



**BERGISCHE  
UNIVERSITÄT  
WUPPERTAL**

**Identifizierung und Bewertung von Einflussfaktoren bei der  
Durchführung von HAZOP-Studien  
zur Ableitung von Gestaltungsmaßnahmen**

**Dissertation  
zur Erlangung eines Doktorgrades**

in der Fakultät für Maschinenbau und Sicherheitstechnik

der

**Bergischen Universität Wuppertal**

vorgelegt von  
**Anna Ganzke**  
aus Wuppertal

Wuppertal, 2024

## Inhaltsverzeichnis

<b>Inhaltsverzeichnis.....</b>	<b>II</b>
<b>Zusammenfassung.....</b>	<b>VI</b>
<b>1 Einleitung.....</b>	<b>9</b>
<b>1.1 Thematische Einführung.....</b>	<b>9</b>
<b>1.2 Ziel der Dissertation und Ableitung der methodischen Vorgehensweise .....</b>	<b>11</b>
<b>2 Literaturrecherche zur Ableitung der Forschungsfragen .....</b>	<b>14</b>
<b>2.1 Systematisierung der Literatur.....</b>	<b>16</b>
2.1.1 Die Methodik des HAZOP-Verfahrens .....	17
2.1.2 Der Moderator .....	19
<b>2.2 Forschungsfragen zur Literaturrecherche .....</b>	<b>20</b>
<b>2.3 Fazit der explorativen Literaturrecherche .....</b>	<b>21</b>
<b>3 Literaturrecherche zum methodischen Vorgehen .....</b>	<b>22</b>
<b>3.1 Methodisches Vorgehen bei der Literaturrecherche.....</b>	<b>23</b>
3.1.1 Suchkriterien und wissenschaftliche Datenbanken .....	23
3.1.2 Einschlusskriterien.....	26
3.1.3 Ergebnis der systematischen Literaturrecherche .....	27
<b>3.2 Inhaltliche Darstellung der systematischen Literaturrecherche .....</b>	<b>28</b>
3.2.1 Begriffsbestimmung im Kontext des HAZOP-Verfahrens .....	28
3.2.2 Arbeitsschritte des HAZOP-Verfahrens .....	32
3.2.2.1 Teammitglieder.....	33
3.2.2.2 Arbeitsschritte HAZOP-Studie .....	35
3.2.2.2.1 Prognose der Abweichung .....	36
3.2.2.2.2 Identifizierung der Ursachen.....	38
3.2.2.2.3 Beschreibung der Auswirkungen .....	39
3.2.2.2.4 Gegenmaßnahmen.....	40
3.2.3 Rolle und Einfluss des Moderators.....	44
3.2.3.1 Allgegenwärtigkeit von Experten .....	44
3.2.3.2 Begriffsdefinition.....	45
3.2.4 Bedeutung des Experten im HAZOP-Kontext .....	49
3.2.4.1 Das HAZOP-Team in der Experten-Laien-Beziehung.....	51

3.2.4.2	Experten-Laien-Kommunikation.....	51
3.2.5	Einführung in die Risikowahrnehmung.....	53
3.2.5.1	Entscheidungstheoretisches Modell der Risikowahrnehmung.....	56
3.2.5.2	Faktor Freiwilligkeit im Kontext der Risikowahrnehmung.....	57
3.2.5.3	Faktor Kontrollierbarkeit im Kontext der Risikowahrnehmung.....	58
3.2.5.4	Faktor Verantwortlichkeit im Kontext der Risikowahrnehmung.....	58
3.2.5.5	Sozialwissenschaftlich basierte Entscheidungstheorien und Heuristiken.....	61
3.2.5.5.1	Zwei Systeme.....	61
3.2.5.5.2	Intuitive Prozesse der Risikowahrnehmung (Heuristiken).....	62
3.2.5.5.3	Affektheuristik.....	66
3.2.5.6	Psychometrisches Paradigma.....	67
3.2.5.7	Risikowahrnehmung von Laien und Experten.....	70
3.2.6	Brainstorming als Methode.....	73
<b>3.3</b>	<b>Identifizierung hemmender Faktoren anhand der systematischen Literaturrecherche....</b>	<b>77</b>
<b>3.4</b>	<b>Zusammenfassung und Beantwortung der Forschungsfragen.....</b>	<b>92</b>
<b>3.5</b>	<b>Fazit zur systematischen Literaturrecherche.....</b>	<b>93</b>
<b>4</b>	<b>Studie zur Untersuchung des Brainstormings in der Durchführung von HAZOP-</b>	
<b>Studien.....</b>		<b>95</b>
<b>4.1</b>	<b>Risikobewertung im naturwissenschaftlich-technischen Kontext.....</b>	<b>96</b>
4.1.1	Risikoidentifizierung.....	97
4.1.2	Risikoabschätzung.....	99
4.1.2.1	Schadensausmaß.....	104
4.1.2.2	Eintrittswahrscheinlichkeit.....	110
<b>4.2</b>	<b>Forschungsleitende Hypothesen der Studie.....</b>	<b>117</b>
<b>4.3</b>	<b>Beschreibung der Studie.....</b>	<b>118</b>
4.3.1	Verfahrenstechnische Anlage der Studie.....	118
4.3.2	Auswertungskonzept.....	120
<b>4.4</b>	<b>Darstellung der Ergebnisse.....</b>	<b>125</b>
<b>4.5</b>	<b>Beantwortung der Hypothesen.....</b>	<b>141</b>
<b>4.6</b>	<b>Diskussion der Ergebnisse.....</b>	<b>143</b>
<b>4.7</b>	<b>Fazit zur Studie mit Studierenden.....</b>	<b>144</b>
<b>5</b>	<b>Expertenstudie zur Untersuchung von Defiziten bei der Durchführung von HAZOP-</b>	
<b>Studien aus Sicht von Experten.....</b>		<b>145</b>
<b>5.1</b>	<b>Durchführung von Experteninterviews.....</b>	<b>145</b>

