angemessen?
- j) Gibt es Hinweise auf Fehler (Vertauschen, Auslassen, Verwecheln, Abbrechen von Arbeitsschritten) bei den Tätigkeiten?
- k) Gibt es Hinweise auf Regelabweichungen (Kontrollschritte, Haltepunkte ausgelassen)?
- l) Gibt es Hinweise auf eine interne betriebliche Praxis (Abweichung von Vorschriften, Arbeitsanweisungen, Prozessabläufe, mündlichen Vorgaben) bei der Tätigkeit?
- m) Gab es Schwierigkeiten bei der Kommunikation (Sprachvermögen, Sprachverständnis der Personen)?
- n) Gibt es Hinweise auf Zeit- und Leistungsdruck?
- o) Gibt es Hinweise auf fehlende Motivation der Personen?

- p) Gibt es Unterlagen über die Befassung des Betreibers oder der gemäß § 52b BImSchG angezeigten Person mit Sachverhalten mit möglicher Verbindung zum Ereignis?
- q) Wie ist das Unternehmen strukturiert (Zugehörigkeit zu Konzern, Unternehmenszentrale, Außenstelle, Übernahmen, Abbau, Zusammenlegung von Betriebsteilen, Organigramm des Unternehmens)?

7. Sicherheitsmanagement

- a) Gibt es ein ausreichendes Konzept zur Verhinderung von Störfällen?
- b) Ist das Sicherheitsmanagementsystem aktuell und ausreichend implementiert (Zertifizierung)?
- c) Sind Festlegungen zur Organisation und Personal getroffen worden? Wie sind die Aufgaben, Verantwortlichkeiten oder Zuständigkeiten geregelt? Sind sie allen Beteiligten bekannt? Wie wird der Schulungsbedarf ermittelt und überwacht? Werden Fremdfirmenmitarbeiter in Schulungs- und Trainingsmaßnahmen mit einbezogen?
- d) Sind Festlegungen zur Ermittlung und Bewertung der Gefahren von Störfällen getroffen worden? Existieren Vorgaben zur Anwendung von Verfahren zur Gefahrenermittlung bei Störfällen in verschiedenen Betriebszuständen? Gibt es Verfahren zur Risikoabschätzung im Störfall?
- e) Sind Festlegungen zur Überwachung des Betriebs getroffen worden, gibt es Vorgaben zur Verwendung von Verfahren und Anweisungen zum sicheren Betrieb? Gibt es Vorgaben zur Wartung der Anlage? Gibt es Regelungen für die Unterbrechung von Tätigkeiten?
- f) Sind Festlegungen zur sicheren Durchführung von Änderungen getroffen worden? Gibt es Vorgaben zur Anwendung von Verfahren bei der Planung von Änderungen oder Auslegungen der Anlage? Gibt es Festlegungen für die Planung von Verfahrensänderungen?
- g) Sind Festlegungen zur Planung für Notfälle getroffen worden? Sind Verfahren zur Ermittlung vorhersehbarer Notfälle festgelegt worden? Gibt es Alarm- und Gefahrenabwehrpläne? Ist das Personal in der Gefahrenabwehr geschult? Wann und mit wem wurde die letzte Notfallübung durchgeführt? Wird Fremdpersonal in Notfallübungen mit einbezogen?
- h) Sind Festlegungen zur Überwachung der Leistungsfähigkeit des Sicherheitsmanagementsystems getroffen worden? Sind Verfahren zur Zielerreichung festgelegt? Gibt es Vorgaben zur Untersuchung, wenn Ziele nicht erreicht werden? Gibt es Vorgaben für Korrekturmaßnahmen bei Nichterreichung von Zielen?
- i) Gibt es Meldesysteme für Störfälle und Beinahe-Störfälle? Gibt es Festlegungen für die Untersuchungen und Folgemaßnahmen von Störfällen und Beinahe-Störfällen? Gibt es Verfahrensweisen zum Erfahrungsrückfluss bzw. Lernen aus Störfällen und Ereignissen? Gibt es betriebliche Regelungen zur Verbesserung von erkannten Problembereichen und über die Kommunikation von Erfahrungsberichten (lessons learned)?
- j) Werden potenzielle interne Quellen für die Erfahrungsauswertung ausreichend genutzt, beispielsweise Beinahe-Ereignisse, Abteilungsbesprechungen, Begehungen, Tätigkeitsbeobachtungen, Debriefings?
- k) Sind Festlegungen zur systematischen Überprüfung und Bewertung des Störfallkonzeptes genannt? Sind Festlegungen zur Überprüfung und Bewertung des Sicherheitsmanagementsystems getroffen worden? Wird die Leistungsfähigkeit des Störfallkonzeptes und des Sicherheitsmanagementsystems dokumentiert (Prozesskontrollen, Arbeitskontrollen, Qualitätskontrollen, interne Audits)?
- l) Existieren andere zertifizierte Managementsysteme (integriertes Managementsystem)? Gibt es standardisierte Instrumente und Methoden zur Unternehmenssteuerung (Benchmarking, Indikatoren, Managementreview) und werden diese regelmäßig angewandt?

- m) Wird der PDCA-Zyklus gelebt?
- n) Gibt es Prozessbeschreibungen im Managementsystem? Sind diese den Mitarbeitern bekannt und verständlich? Wird auf mitgeltende Unterlagen verwiesen? Sind diese geeignet, um Fehlverhalten vorzubeugen?
- o) Sind alle Stellen besetzt oder gibt es Hinweise auf fehlende Ressourcen (Personal, Geld, Zeit etc.) für die Erreichung der Ziele und für notwendige Verbesserungen?
- p) Gab es Produktionsdruck oder hohe Leistungsvorgaben des Managements?
- q) Weiß das Management wie seine Vorgaben vor Ort umgesetzt werden (Betriebsgeschehen)?
- r) Gibt es Hinweise auf verzögerte Umsetzung von notwendigen Veränderungen/Verbesserungen (Bürokratisierung)?
- s) Werden die „soft“-factors“ ausreichend gewürdigt (Wissensmanagement, Human Resource Management, Change Management, Arbeitssicherheitsmanagement, Qualitätsmanagement und Fremdfirmenmanagement)?
- t) Welche betrieblichen Unterlagen gibt es für den Prozess/die Arbeiten, die zu dem Ereignis führten?
- u) Sind die betrieblichen Unterlagen aktuell, sind Veränderungen in Dokumenten ausreichend gekennzeichnet (Revisionsindex), sind sie handhabbar, verständlich und konsistent? Werden sie regelmäßig auf Aktualität überprüft?
- v) Wird zwischen Arbeits- und Prozesssicherheit unterschieden?
- w) Wie wird der Stand der Sicherheitstechnik verstanden und identifiziert?
- x) Erfolgt selbständig eine Anpassung an den Stand der Sicherheitstechnik?

8. Kontrollen/Eigenüberwachung

- a) Gibt es Instrumente zur Kontrolle, wie Peer-Checking, Vier-Augen-Prinzip, Eigenkontrolle, regelmäßige Überprüfung durch Vorgesetzte, sicherheitsorientierte Verhaltensbeobachtungen?
- b) Wurden Regelabweichungen in der Vergangenheit sanktioniert?
- c) Gibt es Hinweise auf die Anwendung ungeschriebener Regeln trotz vorhandener widersprechender expliziter Regeln ("Das machen wir hier so.")?
- d) Wie ist das Betriebsklima im Unternehmen (respektloser Umgang, blame culture)?
- e) Wurden Fremdfirmen oder Hersteller/Unterauftragnehmer ebenfalls angemessen kontrolliert?

5.1.2 Unterlagen

In Abhängigkeit von der Anwendbarkeit rechtlicher Regelungen muss der Betreiber über die nachfolgend genannten Unterlagen verfügen, die für die Analyse eines Ereignisses von Bedeutung sein können. Entsprechend der Art des Ereignisses kann ggf. auf die Auswertung eines Teils der Unterlagen verzichtet werden.

BImSchG

- A Immissionsschutzrechtliche Genehmigungen einschließlich Antragsunterlagen mit Angaben gemäß 9.BImSchV, erfordern insbesondere Angaben zu
1. dem vorgesehenen Verfahren oder den vorgesehenen Verfahrenstypen einschließlich der erforderlichen Daten zur Kennzeichnung, wie Angaben zu Art, Menge und Beschaffenheit
 - a) der Einsatzstoffe oder -stoffgruppen,
 - b) der Zwischen-, Neben- und Endprodukte oder -produktgruppen,
 - c) der anfallenden Reststoffe
 2. der in der Anlage verwendeten und anfallenden Energie,
 3. möglichen Freisetzungen oder Reaktionen von Stoffen bei Störungen im Verfahrensablauf,
 4. Art und Ausmaß der Emissionen, die voraussichtlich von der Anlage ausgehen werden,
 5. den vorgesehenen Maßnahmen zum Schutz der Allgemeinheit und der Nachbarschaft vor sonstigen Gefahren, erheblichen Nachteilen und erheblichen Belästigungen, wie Angaben über die vorgesehenen technischen und organisatorischen Vorkehrungen
 - a) zur Verhinderung von Störungen des bestimmungsgemäßen Betriebs und
 - b) zur Begrenzung der Auswirkungen, die sich aus Störungen des bestimmungsgemäßen Betriebs ergeben können,
 6. den vorgesehenen Maßnahmen zum Arbeitsschutz,
 7. Bau-, Konstruktions- und Maschinenaufstellplänen, Angaben zu Brandwänden und Feuer-schutzabschlüssen
 8. Standsicherheitsnachweisen
 9. Grundfließschema, Verfahrenfließschema, Rohrleitungs- und Instrumentenfließschema, MSR-/PLT-Fließbilder, Angaben zu Schutzsystemen und deren Einstufung
- B Berichte über Prüfungen gemäß § 29a BImSchG
- C Mitteilungen, Meldungen und Berichte des Störfallbeauftragten (soweit gemäß § 58a BImSchG erforderlich)
- D Angaben über die Betriebsorganisation gemäß § 52b BImSchG
- E und soweit gemäß StörfallV gefordert:
1. Anzeige nach § 7 StörfallV (soweit keine genehmigungsbedürftige Anlage)
 2. Konzept zur Verhinderung von Störfällen, Dokumentation des Sicherheitsmanagementsystems
 3. Sicherheitsbericht, insbesondere Gefahrenanalyse, wie PAAG- bzw. HAZOP-Studien, und interner Alarm- und Gefahrenabwehrplan
 4. Sicherheitsanweisungen und Schulung der Personals, Aufzeichnungen über Unterweisungen der Beschäftigten über Verhaltensregelungen in internen Alarm- und Gefahrenabwehrplänen
 5. Aufzeichnungen über die Erprobungen von Alarm- und Gefahrenabwehrplänen
 6. Informationen über Sicherheitsmaßnahmen und Aufzeichnungen über deren Verbreitung

7. Ereignismeldungen, Aufzeichnung über die Beratung von Einsatzkräften und Behörden während des Ereignisses, Aufzeichnungen über Maßnahmen des Betreibers zur Auswirkungsbegrenzung während des Ereignisses

GefahrstoffV

- a) Gefährdungsbeurteilungen, inkl. Angaben zu ermittelten Schutzmaßnahmen
- b) Explosionsschutzdokumente, inkl. Pläne von Ex-Zonen
- c) Nachweise von Unterweisungen (Gefährdungen durch Gefahrstoffe)
- d) Arbeitsfreigaben
- e) Bestellung von Koordinatoren
- f) Anzeigen nach § 18 GefahrstoffV

BetrSichV

- a) Gebrauchsanleitungen, Betriebsanweisungen
- b) Angaben zu überwachungsbedürftigen Anlagen(teilen), wie Prüfgruppen von Druckanlagen, Kennzeichnung von Arbeitsmitteln für explosionsgefährdete Bereiche (ATEX-Typenschilder)
- c) Aufzeichnungen und Bescheinigungen von erstmaligen Prüfungen
- d) Aufzeichnungen und Bescheinigungen von wiederkehrenden Prüfungen
- e) Erlaubnisse
- f) Fachkundenachweise von tätig gewordenen befähigten Personen,
- g) Aufzeichnungen über die Information über Maßnahmen bei Notfällen, Betriebsstörungen, Unfällen und Unterweisungen (Gefährdungen durch Arbeitsmittel)
- h) Mitteilungen über Unfälle und Schadensfälle

ProdSG

- a) Konformitätserklärungen (soweit erforderlich und vorliegend)
- b) Risikobeurteilungen von Maschinen

WHG (Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen)

- a) Eignungsfeststellungen
- b) Anzeigen von prüfpflichtigen Anlagen
- c) Anlagendokumentationen
- d) Zulassungen von Anlagenteilen
- e) Prüfberichte, Bestätigungen über die Beseitigung von Mängeln
- f) Nachweise zu Rückhalteeinrichtungen
- g) Betriebsanweisungen, Überwachungs-, Instandhaltungs- und Notfallplan
- h) Aufzeichnungen über Unterweisungen
- i) Anzeigen über den Austritt wassergefährdender Stoffe
- j) Anforderungen an die direkte oder indirekte Einleitung von Abwasser

5.2 Manual Abweichungsanalyse

Abbildung 4: Handlungsschritte Abweichungsanalyse

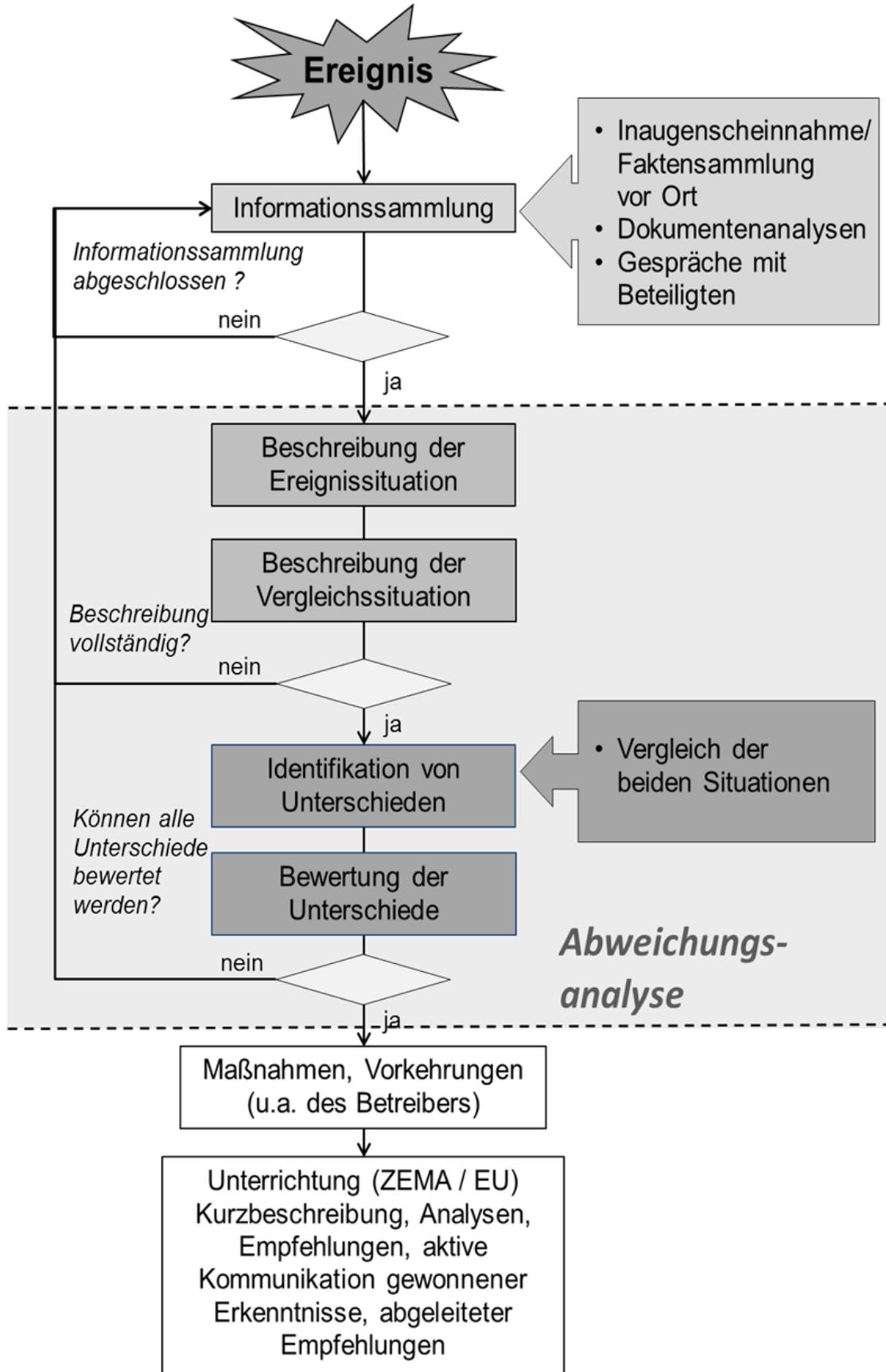


Tabelle 1: Kurzanleitung Abweichungsanalyse

Schritt	Abweichungsanalyse
Beschreibung des Ereignisablaufs	Ablaufbeschreibung unter Berücksichtigung der folgenden Punkte: 1. Was (Objekte, Energie, Defekte, Schutzeinrichtungen) 2. Wo (am Objekt, im Prozess, Ort) 3. Wer (Operateur, Kollege, Vorarbeiter, Andere) 4. Aufgabe (Ziel, Prozeduren, Qualität) 5. Arbeitsbedingungen (Umwelt, Überstunden, Arbeitsplan/ Schichtplan, Verzögerungen) 6. Management (Kontrollkette, Gefährdungsanalyse, Überwachung, Risikobewertung) 7. Auslöseereignis
Ursachensuche	1. Beschreibung der Referenzsituation 2. Identifikation von Unterschieden 3. Bewertung der Unterschiede
Maßnahmen	Sind für alle relevanten Unterschiede Maßnahmen abgeleitet
Folgen	Nennen Sie explizit die Folgen des Ereignisses

5.2.1 Einführung in das Manual zur Abweichungsanalyse

Dieses Manual soll Ihnen bei der systematischen Untersuchung von Ereignissen mit der Abweichungsanalyse helfen. Warum wird hier von systematischer Ereignisanalyse gesprochen? Es geht darum, nicht nur die offensichtlichen Ursachen zu erkennen oder den Mitarbeitern mangelnde Aufmerksamkeit – im Sinne von Schuldzuweisungen – zuzuschreiben, sondern auch darum, systematisch alle Veränderungen zu bewerten.