<b>5.2</b>	<b>Das Experteninterview nach Meuser und Nagel.....</b>	<b>146</b>
<b>5.3</b>	<b>Methodisches Vorgehen bei der Erhebung und Auswertung nach Meuser und Nagel....</b>	<b>147</b>
5.3.1	Theoriebildung.....	148
5.3.1.1	Beschreibung und Auswahl der Experten (Moderatoren) .....	149
5.3.1.2	Entwicklung eines Leitfadens für das Experteninterview .....	149
5.3.2	Durchführung der Experteninterviews .....	155
5.3.3	Transkription .....	157
5.3.4	Paraphrase.....	157
5.3.5	Bildung von Überschriften .....	158
5.3.6	Thematischer Vergleich.....	158
5.3.7	Soziologische Konzeptualisierung .....	158
5.3.8	Theoretische Generalisierung .....	159
<b>5.4</b>	<b>Thematischer Vergleich.....</b>	<b>159</b>
5.4.1	Prognose der Abweichungen.....	159
5.4.2	Auffinden der Ursachen.....	161
5.4.3	Beschreibung der Auswirkungen.....	163
5.4.4	Gegenmaßnahmen .....	166
5.4.5	Risikoquantifizierung (allgemein).....	169
5.4.6	Weitere Verfahren .....	170
5.4.7	Zukunft des HAZOP-Verfahrens.....	170
5.4.8	Vor- und Nachteile des HAZOP-Verfahrens.....	172
5.4.9	Allgemeines Vorgehen zur HAZOP-Analyse .....	173
<b>5.5</b>	<b>Soziologische Konzeptualisierung.....</b>	<b>174</b>
<b>5.6</b>	<b>Prüfung der Hypothesen.....</b>	<b>177</b>
<b>5.7</b>	<b>Fazit zur Expertenstudie .....</b>	<b>180</b>
<b>6</b>	<b>Ableitung von Gestaltungsmaßnahmen .....</b>	<b>183</b>
6.1	Zusammenfassende Diskussion.....	183
6.2	Empfohlene Maßnahmen zur Reduzierung von Abweichungen .....	187
<b>7</b>	<b>Fazit.....</b>	<b>192</b>
	<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>CXCVI</b>
	<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>CXCVIII</b>
	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>CCI</b>
	<b>Anhang I - Ergebnisse explorative Literaturrecherche.....</b>	<b>CCXI</b>

<b>Anhang II - Suchprotokolle systematische Literaturrecherche HAZOP-Verfahren ...</b>	<b>CCXII</b>
<b>Anhang III - Suchprotokolle systematische Literaturrecherche Risikowahrnehmung</b> .....	<b>CCXIX</b>
<b>Anhang IV - Suchprotokolle systematische Literaturrecherche Experte.....</b>	<b>CCXXVI</b>
<b>Anhang V - Laborausschreibung HAZOP-Studie .....</b>	<b>CCXXX</b>
<b>Anhang VI – Anschreiben Studierende.....</b>	<b>CCXXXI</b>
<b>Anhang VII – Vorlesungseinheit Studierende .....</b>	<b>CCXXXII</b>
<b>Anhang VIII – Aufgabenbeschreibung HAZOP-Studie.....</b>	<b>CCXLII</b>
<b>Anhang XI – Form-/ Lösungsblatt HAZOP-Studie .....</b>	<b>CCXLVII</b>
<b>Anhang X – Auszug der Standardisierung Studiendaten.....</b>	<b>CCXLVIII</b>
<b>Anhang XI – Anschreiben Experten.....</b>	<b>CCXLIX</b>
<b>Anhang XII – Leitfaden Experteninterivew .....</b>	<b>CCL</b>
<b>Anhang XIII – Kodierleitfaden zur Auswertung .....</b>	<b>CCLVI</b>
<b>Anhang XIV – Auszug Paraphrasierung Experteninterview .....</b>	<b>CCLXI</b>
<b>Anhang XV – Bildung der Überschriften Experten Interview .....</b>	<b>CCLXII</b>
<b>Anhang XVI – Thematischer Vergleich Expertenstudie .....</b>	<b>CCLXXXIX</b>

## **Zusammenfassung**

Im Rahmen der vorliegenden Dissertation erfolgt eine Auseinandersetzung mit der HAZOP-Methode, die in der Industrie für die Bewertung von verfahrenstechnischen Anlagen eingesetzt wird. In drei Schritten wird die Vorgehensweise des HAZOP-Verfahrens auf hemmende Einflussfaktoren analysiert und Maßnahmen zur Schaffung einer einheitlichen Grundlage für Beurteilungen geschaffen.

Im ersten Schritt werden die hemmenden Faktoren in den Kategorien „Moderator“, „Brainstorming-Methode“ und „Risikowahrnehmung und -bewertung“ anhand einer systematischen Literaturrecherche identifiziert. Die hieraus abgeleiteten hemmenden Einflussfaktoren werden hinsichtlich derer Auswirkungen auf die Durchführung und das Ergebnis der HAZOP-Methode bewertet.

Im anschließenden zweiten Teil der Dissertation werden anhand von zwei Studien die Auswirkungen detaillierter betrachtet. In der ersten Studie wurde mit Studierenden die Risikowahrnehmung und -bewertung sowie der Einsatz der Brainstorming-Methode untersucht. Das Ergebnis der Studie zeigt, dass die unterschiedlichen Probanden-Gruppen beim Einsatz der Brainstorming-Methode in vergleichbaren HAZOP-Studien zu unterschiedlichen Ergebnissen bei der Bewertung von Risiken und der Festlegung des Schutzniveaus kommen.

Zur Validierung der bisherigen Ergebnisse wird im dritten Schritt eine Expertenstudie mit routinierten HAZOP-Moderatoren durchgeführt. Das Ergebnis der Expertenstudie bestätigt, dass die Brainstorming-Methode aufgrund von hemmenden Einflussfaktoren in der betrieblichen Praxis nur geringfügig normgerecht angewendet wird. Es wird deutlich, dass die Bewertung von Risiken und die Festlegung des Schutzniveaus auch bei renommierten HAZOP-Moderatoren unterschiedlich ist.

Abschließend beschreibt die Dissertation mögliche Gestaltungsmaßnahmen der HAZOP-Methode, durch die die Auswirkung von hemmenden Faktoren gesenkt werden, damit unabhängig vom Moderator vergleichbare Ergebnisse entstehen. Die entsprechenden Gestaltungsmaßnahmen richten sich sowohl an den Prozess der HAZOP-Methode als auch an die methodischen und didaktischen Fähigkeiten des Moderators.

## Abstract

This dissertation evaluates the HAZOP method, widely used in the processing industry to assess plant safety. Three steps analyse this brainstorming method in order to identify inhibiting factors and to derive measures for a streamlined approach for such evaluations.

In the first step, a literature study is conducted to identify the inhibiting factors in the categories "moderator", "brainstorming method" and "risk perception / -assessment". The factors are then ranked with regards to their effects on execution and results of the HAZOP method.

The second part of this dissertation presents the results of two studies evaluating the influence factors in more detail. In the first study students conducted risk perception and -assessment by means of the brainstorming method. The study clearly shows that different groups of participants tasked with comparable HAZOP studies came up with different results in terms of risk evaluation and resulting protection levels.

To validate these initial results, a second study was conducted with professional HAZOP moderators. The expert study demonstrates that application of the brainstorming method in practice is difficult due to inhibiting factors. It becomes evident that even evaluations by renowned HAZOP moderators can result in different risk assessments and protection levels.

The final part of the dissertation describes possible measures to improve the HAZOP method by reducing the inhibiting factors in such a way that - regardless of the moderator conducting the assessment - the study yields comparable results. The measures target the process of the HAZOP method as well as the didactic skills of moderators.

## **Genderhinweis**

In der vorliegenden Arbeit wird darauf verzichtet, bei Personenbezeichnungen sowohl die männliche als auch die weibliche Form zu nennen. Die männliche Form gilt in allen Fällen, in denen dies nicht explizit ausgeschlossen wird, für beide Geschlechter.

# 1 Einleitung

## 1.1 Thematische Einführung

Seit vielen Jahrzehnten bemühen sich Bund, Länder und Unternehmen, sichere Zustände in verfahrenstechnischen Anlagen und Prozessen der Chemie und Petrochemie herzustellen. Über die Jahre haben sich gesetzliche und untergesetzliche Regelwerke geformt und beschreiben Anforderungen und Betreiberpflichten zur Herstellung von sicheren Zuständen. Dennoch kommt es immer wieder zu meldepflichtigen Ereignissen oder sogar Störfällen. Abbildung 1-1 stellt die Ereignisentwicklung der vergangenen Jahrzehnte bezogen auf die dokumentierten meldepflichtigen Ereignisse und Störfälle dar. Ein Ereignis ist definiert als eine Störung des bestimmungsgemäßen Betriebs in einem Betriebsbereich unter Beteiligung eines oder mehrerer gefährlicher Stoffe. Kommt es dabei zu einem Schaden, handelt es sich um einen Störfall. Störfälle sind häufig medienwirksam, da sie mit einem Personen- und/oder Umweltschaden einhergehen (§2 12. BImSchV, 2000).

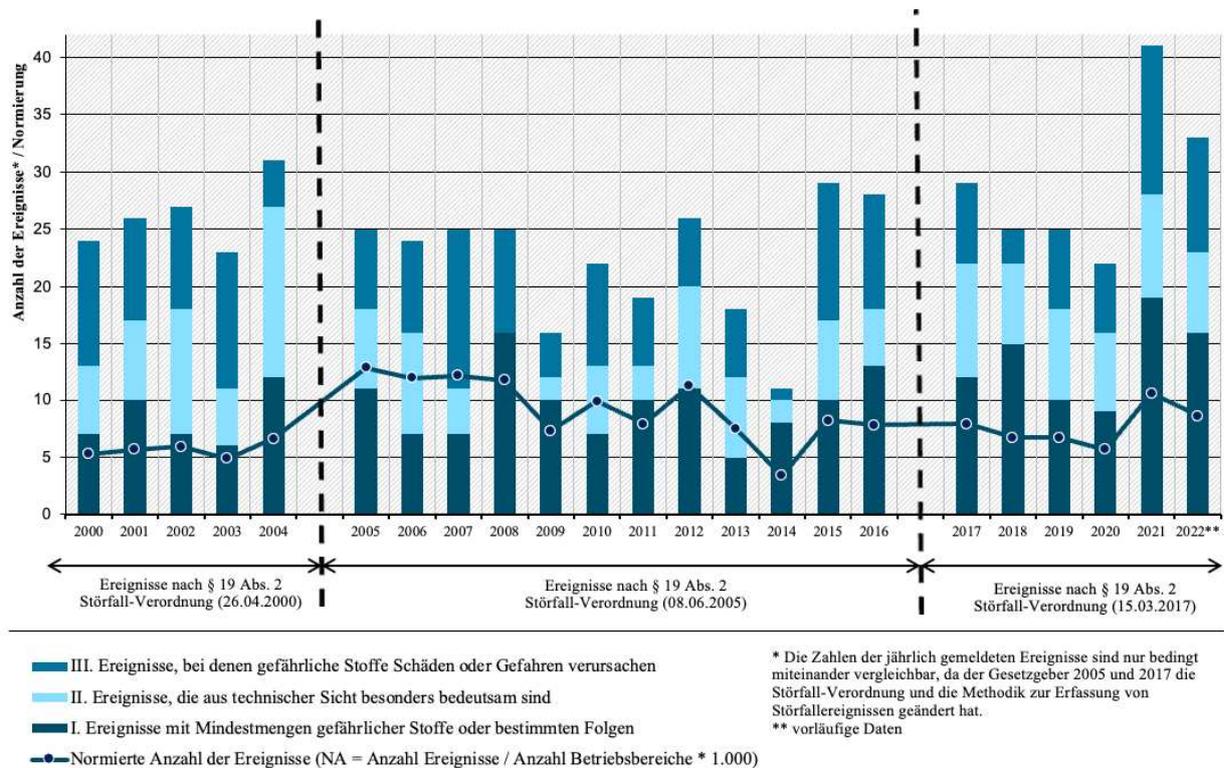


Abbildung 1-1: Störfallentwicklung 2000-2022 Abbildungen (Umweltbundesamt, 2023)

Ein Blick auf das Störfallgeschehen in den vergangenen Jahren zeigt, dass zwischen 2017 und 2019 in knapp 1 % aller Betriebsbereiche, die der Störfallverordnung unterliegen, meldepflichtige Ereignisse dokumentiert wurden. Die Zentrale Melde- und Auswertestelle für Störfälle (ZEMA) verzeichnete davon

41 Ereignisse im Jahr 2021 und 33 Ereignisse im Jahr 2023 (Stand Oktober 2023). Die meisten Ereignisse wurden in der chemischen Industrie dokumentiert. Bei den 41 erfassten Ereignissen gab es 7 Todesfälle, 59 Personen wurden verletzt und es wurden Sachschäden von insgesamt 42,2 Millionen Euro innerhalb der Betriebsbereiche verursacht. Die dominierende Ursache für die erfassten Ereignisse waren Fehler von Menschen und Systemfehler (Umweltbundesamt, 2023).