Bei der Abweichungsanalyse wird davon ausgegangen, dass Abweichungen die Balance eines Systems stören und im schlimmsten Fall zu einem Ereignis führen können. Bei der Abweichungsanalyse werden die Unterschiede zwischen einer vergleichbaren Situation in der Vergangenheit oder einer erwarteten Situation mit der aktuellen Ereignisabfolge systematisch bewertet. In diesem Manual stellen wir Ihnen ein mögliches Vorgehen bei der Untersuchung von Ereignissen vor. Sie können die Analyse anhand des Manuals alleine durchführen, wir empfehlen jedoch zumindest für die Bewertung der Unterschiede die Durchführung im Team, wenn dies möglich ist.

5.2.2 Vorgehen bei der Veränderungsanalyse

Die Veränderungsanalyse sollte in folgenden fünf Schritten vorgenommen werden, die auf der Abbildung 4 am Anfang dieses Manuals dargestellt sind:

1. Beschreibung der Ereignissituation
2. Beschreibung einer vergleichbaren Situation ohne Ereignis
3. Vergleich der beiden Situationen
4. Identifikation von Unterschieden
5. Bewertung der Unterschiede hinsichtlich der Folgen auf die Ereignisentstehung

Diese einzelnen Schritte sind bei einem systematischen Vorgehen notwendig, weil es sonst zu einer oberflächlichen Analyse oder zu Fehlern bei der Ursachenzuschreibung wie ausschließlicher Fokus auf menschliches Verhalten kommen kann.

5.2.2.1 Beschreibung der Ereignissituation

Wie findet man nun die geeignete Information? Nutzen Sie die Checkliste zur Informationssammlung (Anhang I.1) und die Informationen aus Kapitel 3.2. Hier wird auf die Inaugenscheinnahme vor Ort, die Dokumentenanalyse und auf die Gesprächsführung bei Interviews eingegangen.

Einen weiteren Anhaltspunkt, welche Informationen wichtig sind, gibt das Arbeitsblatt der Veränderungsanalyse, das in Tabelle 2 dargestellt ist. Zuerst wird die Spalte Ereignissituation ausgefüllt. Falls bestimmte Punkte nicht relevant sind, können Sie diese übergehen. Sie können ebenfalls spezifische Punkte ergänzen.

Tabelle 2: Arbeitsblatt Veränderungsanalyse

Faktoren	Ereignissituation	Vergleichbare Situation ohne Ereignis	Unterschiede	Relevante Veränderungen
Was Objekte Energie Defekte Schutzeinrichtungen				
Wo am Objekt im Prozess Ort				
Wer Operateur Kollege Vorarbeiter Andere				
Aufgabe Ziel Prozeduren Qualität				
Arbeitsbedingungen Umwelt Überstunden Arbeitsplan/Schichtplan Verzögerungen				
Auslöseereignis				
Management Kontrollkette Gefährdungsanalyse Überwachung Risikobewertung				

5.2.2.2 Beschreibung einer vergleichbaren Situation ohne Ereignis

Erarbeiten Sie die Beschreibung der vergleichbaren Situation ohne Ereignis. Dafür sind alle Informationen wichtig, die den Sollablauf beschreiben, wie Verfahrens- und Arbeitsanweisungen. Befragen Sie Ihre Gesprächspartner nach einem störungsfreien Ablauf. Dieser kann entweder die gleiche Situation ohne Ereignis sein wie die vorherige Schicht, ein Ablauf in der letzten Woche bzw. im letzten Monat oder Sie erstellen eine Beschreibung der Ideal- bzw. Sollsituation, so wie sie geplant oder vorgeschrieben ist. Damit der spätere Vergleich zwischen den Situationen effektiv ist, müssen ausreichende Informationen über die Vergleichssituation eingeholt werden.

Wenn Sie den ersten Eindruck haben, dass es keine Unterschiede zwischen den Situationen mit und ohne Ereignis gibt, sollte Sie eine weitere Situation aus der Vergangenheit als Vergleichssituation auswählen, da einige Veränderungen schleichenden Charakter haben wie beispielsweise Kürzungen im Etat für Arbeitssicherheit.

Tragen Sie Ihre Informationen in die Spalte vergleichbare Situation ohne Ereignis ein. Versuchen Sie, für alle Ergebnisse, die Sie in der Spalte Ereignissituation vermerkt haben, ebenfalls Informationen in der Spalte vergleichbare Situation festzuhalten, damit Sie im nächsten Schritt die beiden Situationen miteinander so genau wie möglich vergleichen können.

5.2.2.3 Vergleich der beiden Situationen

Vergleichen Sie im dritten Schritt die beiden Situationen bezüglich der Einträge im Arbeitsblatt. Vergleichen Sie Geschehnisse, Bedingungen, Aktivitäten oder Arbeitsmittel, vergleichen Sie Zeitpunkte, Zeitdauer, Reaktionszeiten etc. Vergleichen Sie auch Anlagenräume, Systeme und Komponenten. Dann sollten Sie den Vergleich auf Personen ausweiten: Wer war an der Planung, Vorbereitung, an der Arbeitsausführung beteiligt? Wer war zuständig für Freigaben, Aufsicht, Kontrolle und Überprüfung? Zum Abschluss vergleichen Sie, wie in beiden Situationen die Arbeit koordiniert und kontrolliert wurde. Aus diesem Vergleich ergeben sich dann im vierten Schritt die Unterschiede.

5.2.2.4 Identifikation von Unterschieden

In diesem Schritt sollen alle Unterschiede aus dem Vergleich der beiden Situationen in der nächsten Spalte festgehalten werden. Es ist wichtig an dieser Stelle noch keine Bewertung abzugeben, da scheinbar unwichtige Unterschiede sich ergänzen oder aufaddieren können. Außerdem sind nahezu alle Ereignisse multi-kausal. Bei Suche nach den Unterschieden ist ein systematisches Vorgehen ebenso wichtig wie bei den vorherigen Schritten, um Fehler oder Oberflächlichkeit zu vermeiden. Nur wenn Sie systematisch alle Tabelleneinträge abprüfen, können Sie dies vermeiden.

5.2.2.5 Bewertung der Unterschiede hinsichtlich der Folgen auf die Ereignisentstehung

Im letzten Schritt der Veränderungsanalyse werden die identifizierten Unterschiede zwischen den Situationen im Hinblick auf ihre kausale Relevanz für die Ereignisentstehung bewertet. Dafür wird jeder einzelne identifizierte Unterschied diskutiert. Außerdem wird geprüft, ob durch sein Fehlen das Ereignis ausgeblieben wäre. Weiterhin werden mögliche Zusammenhänge zwischen den Unterschieden bewertet. Gab es Interaktionen, kam es zu einer Verstärkung? Die Bewertung der Unterschiede ist eine Expertenschätzung und sollte daher möglichst im Team vorgenommen werden. Alle Unterschiede, die für relevant im Hinblick auf die Ereignisentstehung gesehen werden, werden in die letzte Spalte des Arbeitsblattes eingetragen und stellen die Ursachen bzw. beitragende Faktoren des Ereignisses dar.

5.2.3 Häufig gestellte Fragen

5.2.3.1 Wann sollte eine Abweichungsanalyse durchgeführt werden?

Es existieren verschiedene Anlässe, um Abweichungsanalysen durchzuführen. Zu den häufigsten zählen folgende: Störungsbehandlung für die zusätzliche Informationen notwendig sind, Identifizierung und Steuerung von veränderten Situationsbedingungen, beim Erfordernis einer schnellen Problemlösung sowie zur Vermeidung der Nutzung „alter“ Lösungen bei „neuen“ Problemen. Abweichungsanalysen lassen sich zudem prospektiv im Sinne von vorausschauenden Analysen des potenziellen Einflusses beabsichtigter Veränderungen nutzen oder retrospektiv im Sinne von Unfall- und Ereignisanalysen. Wenn es Hinweise darauf gibt, dass es vor dem Ereigniseintritt Änderungen bzgl. des Personals, der technischen Komponenten oder Systeme, der Vorgaben oder Regelungen oder bzgl. des Managements gab, ist es sinnvoll, die Änderungen bzw. Abweichungen differenzierter zu analysieren.

5.2.3.2 Womit beginnt man bei einer Change Analysis?

Es hat sich bewährt, dass zuerst eine Situationsbeschreibung des Ereignisses zu erstellen. Dazu ist es hilfreich im „Arbeitsblatt Veränderungsanalyse“ die Spalte „Situation“ im Hinblick auf die Fragen/Faktoren was?, wo?, wann?, wer?, welche Aufgabe?, welche Arbeitsbedingungen?, welches Auslöseereignis? und welche Managementinstrumente? so genau wie möglich zu beschreiben (Schritt: Beschreibung der Ereignissituation).

Als zweiter Schritt wird eine Referenzsituation zur Ereignissituation festgelegt. Die Referenzsituation beschreibt den fehler- bzw. ereignisfreien Zustand des Systems, der in der Vergangenheit, d.h. vor Eintritt des Ereignisses, vorgelegen hat. Die Referenzsituation kann den Zustand des Systems einen Tag, eine Woche, einen Monat oder ein Jahr vor dem Ereignis beschreiben. Es werden die gleichen Fragen/Faktoren so präzise wie möglich beschrieben wie auch bei der Ereignissituation (Schritt: Beschreibung der Referenzsituation).

Im nächsten der Abweichungsanalyse werden die Ereignissituation und die Referenzsituation miteinander verglichen, um Unterschiede oder Veränderungen zwischen ihnen aufzudecken. Die Identifizierung von Unterschieden oder Veränderungen erfolgt zunächst unabhängig davon, ob sie einen möglichen Einfluss auf das Ereignis hatten. Alle ermittelten Unterschiede werden aufgelistet, ohne sie bzgl. ihres Einflusses oder ihrer Wichtigkeit zu bewerten (Schritt: Identifikation von Unterschieden). Im letzten Schritt der Abweichungsanalyse erfolgt dann eine Bewertung der Unterschiede oder Änderungen im Hinblick auf ihre ursächliche Wirkung auf das Ereignis. Dabei werden sowohl unabhängige als auch gemeinsame Beiträge sowie die Schnittstellen betrachtet. Abschließend werden die Informationen in Bezug auf die Ursachen des Ereignisses zusammengeführt.

5.2.3.3 Was ist zu tun, wenn keine Unterschiede oder Änderungen in der Abweichungsanalyse aufgedeckt wurden?

Sollten keine Unterschiede oder Änderungen im Vergleich der Ereignissituation und der Referenzsituation ermittelt werden können, deutet dieses darauf hin, dass die Referenzsituation für die Abweichungsanalyse ungeeignet ist. In diesem Fall ist es erforderlich, dass weitere bzw. zusätzliche Referenzsituationen in die Analyse mit einbezogen werden, beispielsweise der vergleichbare Zustand des Systems vor einem Jahr und ggf. vor fünf Jahren. Jetzt können die beiden Referenzsituation miteinander und beide mit der Ereignissituation verglichen werden. Es ist zudem möglich, die vorgeplante Situation mit allen Bedingungen und Vorgaben als Referenzsituation zu verwenden.

5.2.3.4 Wie erstelle ich am Einfachsten eine Situationsbeschreibung?

Da die Situationsbeschreibung häufig aktualisiert werden muss, wenn neue Erkenntnisse aus Dokumenten oder Gesprächen auftreten oder weil Erweiterungen oder Ergänzungen in Ablauf notwendig sind, hat es sich bewährt, ein Format zu wählen, das einfach und unproblematisch verändert werden kann. Wir empfehlen deshalb, Flipchart-Bögen und selbstklebende Notizzettel zu verwenden. Jeder einzelne Handlungsschritt wird auf einem selbstklebenden Notizzettel geschrieben und auf den Papierbogen geklebt. Wenn die Situationsbeschreibung des Ereignisses komplexer wird, können Notizzettel einfach hinzugefügt, entfernt oder anders angeordnet werden.

5.2.3.5 Woran erkennt man, dass eine Situationsbeschreibung vollständig ist?

Der Situationsbeschreibung wurde vollständig ermittelt, wenn sie alle am Ereignis beteiligten Personen und technischen Komponenten, Betriebsbedingungen, relevanten Regelungen, Ort und Zeitangaben enthält.

Zur Kontrolle der Vollständigkeit der Situationsbeschreibung des Ereignisses kann man prüfen, ob der Ablauf des Ereignis anhand der erstellten Handlungsschritte, der beteiligten Personen, der Ortsangaben sowie der angegebenen Zeitpunkte richtig geordnet, plausibel und verständlich ist.

5.2.3.6 Wie kann man feststellen, dass die Ursachensuche vollständig durchgeführt wurde?

Jede ermittelte Abweichung muss in der Abweichungsanalyse einzeln definiert und untersucht werden. Jede einzelne Änderung/Abweichung muss bzgl. ihrer Identität, ihres Ortes, ihres Zeitpunktes und ihres Ausmaßes/Umfangs beschrieben werden. Zusätzlich müssen die W-Fragen zu den Objekten, bei denen die Abweichung auftritt (was?, wer?, wann?, wo?, wie?) beantwortet werden. Als Unterkategorien sollten bei der Beantwortung der W-Fragen folgende Angaben gemacht werden:

- charakteristische Aspekte des Objekts (Person, Arbeitsmittel, Werkstoffe etc.)
- Unterlassungen bzw. Auslassungen bzgl. der Handlung
- besondere Merkmale des Objekts und
- spezifische Benennung der Abweichung und ihrer Folgen.

5.3 Manual SOL 3.0 – Sicherheit durch Organisationales Lernen

Abbildung 5: Handlungsschritte SOL 3.0

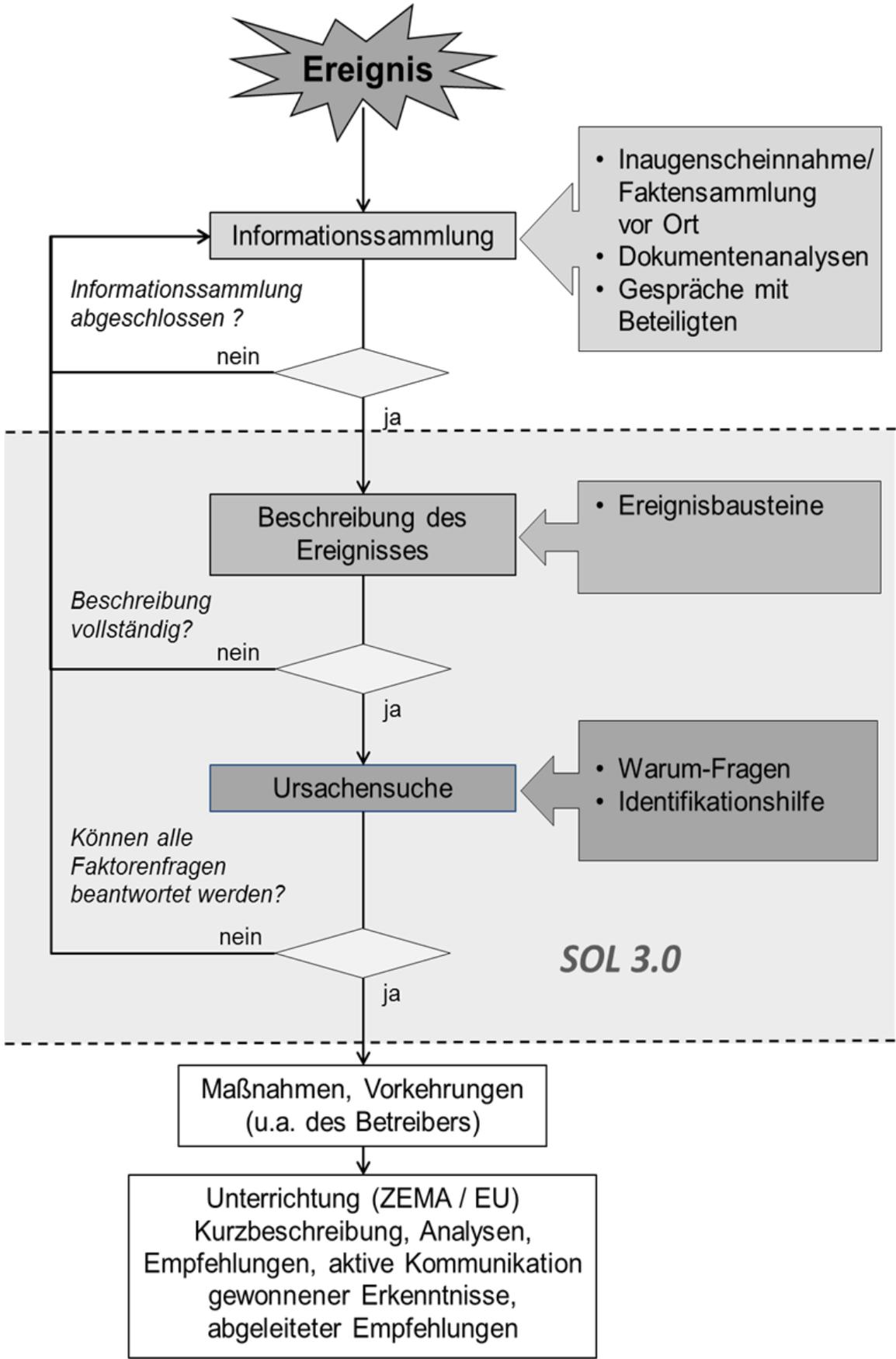


Tabelle 3: Kurzanleitung SOL 3.0

Schritt	SOL 3.0
Beschreibung des Ereignisses	<p>Ereignisbausteine erstellen:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Mit dem Akteur (Person oder technische Komponente) beginnen (möglichst Plural vermeiden) 2. Danach die Handlung/Aktion (Passiv und Verneinungen vermeiden) 3. Zustände sollten unter Bemerkungen aufgezeichnet werden 4. Ort und Zeit ergänzen 5. Ereignisbausteine nach Akteuren und Zeit ordnen. <p>Ereignisbausteine überprüfen:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Fehlen Ereignisbausteine, um den Ablauf zu beschreiben? 2. Sind alle Beteiligten (Personen und technische Komponenten) als Akteure erfasst? 3. Ist alles klar geordnet und verständlich? 4. Sind die einzelnen Handlungen/Aktionen jedes Akteurs logisch nachvollziehbar?
Ursachensuche	<ol style="list-style-type: none"> 1. Hinterfragen: Stellen Sie zum ersten Ereignisbaustein „Warum“-Fragen. Orientieren Sie sich dabei an den vorhandenen Informationen. Nutzen Sie die Identifikationshilfe, um Warum-Fragen und Antworten zu finden. 2. Einordnen/Identifizieren: Wenn Sie eine Frage aus der Identifikationshilfe mit „ja“ beantworten, notieren Sie die Ursache/den Faktor auf der Faktorenkarte. 3. Wiederholen Sie die Schritte für alle weiteren Tabelleneinträge bzw. Ereignisbausteine.
Maßnahmen	Überprüfen Sie, ob für alle identifizierten Faktoren Maßnahmen abgeleitet wurden
Folgen	Nennen Sie explizit die Folgen des Ereignisses

5.3.1 Einführung in das Manual zu SOL 3.0

Dieses Manual soll Ihnen bei der systematischen Untersuchung von Ereignissen mit SOL 3.0 helfen. Warum wird hier von systematischer, vertiefender und ganzheitlicher Ereignisanalyse gesprochen? Es geht darum, nicht nur die offensichtlichen Ursachen zu erkennen oder den Mitarbeitern mangelnde Aufmerksamkeit – im Sinne von Schuldzuweisungen – zuzuschreiben, sondern auch darum, in die Tiefe zu gehen, d.h. beispielsweise menschliches Verhalten zu hinterfragen. Neben der Tiefe ist es ebenfalls wichtig, in die Breite zu gehen und bestimmte Ursachenfelder, die bekannt sind, systematisch zu beleuchten. In der Literatur werden solche Untersuchungen Root-Cause-Analysen genannt.

In diesem Manual stellen wir Ihnen ein mögliches Vorgehen bei der Untersuchung von Ereignissen vor, das geeignet ist, tiefer liegende Ursachen zu identifizieren und somit das Lernpotenzial aus Ereignissen zu nutzen. Sie können die Analyse anhand des Manuals alleine durchführen, wir empfehlen jedoch zumindest für die Ursachensuche die Durchführung im Team, wenn dies möglich ist.

5.3.2 Vorgehen bei der Ereignisanalyse

Jede Ereignisanalyse sollte in folgenden drei Schritten vorgenommen werden, die in der Abbildung 5 auf der Titelseite dargestellt sind:

1. Informationssammlung
2. Beschreibung des Geschehens (Situationsbeschreibung)
3. Ursachensuche (Identifikation beitragender Faktoren)

Diese Dreiteilung ist bei einem systematischen Vorgehen notwendig, weil es sonst zu einer oberflächlichen Analyse oder zu Fehlern bei der Ursachenzuschreibung wie ausschließlicher Fokus auf menschliches Verhalten oder verkürzte Ursachensuche kommen kann.

5.3.2.1 Informationssammlung

Wie findet man nun die geeignete Information? Nutzen Sie die Checkliste zur Informationssammlung (Anhang I.1) und die Informationen aus Kapitel 3.2. Hier wird auf die Inaugenscheinnahme vor Ort, die Dokumentenanalyse und auf die Gesprächsführung bei Interviews eingegangen.

Für die Informationssammlung stellen Sie am besten W-Fragen: wer, wie, was, wann, wo?

5.3.2.2 Beschreibung des Geschehens (Situationsbeschreibung)

Erarbeiten Sie aus den Informationen, die Sie aus Inaugenscheinnahme, Dokumenten und Gesprächen gesammelt haben, eine Beschreibung des Ereignisses. Vermeiden Sie hierbei unbedingt kausale Zusammenhänge, d.h. beschreiben Sie noch nicht mit Worten wie „weil“, „deshalb“ etc. und stellen Sie keine anderen Verknüpfungen als „und“ her. Stellen Sie das dar, was durch Fakten oder Mehrfachinformationen belegbar ist.

Generell sollten Sie zunächst bestimmen, wer am Ereignis beteiligt war, die sogenannten Akteure. Dies können Personen aber auch Maschinen, Systeme und Komponenten sein. Erstellen Sie eine Liste der beteiligten Akteure. Beschreiben sie nacheinander alle Handlungen bzw. Reaktionen jedes einzelnen Akteurs. Diese Information wird dann in Ereignisbausteine übertragen.

5.3.2.3 Ereignisbausteine

Das Ereignis wird als eine Kette von Handlungen oder Aktionen dargestellt. Dazu zerlegen Sie das Ereignis in einzelne Ereignisbausteine. Jeder Ereignisbaustein besteht aus: einem Akteur (Mensch oder technische Komponente) und nur einer Handlung dieses Akteurs. Weitere Aspekte oder wichtige Hintergrundinformation sollen in einer Bemerkung näher beschrieben werden, z. B. situative Gegebenheiten oder geltende Regeln. Bedingungen oder Umstände sind keine Akteure oder Handlungen, sie sind ebenfalls unter Bemerkungen festzuhalten. Weitere Informationen, die Sie festhalten sollten, sind Ort und Zeit. Ein Beispiel für einen Ereignisbaustein gibt die Abbildung 6 wider:

Abbildung 6: Ereignisbaustein SOL 3.0

Zeit:	Nr.
Ort:	
Akteur:	
Handlung:	
Bemerkung:	

Punkte, die Sie nicht sofort ausfüllen können, markieren Sie. Je detaillierter ein Ereignis in diesem Schritt zerlegt wird, desto einfacher gestaltet sich die nachfolgende Ursachensuche.

Kurzanleitung Ereignisbausteine:

1. Mit dem Akteur (Person oder technische Komponente) beginnen (möglichst Plural vermeiden)
2. Danach die Handlung/Aktion (Passiv und Verneinungen vermeiden)
3. Zustände sollten unter Bemerkungen aufgezeichnet werden
4. Ort und Zeit ergänzen
5. Ereignisbausteine nach Akteuren und Zeit ordnen.

Als Beispiel ist hier ein ausgefüllter Ereignisbaustein (Abbildung 7) dargestellt:

Abbildung 7: ausgefüllter Ereignisbaustein SOL 3.0

Zeit: 2012-07-14; 8:30	Nr. 6
Ort: GuD-Anlage	
Akteur: Mitarbeiter 2	
Handlung: gibt Kommandos	
Bemerkung: ist mit Vorgehensweise (Seil doppelt zu nehmen) von Mitarbeiter 3 nicht einverstanden, kann sich nicht durchsetzen	

Zum Abschluss wird eine Darstellung der Situationsbeschreibung in einem Zeit-Akteur-Diagramm angefertigt. So erhalten Sie einen guten Überblick über das gesamte Ereignis. Für das Zeit-Akteur-Diagramm ordnen Sie bitte die einzelnen Ereignisbausteine vertikal nach den verschiedenen Akteuren und horizontal nach der Zeit. In Abbildung 8 auf der folgenden Seite ist ein Beispiel eines Zeit-Akteur-Diagramms dargestellt.

Das Ergebnis ist eine Darstellung, die einen Überblick über die Zusammenhänge zwischen den einzelnen Akteuren, deren Handlungen und den Zeitpunkten ermöglicht, d. h. zuerst haben Sie das Ereignis in Ereignisbausteine zerlegt und anschließend diese wieder zu einem Ganzen zusammengefügt.

5.3.2.4 Prüfung der Situationsbeschreibung

Generell gilt, wenn Sie Ihre Beschreibung der Ereignissituation erstellt haben, sollten Sie diese noch einmal kritisch auf Vollständigkeit und Nachvollziehbarkeit prüfen.

Kurzanleitung Überprüfen der Situationsbeschreibung:

1. Fehlen Ereignisbausteine, um den Ablauf zu beschreiben?
2. Sind alle Beteiligten (Personen und technische Komponenten) als Akteure erfasst?
3. Ist alles klar geordnet und verständlich?
4. Sind die einzelnen Handlungen/Aktionen jedes Akteurs logisch nachvollziehbar?

Tabelle 4: Zeit-Akteur-Diagramm SOL 3.0

	2012 -07- 11	2012 -07- 10	2012 -07- 14 08:1 5	2012 -07- 14 08:2 0	2012 -07- 14 08:2 5	2012 -07- 14 08:3 0	2012- 07-14 08:35	2012 -07- 14 08:3 7	2012- 07-14 08:40	2012- 07-14 08:45	2012 - 07- 14 08:5 0	2012 -07- 14 08:5 2	2012 -07- 14 08:55	2012 -08- 14 08:5 7	2012 -08- 14 09:0 5
Abteilungsleiter	Zeit 2012-07-11 Nr. 1 Ort GuD Akteur Abteilungsleiter Handl. Besprechung Bem. Mitteilung ...														
Mitarbeiter 1	Zeit 2012-07-10 Nr. 2 Ort GuD Akteur Mitarbeiter 1 Handl. Eintrag Schichtbuch Bem. Arbeitsaufträge ...														
Mitarbeiter 2			Zeit 2012-07-14, 08:15h Nr. 3 Ort GuD Akteur Mitarbeiter 2 Handl. leitet Hebearbeiten ein Bem. ist ...		Zeit 2012-07-14, 08:30h Nr. 6 Ort GuD Akteur Mitarbeiter 2 Handl. gibt Kommandos Bem. ist mit ...										Zeit 2012-07-14, 09:05h Nr. 16 Ort GuD Akteur Mitarbeiter 2 Handl. ordnet Arbeitsstopp an
Mitarbeiter 3			Zeit 2012-07-14, 08:20 Nr. 4 Ort GuD Akteur Mitarbeiter 3 Handl. sucht entsprechendes Seil Bem. Findet das...		Zeit 2012-07-14, 08:35h Nr. 7 Ort GuD Akteur Mitarbeiter 3 Handl. will ohne Abdrückschrauben arbeiten Bem. Sagt, ...								Zeit 2012-07-14, 08:55h Nr. 13 Ort GuD Akteur Mitarbeiter 3 Handl. misst aus (Abdrückschrauben) Bem. Seil reißt		
Mitarbeiter 3 und 4			Zeit 2012-07-14, 08:25h Nr. 5 Ort GuD Akteur Mitarbeiter 3 und 4 Handl. schlagen Seile und Kettenzüge an Bem. In ...												
Mitarbeiter 5 (Kranführer, Fremdfirma)							Zeit 2012-07-14, 08:37 Nr. 8 Ort GuD Akteur Mitarbeiter 5 (Kranführer, Fremdfirma) Handl. hebt an Bem. Last ...	Zeit 2012-07-14, 08:40h Nr. 9 Ort GuD Akteur Mitarbeiter 5 (Kranführer, Fremdfirma) Handl. senkt Last wieder ab Bem.	Zeit 2012-07-14, 08:45h Nr. 10 Ort GuD Akteur Mitarbeiter 5 (Kranführer, Fremdfirma) Handl. hebt erneut an Bem. beim ...	Zeit 2012-07-14, 08:52h Nr. 12 Ort GuD Akteur Mitarbeiter 5 (Kranführer, Fremdfirma) Handl. senkt ab (ohne vollständige Entlastung) Bem.					
Mitarbeiter 2, 3 und 5											Zeit 2012-07-14, 08:50h Nr. 11 Ort GuD Akteur Mitarbeiter 2, 3 und 5 Handl. diskutieren Bem. beschließen, ...				
Kranseil														Zeit 2012-07-14, 08:57h Nr. 14 Ort GuD Akteur Kranseil Handl. reißt	

UBA Texte Arbeitshilfen zur methodischen Ereignisanalyse und Ergebnisauswertung

	2012 -07- 11	2012 -07- 10	2012 -07- 14 08:1 5	2012 -07- 14 08:2 0	2012 -07- 14 08:2 5	2012 -07- 14 08:3 0	2012- 07-14 08:35	2012 -07- 14 08:3 7	2012- 07-14 08:40	2012- 07-14 08:45	2012 - 07- 14 08:5 0	2012 -07- 14 08:5 2	2012 -07- 14 8:55	2012 -08- 14 08:5 7	2012 -08- 14 09:0 5
Last														Bem. Seil ... Zeit 2012-07-14, 08:57h Nr. 15 Ort GuD Akteur Last Handl. sackt ab Bem. Mitarbeiter ...	

5.3.2.5 Ursachensuche (Identifikation beitragender Faktoren)

Bei der Ursachensuche ist ein systematisches Vorgehen ebenso wichtig, wie bei den vorherigen Schritten, um Fehler oder Oberflächlichkeit zu vermeiden. Nur wenn Sie systematisch die Bereiche Mensch – Technik – Organisation abprüfen, werden Sie Ursachen finden, aus denen auch gelernt werden kann. Um tieferliegende Ursachen zu finden, sollten Sie für jeden Ereignisbaustein gesondert und nacheinander eine Ursachensuche durchführen.

Es ist das Ziel, für jeden Ereignisbaustein möglichst viele Ursachen bzw. Faktoren zu finden, die an ihrer/seiner Entstehung beteiligt waren. Allerdings wird es auch immer wieder solche geben, bei denen nichts gefunden werden kann. Manche der Ursachen bzw. Faktoren, die Sie finden werden, sind für die Ereignisentstehung selbst im Nachhinein vielleicht nicht relevant, bieten aber dennoch Lernchancen, weil sie Schwachstellen darstellen, die Sie verbessern können. Daher sprechen wir hier von Ursachen und beitragenden Faktoren, die im Grunde genommen das gleiche meinen, nämlich Ansatzpunkte für Verbesserungen.

Zeit: 2012-07-14; 8:30	Nr. 6
Ort: GuD-Anlage	
Akteur: Mitarbeiter 2	
Handlung: gibt Kommandos	
Bemerkung: ist mit Vorgehensweise (Seil doppelt zu nehmen) von Mitarbeiter 3 nicht einverstanden, kann sich nicht durchsetzen	

Verwenden Sie für die Warum-Fragen alle Informationen aus dem Ereignisbaustein. Stellen Sie Fragen zum Akteur, zur Handlung, zum Zeitpunkt, zum Ort, zur Bemerkung etc. Für den Ereignisbaustein von oben (Abbildung 7)

könnten die Fragen folgendermaßen lauten:

Warum gibt Mitarbeiter 2 die Kommandos um 8:30h?

- Warum gibt der Mitarbeiter 2 die Kommandos?
- Warum ist Mitarbeiter 2 mit der Vorgehensweise von Mitarbeiter 3 nicht einverstanden?
- Warum kann sich Mitarbeiter 2 nicht gegen Mitarbeiter 3 durchsetzen?

Die Warum-Fragen können sich grundsätzlich auf alle Informationen beziehen, die im Ereignisbaustein enthalten sind. So kann z. B. auch hinterfragt werden, ob eine Handlung zum richtigen Zeitpunkt ausgeführt wurde oder warum die Handlung ausgeführt wurde oder warum nicht.

Wenn Sie die Fragen beantworten, richten Sie sich sowohl nach Ihrem Wissen aus der Informationssammlung, als auch nach der Identifikationshilfe. In dieser werden mögliche Problembereiche in Frageform, verdeutlicht durch Beispiele, dargestellt. So können Sie die beitragenden Faktoren und Ursachen bei der Analyse entdecken, die für den untersuchten Ereignisbaustein zutreffen.

Betrachten Sie den ersten Ereignisbaustein und stellen Sie dazu die erste Warum-Frage. Versuchen Sie diese Frage mit Hilfe der Identifikationshilfe zu beantworten. Die Antwort auf diese erste Warum-Frage ist dann die erste Ursache bzw. der erste identifizierte beitragende Faktor. Diese/diesen dokumentieren Sie auf einer Faktorenkarte.

Haben Sie die erste Warum-Frage erfolgreich beantwortet, müssen Sie dennoch bei dem Ereignisbaustein mit der Identifikation weiterer Ursachen bzw. Faktoren fortfahren. Denn zu jedem Ereignisbaustein können mehrere Ursachen bzw. beitragende Faktoren identifiziert werden und nicht nur ein einziger. Außerdem kann jede gefundene Ursache bzw. jeder Faktor auch tiefergehend analysiert werden, indem auch zu ihm wieder eine Warum-Frage gefunden werden kann, die wiederum eine neue Ursache bzw. Faktor ergeben kann. Auch zu dieser Ursache bzw. diesem Faktor kann wieder eine weitere Warum-Frage gestellt werden.

Sie können also Warum-Fragen auf verschiedenen Ebenen stellen:

- Zu jedem Ereignisbaustein mehrere Warum-Fragen
- Zu jeder gefundenen Ursache bzw. beitragenden Faktor eine oder mehrere Warum-Fragen
- Zu jeder daraufhin gefundenen Ursache bzw. Faktor wieder eine oder mehrere Warum-Fragen

Dieses Vorgehen setzen Sie solange fort, bis Sie keine zusätzlichen Warum-Fragen mehr stellen können oder Ihnen keine neuen Informationen zur Beantwortung der Warum-Fragen mehr mitgeteilt werden. Anschließend prüfen Sie noch einmal anhand der Faktorenfragen aus der Identifikationshilfe, ob Sie alle Aspekte bedacht haben, die im Kasten auf der folgenden Seite aufgelistet sind.

Für alle weiteren Ereignisbausteine setzen Sie die Analyse ebenso wie für den ersten Ereignisbaustein fort.

Die identifizierten Ursachen bzw. beitragenden Faktoren werden auf Faktorenkarten mit der Nummer des Ereignisbausteins dokumentiert.

Abbildung 8: Faktorenkarte SOL 3.0

<p>Nr: (des Ereignisbausteins)</p> <p>Titel des beitragenden Faktors</p> <p>Beschreibung:</p> <p>Begründung:</p>
--

Der Titel des beitragenden Faktors ist beispielsweise „Arbeitsbedingungen“, also der Titel aus der Identifikationshilfe. Unter Beschreibung wird der spezifische Sachverhalt genannt, also beispielsweise „Störung oder Ablenkung bei der Aufgabendurchführung“ und bei Begründung steht dann die konkrete Störung z.B. „Herr M. wurde mehrmals angerufen (Piepser) als er den Filter reinigte“.

Tabelle 5: Faktorenfragen aus der Identifikationshilfe SOL 3.0

Nr.	Faktorenfrage
1	Gab es Probleme mit technischen Komponenten?
2	Spielte die Auslegung der Anlage eine Rolle?
3	Gab es Probleme durch die Informationsdarstellung?
4	Spielten die Arbeitsbedingungen eine Rolle?
5	Spielten Entscheidungsprozesse oder Risikoabschätzung eine Rolle?
6	Spielte das Arbeitsverhalten oder die Ausführung der Arbeit eine Rolle?
7	Gab es Personalhandlungen, die von Vorgaben (SOLL) abwichen?
8	Gab es Schwierigkeiten oder Störungen bei der Kommunikation?
9	Könnten Aspekte der Führung eine Rolle gespielt haben?
10	Wurde die Arbeitsausführung unzureichend kontrolliert?
11	Gab es Einflüsse aus der Arbeitsgruppe oder von der Unternehmenskultur?
12	War die Planung der Aufgaben oder die Arbeitsvorbereitung unzureichend?
13	Gab es Probleme mit Regeln, Prozeduren oder Arbeitsunterlagen?
14	Gab es Probleme in der Qualitätssicherung/ im Qualitätsmanagement?
15	Waren die Verantwortlichkeiten oder Zuständigkeiten nicht eindeutig geregelt oder unbekannt?
16	Könnten die Organisation oder das Management einen Einfluss gehabt haben?
17	Gab es eine unzureichende Nutzung von Betriebserfahrung?
18	Gab es Hinweise auf unzureichende Qualifikation oder fehlendes Training?
19	Spielten Entscheidungen von Behörden oder Sachverständigen eine Rolle?
20	Spielte eine "Einwirkung von außen" eine Rolle?