In Deutschland gehören rund 2200 Unternehmen mit etwa einer halben Millionen Beschäftigten der chemischen Industrie an (VCI, 2021). Die Chemiebranche setzte im Jahr 2021 insgesamt 220 Milliarden Euro um. Bezogen auf den Gesamtkontext erscheint die Anzahl an meldepflichtigen Ereignissen und Störfällen gering. Sicherlich kann die mittlerweile gesunkene Anzahl an meldepflichtigen Ereignissen auf die Interventionen von allen Seiten, die technischen und organisatorischen Verbesserungen im Bereich der Verfahrenssicherheit und des Arbeits- und Gesundheitsschutzes zurückgeführt werden. Dennoch ist das globale, aber auch nationale Ziel der Vision Zero<sup>1</sup> für Beschäftigte und Unternehmen noch nicht erreicht (DGUV, 2015).

Wird eine Anlage oder ein Prozess in Betrieb genommen, durchläuft dieser zahlreiche Entwicklungs- und Beurteilungsstufen. Eine dieser Stufen ist die Beurteilung des Prozesses mit dem Fokus der Identifizierung von unsicheren Zuständen und der Gestaltung von Maßnahmen. In der chemischen Industrie erfolgt diese Beurteilung häufig mit dem sog. HAZOP<sup>2</sup>- bzw. PAAG<sup>3</sup>-Verfahren<sup>4</sup>. Das in den 1970er Jahren entwickelte Verfahren basiert auf einem Brainstorming-Ansatz und strukturiert die Beurteilung in vier Schritte: Prognose der Abweichung, Auffinden der Ursachen, Beschreibung der Abweichungen, Gestaltung von Gegenmaßnahmen (IVSS, 2020). Durch diese Herangehensweise nimmt der Moderator eine besondere Rolle ein. Er moderiert das aus unterschiedlichen Fachexperten zusammengesetzte Team und ist für die Strukturierung der Analyse zuständig. Hierdurch wird das Ergebnis einer HAZOP-Studie rollenbedingt maßgeblich vom Moderator beeinflusst. So sind z. B. potenziell die Qualität des Ergebnisses und das Ergebnis selbst u. a. von den methodischen Fähigkeiten, dem Fachwissen und den Erfahrungen des Moderators abhängig. Durch die Systematik des Verfahrens erhält der Moderator zwar eine methodische Unterstützung zur Identifizierung von Gefährdungen, allerdings beeinflussen weitere Faktoren, wie die Verfügbarkeit von Informationen (z. B. Kenntnis/Wissen über Schadensereignisse und deren Präsenz in der

---

<sup>1</sup> Die Vision Zero ist eine globale Initiative, die das Ziel hat eine Arbeitswelt zu schaffen, in der keine Arbeitsunfälle oder arbeitsbedingten Erkrankungen passieren.

<sup>2</sup> Die Abkürzung HAZOP steht für **h**azard and **o**perability study

<sup>3</sup> PAAG ist eine Abkürzung für die Arbeitsschritte des Verfahrens: **P**rognose der Abweichungen, **A**uffinden der Ursachen, **B**eschreibung der **A**uswirkungen, **G**egenmaßnahmen

<sup>4</sup> Im weiteren Verlauf der Dissertation wird der Begriff HAZOP-Verfahren (Methodik) und HAZOP-Studie (Anwendung) verwendet und orientiert sich damit an der DIN EN 61882.

Wahrnehmung der Studienteilnehmer), die persönliche emotionale Erfahrung mit der potenziellen Gefährdung oder individuelle Einschätzungen der Wahrscheinlichkeit den Prozess der tatsächlichen Gefährdungsidentifikation (Conrad et al., 2017).

Das HAZOP-Verfahren ist ein Verfahren, welches sich in der Praxis bewährt hat und heute regelmäßig in der chemischen und petrochemischen Industrie zum Einsatz kommt. Dass es sich beim HAZOP-Verfahren um eine für die Praxis relevante Methode handelt, zeigt u. a. die Neuauflage der Handlungsanleitung „Risikobeurteilung in der chemischen Industrie. HAZOP-Verfahren und weitere Methoden“ der Berufsgenossenschaft Chemische Industrie aus dem Jahr 2020 (IVSS, 2020). Dabei kommt das HAZOP-Verfahren nicht nur bei der Inbetriebnahme zum Einsatz, sondern wird im Rahmen von sog. Sicherheitsbetrachtungen regelmäßig wiederholt und überprüft. Diese Revalidierungen erfolgen im gesamten Produktlebenszyklus der Anlage (Konstruktion, Inbetriebnahme, An- und Abfahren, Regelbetrieb), sodass mehrere HAZOP-Studien mit teils unterschiedlichen Moderatoren stattfinden.

Im Rahmen der Tätigkeit der Autorin konnte Praxiserfahrung bei der Durchführung von HAZOP-Studien gesammelt werden. Das Zusammenspiel der verschiedenen Stakeholder sowie die Herangehensweise in der Analyse mit der Methodik des HAZOP-Verfahrens weckten das persönliche Interesse für dieses Thema. Dabei wurde von der Autorin auch wahrgenommen, dass Unterschiede in der Herangehensweise der HAZOP-Studien feststellbar waren, und zwar nicht nur im Sinne des methodischen Vorgehens. Vielmehr konnten auch Unterschiede in der Wahrnehmung und Beurteilung von Risiken beobachtet werden. Hieraus entstand zunächst die Idee für diese Forschungsrichtung sowie die Wahl des Dissertationsthemas.