Auch für die Ursachensuche gibt es eine Kurzanleitung, die unten im Kasten steht.

Kurzanleitung Ursachen/Faktorensuche:

1. **Hinterfragen:** Stellen Sie zum ersten Ereignisbaustein „Warum“-Fragen. Orientieren Sie sich dabei an den vorhandenen Informationen. Nutzen Sie die Identifikationshilfe, um Warum-Fragen und Antworten zu finden.
2. **Einordnen/Identifizieren:** Wenn Sie eine Frage aus der Identifikationshilfe mit „ja“ beantworten, notieren Sie die Ursache/den Faktor auf der Faktorenkarte.
3. Wiederholen Sie die Schritte für alle weiteren Tabelleneinträge bzw. Ereignisbausteine.

Wir möchten Ihnen das Vorgehen jetzt noch einmal an dem Beispiel von oben (Abbildung 7) verdeutlichen:

Zeit: 2012-07-14; 8:30	Nr. 6
Ort:	GuD-Anlage
Akteur:	Mitarbeiter 2
Handlung:	gibt Kommandos
Bemerkung:	ist mit Vorgehensweise (Seil doppelt zu nehmen) von Mitarbeiter 3 nicht einverstanden, kann sich nicht durchsetzen

Zu diesem Ereignisbaustein stellen Sie jetzt Fragen:

- Warum gibt Mitarbeiter 2 die Kommandos um 8:30? Antwort: Weil zu diesem Zeitpunkt der eigentliche Hebevorgang begann. (Hier gibt es keinen Faktor.)
- Warum gibt Mitarbeiter 2 die Kommandos? Antwort: Weil er Aufsichtsführender war. (Hier gibt es keinen Faktor.)
- Warum ist Mitarbeiter 2 mit der Vorgehensweise von Mitarbeiter 3 nicht einverstanden? Antwort: Weil das Vorgehen gegen die Regeln war, d.h. es wurde von Vorgaben abgewichen. (Faktor Abweichung von Vorgaben)
- Warum nimmt Mitarbeiter 3 das Seil doppelt? Antwort: Weil er das richtige Seil nicht gefunden hat, d.h. die Arbeitsbedingungen hatten einen Einfluss, weil die Ausrüstung nicht stimmte. (Faktor Arbeitsbedingungen)
- Warum stimmte die Ausrüstung nicht? Antwort: Weil von der Planung abgewichen wurde, d.h. es gab einen Einfluss der Planung. (Faktor Arbeitsplanung und Arbeitsvorbereitung)
- Warum wurde von der Planung abgewichen? Antwort: Weil die Verantwortung zwischen Abteilungen nicht geregelt war. (Faktor Verantwortlichkeit und Zuständigkeit)
- Warum kann sich Mitarbeiter 2 nicht gegen Mitarbeiter 3 durchsetzen? Antwort: Weil Mitarbeiter 3 immer macht, was er will. Er behauptet einfach, dass das schon immer so gehandhabt wurde. Hier gibt es einen Einfluss von fehlender Kontrolle und von Vorgesetzten, die ihn zuvor nicht abgemahnt haben. (Faktor Kontrolle und Faktor Führung)

5.3.3 Häufig gestellte Fragen

Es ist bekannt, dass das strikte Trennen von Informationssammlung, Situationsbeschreibung und Ursachensuche nicht dem alltäglichen Vorgehen entspricht und daher manchmal Schwierigkeiten bereitet. Für diese und weitere Schwierigkeiten haben wir eine Reihe von Fragen im Sinne von FAQ formuliert.

5.3.3.1 Wann sollte eine Ereignisanalyse mit dem Verfahren SOL 3.0 durchgeführt werden?

Wenn sich bei einem Ereignis zeigt, dass das Ereignis in einem Betriebsbereich oder in einer Abteilung aufgetreten ist, in dem bzw. in der es schon mehrfach zu vergleichbaren bzw. ähnli-

chen Ereignissen gekommen ist (Wiederholung, Ähnlichkeit von Ereignissen) oder dass verschiedene Ursachen aus den Bereichen Technik (z. B. technisches Versagen), Organisation (z.B. organisatorische Hindernisse) und Mensch (z.B. menschlicher Fehler) zusammen aufgetreten sind (Multikausalität von Ursachen), ist es sinnvoll, eine Ereignisanalyse mit SOL 3.0 in Betracht zu ziehen.

5.3.3.2 Womit beginnt eine Ereignisanalyse mit SOL 3.0?

Es hat sich bewährt, dass im Rahmen der Informationssammlung zuerst eine Inaugenscheinnahme vor Ort durchgeführt und dann alle schriftlichen Unterlagen gesammelt und gesichtet werden, die möglicherweise im Zusammenhang mit dem Ereignis stehen könnten. An erster Stelle sind hier die Ereignismeldung bzw. der Ereignisbericht zu nennen oder sonstige schriftliche Unterlagen zum Ereignis selbst. Damit kann man sich schnell einen Überblick darüber verschaffen, was eigentlich passiert ist und wer am Ereignis beteiligt war.

Zusätzlich sollten alle Dokumente und Unterlagen ermittelt und gesichtet werden, die einen ereignis- bzw. fehlerfreien Tätigkeitsablauf beschreiben, z. B. relevante Arbeits- und Verfahrensanweisungen, Unterlagen aus dem Managementsystem, übergeordnete Regelungen zum Verhalten am Arbeitsplatz etc. Auf der Grundlage der Dokumentenanalysen können dann die Interviewpartner festgelegt werden, die im Rahmen der Informationssammlung befragt werden sollen. Es ist hilfreich, wenn die Anzahl der analysierten Dokumente angegeben wird und in anonymisierter Form beschrieben wird, mit wie vielen Personen, aus welchen Bereichen/Abteilungen an welchen Terminen, wie viele Interviews durchgeführt worden sind.

5.3.3.3 Woran erkennt man, dass ein ausreichender Untersuchungsumfang festgelegt wurde?

Die Situationsbeschreibung sollte einen klar definierten Anfangszeitpunkt und einen Endzeitpunkt enthalten. Der Endzeitpunkt einer Ereignisanalyse ist durch den Ereigniszeitpunkt relativ einfach zu bestimmen.

5.3.3.4 Woran erkennt man, ob mit allen relevanten Personen Interviews geführt wurden?

Als Faustregel gilt, dass mit allen Personen, die in irgendeiner Weise, d.h. direkt und indirekt am Ereignis beteiligt waren, Interviews geführt werden sollten. Mit Personen, die nicht direkt am Ereignis beteiligt waren, aber Informationsträger aufgrund ihrer Funktion im Unternehmen sind, ist es ebenso wichtig Gespräche zu führen, da sie Informationen über einen ungestörten Ablauf geben können. Manchmal stellt sich erst im Verlauf der Informationssammlung heraus, dass es weitere oder spezielle Fragen zu klären gibt, so dass dann zusätzliche Personen, an die man vorher nicht gedacht hat, interviewt werden sollten oder ein zweites Gespräch mit einer bereits interviewten Person erforderlich wird.

5.3.3.5 Woran erkennt man, dass eine Situationsbeschreibung vollständig ist?

Der Ereignishergang wurde vollständig ermittelt, wenn das erstellte Zeit-Akteur-Diagramm alle am Ereignis beteiligten Personen und technischen Komponenten enthält und den definierten Analysezeitraum (Anfangspunkt und Endpunkt) umfasst. Zur Kontrolle der Vollständigkeit der Situationsbeschreibung kann man prüfen, ob der Ablauf des Ereignishergangs anhand der erstellten Ereignisbausteine, der Akteure und der in den Ereignisbausteinen beschriebenen Handlungen und Zeitpunkte richtig geordnet, plausibel und verständlich ist. Ein stichprobenartiger Abgleich mit fixen Zeitpunkten, Akteuren und Handlungen aus Ereignismeldungen und

unabhängig angefertigten Ereignisberichten etc. ist sinnvoll. Darüber hinaus sollte man ebenfalls überprüfen, ob jeder Ereignisbaustein wirklich nur einen einzelnen Handlungsschritt von einer einzelnen Person beschreibt oder ob mehrere Handlungsschritte in einem Baustein zusammengefasst wurden, was zu Schwierigkeiten in der anschließenden Ursachensuche führen kann.

5.3.3.6 Wie kann man feststellen, dass die Ursachensuche vollständig durchgeführt wurde?

Neben der Anzahl der ermittelten Ursachen ist der Verteilung der ermittelten Ursachen auf die verschiedenen Bereiche Technik, Organisation und Mensch ein erster Hinweis auf die Vollständigkeit der Ursachensuche. Werden nur sehr wenige Ursachen ermittelt und stammen diese möglicherweise auch nur aus einem der Bereiche Technik, Organisation oder Mensch, kann dieses darauf hindeuten, dass in der Ereignisanalyse nicht tief genug oder nicht systematisch analysiert wurde. Denn ein großes Problem bei der Ereignisanalyse ist, dass häufig nur Ursachen gefunden werden, die man vorher schon vermutete/kannte oder aber, dass die Suche nach Ursachen abgebrochen wird, sobald die erste plausible Erklärung für ein Ereignis gefunden wurde.

5.3.3.7 Müssen zur Ursachensuche in SOL 3.0 immer alle Fragen zu den 20 Faktorenkategorien der Identifikationshilfe durchgegangen werden?

Eine systematische und tiefgehende Ursachenanalyse erfolgt in SOL 3.0 durch die konsequente und vollständige Anwendung der Identifikationshilfe, d.h. Prüfung aller möglichen Faktoren bei **jedem** einzelnen Ereignisbaustein. Damit wird monokausaler Ursachenzuschreibung und verfrühtem Abbruch der Ursachensuche systematisch entgegengewirkt.

5.3.4 Identifikationshilfe für SOL 3.0 – Sicherheit durch Organisationales Lernen

5.3.4.1 Übersicht über beitragende Faktoren

1. Technische Komponenten
2. Auslegungsprinzipien (Design)
3. Ergonomische Aspekte der Informationsgestaltung
4. Arbeitsbedingungen
5. Entscheidungsfindung
6. Arbeitsausführung
7. Abweichung von Vorgaben (SOLL)
8. Kommunikation
9. Führung
10. Kontrolle
11. Einflüsse aus Arbeitsgruppe und Unternehmenskultur
12. Arbeitsplanung und Arbeitsvorbereitung
13. Regeln, Prozeduren und Arbeitsunterlagen
14. Qualitätssicherung und Qualitätsmanagement
15. Verantwortlichkeit und Zuständigkeit
16. Organisation und Management
17. Erfahrungsrückfluss
18. Qualifikation und Training
19. Gutachter und Behörden
20. Einwirkung von außen

1. Technische Komponenten

Als technische Komponenten gelten alle Arten fest installierter oder beweglicher Objekte wie Anlagenteile, Behälter, Armaturen, Schalter, Pumpen, Motoren, leittechnische Baugruppen, Gleichrichter, Transformatoren, Wärmetauscher, Rohrleitungsabschnitte, Hebevorrichtungen, Werkzeuge, etc.

Gab es Probleme mit technischen Komponenten?

Beispiele:

- Versagen eines technischen Bauteils/ einer technischen Komponente
- Fehlfunktion eines technischen Bauteils/ einer technischen Komponente
- Unerwünschte Interaktionen oder fehlende Kompatibilität
- Verschleiß/Korrosion/Defekt einer technischen Komponente
- Fehlauslegung einer technischen Komponente
- Softwarefehler
- Fehlende Verriegelung zur Verhinderung einer Fehlhandlung
- Mangelhafte ergonomische Gestaltung
- ...

2. Auslegungsprinzipien (Design)

Auslegungsprinzipien beschreiben das Design, die Anwendung und das Funktionieren eines gestaffelten Sicherheitssystems (Redundanzen, Diversitäten, Automatisierung etc.).

Spielte die Auslegung der Anlage eine Rolle?

Beispiele:

- Fehlende Redundanz für Bauteile/Komponenten
- Fehlende Diversität von Bauteilen/Anzeigen
- Mangelhafte räumliche Trennung oder fehlender baulicher Schutz von Sicherheitseinrichtungen und Redundanzen
- Entkopplung der elektrischen Sicherheitseinrichtungen, der Betriebs- und Sicherheitssysteme
- Fehlendes sicherheitsgerichtetes Ausfallverhalten
- Fehlende Automatisierung
- Warnanlagen und Sicherheitsfunktionen fehlen
- Fehlende konstruktive Vorkehrungen gegen Fehlbedienung
- Fehlende Trennung von potentiellen Gefahrenquellen
- ...

3. Ergonomische Aspekte der Informationsgestaltung

Information, die mittels einer technischen Einrichtung in Anzeigen dargestellt oder generiert wird und dem menschlichen Sinnesorgan dargeboten wird.

Anzeigen sind Instrumente und sonstige Einrichtungen, die auf Abruf oder automatisch Informationen über den Zustand der Anlage oder den Prozessablauf geben.

Aspekte der Informationsdarstellung sind:

- Erkennbarkeit (Aufmerksamkeit wird zur benötigten Information gelenkt)
- Unterscheidbarkeit (Angezeigte Information kann von anderen Daten unterschieden werden)
- Verständlichkeit (die Bedeutung ist eindeutig, vermittelbar und erkennbar)
- Lesbarkeit (Information ist leicht zu lesen)
- Klarheit (Informationsgehalt wird schnell und genau vermittelt)
- Prägnanz (Nur die Information wird gegeben, die zur Aufgabenbewältigung notwendig ist)
- Konsistenz (gleiche Information wird gleich dargestellt)

Gab es Probleme durch die Informationsgestaltung?

Beispiele:

- Angezeigte Informationen sind schlecht erkennbar und schlecht lesbar
- Informationen sind unzureichend klar, verständlich und konsistent dargeboten
- Mangelnde Unterscheidbarkeit der Informationen
- Menschliche Fähigkeiten zur Verarbeitung von Information sind nicht ausreichend berücksichtigt (Überlastung durch Informations- und Alarmschwall)
- Fehlende Alarmpriorisierung
- Wichtige Informationen für die Bearbeitung der Aufgabe sind in den Arbeitspapieren oder an der Mensch-Maschine-Schnittstelle nicht dargeboten (z.B. Anzeigen für Druck oder Anlagenkennzeichnungen fehlen)
- Redundante Informationen für die Beurteilung des Zustands der Anlage oder von Komponenten sind nicht vorhanden
- Erwartungskonformität : Parameter sind nicht entsprechend ihrer Bedeutung oder entsprechend der gängigen Darstellungsweise angezeigt
- ...

4. Arbeitsbedingungen

Arbeitsbedingungen sind die objektiven Gegebenheiten bei der Arbeitsausführung sowie Merkmale der Arbeitsumgebung und Arbeitsaufgabe (Beleuchtung, Temperatur, Lärm, Strahlung, Zugluft, Vibration), die sich auf die Erledigung der Arbeitsaufgabe belastend oder förderlich auswirken.

Spielten die Arbeitsbedingungen eine Rolle?

Beispiele:

- Fehlender Schutz vor störenden Arbeitsbedingungen wie Lärm, Hitze, Staub, Enge, schlechten Beleuchtungsverhältnissen, gesundheitsgefährdenden Stoffen, Strahlenbelastung
- Fehlende, unzureichende oder nicht-ergonomische Arbeits- und Hilfsmittel für die Tätigkeit
- Mangelnder Schutz vor Fehlbedienung (Bestätigung von Eingaben und Schalthandlungen, Hinweis auf Fehlbedienungen, Korrekturmöglichkeit nach Fehlbedienung)
- Fehlende Arbeitsunterlagen vor Ort
- Zeit- oder Leistungsdruck bei der Ausführung der Aufgabe
- Störung oder Ablenkung bei der Aufgabendurchführung
- Beeinträchtigung durch ungünstige Arbeitszeit oder fehlende Pausen
- Probleme durch fehlende Eingriffsmöglichkeiten in die Prozesssteuerung
- ...

5. Entscheidungsfindung

Eine Entscheidung ist die Auswahl einer zu realisierenden Möglichkeit aus einem Feld gegebener realer Möglichkeiten, also eine Wahl zwischen Handlungsoptionen oder zwischen mehreren unterschiedlichen Varianten, die von einem oder mehreren Entscheidungsträgern in Zusammenhang einer sofortigen oder späteren Umsetzung getroffen wird. Eine rational begründete Entscheidung richtet sich nach vorhandenen Zielen oder Wertmaßstäben. Wichtig für die Entscheidungsfindung sind die antizipierten erwünschten und unerwünschten Folgen der Entscheidung.

Spielten Entscheidungsprozesse oder Risikoabschätzung eine Rolle?

Beispiele:

- Fehlerhafte oder unangemessene Abwägung von Entscheidungsoptionen z. B. aufgrund unzureichender Informationsgrundlage, falscher Vorstellungen (mentaler Modelle)
- Fehlende konservative Entscheidungsfindung (z. B. FORDEC)
- Fehlende oder unzureichende Gefahren-/ Risikoabschätzung für Anlage, Mensch und Umwelt
- Unzureichende sicherheitstechnische Bewertung
- Unzureichendes Hinterfragen der Bedingungen für die Arbeitsausführung z. B. Verlegung von Arbeiten in andere Anlagen-/Systemzustände
- Fehlendes Überprüfen von Entscheidungen nach Situationsänderungen, d. h. Ausgangslage für Arbeitsausführung hat sich geändert
- Wichtige Entscheidungen werden nicht oder zu spät getroffen
- Unzureichender Einbezug oder Beachtung anderer Meinungen, kritischer Anmerkungen
- ...

6. Arbeitsausführung

Arbeitsausführung ist die zielgerichtete menschliche Tätigkeit, die der Aneignung und Veränderung der Umwelt dient, sei es aufgrund von selbst- oder fremdbestimmten Arbeitsaufgaben.

Durch die Arbeitsaufgabe werden an die ausführende Person Anforderungen herangetragen, denen sie mit ihren Leistungsvoraussetzungen entsprechen muss.

Spielte das Arbeitsverhalten oder die Ausführung der Arbeit eine Rolle?

Beispiele:

- Unzureichende Arbeitsausführung
- Vertauschen oder Auslassen von Arbeitsschritten
- Arbeiten ohne benötigte Arbeitsunterlagen (Betriebsvorschriften, Anweisungen, Zeichnungen oder andere Referenzen)
- Arbeiten ohne benötigte Arbeitsmittel
- Unterbrechen der Arbeitsausführung
- Aufgabe wurde nicht korrekt beendet
- Vorbedingungen für Arbeitsausführung nicht überprüft
- ...

7. Abweichung von Vorgaben (SOLL)

Als Abweichung von Vorgaben (SOLL) wird bezeichnet, wenn wissentlich oder unwissentlich von Dokumenten, Prozeduren oder Arbeitsunterlagen abgewichen wird bzw. diese teilweise oder vollständig nicht eingehalten oder außer Acht gelassen werden.

Gab es Personalhandlungen, die von Vorgaben (SOLL) abwichen?

Beispiele:

- Arbeitsausführung, die von Vorgaben (Vorschriften, Arbeitsanweisungen, Prozessabläufe, mündliche Vorgaben) abweicht
- Unzulässiges Auslassen oder Zusammenfassen von Arbeitsschritten
- Regelwidriges Übernehmen von Arbeitsweisen aus anderen Situationen
- Nichteinhalten von Sicherheitsbestimmungen
- Das Umgehen von Kontrollprinzipien ("4-Augen-Prinzip")
- Arbeitsroutinen, die von Vorgaben zumindest teilweise abweichen
- Betriebsbedingungen entsprechen nicht der Auslegung
- Abweichung der Auslegung von Planung und Genehmigung
- Eingesetzte Stoffe entsprechen nicht der Verfahrensentwicklung, Auslegung und Genehmigung
- ...

8. Kommunikation

Kommunikation ist der direkte oder indirekte Austausch von Informationen zwischen Menschen.

Es braucht mindestens

- je einen Sender und Empfänger
- eine Nachricht (Information)
- ein gemeinsames Zeichensystem, das sowohl Sender als auch Empfänger verschlüsseln (enkodieren) und entschlüsseln (dekodieren) können
- auf Seiten von Sender und Empfänger die Möglichkeiten und Fähigkeiten der Dekodierung und Enkodierung
- einen Kanal, auf dem die Nachricht weitergegeben werden kann
- einen Kontext, in dem Kommunikation stattfindet.

Gab es Schwierigkeiten oder Störungen bei der Kommunikation?

- Beispiele:
 - Wichtige Informationen wurden zu spät oder nicht verbreitet
 - Fehlende oder unvollständige Weitergabe von Information bei der Schichtübergabe z. B. Briefing, Schichtübergabe, ...
 - Regeln für die Weitergabe von Informationen waren unzureichend oder fehlten (z. B. was soll wer, wie und wann an Informationen weitergeben?)
 - Hindernisse oder Störungen des Informationsaustausches
 - zwischen oder innerhalb einzelner Abteilungen
 - zwischen Anlage und Externen (Hersteller, Gutachter, Fremdfirmen, Behörde)
 - Unzureichende Anwendung von Kommunikationsregeln (3-Wege-Kommunikation, phonetisches Alphabet)
 - ...

9. Führung

Führung ist die durch Interaktion vermittelte Ausrichtung des Handelns von Individuen und Gruppen auf die Verwirklichung vorgegebener Ziele, d. h. zielorientierte Verhaltensbeeinflussung.

Neben der Orientierung auf die Erreichung von Zielen durch Individuen und Gruppen in Organisationen bestehen Führungsfunktionen in der Motivation der Mitarbeiter und in der Sicherung des Gruppenzusammenhalts. Führung wird so als soziale Fähigkeit einer Person im Umgang mit Menschen betrachtet. Neben Persönlichkeitseigenschaften des Vorgesetzten haben weitere Faktoren wie die fachliche Autorität, die situativen Bedingungen, der Einsatz von Führungstechniken und die sozialen Beziehungen eine entscheidende Bedeutung für eine erfolgreiche Führung.

Könnten Aspekte der Führung eine Rolle gespielt haben?

Beispiele:

- Fehlende Priorisierung von Kontrollaufgaben
- Fehlende Vorbildfunktion
- Unternehmensziele und -werte werden von der Führungskraft nicht glaubwürdig vertreten, Selbstverpflichtung
- Führungskraft formuliert keine Erwartungen
- Zu hohe Leistungsvorgaben der Führungskraft, Weitergabe Druck-von-Oben
- Fehlendes Feedback für die Arbeitsausführung (Lob und Kritik)
- Fehlende Motivation der Mitarbeiter
- Duldung einer allgemein gängigen Praxis für die Durchführung bestimmter Arbeiten, die von den vorgeschriebenen Regeln zumindest teilweise abweicht
- Fehlende Sanktionierung von Regelabweichung
- Führungskraft ist kein Ansprechpartner für Mitarbeiter
- Fehlende Kritikfähigkeit
- Unangemessene Aufsicht durch Vorgesetzten
- Unzureichende Vertretung der Anliegen der Mitarbeiter gegenüber Unternehmensführung
- ...

10. Kontrolle

Kontrolle bedeutet das Überprüfen von Arbeitstätigkeiten, Aufgabendurchführungen, Ergebnissen und Zielerreichung durch den Ausführenden, durch Kollegen oder durch Vorgesetzte.

Wurde die Arbeitsausführung unzureichend kontrolliert?

Beispiele:

- Unzureichende Einplanung von Kontrollschritten
- Unzureichende Eigenkontrolle
- Fehlende Überprüfung der Arbeiten durch Vorgesetzte oder Mitarbeiter (Peer Check)
- Fehlende Überprüfung der Arbeitsergebnisse durch Vorgesetzte oder Mitarbeiter
- Unzureichende Anwendung üblicher Kontrollprinzipien z. B. 4-Augen-Prinzip
- Ausschließliche Kontrolle des Arbeitsergebnisses, geringe Bewertung der sicheren Ausführung
- Mangelnde Vorkehrung gegen Verletzungen des Unabhängigkeitsprinzips bei Kontrollen
- ...

11. Einflüsse aus Arbeitsgruppe und Unternehmenskultur

Einflüsse aus der Arbeitsgruppe beschreiben Abhängigkeiten individuellen Entscheidens und Handelns von Wechselwirkungen mit dem Verhalten anderer Personen (Arbeitsgruppe). Unter dem Begriff Unternehmenskultur versteht man das für eine Organisation spezifische Gefüge aus Werten, Normen und Einstellungen, das sich im Laufe der Zeit seit Bestehen der Organisation herausgebildet hat und welches das Verhalten aller Mitarbeiter und somit das Erscheinungsbild eines Unternehmens prägen: „So wie wir das hier machen“.

Gab es Einflüsse aus der Arbeitsgruppe oder von der Unternehmenskultur?

Beispiele:

- Anwendung ungeschriebener Regeln trotz vorhandener widersprechender expliziter Regeln ("Das machen wir hier so.")
- Fehleinschätzung der Leistung in der Gruppe (Überschätzung, übersteigerte Selbstsicherheit)
- Allmähliches Abgleiten in risikoreichere Verhaltensweisen aufgrund von Meinungsaustausch innerhalb der Gruppe (Risk-Shift, Risk-Drift)
- Ausgrenzung von warnenden oder mahnenden Meinungen, Abschottung gegenüber Kritik (Probleme klein reden, nicht annehmen, "Schwarzseher")
- Unzureichende Kooperation aufgrund von Absicherungs- oder Verteidigungsstrategien
- Einfluss durch Stellung oder Hierarchie: Angst, der Führungskraft oder (vermeintlichen) Experten zu widersprechen oder sie zu kritisieren
- Selbstschutzmechanismen (Keine Nachfragen aus Angst vor Bloßstellung, Fehler nicht zugeben)
- Negative Einflüsse aus Arbeitsklima, Unternehmenskultur (Respektloser Umgang, blame culture)
- Unangemessenes Vertrauen (zu viel oder zu wenig Vertrauen in Fähigkeiten, Arbeitsverhalten von Kollegen)
- Falsche oder unzureichende gemeinsame mentale Modelle (Tendenz zu vereinfachenden Erklärungen)
- Gemeinsames Übertreten/Nichtbeachten von Bestimmungen oder Regeln
- ...

12. **Arbeitsplanung und Arbeitsvorbereitung**

Gesamtheit aller Tätigkeiten, die zur Vorbereitung und Koordination von durchzuführenden Arbeitsaufgaben erforderlich sind.

War die Planung der Aufgaben oder die Arbeitsvorbereitung unzureichend?

Beispiele:

- Unangemessene Zeitvorgaben für die Arbeitsaufgaben resp. unrealistische Zeitplanung
- Sich widersprechende Aufgaben
- Bei Planung der Aufgaben die Qualifikation der Ausführenden nicht berücksichtigt
- Bei Planung der Aufgaben keine Puffer und Haltepunkte berücksichtigt
- Abhängigkeiten und Auswirkungen nicht berücksichtigt
- Antragstellung/Beauftragung vor Fertigstellung der Planung
- Nicht eindeutig formulierte Aufgaben
- Nicht ausreichende oder fehlende Koordination der Aufgaben
- Unzureichende Aufgabenbesprechungen (Briefing/Debriefing)
- Entstehung von Zeit- oder Leistungsdruck durch Aufgabenmenge, Aufgabenschwierigkeit oder fehlende Ressourcen
- ...

13. Regeln, Prozeduren und Arbeitsunterlagen

Alle Unterlagen, welche die Betriebsvoraussetzungen betreffen, den Arbeitsablauf regeln bzw. vorschreiben oder bei der Arbeitsdurchführung verwendet werden.

Gab es Probleme mit Regeln, Prozeduren oder Arbeitsunterlagen?

Beispiele:

- Regeln, Prozeduren oder Arbeitsunterlagen sind unangemessen entwickelt
- Regeln, Prozeduren oder Arbeitsunterlagen sind nicht aktualisiert
- Veränderungen in Dokumenten sind nicht ausreichend gekennzeichnet (Revisionsindex)
- Regeln, Prozeduren oder Arbeitsunterlagen fehlen (keine Regel, nicht vor Ort, Exemplar veraltet)
- Regeln, Prozeduren oder Arbeitsunterlagen sind schlecht handhabbar (schlechte Ergonomie)
- Regeln, Prozeduren oder Arbeitsunterlagen sind nicht ausführbar (fehlende Checkliste, fehlendes Mitnahmeexemplar)
- Regeln, Prozeduren oder Arbeitsunterlagen sind widersprüchlich (Inkonsistenz zwischen betrieblichen Regelwerken)
- Regeln, Prozeduren oder Arbeitsunterlagen sind unbekannt
- Regeln, Prozeduren oder Arbeitsunterlagen sind unverständlich
- Regeln, Prozeduren oder Arbeitsunterlagen sind missverständlich
- In Regeln, Prozeduren oder Arbeitsunterlagen fehlen wichtige Zusatzinformationen
- Unklare Hierarchie zu verwendender Regelwerke
- ...

14. Sicherheitsmanagement, Qualitätssicherung und Qualitätsmanagement

Qualitätssicherung bezeichnet die Maßnahmen zum Erreichen umfassender Verbesserungen während des gesamten Produktions- und Arbeitsprozesses. Durch die Qualitätssicherung sollen die festgelegten Qualitätsvorgaben gewährleistet werden.

Qualitätsmanagement umfasst die Planung, Steuerung und Überwachung der Qualität eines Prozesses bzw. Prozessergebnisses; d. h. es beinhaltet Qualitätsplanung, -lenkung, -prüfung, -verbesserung und -sicherung.

Gab es Probleme mit dem Sicherheitsmanagement, in der Qualitätssicherung/ im Qualitätsmanagement?

Beispiele:

- Unangemessene Qualitätskontrolle bzw. unangemessenes Qualitätssicherungsprogramm
- Fehlende oder unangemessene Anwendung des Qualitätsmanagements auf Fremdfirmen oder Hersteller/Unterauftragnehmer
- Fehlende Verantwortung für die Kontrolle der Arbeiten von Fremdfirmen/Herstellern/Unterauftragnehmer
- Fehlende Wareneingangskontrolle
- Stichprobenumfang für Prüfungen zu klein
- ...

15. Verantwortlichkeit und Zuständigkeit

Zuständigkeit ist die durch betriebliche Unterlagen oder Anweisungen auferlegte Verantwortung für eine Arbeitsaufgabe oder einen Arbeitsbereich. Verantwortlichkeit ist die Übernahme der Verantwortung.

Waren die Verantwortlichkeiten oder Zuständigkeiten nicht eindeutig geregelt oder unbekannt?

Beispiele:

- Aufgabenverteilung nicht eindeutig oder nicht angemessen kommuniziert
- Keine klare Verantwortungsfestlegung und -übernahme
- Kein Kongruenzprinzip (Mitarbeiter hat keine Entscheidungsbefugnis, ist aber verantwortlich für Aufgabe)
- Verantwortungsdiffusion (eine Aufgabe wird trotz ausreichender Zahl und Aufmerksamkeit dafür geeigneter Personen/Stellen nicht angenommen resp. ausgeführt)
- Für wichtige Aufgaben fehlte Zuständigkeitsregelung
- Diskrepanzen zwischen der offiziellen und der tatsächlichen Rollenverteilung (Stellung)
- Arbeitsteilung zwischen Organisationseinheiten nicht eindeutig
- ...

16. Organisation und Management

Die Leitung einer Organisation umfasst Planung, Grundsatzentscheidungen, Steuerung und Kontrolle. Der Begriff bezeichnet einerseits die Tätigkeit bzw. Funktion (Managementfunktionen), andererseits die Methoden der verantwortlichen und zielorientierten Leitung und Planung von Organisationen (z. B. Personalpolitik, Ressourcenzuteilung und Zielsetzung).

Könnten die Organisation oder das Management einen Einfluss gehabt haben?

Beispiele:

- Werte und Ziele des Unternehmens nicht ausreichend entwickelt und kommuniziert
- Werte und Ziele des Unternehmens nicht immer ernst genommen oder glaubwürdig vertreten
- Fehlende oder unzureichende Führungsgrundsätze des Unternehmens
- Fehlende Instrumente und Methoden zur Unternehmenssteuerung (Managementsystem, Indikatoren, Managementreview)
- Inadäquate Nutzung vorhandener Instrumente und Methoden zur Unternehmenssteuerung
- Unzureichende Festlegung von Maßnahmen aus Reviews, Kontrollen, Bewertungen
- Unzureichende Zuteilung von Ressourcen (Personal, Geld, Zeit etc.) für die Erreichung der Ziele und für notwendige Verbesserungen
- Zu hohe Leistungsvorgaben des Managements
- Mangelnde Kenntnis oder falsche Vorstellungen über die Umsetzung von Vorgaben vor Ort (Betriebsgeschehen)
- Zu langsame Umsetzung von Veränderungen/Verbesserungen (Bürokratisierung)
- Nicht adäquate Bedeutungszuschreibung von Wissensmanagement, Human-Resource-Management, Change Management, Sicherheits- und Gesundheitsmanagement, Qualitätsmanagement und Fremdfirmenmanagement
- Interessenskonflikte z. B. Sicherheit vs. Produktivität vs. Qualität
- Ungeeignete Instandhaltungsstrategie oder inadäquates Prüfmanagement
- ...

17. Erfahrungsrückfluss

Erfahrungsrückfluss beschreibt das Organisationale Lernen aus Fehlern, Ereignissen, Problemen, Projektberichten, Erfahrungen einzelner Mitarbeiter etc. Erfahrungsrückfluss heißt die systematische Analyse, Bewertung und Kommunikation vom Betriebsgeschehen und die systematische Überprüfung der Übertragbarkeit von Erfahrungen aus anderen Anlagen.

Gab es eine unzureichende Nutzung von Betriebserfahrung?

Beispiele:

- Fehlende oder unzureichende Regelung für die Erfahrungsauswertung und den Erfahrungsrückfluss
- Unzureichende Nutzung potentieller interner Quellen für die Erfahrungsauswertung beispielsweise Beinahe-Ereignisse, Abteilungsbesprechungen, Begehungen, Tätigkeitsbeobachtungen, Debriefings
- Erfahrungen externer Organisationen nicht berücksichtigt wie unter anderem von Herstellern, Lieferanten, Sachverständigen
- Ungeeignete Verfahren zur Erfahrungsauswertung
- Unzureichende Erfahrungsauswertung (zu frühe Abbruchkriterien)
- Auswertung nur bezogen auf den Einzelfall (keine ereignisübergreifende Auswertung, keine Trendberichte)
- Problem mit Bauteil/Komponente nicht auf andere Bauteile/Komponenten übertragen
- Erkenntnisse aus ähnlichen Ereignissen wurden nicht berücksichtigt (wiederkehrende Ereignisse)
- Für bekanntes Problem werden keine notwendigen Maßnahmen eingeführt
- Fehlende betriebliche Regelungen zur Verbesserung von erkannten Problemereichen
- Erkenntnisse aus Vorfällen, Ereignissen führten nicht zu Konsequenzen
- Unzureichende Ableitung generischer Erkenntnisse
- Unzureichende Kommunikation über gewonnene Erkenntnisse (lessons learned)
- Unzureichende oder nicht definierte Kommunikationswege für den Erfahrungsrückfluss
- Keine systematische zielgruppenorientierte Vermittlung von Erkenntnissen aus Ereignissen oder Beinahe-Ereignissen
- ...

18. Qualifikation und Training

Qualifikation ist die Gesamtheit der Merkmale und Fähigkeiten einer Person, die dazu führen, dass die Anforderungen im Arbeitsprozess erfolgreich bewältigt werden können. Qualifikation umfasst fachliche und prozessgebundene Fertigkeiten (zur beruflichen Tätigkeit erforderlichen spezifischen Kenntnisse und Fähigkeiten) sowie fachübergreifende und prozessunabhängige Fertigkeiten, wie z. B. Flexibilität, technische Intelligenz, technische Sensibilität und Verantwortung, die Fähigkeit zum Problemlösen, zur Kooperation und Kommunikation in einer Arbeitsgruppe (soziale Kompetenz).

Unter Training versteht man die planmäßige Durchführung eines Programms mit dem Ziel, Kenntnisse, Fähigkeiten und Handlungskompetenzen von Beschäftigten zu erhalten, neuen Begebenheiten anzupassen, zu verbessern und gegebenenfalls Verhaltensweisen zu verändern.

Gab es Hinweise auf unzureichende Qualifikation oder fehlendes Training?

Beispiele:

- Unzureichende Ausbildung der Mitarbeiter
- Fehlende Überprüfung der benötigten Qualifikation (auch Fremdfirmenpersonal)
- Ungeeignete Kriterien zur Personalauswahl
- Keine Übereinstimmung zwischen Qualifikation und Stellung innerhalb der Hierarchie
- Mangelhafte Berücksichtigung außerberuflicher (sozialer) Kompetenzen bei der Personalauswahl (z. B. Kooperationsverhalten, Durchsetzungsvermögen)
- Zu wenig Erfahrung der Mitarbeiter (mangelnde Praxis)
- Fehlendes oder ungenügendes Schulungsangebot, unzureichende Schulungspläne
- Ineffektive Trainingsmaßnahmen (fehlender Praxisbezug, keine Vermittlung von Handlungskompetenzen)
- Zu große zeitliche Abstände zwischen Trainingsmaßnahmen
- Fehlende Überprüfung der Trainingsergebnisse
- Unzureichende Gefahrensensibilisierung
- Unzureichendes Verhaltenstraining für aufgetretene Situation
- ...