## **1.2 Ziel der Dissertation und Ableitung der methodischen Vorgehensweise**

Das Ziel des Promotionsvorhabens besteht darin, eine interdisziplinäre Betrachtung des HAZOP-Verfahrens durchzuführen und aus identifizierten Defiziten bei der Durchführung Gestaltungsmaßnahmen abzuleiten. Der Fokus liegt dabei zunächst auf der Ermittlung von hemmenden Faktoren bei der Durchführung von HAZOP-Studien, die potenziell das Studienergebnis und damit auch das erreichte Schutzziel beeinflussen. Dabei ist vor allem von Interesse, wie der Moderator selbst und die Brainstorming-Methodik das Ergebnis des HAZOP-Verfahrens beeinflussen. Beim Moderator<sup>5</sup> steht hierbei insbesondere die Risikowahrnehmung und -beurteilung im Fokus der Betrachtung. Aufbauend erfolgt die weitere Bewertung dieser Faktoren im Rahmen einer Studie mit Studierenden und einer darauf aufbauenden Expertenstudie. Im letzten Schritt werden Gestaltungsmaßnahmen erarbeitet, die zur Reduzierung der hemmend wirkenden Faktoren verfolgt werden sollten. Ziel der Dissertation ist es, konkrete

---

<sup>5</sup> Innerhalb der Literatur werden unterschiedliche Begriffe für die Funktion des Moderators benannt (z. B. Studienleiter). Diese Dissertation verwendet den, in der Praxis gängigen Begriff des „Moderators“.

Handlungsfelder und Maßnahmen zu beschreiben, die die hemmend wirkenden Einflussfaktoren abschwächen und ein ausreichendes Schutzniveau im Ergebnis der Studie sicherstellen.

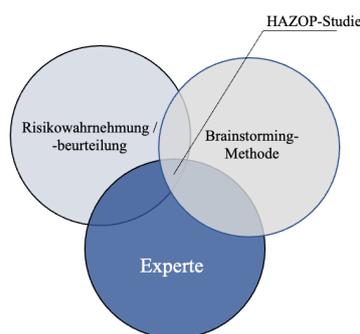
Zur Erreichung des Ziels dieser Dissertation wird die nachfolgende methodische Vorgehensweise definiert:

### **Schritt 1: Literaturrecherche zur Ableitung der Forschungsthesen (explorative Literaturrecherche)**

Im ersten Schritt wird im Rahmen einer explorativen Literaturrecherche zunächst ein Überblick über die Entwicklung des HAZOP-Verfahrens und dessen Methodik gegeben. Dabei wird orientierend ermittelt, ob und in welchem inhaltlichen und methodischen Kontext Spannungsfelder bei der Durchführung oder dem Setup bestehen. Dabei wird das Forschungsthema auf zwei Themenfelder im Kontext des HAZOP-Verfahrens eingegrenzt: (1) den Experten und (2) die Brainstorming-Methode. Beide Felder sind Teilaspekte der HAZOP-Methode und erfordern damit zur Erreichung des Ziels der Dissertation eine fundierte Datengrundlage. Durch die explorative Literaturrecherche werden zunächst erste Erkenntnisse generiert, die zur Formulierung der Forschungsfragen erforderlich sind und die Grundlage des darauffolgenden methodischen Forschungsschrittes darstellen (vgl. Kapitel 2).

### **Schritt 2: Literaturrecherche zum methodischen Vorgehen (systematische Literaturrecherche)**

Die explorative Literaturrecherche liefert erste Erkenntnisse und grenzt das Betrachtungsfeld der Dissertation weiter ein. Der Fokus der weiteren Erarbeitung liegt auf den Themenfeldern des Moderators (Experten), dessen Risikowahrnehmung und -beurteilung sowie der Brainstorming-Methode und deren methodischen Auswirkungen innerhalb der HAZOP-Studie (vgl. Abbildung 1-2).



*Abbildung 1-2: Eingrenzung der Themenfelder zur Identifizierung hemmender Faktoren (eigene Darstellung)*

Zur konkreten Identifizierung von hemmenden Faktoren wird eine schlagwortbasierte systematische Literaturrecherche zur Beantwortung der relevanten Fragestellungen durchgeführt. Die hierzu herangezogenen Forschungsfragen ergeben sich als Erkenntnis aus der explorativen Literaturrecherche. Im

Ergebnis dieses methodischen Schrittes erfolgt die Auflistung und Bewertung hemmender Faktoren bei der Durchführung der HAZOP-Studie (vgl. Kapitel 3).

### **Schritt 3: Durchführung der Studien**

Im dritten Schritt wird aufbauend auf den ermittelten Erkenntnissen die Durchführung von HAZOP-Studien weiter analysiert. Hierzu wird in einem ersten Schritt eine Studie mit Studierenden zur Untersuchung der angewendeten Brainstorming-Methode durchgeführt. Anschließend werden im Rahmen einer Expertenstudie Experten befragt, die heute als Moderatoren eigenständig HAZOP-Studien durchführen. Beide Studien verfolgen das Ziel, die ermittelten Einflussfaktoren und potenziellen Abweichungen zu überprüfen, um daraus Maßnahmen zur Reduzierung abzuleiten. Die beiden Studien werden nachfolgend kurz erläutert:

**Studie mit Studierenden:** Untersuchung der Abweichungen, die sich aus der Brainstorming-Methode sowie der Risikowahrnehmung und -bewertung ergeben.

Im Rahmen dieser Studie soll ermittelt werden, ob die Brainstorming-Methode in mehreren Studien zu einem gleichwertigen Schutzniveau führt oder ob Unterschiede bei der Identifikation und Diskussion von Abweichungen, Ursachen, Auswirkungen und Gegenmaßnahmen festgestellt werden können (vgl. Kapitel 4).

**Expertenstudie:** Befragung von Experten zur Rolle des Moderators in der betrieblichen Praxis und Durchführung der HAZOP-Studien (Expertenstudie).

Im Rahmen dieser Studie sollen die Rolle des Moderators und die Wahrnehmung dieser Rolle in der Praxis untersucht werden. Dabei soll betrachtet werden, in welchem Umfang der Moderator in der betrieblichen Praxis auf die Art der Durchführung und die Teilnehmer der HAZOP-Studie Einfluss nimmt und wie HAZOP-Studien in der betrieblichen Praxis tatsächlich durchgeführt werden (vgl. Kapitel 5).