19. Gutachter und Behörden

Einfluss durch Auflagen, Genehmigungen etc. seitens der Behörden und Gutachter.

Spielten Entscheidungen von Behörden oder Sachverständigen eine Rolle?

Beispiele:

- Schwierigkeiten in der Zusammenarbeit mit Behörden/Sachverständigen
- Störung des Betriebsablaufs durch Betriebskontrollen
- Nicht praxisgerechte Anforderungen oder Auflagen
- Mangelnde Dokumentation von Vereinbarungen und Absprachen
- Nicht ganz ausreichende fachliche Kompetenz bei Gutachter und Behörden
- ...

20. Einwirkung von außen

Einwirkung von außen steht für Einflüsse aus der Umwelt wie beispielsweise extreme Wetterbedingungen (Hitze/Kälte, Nebel, etc.), Naturereignisse (Blitzschlag, Erdbeben, etc.) oder auch Sabotage, Angriff.

Spielte eine "Einwirkung von außen" eine Rolle?

Beispiele:

- Extreme Wetterbedingungen wie Hitze/Kälte, Nebel, Schnee/Eis, Regen/Hagel, Gewitter
- Naturereignisse wie Blitzschlag, Überschwemmung, Erdbeben
- Sabotage, Angriff
- Angriffe auf die IT (Schadsoftware, Identitätsübernahme)
- Netzausfälle
- ...

5.4 Manual Storybuilder/BowTie

Abbildung 9: Handlungsschritte Storybuilder/BowTie

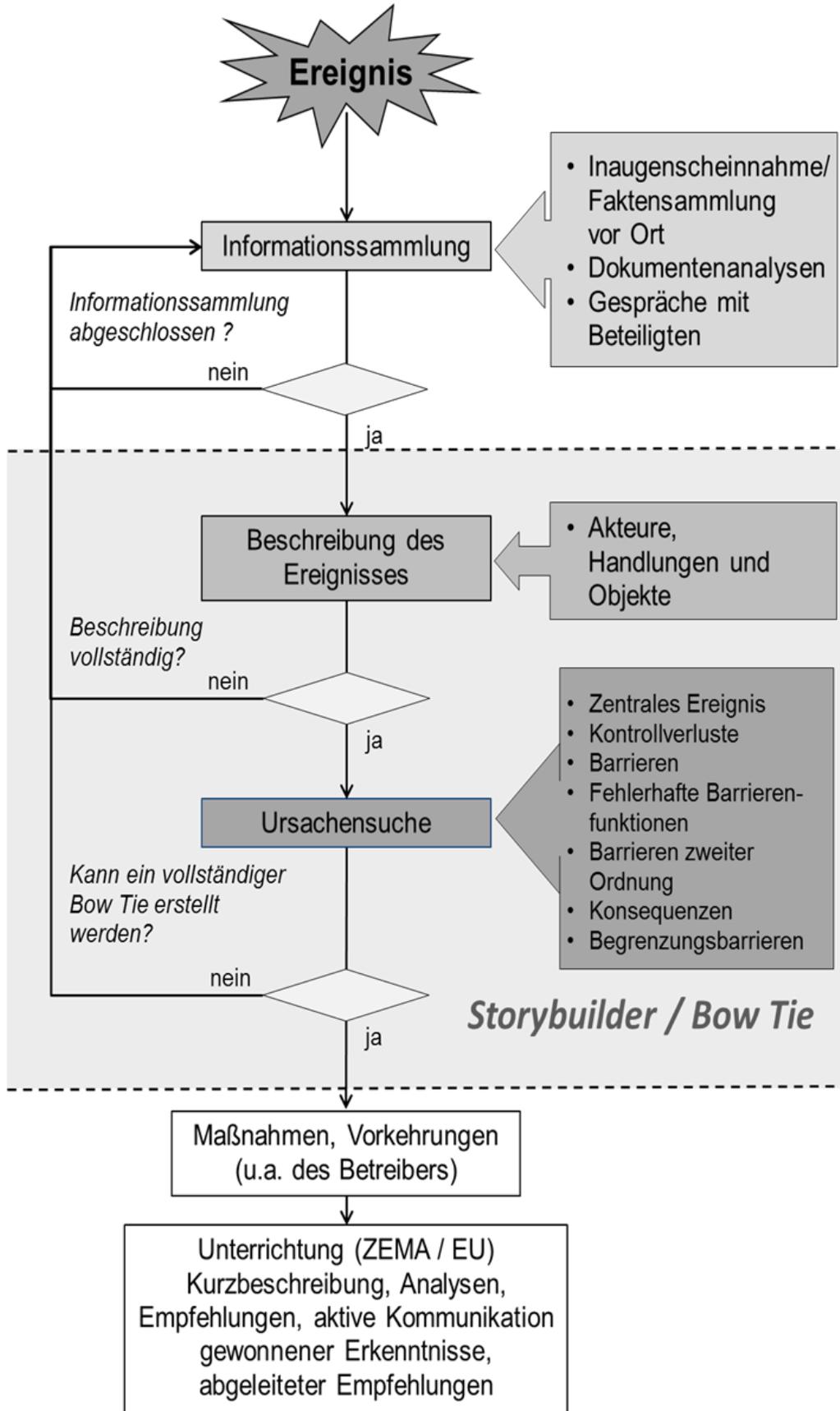


Tabelle 6: Kurzanleitung Storybuilder/BowTie

Schritt	Storybuilder/BowTie
Beschreibung des Ereignisablaufs	Ablaufbeschreibung unter Berücksichtigung der folgenden Punkte: <ul style="list-style-type: none"> - Wer (Akteur, Mensch, technische Komponente) - Was (Objekte) - Aktionen (Handlungen, Reaktionen)
Ursachensuche	<ol style="list-style-type: none"> 1. Bestimmung des zentralen Ereignisses 2. Identifizieren der Kontrollverluste 3. Identifikation von Barrieren 4. Identifikation fehlerhafter Barrierenfunktionen 5. Identifikation von Barrieren zweiter Ordnung 6. Bestimmung der Konsequenzen 7. Bestimmung der Begrenzungsbarrieren
Maßnahmen	Sind für alle Eskalierungsfaktoren und Kontrollverluste Maßnahmen abgeleitet?
Folgen	Nennen der Ereignisfolgen und der versagenden Begrenzungsbarrieren

5.4.1 Einführung

Storybuilder wurde im Rahmen des Occupational Risk Model für das Niederländische Arbeitsministerium entwickelt. Storybuilder ist eine Software für die Analyse industrieller Ereignisberichte, d. h. die Daten bereits analysierter Arbeitsunfälle werden hier zusammengeführt und verarbeitet. Die Methode basiert auf dem BowTie-Modell und dem Barrierenkonzept. Theoretische Grundlage ist das Schweizer Käsemodell von Reason. BowTies sind eine anerkannte Methode, um Gefährdungen zu identifizieren und danach zu kontrollieren. Auf der linken Seite des BowTie werden Ereignisse oder Gefahren abgebildet, die unsichere Bedingungen kreieren können. Eine Reihe von Barrieren oder Kontrollen werden eingeführt, um die Wahrscheinlichkeit eines Ereigniseintritts zu reduzieren. Auf der rechten Seite des BowTie werden die Barrieren abgebildet, die Auswirkungen begrenzen und damit die Schwere der Folgen eines Ereignisses, sollte es eintreten, reduzieren. Die linke Seite stellt also einen Fehlerbaum dar, die rechte einen Ereignisbaum. Barrieren dienen der Risikoreduktion und müssen folgende Bedingungen erfüllen:

- in der Lage sein, eine Gefahr zu stoppen,
- effektiv bei der Minimierung der Konsequenzen sein
- unabhängig von anderen Barrieren in der gleichen Gefahrenlinie sein.

Bei der Analyse soll identifiziert werden was passierte (Ereignisbeschreibung), wie es passierte (welche Barrieren versagten) und warum es passierte (d.h. warum die Barrieren versagten). Hierbei soll für jede einzelne versagende oder fehlende Barriere die zugrundeliegende Ursache ermittelt werden.

Es gibt verschiedene Schritte, die mit festen Begriffen verknüpft sind, die allerdings bei verschiedenen Autoren unterschiedlich benannt werden.

Die Unfallberichte werden beim Storybuilder von narrativen Texten, die den Ereignisablauf beschreiben, in eine BowTie-Struktur überführt, indem vordefinierte Bausteine gebildet und im BowTie angeordnet werden wie beispielsweise Kontrollverlustereignis, Barrierenversagen, Eskalierungsfaktoren. Für verschiedene Unfallarten gibt es in der Software-Datenbank bereits existierende BowTies, die ausgewählt werden können, wie beispielsweise „Chemische Exposition, Feuer/Brand, Stoffe in der

Atmosphäre“. Weitere Ereignisse können an diesen gespiegelt werden. Die Methode wird zur Identifikation von Trends und zugrunde liegenden Ursachen sowie zur Maßnahmenableitung verwandt.

Vor der Analyse muss eine Ereignisbeschreibung erstellt werden. Die Analyse, d.h. die Erstellung des BowTie besteht aus sieben Schritten:

1. Bestimmung des **zentralen Ereignisses**: Das zentrale Ereignis (top event, center event) beschreibt die Freisetzung eines gefährlichen Agenten (Energie) und dessen Berührung mit der Anlage, dem Menschen oder der Umwelt, beispielsweise oder „Freisetzung einer gefährlichen Substanz“ und das einen ungewünschten Systemstatus darstellt.
2. Identifizierung des oder der **Kontrollverluste**, die das zentrale Ereignis verursacht haben: ein Kontrollverlust weist auf das Versagen einer Sicherheitsfunktion hin. Hier werden mögliche direkte Ursachen (threats, Kontrollverluste) für das zentrale Ereignis identifiziert beispielsweise „Leckage“ oder „Überfüllung“.
3. Identifikation **von Barrieren**: In diesem Schritt soll nun geklärt werden, wo etwas falsch gelaufen ist, d.h. welche Barrieren versagt haben, die das Ereignis verhindern sollten. Dem BowTie werden Barrieren (prevention controls, safety barriers) hinzugefügt, die die Kontrollverluste (Ursachen) und das zentrale Ereignis verhindern sollten.
4. Identifikation der **fehlerhaften Barrierenfunktion**: Hier werden Eskalierungsfaktoren (escalation factors, safety barrier task) bestimmt, d.h. Bedingungen, die die Barrierenfunktion beeinflussen. Eskalierungsfaktoren reduzieren die Effektivität der Barrieren und können ihr Versagen verursachen.
5. Identifikation von **Barrieren zweiter Ordnung**: Die Barrieren zweiter Ordnung (escalation factor controls, management delivery systems) sollten verhindern, dass die Eskalierungsfaktoren die Barrierenfunktion schwächen. Diese Barrieren befinden sich zwischen Eskalierungsfaktor und der Barriere erster Ordnung.
6. In diesem Schritt werden die möglichen **Konsequenzen** (consequence), deren Ergebnis Schaden oder Verlust sind, bestimmt. Die Konsequenzen sind unerwünschte Ereignisse (Störfälle oder sicherheitskritische Ereignisse), die Folgen des zentralen Ereignisses sind.
7. Hier werden die **Begrenzungsbarrieren** (recovery controls) ergänzt, die die Folgen (Auswirkungen, Konsequenzen) verhindern oder abmildern sollten. Diese sollen die Wahrscheinlichkeit der Folgen reduzieren oder die Schwere der Folgen abmildern.

5.4.2 Vorgehensweise bei Story-Builder/BowTie

5.4.2.1 Bestimmung des zentralen Ereignisses

Bestimmung des **zentralen Ereignisses**: Das zentrale Ereignis (top event, center event) beschreibt die Freisetzung eines gefährlichen Agenten (Energie) und dessen Berührung mit der Anlage, dem Menschen oder der Umwelt, beispielsweise oder „Freisetzung einer gefährlichen Substanz“ und das einen ungewünschten Systemstatus darstellt. Das zentrale Ereignis ist der Punkt, bei dem es zu einer Freisetzung oder einem Kontrollverlust im Hinblick auf das Gefährdungspotenzial kommt. Das zentrale Ereignis steht im Mittelpunkt des BowTie und wird durch einen Kreis symbolisiert. Das zentrale Ereignis beschreibt was passiert, wenn die Kontrollen versagen. Von ihm aus wird in den ersten Schritten in die Vergangenheit ermittelt. Einen Sonderfall stellen hier Beinahe-Ereignisse dar, da in der Regel das eigentliche Ereignis verhindert wurde. Hier sollte als zentrales Ereignis die mögliche Folge des Beinahe-Ereignisses wie beispielsweise Stofffreisetzung gewählt werden. Im Folgenden kann dann wieder nach Manual vorgegangen werden.

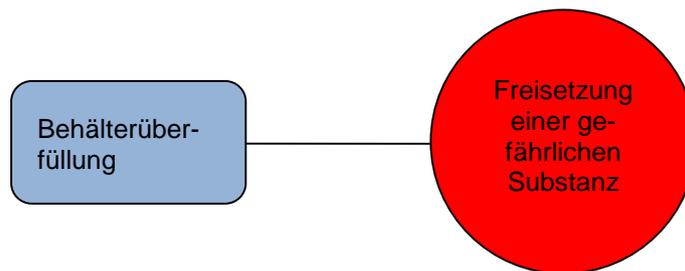
Abbildung 10: Zentrales Ereignis



5.4.2.2 Identifizierung des oder der Kontrollverluste

Identifizierung des oder der **Kontrollverluste**, die das zentrale Ereignis verursacht haben: ein Kontrollverlust weist auf das Versagen einer Sicherheitsfunktion hin. Hailwood und Heuer (2007) nennen diese Auslöser. Hier werden mögliche direkte Ursachen (threats, Kontrollverluste) benannt. Diese Ursachen sind Ereignisse, die einen unsicheren Status verursachen, wenn sie nicht durch Barrieren gehindert werden. Die Ursachen müssen immer direkt oder unmittelbar sein, d.h. es sollte eine logische Ursachen-Wirkungs-Beziehung zwischen der Ursache und dem zentralen Ereignis bestehen. Die Ursachen werden links vom zentralen Ereignis dargestellt. Beispiele sind „Behälterüberfüllung“ oder „Leckage“. Kontrollverlustereignisse sollen notwendig und hinreichend sein, um das Ereignis/den Unfall zu rekonstruieren.

Abbildung 11: Auslöser/Kontrollverlust



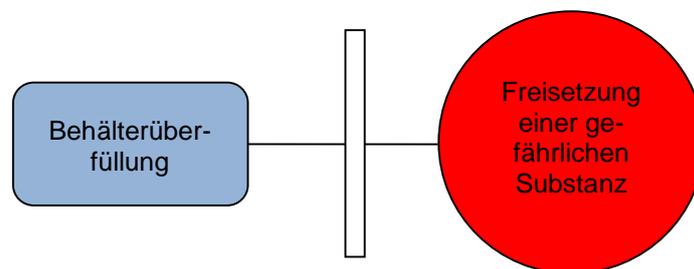
Sie werden durch Rechtecke links vom zentralen Ereignis dargestellt. Hiermit sollten die Fragen beantwortet werden „Was verursachte, dass eine Gefahr wirksam wurde? Und „wie konnte die Kontrolle verloren gehen“. Basis für die Identifizierung der Kontrollverluste ist die Ereignisbeschreibung.

5.4.2.3 Identifikation von Barrieren

Identifikation von **Barrieren**: Durch die Integration des zentralen Ereignisses und der Kontrollverluste wurde das „was“ des Ereignisses geklärt, d.h. es wurde beschrieben, was passiert ist. In diesem Schritt soll nun geklärt werden, wo etwas falsch gelaufen ist, d.h. welche Barrieren versagt haben, die das Ereignis verhindern sollten. Dem BowTie werden Barrieren (prevention controls, safety barriers), von Hailwood und Heuer (2007) verhindernde Maßnahmen genannt, hinzugefügt, die die Kontrollverluste Ursachen und das zentrale Ereignis verhindern sollten. Entweder sollten die Barrieren die Ursache vollständig verhindern oder sie sollten verhindern, dass die Ursache sich zum zentralen Ereignis entwickelt. Sie werden links zwischen Ursache und zentralem Ereignis dargestellt. Barrieren, die ihre Funktion erfüllt haben, werden als ausgefüllte Rechtecke dargestellt. Barrieren, die versagten, werden als leere Rechtecke eingefügt. Beispiele sind „Füllstandmessung“ oder „Sicherheitsventil mit Überlauf“. Hailwood und Heuer (2007) nennen sechs Bereiche von verhindernden Maßnahmen:

1. **Organisatorische Maßnahmen** wie Unterweisungen für interne und externe Mitarbeiter für den Regel- und für den gestörten Betrieb
2. **Sicherheitseinrichtungen**, die einen gestörten Prozess einfangen, wie Sicherheitsventile, Berstscheiben, Abschaltungen und PLT-Schutzeinrichtungen
3. **Alarmierungen**, die einen gestörten Prozess anzeigen, wie Alarmer, die im Prozessleitsystem auflaufen oder Mitarbeiter informieren oder direkte Abschaltungen auslösen
4. **Wartung und Instandhaltung** entsprechend der Herstellerangaben einzelner Komponenten oder aufgrund von Betriebserfahrungen
5. **Anlagendimensionierung** wie druckfeste Auslegung, Verwendung beständiger Materialien oder ausreichender Statik
6. **Regelungstechnik**, die den Prozess durch Regelung von Parametern wie Druck, Temperatur oder Füllstand im Normbereich hält

Abbildung 12: Barriere/verhindernde Maßnahme

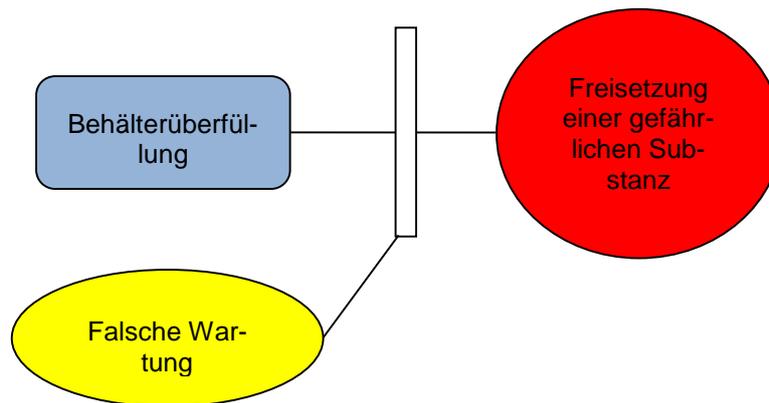


Ausgehend von der Ereignisbeschreibung wird anhand der Informationssammlung geprüft, welche Barrieren vorgesehen waren und welche versagten. Es sollen die Fragen beantwortet werden, „Wie sollte eine Freisetzung verhindert werden?“ „Gab es verhindernde Maßnahmen aus allen sechs Bereichen?“ und „Wodurch kann die Kontrolle aufrechterhalten werden?“.

5.4.2.4 Identifikation der fehlerhaften Barrierenfunktion

Identifikation der fehlerhaften Barrierenfunktion: Hier werden Eskalierungsfaktoren (escalation factors, safety barrier task) bestimmt, d.h. Bedingungen, die die Barrierenfunktion beeinflussen. Eskalierungsfaktoren reduzieren die Effektivität der Barrieren und können ihr Versagen verursachen. Allerdings verursachen sie das zentrale Ereignis nie direkt, sondern nur indirekt über ein Barrierenversagen. Manchmal werden sie auch beitragende Faktoren genannt. Hier soll das „wie“ des Barrierenversagens beschrieben werden, d.h. welche Aufgabe hatte die Barriere, die versagte. Es wird überprüft, ob die Barriere nicht existierte bzw. verfügbar war, ob die Barriere falsch gebraucht wurde, ob sie falsch gewartet wurde und falsch überwacht wurde. Beispiele für Eskalierungsfaktoren (barrier failures) sind: „Wahl ungeeigneter Betriebsmittel“, „Sicherungsfehler“, „falsche Betriebsbedingungen“. Die Eskalierungsfaktoren werden links neben den Barrieren als Rechteck dargestellt. Mit ihnen sollten die Fragen „Was führte zum Versagen der Barriere?“ und „Wie konnte die Effektivität der Barriere gemindert werden?“ Auch hier dienen die Ereignisbeschreibung und die Informationssammlung zur Identifikation der Eskalierungsfaktoren.

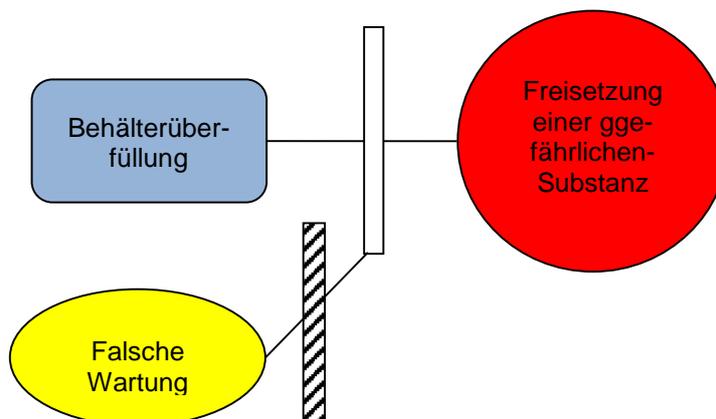
Abbildung 13: Fehlerhafte Barrierenfunktion



5.4.2.5 Identifikation von Barrieren zweiter Ordnung

Identifikation von **Barrieren zweiter Ordnung**: Die Barrieren zweiter Ordnung (escalation factor controls, managemet delivery systems) sollten verhindern, dass die Eskalierungsfaktoren die Barrierenfunktion schwächen. Diese Barrieren befinden sich zwischen Eskalierungsfaktor und der Barriere erster Ordnung. Beispiele für Barrieren zweiter Ordnung sind „Pläne und Prozeduren“, „Kompetenz“ und „Ergonomie“. Ausgehend von der Ereignisbeschreibung und Informationssammlung wird die Frage beantwortet „Welche Prozesse und Aufgaben sichern das Funktionieren der Barrieren?“.

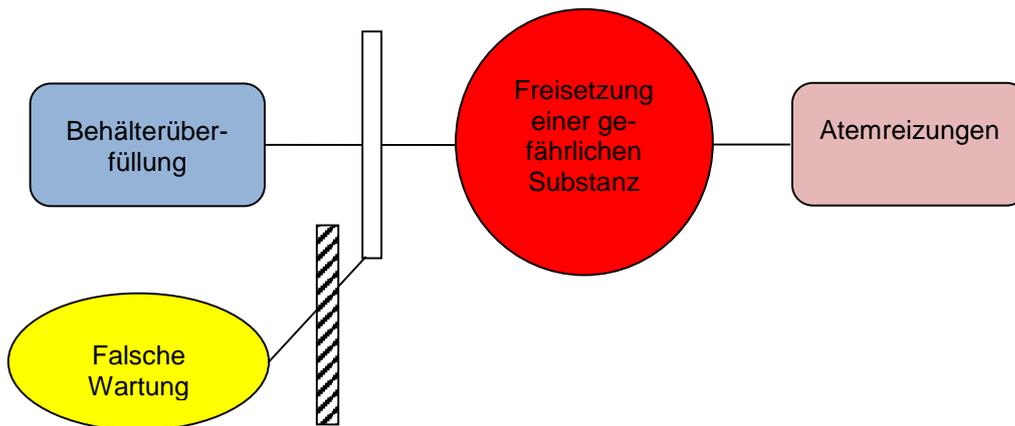
Abbildung 14: Barriere zweiter Ordnung



5.4.2.6 Bestimmung der Konsequenzen

In diesem Schritt werden die möglichen **Konsequenzen** (consequence), deren Ergebnis Schaden oder Verlust sind, bestimmt. Die Konsequenzen sind unerwünschte Ereignisse (Störfälle oder sicherheitskritische Ereignisse), die Folgen des zentralen Ereignisses sind und eintreten, wenn die Barrierenfunktion (recovery controls) nicht gewährleistet ist. Sie werden rechts vom zentralen Ereignis dargestellt. Ausgehend von der Ereignisbeschreibung werden die Fragen beantwortet „Wie entwickelte sich das Ereignis?“ und „Was waren die Folgen?“.

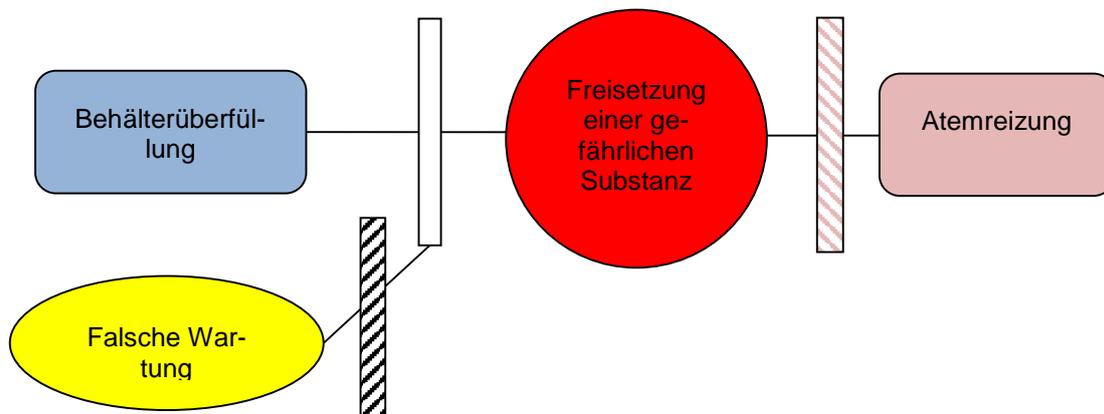
Abbildung 15: Konsequenzen



5.4.2.7 Bestimmung der Begrenzungsbarrieren

Hier werden die Begrenzungsbarrieren (recovery controls) ergänzt, die die Folgen (Konsequenzen) verhindern oder abmildern sollten. Diese sollen die Wahrscheinlichkeit der Folgen reduzieren oder die Schwere der Folgen abmildern wie beispielsweise „Evakuierungspläne“ oder „Notfallhandbücher“. Sie werden zwischen zentralen Ereignis und Folgen rechts dargestellt. Auch hier kann anhand der Informationssammlung ermittelt werden, welche Barrieren geplant waren und anhand der Ereignisbeschreibung, welche von diesen versagten.

Abbildung 16: Begrenzungsbarriere/begrenzende Maßnahmen



Hailwood und Heuer (2007) nennen die Begrenzungsbarrieren begrenzende Maßnahmen, die sie in fünf Bereiche unterteilen:

1. Organisatorische Maßnahmen beispielsweise regelmäßige Information der Öffentlichkeit
2. Katastrophenschutz, externe Notfallplanung unter Einbindung von freiwilligen Feuerwehren, Berufsfeuerwehren, Polizei und Katastrophenschutzbehörden
3. Alarmierungen, die die betroffene Bevölkerung warnen, vorbereitete Rundfunkdurchsagen, Sirenenanlagen etc.
4. Interne Alarm- und Gefahrenabwehrplanung wie Werkfeuerwehr, Einrichtungen zur Begrenzung der Auswirkungen beispielsweise Wasserwände zur Niederschlagung wasserlöslicher Gefahrstoffe, Abdichtmaterialien
5. Schutzeinrichtungen, Einrichtungen, die freigesetzte Stoffe zurückhalten wie Auffangbehälter, Blow Down Behälter, Wäscher, Brandwände, Notstopper

5.4.3 Häufig gestellte Fragen

5.4.3.1 Wann sollte eine Analyse mit Storybuilder durchgeführt werden?

Storybuilder ist vor allem geeignet, wenn es bereits einen ausführlichen Bericht über das zu analysierende Ereignis gibt sowie eine detaillierte Gefahrenanalyse und einen Sicherheitsbericht, aus denen die Barrieren entnommen werden können

5.4.3.2 Wie beginnt man bei einer Analyse mit Storybuilder?

Als erstes bestimmt man das zentrale Ereignis. Im zweiten Schritt identifiziert man das oder die Kontrollverluste die Verursacher des zentralen Ereignisses waren. Diese müssen notwendig und hinreichend sein, um das Ereignis zu rekonstruieren.

Anschließend wird das wo und das wie im Hinblick auf Barrierenversagen geprüft, d.h. es werden Barrieren identifiziert, die versagt haben und es wird beleuchtet, welche Funktion/Aufgabe die versagende Barriere hatte.

Danach wird geprüft, welche Barrieren die Barrierenfunktion sichern sollten.

5.4.3.3 Wozu benötigt man eine Ereignisbeschreibung?

Aus der Ereignisbeschreibung heraus können erst die verschiedenen Elemente des BowTie bestimmt werden und dieser konstruiert werden.

5.5 Leitfaden zur Kommunikation der Ergebnisse

Für die Kommunikation der Ergebnisse ist es hilfreich, dass bei der Darstellung in Berichten oder in einer Präsentation der Ergebnisse einer Ereignisanalyse folgende Regeln/Hinweise berücksichtigt werden:

Die Ergebnisse der Ereignisanalyse sollten **nachvollziehbar** dargestellt werden: Beschreiben Sie den Ereignisablauf möglichst lückenlos und dem zeitlichen Ablauf entsprechend (was ist passiert?). Stellen Sie dar, welchen Zeitraum die Analyse umfasst und auf welchen Informationen sie basiert (beispielsweise die Analyse wurde am 01.09.2016 begonnen und basiert auf der Auswertung von 36 Betriebsdokumenten und 6 Gesprächen).

Stellen Sie dann die ermittelten Ursachen/beitragenden Faktoren dar (warum ist es zu dem Ereignis gekommen?). Nachvollziehbar und übersichtlich wird diese Darstellung durch das Hinzufügen des Zeit-Akteur-Diagramms (SOL 3.0) oder des BowTie (Storybuilder/BowTie). Falls einzelne Ursachen/beitragende Faktoren mehrmals wirkten, können Sie auch eine Häufigkeitsverteilung der Faktoren bilden. Bei sehr komplexen Ereignissen bietet sich auch eine Schwerpunktbildung aus mehreren Ursachen/beitragenden Faktoren an.

Schließen sollten Sie diese Darstellung mit den abgeleiteten Maßnahmen. Hierbei muss deutlich werden, zu welchen Ursachen/beitragenden Faktoren die Maßnahmen jeweils gehören. Falls die Information, wer die Maßnahmen bis wann umsetzt, schon vorhanden ist, sollten Sie diese ebenfalls benennen.

Darüber hinaus sollten gewonnene Erkenntnisse dargestellt werden, die für andere, vergleichbare Anlagen oder Prozesse von Bedeutung sind. Schließlich können auch Empfehlungen hinsichtlich Aktivitäten von Betreibern, Gesetzgeber, Vollzugsbehörden oder Gremien, wie der Kommission für Anlagensicherheit, ausgesprochen werden.

Die dargestellten Ergebnisse sollten **plausibel** sein: Stellen Sie den Zusammenhang zwischen dem Ereignisablauf, den ermittelten Ursachen und den abgeleiteten Abhilfemaßnahmen explizit dar und erläutern ihn (beispielsweise bei der Schalthandlung wurde das Ventil 103 geöffnet, obwohl dies in der Betriebsanweisung 3.10 nicht vorgesehen war. Dies wurde als eine Abweichung von den Vorgaben bewertet. Das Öffnen des Ventils 103 führte zum Überlaufen des Behälters 10. Als Maßnahme ist eine Unterweisung des Mitarbeiters vorgesehen).

Die Erkenntnisse und Empfehlungen sollten **zielgruppenspezifisch** sein: Finden Sie heraus, wem Sie diese präsentieren, damit diese dem Wissens- und Erfahrungshintergrund des Empfängers entsprechen. Präsentationen vor anderen Behördenvertretern können sehr viel mehr spezifisch technische Erklärungen beinhalten als solche für branchenfremde Empfänger. Präsentationen auf internationaler Ebene müssen gegebenenfalls Erläuterungen zu spezifisch nationalen Regelungen enthalten. Je nach Zielgruppe sollten auch andere Schwerpunkte gesetzt werden, beispielsweise sind Anwohner eher an den Maßnahmen und Vorkehrungen gegen Wiederholung interessiert als an technischen Details.

Die Ergebnisse, Erkenntnisse und Empfehlungen sollten **zugänglich** sein: Im Idealfall verbreiten Sie diese über verschiedene Informationskanäle/Medien nicht nur über die ZEMA.

Stellen Sie einen vertrauensvollen Umgang mit personenbezogenen oder betriebsbezogenen Informationen (beispielsweise Namen oder Rezepturen) und beachten Sie die Datenschutzregelungen. Die Ergebnisse sollten ausschließlich anonymisiert, komprimiert und abstrahiert dargestellt werden, auch um Beteiligte vor dritten zu schützen.

Bitte vermeiden Sie bei der Darstellung/Präsentation der Ergebnisse einer Ereignisanalyse die direkte oder indirekte Beschuldigung von beteiligten Personen, Abteilungen oder Unternehmen sowie die

Nachvollziehbarkeit einzelner Äußerungen auf Personen. In Gesprächen gewonnene Erkenntnisse sollten nicht einzelnen Personen, Abteilungen oder Unternehmen zuzuordnen sein. Bitte vermeiden Sie auch, dass die technischen Aspekte den Hauptteil der Darstellung/Präsentation der Ergebnisse der Ereignisanalyse einnehmen. Stellen sie ein Gleichgewicht zwischen Ereignisablauf, technischen Details, ermittelten Ursachen und abgeleiteten Erkenntnissen, insbesondere aus den Bereichen Organisation und Mensch her. Orientieren Sie sich bei der Darstellung der Erkenntnisse und Empfehlungen auch an den Leitfaden KAS-8.

6 Ereignisanalyseverfahren

Accident Mapping: Svedung, I. & Rasmussen, J. (2002). Graphic representation of accident scenarios: Mapping system structure and the causation of accidents. *Safety Science*, 40, 397-417.

ARCA – APOLLO Root Cause Analysis: Gano, DL (1999). Apollo root cause analysis – A new way of thinking. USA: Apollo Associated Service Inc..

ASSET – Assessment of Safety Significant Events Teams: IAEA. (1991). ASSET guidelines revised 1991 edition. Reference material prepared by the IAEA for assessment of safety significant events teams (IAEA-TECDOC-632). Vienna: International Atomic Energy Agency.

Black Bow Ties: CGE Risk Management Solutions B.V. <http://www.cgerisk.com/knowledge-base/risk-assessment/thebowtiemethod> (26.07.2016).

Cause Mapping: ThinkReliability, 2016. Cause Mapping, <http://www.thinkreliability.com/Root-Cause-Analysis-CM-Basics.aspx> (26.07.2016).

Change Analysis – Abweichungsanalyse: Bullock, M. G. (1981). Change control and analysis (SSDC-21, Vol. 77). Washington DC: U.S. Department of Energy. Department of Transport. (1987). Herald of Free Enterprise (Report of Court No. 8074) (3rd ed.). London: Her Majesty's Stationery Office.

CREAM – Cognitive Reliability and Error Analysis Method: Hollnagel, E. (1998). Cognitive reliability and error analysis method. CREAM. Oxford: Elsevier.

DORI – Defining Operational Readiness To Investigate: Kingston, J., Frei, R., Koornneef, F. & Schallier, P. (2007). DORI - Defining operational readiness to investigate. Noordwijk Risk Initiative Foundation, <http://www.nri.eu.com/> (26.07.2016).

ECFA – Events and Causal Analysis (Charting): Buys, R.J. and Clark, J.L. (1978). Events and Causal Factors Charting. DOE 76-45/14, (SSDC-14) Revision 1. Idaho Falls, ID: System Safety Development Center, Idaho National Engineering Laboratory.

ECFA+ – Events and Conditional Factors Analysis: Kingston, J. and Kornneeff, F. (2014) ECFA+ - Events and Conditional Factors Analysis Manual. Noordwijk Risk Initiative Foundation, <http://www.nri.eu.com/> (26.07.2016).

Fishbone Diagram: Ishikawa, K. (1990). Introduction to Quality Control. London: Chapman & Hall.

FRAM – Functional Resonance Analysis Method: Hollnagel, E. (2012). FRAM – The Functional Resonance Analysis Method. Farnham, UK: Ashgate.

HERA – Human Error Repository and Analysis System: Hallbert, B et al (2006). Human Event Repository and Analysis (HERA) System, Overview, NUREG/CR-6903B. USNRC, Washington DC. <http://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/nuregs/contract/cr6903/> (26.07.2016)

HERA-JANUS – Human Error in Air Traffic Management Technique: Isaac, A., Shorrocks, S.T., Kennedy, R., Kirwan, B., Andersen, H. & Bove, T. (2003). The human error in ATM technique (HERA-JANUS) (HRS/HSP-002-REP-03). Brussels: Eurocontrol.

HFACS – The Human Factors Analysis and Classification System: Wiegmann, D.A., Shappell, S.A. (2003). Human error approach to aviation accident analysis: The human factors analysis and classification system. London: Ashgate.

HFAT – Human Factors Analysis Tool: Komaki, J., Coombs, T., Redding, Jr. & Schepman, S. (2000). A rich and rigorous examination of applied behavior analysis research in the world of work. *International Review of Industrial and Organisational Psychology*, 15, 265-367.