Im Fazit werden alle Erkenntnisse zusammengeführt, um daraus Gestaltungsmaßnahmen zur Reduzierung von hemmenden Einflussfaktoren bei der Durchführung von HAZOP-Studien abzuleiten und in der betrieblichen Praxis ein einheitliches Schutzniveau zu erreichen. Abschließend wird ein Ausblick auf die gegeben (vgl. Kapitel 6).

Nach jedem Schritt erfolgt die Zusammenfassung der Erkenntnisse. In diesem Rahmen wird ebenfalls überprüft, ob das methodische Vorgehen fortgesetzt werden kann oder richtungsweisend angepasst werden muss.

## 2 Literaturrecherche zur Ableitung der Forschungsfragen

Um aus dem Interesse am Forschungsthema konkrete Forschungsthesen ableiten zu können, kommt eine explorative Literaturrecherche zur Anwendung. Diese dient dazu, zunächst einen allgemeinen Überblick über die Relevanz des Themas sowie die Darstellung der methodischen Herangehensweise zur Durchführung des HAZOP-Verfahrens zu erhalten. Dabei steht im Vordergrund, aus der Fachliteratur abzuleiten, welche Aufmerksamkeit und Rolle dem Moderator zugesprochen wird und in welchem Umfang und durch welche begründeten Ausführungen die methodische Herangehensweise einschließlich Risiken und Chancen des Verfahrens abgebildet ist. Über die Ableitung der Forschungsthesen aus der Fachliteratur hinaus sollen im Rahmen der explorativen Literaturrecherche die identifizierten Suchbegriffe und Kombinationen eingegrenzt werden, die zur aufbauenden systematischen Literaturrecherche herangezogen werden können.

Zur Durchführung der explorativen Literaturrecherche wurden zunächst mit den Such- bzw. Schlagworten „PAAG<sup>6</sup> Verfahren“ und „HAZOP Operability Study“ (HAZOP) die folgenden Datenbanken durchsucht:

- Google und Google Scholar
- Datenbank der Berufsgenossenschaft Rohstoff und Chemie
- Online-Katalog der Universitätsbibliothek der BUW (<https://www.bib.uni-wuppertal.de/de/startseite.html>)
- Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA, [www.baua.de](http://www.baua.de))
- Deutsches Institut für Normung e.V. (<https://www.din.de/de>)

Es wurden dabei jeweils maximal die ersten 10 Suchergebnisse der Datenbanken inhaltlich gesichtet und in die Systematisierung aufgenommen. Das im Verlaufe der Literaturrecherche erstellte Suchprotokoll kann der nachfolgenden Tabelle entnommen werden. Die detaillierte Auflistung der Literatur ist im Anhang II bis IV zu finden.

*Tabelle 2-1: Suchprotokoll der explorativen Literaturrecherche*

Suchmaschine/ Datenbank	Datum	Suchterm	Einschränkungen	Trefferzahl
Google	22.09.2022	PAAG Verfahren	Suchergebnisse 1-10 Sichtung und Aufnahme zusätzlicher Quellenangaben in	22.090

<sup>6</sup> Um auch alle relevanten Veröffentlichungen im deutschsprachigen Raum zu identifizieren, wird der Begriff PAAG-Verfahren mit in die Suche eingefasst.

			den gefundenen Publikationen (Schneeballverfahren)	
Google	23.09.2022	hazop operability study	Abbruch nach Sichtung von 7 Ergebnissen	191.000
Google Scholar	22.09.2022	hazop operability study	Verwandte Suchanfragen bzw. Vorschlag HAZOP analysis study	21.700
Google Scholar	23.09.2022	PAAG Verfahren	Abbruch nach der Sichtung von 7 Publikationen	305
BG RCI	23.09.2022	PAAG Verfahren	-	3
Online-Katalog der Universitätsbibliothek der BUW	23.09.2022	PAAG-Verfahren	-	2
Online-Katalog der Universitätsbibliothek der BUW	23.09.2022	Hazard operability analysis	-	4
Deutsches Institut für Normung e.V. Beuth Verlag	23.09.2022	PAAG-Verfahren	-	95
Deutsches Institut für Normung e.V. Beuth Verlag	23.09.2022	Hazard operability analysis	-	
BAuA	23.09.2022	Hazard operability analysis	-	1
BAuA	23.09.2022	PAAG-Verfahren	-	1

Die über den jeweiligen Suchterminus gefundene Literatur wurde nach den Einschlusskriterien der Tabelle 2-2 gesichtet und zur Konkretisierung des Forschungsthemas ein- oder ausgeschlossen.

*Tabelle 2-2: Selektion der Literatur*

<b>9 Ergebnisse</b>
<b>Einschlusskriterien: Erste Auswahl</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Primärliteratur, Normen, Lehrbücher</li> <li>● Reviews</li> <li>● Sprache: Deutsch, Englisch</li> </ul>
<b>8 Ergebnisse</b>
<b>Einschlusskriterien: Zweite Auswahl</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Thema der Literatur entspricht dem Forschungsthema der Arbeit</li> </ul>

• Enthält keine Werbung für Dienstleistung
• Enthält weitere Quellen im Literaturverzeichnis

Im Ergebnis der Literaturrecherche wurden 44 Quellen gesichtet. Bei der Erstsichtung wurde zunächst anhand des Autors, des Titels sowie des Abstracts eine Qualitätseinschätzung vorgenommen. Dabei zeigte sich, dass es sich bei 14 Quellen um Publikationen von Unternehmen handelte, die mit der Durchführung von HAZOP-Studien werben. 18 Quellen wurden nach der ersten Sichtung eingeschlossen und weiterverarbeitet. Davon wurden 10 Quellen als erste Auswahl eingeschlossen und 9 Ergebnisse als zweite Auswahl eingeschlossen. Die detaillierte Tabelle ist im Anhang I dieser Arbeit zu finden.

## 2.1 Systematisierung der Literatur

Im Ergebnis der explorativen Literaturrecherche konnten 9 Literaturquellen identifiziert werden, die zur weiteren inhaltlichen Bearbeitung des Forschungsthemas herangezogen werden sollen. Das Ziel der detaillierten Sichtung der Inhalte ist die Entscheidung, welche Literaturquellen mit welchen Textstellen verwendet werden sollen. Ein weiteres Ziel ist die Erarbeitung von zielgerichteten Forschungsfragen, die im Rahmen der Dissertation beantwortet werden.

Hierbei wurde der Blick insbesondere auf die methodische Herangehensweise und die Teilnehmer des HAZOP-Verfahrens gelegt. Die detaillierte Sichtung der Inhalte wurde für folgende Quellen durchgeführt (Einschlusskriterium erste Auswahl):

- 1) DIN EN 61882:2017-02; VDE 0050-8:2017-02
- 2) Chemical Industries Association (1977): A Guide to Hazard and Operability Studies
- 3) Kletz, Trevor (1999): Hazop & Hazan: Identifying and Assessing Process Industry Hazards
- 4) Pilz, Volker (1985): Sicherheitsanalysen zur systematischen Überprüfung von Verfahren und Anlagen – Methoden, Nutzen und Grenzen
- 5) Hauptmann, Ulrich (2013): Risiko- und Sicherheitsanalysen im Überblick
- 6) Crawley, Frank (2015): HAZOP: Guide to best practice
- 7) IVSS (2020): Das PAAG-/HAZOP-Verfahren und weitere praxisbewährte Methoden
- 8) Baybutt, Paul (2015): A critique of the Hazard and Operability (HAZOP) study
- 9) Dunjó, Jordi et al. (2010): Hazard and operability (HAZOP) analysis. A literature review

Die detaillierte Sichtung der Literatur wurde in zwei Themenfelder unterteilt:

- methodischer Aufbau und methodische Besonderheiten der HAZOP Studie sowie
- Auswahl der Teilnehmer und Mitwirkenden der HAZOP-Studie sowie Rolle des Moderators.

Das HAZOP-Verfahren ist erstmalig 1977 durch die Chemical Industries Association in „A Guide to Hazard and Operability Studies“ veröffentlicht worden. 1980 wurde von der Sektion Chemie der

Internationalen Vereinigung für Soziale Sicherheit (IVSS) (Industries Imperial Chemical, 1977) die erste deutschsprachige Information zur Durchführung des PAAG-Verfahrens herausgegeben. Seither wird das HAZOP-Verfahren zur Durchführung von Sicherheitsbetrachtungen und Risikobeurteilungen in der Pharmaindustrie, Chemie und Petrochemie eingesetzt (IVSS, 2020).

### 2.1.1 Die Methodik des HAZOP-Verfahrens

Das Verfahren zeichnet sich durch seine außergewöhnliche Methodik im Bereich der technischen und naturwissenschaftlichen Analyseverfahren aus. Es beruht auf einem offenen und kreativen Ansatz, der das Verfahren für eine Untersuchung von Teilaspekten der Analyse besonders interessant macht. In der untersuchten Literatur konnten unterschiedliche Formulierungen für diese Herangehensweise gefunden werden. Der Ausgangspunkt der Analyse besteht in einem einwandfreien Sollzustand klar voneinander abgegrenzter Anlagenteile. Das HAZOP-Verfahren bedient sich neben induktiven und deduktiven Vorgehensweisen auch einer intuitiven Untersuchungsmethodik, die kreatives Denken erfordert, um ihre Wirkung entfalten zu können. Diese Tatsache macht das HAZOP-Verfahren zu einer besonderen Methodik, deren Wirkungsweise entscheidend von den mitwirkenden Personen abhängt. Die DIN EN 61882 definiert die Studie sogar als einen schöpferischen Prozess, dessen Durchführung in einer Atmosphäre kritischen Denkens in freiem und offenem Umgang stattfindet (DIN EN ISO 61882-2016).

Laut Crawley et al. (2015) ist das HAZOP-Verfahren keine unfehlbare Methode zur Identifizierung aller möglichen Gefahren oder Betriebsprobleme. Es wird betont, dass die Expertise und Erfahrung im Team entscheidend für die Qualität und die Vollständigkeit des Ergebnisses sind. Weiter machen Crawley et al. (2015) das Ergebnis der Studie davon abhängig, dass nur eine systematische, kreative und fantasievolle Untersuchung zu einem qualitativ hochwertigen Bericht führt, wobei selbst dann nicht jedes potenzielle Problem gefunden werden kann (Crawley et al., 2015).

Ausgewählte Publikationen gehen über die Definition von Crawley et al. (2015) – „eine systematische, kreative und fantasievolle Untersuchung“ – hinaus. In der Publikation der IVSS wird der Ablauf des Verfahrens als „ein methodisches, gelenktes Brainstorming in einer Gruppe von Experten“ definiert. Über die Anwendung der sog. Leitwörter werden Störungen generiert. Von den Teilnehmenden ist die Bereitschaft gefordert, auch rein hypothetische Störungen infolge möglicher Fehler von Technik und Menschen gedanklich zuzulassen und zu bewerten (IVSS, 2020).

Die ausgewählte und gesichtete Literatur zeigt auf, dass es sich bei der Durchführung des HAZOP-Verfahrens um eine offene, kreative und fantasievolle Methodik handelt, die in einer entsprechenden Atmosphäre erarbeitet werden sollte. Insbesondere die Durchführung eines Brainstormings zum Auffinden möglicher Störungen gibt den Teilnehmenden von HAZOP-Studien und der Autorin ein konkretes Bild,

wie die Analyse im Idealfall ablaufen sollte. Die Teilnehmenden der Studien sind in der Regel Techniker, Meister und Ingenieure (Hauptmann, 2013), welche im betrieblichen Alltag vermutlich eher selten in ihrem kreativen und fantasievollen Denken trainiert werden. In der gesichteten Literatur wird insbesondere auf die Chancen einer kreativen Methodik eingegangen. Auf potenzielle Risiken, die kreative Methoden mit ungeübten oder wenig geübten Teilnehmenden mit sich bringen können, wird in den gesichteten Publikationen dagegen kaum Bezug genommen<sup>7</sup>. Es ist jedoch anzunehmen, dass sich durch eine kreative Methodik, die viel Raum für Diskussionen oder ein Brainstorming lässt, Risiken für das Ergebnis der HAZOP-Studie ergeben, die sich möglicherweise auf das zu erreichende Schutzziel auswirken können. Dabei wäre es für die Moderatoren und Teilnehmer wichtig zu wissen, durch welche Faktoren sie ihr Brainstorming-Ergebnis beeinflussen können und wie sie sich vor negativen oder hemmenden Einflussfaktoren einer Kreativtechnik schützen können.