- HFIT** – Human Factors Investigation Tool: Gordon, R., Flin R. & Mearns K. (2005). Designing and evaluating a human factors investigation tool (HFIT) for accident analysis. *Safety Science*, 43.
- HPES** – Human Performance Enhancement System: Bishop, J., & LaRhette, R. (1988). Managing human performance - INPO's human performance evaluation system. In *Human-Error-Avoidance-Techniques Conferences Proceedings* (pp. 79-85). Warrendale, Pennsylvania: Society of Automotive Engineers, Inc.(SAE), Publication No.P-204.
- HSYS** – Human System Interactions: Hill, S.G., Harbour, J.L., Sullivan, C., Hallbert, B.P. (1990). Examining human system interactions: the HSYS methodology. *Proceedings of the Human Factors Society 34th Annual Meeting*.
- ICAM** – Incident Cause Analysis Method: Helmreich, R.L., & Merritt, A.C. (2000). Safety and error management: The role of Crew Resource Management. In B.J. Hayward & A.R. Lowe (Eds.), *Aviation Resource Management* (pp. 107-119). Aldershot, UK: Ashgate.
- MEDA** – Maintenance Error Decision Aid: Boing (2013). Maintenance error decision aid (MEDA), users guide. http://www.faa.gov/about/initiatives/maintenance_hf/library/documents/media/media/meda_users_guide_updated_09-25-13.pdf (26.07.2016).
- MORT** – Management Oversight and Risk Tree: Johnson, W. (1973). The management oversight and risk tree - MORT. Germantown, MD: US Atomic Energy Commission.
- PEAT** – Procedural Event Analysis Tool: Moodi, M. & Kimball, S. (2004). Example application of procedural event analysis tool. Seattle: Boing Company.
- PRISMA** – Prevention and Recovery Information System for Monitoring and Analysis: van der Schaaf, TW (1996). PRISMA: A risk management tool based on incident analysis. In *International Workshop on Process Safety Management and Inherently Safer Processes*. Orlando, Florida, USA, 8-11 October 1996.
- RCA** – Root Cause Analysis: Paradies, M. & Busch, D. (1988). Root Cause Analysis at Savannah River Plant, IEEE Conference on Human Factors and Power Plants, pp. 479-483.
- SCAT®** - Systematic Cause Analysis Technique: International Loss Control Institute (1990).SCAT® - Systematic Cause Analysis Technique, Loganville, GA. London: Det Norske Veritas.
- SOL** – (SOL 3.0) Sicherheit durch Organisationales Lernen: Wilpert, B., Maimer, H., Miller, R., Fahlbruch, B., Baggen, R., Gans, A., Leiber, I., Szameitat, S., Becker, G. (1997). Umsetzung und Erprobung von Vorschlägen zur Einbeziehung von Human Factors (HF) bei der Meldung und Ursachenanalyse in Kernkraftwerken (BMU-1998-505). Bonn: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.
- SOURCE™** – Seeking Out the Underlying Root Causes of Events: Vanden Heuvel, L et al. (2005). *Root Cause Analysis Handbook: A Guide to Effective Incident Investigation*. Brookfield: Rothstein Associates Inc.
- STAMP** – Systems Theoretic Accident Model and Process: Leveson, N. (2004). A new accident model for engineering safer systems. *Safety Science*, 42, 237-270.
- STEP** – Sequentially Timed Events Plotting: Hendrick, K., & Benner, L. (1987). *Investigating accidents with STEP*. New York: Dekker.
- Storybuilder**: National Institute for Public Health and the Environment (2016). Storybuilder. <http://www.rivm.nl/en/Topics/S/Storybuilder> (26.07.2016).
- TapRoot®**: Paradies, M. & Unger, L. (2000). TapRoot®- The system for root cause analysis, problem investigation, and proactive improvement. Knoxville: System Improvement Inc..

Kelvin TOP SET®: Kelvin TOP SET® (2016). <http://www.kelvintopset.com/> (26.07.2016)

TOR – Technique of Operations and Review: Weaver, D. A. (1973). TOR analysis: A diagnostic tool. ASSE Journal, 24-29.

TRACer – Technique for Retrospective and Predictive Analysis of Cognitive Errors: Kirwan, B. & Shorrock, S. (2002). Development and application of a human error identification tool for air traffic control. Applied Ergonomics, 33, 319-336.

Tripod Beta: Stichting Tripod Foundation (2016). Tripod Beta. <http://publishing.energyinst.org/tripod/home> (26.07.2016).

WBA – Why-Because Analysis: Lewis, D. (1973). *Counterfactuals*. Oxford: Harvard University Press.

5 Whys: Ohno, T. (1988). Toyota production system: beyond large-scale production. Portland: Productivity Press. (5 Whys)

Why Tree Nelms, R.C. (1996). The Go Book. <http://www.fail-safe-network.com/> (30.09.2013).

7 Schnittstellen

7.1 Schnittstellen zur ZEMA

In der folgenden Tabelle sind Vorschläge für die Zuordnungen von Ergebnissen, d.h. Unterschieds-/Ursachenkategorien für die drei Analyseverfahren Abweichungsanalyse, SOL 3.0 und Storybuilder/BowTie dargestellt. Bitte wählen Sie in der ersten Spalte das Verfahren, welches Sie verwendet haben. Dann wählen Sie in der zweiten Spalte diejenigen Ursache/Faktoren aus, die Sie identifiziert haben. In der dritten, vierten und fünften Spalte finden Sie dann die Einordnung für den ZEMA-Bericht. Entscheiden Sie, ob es sich um eine unmittelbare oder hintergründige Ursache handelt und wählen Sie die entsprechende Klassifikation. Gibt es in der jeweiligen Zelle mehrere Alternativen, wählen Sie die Zutreffendste. Suchen Sie die geeigneten Einordnungen für alle identifizierten Ursachen/Faktoren.

Tabelle 7: Zuordnung der Unterschieds-/Ursachenkategorien zur ZEMA-Klassifikation – Abweichungsanalyse

Ergebnis aus dem Verfahren	Unmittelbare Ursachen	Hintergründige Ursachen	Ursachenklassifikation
Was: Objekte / Energie / Defekte	Komponenten- oder Teilsystemversagen	Mängel der Anlagenausstattung Fehlerhafte PLT (Softwarefehler)	betriebsbedingt
Was: Schutzeinrichtungen	Ungeeignetes Material Verschleiß Ermüdung Alterung Korrosion Erosion Verfahren Unerwünschte Reaktion Durchgehende Reaktion	Mängel der Anlagenausstattung Anwendung nicht geeigneter Arbeitsverfahren und Normen Unzureichende sicherheitstechnische Auslegung Fehlerhafte PLT (Softwarefehler)	betriebsbedingt
Arbeitsbedingungen	Einwirkungen Transport	Unzureichende Zeit, um Operationen sicher auszuführen	betriebsbedingt
Aufgabe: Ziel / Qualität	Bedienung Falsche Maßnahme Unterlassene Maßnahme Maßnahme zur falschen Zeit Stoffverwechslung Falsche Fahrweise Schweißarbeiten		Menschlicher Fehler

Ergebnis aus dem Verfahren	Unmittelbare Ursachen	Hintergründige Ursachen	Ursachenklassifikation
Aufgabe: Prozeduren	Maßnahme entgegen Vorschriften	Mängel bei der Befolgung von Anweisungen und Vorschriften bei Konstruktion, Betrieb, Kalibrierung, Kommunikation, Wartung, Inspektion, Arbeitserlaubnissen, Analysen und Materialbevorratung	Menschlicher Fehler
Management: Überwachung			Menschlicher Fehler (Organisations- und Managementfehler)
Management: Kontrollkette		Unzureichende Überwachung	Menschlicher Fehler (Organisations- und Managementfehler)
Wer		Unzureichende Sicherheitsorganisation	Menschlicher Fehler (Organisations- und Managementfehler)
Management: Gefahrenanalyse Risikobewertung		Organisatorische Mängel Sicherheitsstruktur Unzureichende Sicherheitsorganisation Unterbesetzung	Menschlicher Fehler (Organisations- und Managementfehler)

Tabelle 8: Zuordnung der Unterschieds-/Ursachenkategorien zur ZEMA-Klassifikation – SOL 3.0

Ergebnis aus dem Verfahren	Unmittelbare Ursachen	Hintergründige Ursachen	Ursachenklassifikation
Technische Komponenten	Komponenten- oder Teilsystemversagen	Mängel der Anlagenausstattung Fehlerhafte PLT (Softwarefehler)	betriebsbedingt
Auslegungsprinzipien (Design)	Ungeeignetes Material Verschleiß Ermüdung Alterung Korrosion Erosion Verfahren Unerwünschte Reaktion Durchgehende Reaktion	Mängel der Anlagenausstattung Anwendung nicht geeigneter Arbeitsverfahren und Normen Unzureichende sicherheitstechnische Auslegung Fehlerhafte PLT (Softwarefehler)	betriebsbedingt

Ergebnis aus dem Verfahren	Unmittelbare Ursachen	Hintergründige Ursachen	Ursachenklassifikation
Ergonomische Aspekte der Informationsgestaltung		Unzureichende Gestaltung der Mensch-Maschine-Schnittstelle	betriebsbedingt
Arbeitsbedingungen	Einwirkungen Transport	Unzureichende Zeit, um Operationen sicher auszuführen	betriebsbedingt
Entscheidungsfindung	Falsche Lagebeurteilung		Menschlicher Fehler
Arbeitsausführung	Bedienung Falsche Maßnahme Unterlassene Maßnahme Maßnahme zur falschen Zeit Stoffverwechslung Falsche Fahrweise Schweißarbeiten		Menschlicher Fehler
Abweichung von Vorgaben (SOLL)	Maßnahme entgegen Vorschriften	Mängel bei der Befolgung von Anweisungen und Vorschriften bei Konstruktion, Betrieb, Kalibrierung, Kommunikation, Wartung, Inspektion, Arbeitserlaubnissen, Analysen und Materialbevorratung	Menschlicher Fehler
Kommunikation	Kommunikationsfehler		Menschlicher Fehler
Führung			Menschlicher Fehler (Organisations- und Managementfehler)
Kontrolle		Unzureichende Überwachung	Menschlicher Fehler (Organisations- und Managementfehler)
Einflüsse aus Arbeitsgruppe und Unternehmenskultur			Menschlicher Fehler (Organisations- und Managementfehler)
Arbeitsplanung und Arbeitsvorbereitung		Unzureichende Zeit, um Operationen sicher auszuführen	betriebsbedingt

Ergebnis aus dem Verfahren	Unmittelbare Ursachen	Hintergründige Ursachen	Ursachenklassifikation
Regeln, Prozeduren und Arbeitsunterlagen		Unzureichende Anweisungen für Konstruktion, Betrieb, Kalibrierung, Kommunikation, Wartung, Inspektion, Materialverwechslung, Erlaubnisverfahren, Freigabeverfahren	Menschlicher Fehler (Organisations- und Managementfehler)
Sicherheitsmanagement, Qualitätssicherung und Qualitätsmanagement		Unzureichende Überwachung	Menschlicher Fehler (Organisations- und Managementfehler)
Verantwortlichkeit und Zuständigkeit		Unzureichende Sicherheitsorganisation	Menschlicher Fehler (Organisations- und Managementfehler)
Organisation und Management		Organisatorische Mängel Sicherheitsstruktur Unzureichende Sicherheitsorganisation Unterbesetzung	Menschlicher Fehler (Organisations- und Managementfehler)
Erfahrungsrückfluss		Unzureichende Unfallauswertung vorausgegangener Ereignisse	Menschlicher Fehler (Organisations- und Managementfehler)
Qualifikation und Training		Unzureichendes Training	Menschlicher Fehler (Organisations- und Managementfehler)
Gutachter und Behörden			umgebungsbedingt
Einwirkung von außen	Einwirkungen Witterungsbedingte Einwirkungen Umgebungsbedingte Einwirkungen		umgebungsbedingt

Tabelle 9: Zuordnung der Unterschieds-/Ursachenkategorien zur ZEMA-Klassifikation - Story Builder / BowTie

Ergebnis aus dem Verfahren	Unmittelbare Ursachen	Hintergründige Ursachen	Ursachenklassifikation
Barrierenversagen	Komponenten- oder Teilsystemversagen	Mängel der Anlagenausstattung Fehlerhafte PLT (Softwarefehler)	betriebsbedingt

Ergebnis aus dem Verfahren	Unmittelbare Ursachen	Hintergründige Ursachen	Ursachenklassifikation
Arbeitsmittel	Ungeeignetes Material Verschleiß Ermüdung Alterung Korrosion Erosion Verfahren Unerwünschte Reaktion Durchgehende Reaktion Einwirkungen Transport	Mängel der Anlagenausstattung Anwendung nicht geeigneter Arbeitsverfahren und Normen Unzureichende sicherheitstechnische Auslegung Fehlerhafte PLT (Softwarefehler) Unzureichende Zeit, um Operationen sicher auszuführen	betriebsbedingt
Ergonomie und Mensch-Maschine-Schnittstelle		Unzureichende Gestaltung der Mensch-Maschine-Schnittstelle	betriebsbedingt
Motivation	Falsche Lagebeurteilung		Menschlicher Fehler
Kommunikation und Zusammenarbeit	Kommunikationsfehler		Menschlicher Fehler
Konfliktlösung			Menschlicher Fehler (Organisations- und Managementfehler)
Regeln und Prozeduren	Maßnahme entgegen Vorschriften	Unzureichende Anweisungen für Konstruktion, Betrieb, Kalibrierung, Kommunikation, Wartung, Inspektion, Materialverwechslung, Erlaubnisverfahren, Freigabeverfahren Mängel bei der Befolgung von Anweisungen und Vorschriften bei Konstruktion, Betrieb, Kalibrierung, Kommunikation, Wartung, Inspektion, Arbeitserlaubnissen, Analysen und Materialbevorratung	Menschlicher Fehler (Organisations- und Managementfehler)
Kompetenzen		Unzureichendes Training	Menschlicher Fehler (Organisations- und Managementfehler)

Ergebnis aus dem Verfahren	Unmittelbare Ursachen	Hintergründige Ursachen	Ursachenklassifikation
Menschliche Fehler	Bedienung Falsche Maßnahme Unterlassene Maßnahme Maßnahme zur falschen Zeit Stoffverwechslung Falsche Fahrweise Schweißarbeiten		Menschlicher Fehler

7.2 Schnittstellen zu e-Mars

In der folgenden Tabelle sind Vorschläge für die Zuordnungen von Ergebnissen, d.h. Unterschieds-/Ursachenkategorien für die drei Analyseverfahren Abweichungsanalyse, SOL 3.0 und Storybuilder/BowTie dargestellt. Bitte wählen Sie in der ersten Spalte das Verfahren, welches Sie verwendet haben. Dann wählen Sie in der zweiten Spalte diejenigen Ursache/Faktoren aus, die Sie identifiziert haben. In der dritten, vierten und fünften Spalte finden Sie dann die Einordnung für den e-Mars. Entscheiden Sie, ob es sich um eine *cause of major occurrence* oder eine *suspected cause* handelt und wählen Sie die entsprechende Klassifikation. Gibt es in der jeweiligen Zelle mehrere Alternativen, wählen Sie die Zutreffendste. Suchen Sie die geeigneten Einordnungen für alle identifizierten Ursachen/Faktoren.

Tabelle 10: Zuordnung der Unterschieds-/Ursachenkategorien zu eMars - Abweichungsanalyse

Ergebnis aus dem Verfahren	Causes of major occurrence	Suspected causes
Was: Objekte / Energie / Defekte	operation (5101-5109)	plant or equipment
Was: Schutzeinrichtungen	process analysis 5307 design of plant 5308 manufacture/construction 5310 installation 5311 isolation of equipment 5312	plant of equipment
Arbeitsbedingungen	environment (5202-5206) operator health 5402	other
Aufgabe: Ziel / Qualität	person (5401-5404)	human
Aufgabe: Prozeduren	willful disobedience 5403	human
Management: Überwachung	management attitude problem 5302 supervision 5305	human
Management: Kontrollkette	supervision 5305	Unzureichende Überwachung
Wer	management organization inadequate 5301	other
Management: Gefährdungsanalyse Risikobewertung	management organization inadequate 5301 staffing 5306 maintenance 5313 testing 5314	other

Tabelle 11: Zuordnung der Unterschieds-/Ursachenkategorien zu eMars – SOL 3.0

Ergebnis aus dem Verfahren	Causes of major occurrence	Suspected causes
Technische Komponenten	operation (5101-5109)	plant of equipment
Auslegungsprinzipien (Design)	process analysis 5307 design of plant 5308 manufacture/construction 5310 installation 5311 isolation of equipment 5312E	plant of equipment
Ergonomische Aspekte der Informationsgestaltung	user-unfriendliness 5309	plant of equipment
Arbeitsbedingungen	environment (5202-5206) operator health 5402	other
Entscheidungsfindung	operator error 5401	human
Arbeitsausführung	person (5401-5404)	human
Abweichung von Vorgaben (SOLL)	willful disobedience 5403	human
Kommunikation	operator error 5401	human
Führung	management attitude problem 5302 supervision 5305	human
Kontrolle	supervision 5305	human
Einflüsse aus Arbeitsgruppe und Unternehmenskultur	other 5999	human
Arbeitsplanung und Arbeitsvorbereitung	maintenance 5313 testing 5314	other
Regeln, Prozeduren und Arbeitsunterlagen	organized procedures 5303	other
Sicherheitsmanagement, Qualitätssicherung und Qualitätsmanagement	manufacture 5310	other
Verantwortlichkeit und Zuständigkeit	management organization inadequate 5301	other
Organisation und Management	management organization inadequate 5301 staffing 5306 maintenance 5313 testing 5314	other
Erfahrungsrückfluss	other 5999	other
Qualifikation und Training	training 5304	human/other
Gutachter und Behörden	other 5999	environmental

Tabelle 12: Zuordnung der Unterschieds-/Ursachenkategorien zu eMars – Storybuilder/BowTie

Ergebnis aus dem Verfahren	Causes of major occurrence	Suspected causes
Einwirkung von außen	environment (5201-5202)	Environmental
Barrierenversagen	operation (5101-5109)	plant of equipment
Arbeitsmittel	process analysis 5307 design of plant 5308 manufacture/construction 5310 installation 5311 isolation of equipment 5312	plant of equipment
Ergonomie und Mensch-Ma- schine-Schnittstelle	user-unfriendliness 5309	plant of equipment
Motivation	operator error 5401	human
Kommunikation und Zusam- menarbeit	operator error 5401	human
Konfliktlösung		
Regeln und Prozeduren	organized procedures 5303 willful disobedience 5403	human
Kompetenzen	training 5304	human/other
Menschliche Fehler	person (5401-5404)	human