Die gesichtete Literatur zeigt auf, dass sich das HAZOP-Verfahren durch seine intuitive, schöpferische und kreative Methodik von anderen technischen Analysemethoden abhebt (Crawley et al., 2015; Hauptmann, 2013; IVSS, 2020). Die Methodik soll ein zentraler Bestandteil für die Identifizierung aller potenziellen Abweichungen sein, sodass anzunehmen ist, dass diesem Schritt des HAZOP-Verfahrens für die Erreichung des Schutzziels eine besondere Rolle zukommt. Aus Sicht der Autorin und ihrer Erfahrungen gibt es zahlreiche Einflussfaktoren bei der Anwendung einer Kreativtechnik, die nicht nur Chancen, sondern auch Risiken für das zu erreichende Ergebnis darstellen. Eine Erfahrung der Autorin besteht darin, dass die Kreativtechnik in den Analysen selbst wenig bis gar nicht zum Einsatz kommt. Faktoren, die die Kreativtechnik hemmend beeinflussen und damit auch ein Risiko für das Schutzziel darstellen, sowie Maßnahmen zur Reduzierung von hemmenden Einflussfaktoren, welche während der HAZOP-Studie umgesetzt werden können, werden aus Sicht der Autorin in der Literatur nicht ausreichend diskutiert. Hier besteht aus Sicht der Autorin Bedarf zur Einleitung weiterer Recherchen oder Untersuchungen.

Diese Annahme der Autorin wird durch eine Publikation gestützt. In der Veröffentlichung „A critique of the Hazard and Operability (HAZOP) Study“ beschreibt Paul Baybutt (2015) Faktoren, die potenziell im Rahmen der HAZOP-Studie hemmend wirken und einen negativen Einfluss auf das Schutzziel haben können. Hierzu zählt Baybutt (2015) u. a. den heuristischen (kreativen) Ansatz, der sowohl Stärken als auch Schwächen beinhaltet. Er beschreibt, dass es dem Studienteam unter Umständen trotzdem nicht gelingt, alle möglichen Szenarien zu identifizieren, und reflektiert weiter, dass die Brainstorming-Methodik nicht unbedingt nur als Gruppenaktivität zum Erfolg führt. Das menschliche Gehirn findet nach Baybutt (2015) auch in der stillen Reflexion Lösungen. Diese Lösungen und Ideen werden im Rahmen des HAZOP-Verfahrens nicht mehr berücksichtigt, da die Studien dann in der Regel abgeschlossen sind. Auch vermittelte

---

<sup>7</sup> Es konnte nur eine konkrete Literatur gefunden werden, die detailliert auf potenzielle Risiken eingeht. Hierbei handelt es sich um die Veröffentlichung „A critique of the Hazard and Operability (HAZOP) study“ von Paul Baybutt (2015).

die klare Struktur der HAZOP-Methode den Teilnehmenden und dem Moderator einen falschen Eindruck von Vollständigkeit. Nach Baybutt (2015) sind HAZOP-Studien jedoch oft eher unvollständig.

### 2.1.2 Der Moderator

Dem Moderator kommt bei der Durchführung von HAZOP-Studien eine zentrale Rolle zu. Dies spiegelt sich auch in der Literatur wider. Dem Moderator wird in der Regel ein eigenes Kapitel gewidmet, in dem Anforderungen an diese Funktion definiert werden (Crawley et al., 2015; IVSS, 2020).

Nach der DIN EN 61882:2017 sollte die HAZOP-Studie unter Anleitung eines geübten und erfahrenen Moderators durchgeführt werden, der eine umfassende Abdeckung des zu untersuchenden Systems durch logisch-analytisches Denken sicherstellen kann. Weiter wird in der DIN EN 61882 definiert, dass der Moderator nicht zu eng mit dem Projekt selbst sowie dem Entwicklungsteam verknüpft sein sollte. Vielmehr liegt seine Kompetenz darin, geübt und erfahren in der Durchführung von Analysen zu sein. Dem Moderator obliegt die Aufgabe, die Leitwörter vorzuschlagen und das daran angeschlossene kreative Brainstorming zu initiieren und zu lenken (DIN EN ISO 61882-2016).

Die IVSS (2020) beschreibt die Aufgabe des Moderators wie folgt: Der Moderator soll die Teammitglieder zu kreativem Arbeiten motivieren und die aufkommenden Diskussionen moderieren. Er soll sorgfältig vorbereitet sowie im Umgang mit der Methode ausgebildet und geübt sein. Weiterhin sollte der Moderator nicht näher mit der zu untersuchenden Anlage verbunden sein, um Betriebsblindheit zu vermeiden und die erforderliche Objektivität zu wahren. Die Relevanz des Moderators wird insbesondere dadurch deutlich, dass im Dokument beschrieben wird, dass von den Fähigkeiten und dem Geschick des Moderators der Erfolg der Studie in großem Maße abhängig ist.

Dass der Moderator mit seinen Kompetenzen nicht nur Erfolgsfaktor, sondern auch entscheidend für das Misslingen einer Studie verantwortlich sein kann, wird durch die Formulierung der DIN EN 61882 deutlich. Hier wird unter dem Kapitel „Grenzen einer HAZOP Studie“ u. a. der Moderator bzw. Studienleiter aufgeführt. Auch hier beschreibt die Norm ähnlich wie die IVSS, dass der Erfolg der HAZOP-Studie stark von den Fähigkeiten und der Erfahrung des Moderators und dem Wissen, der Erfahrung und dem Niveau des Zusammenspiels zwischen den Teammitgliedern abhängt (DIN EN ISO 61882-2016).

Crawley et al. (2015) gehen über diese Anforderungen hinaus und beschreiben die Herausforderungen des Moderators konkreter. Danach muss der Moderator drei wesentliche Kompetenzen entwickeln und üben: (1) HAZOP-Methode und -Struktur verstehen und anwenden, (2) das Team effektiv managen, um den Beitrag aller zu optimieren, und (3) die eigenen technischen Kenntnisse und Erfahrungen mit Bedacht einsetzen und damit umgehen, um nicht selbst der technische Experte zu werden (Crawley et al., 2015).

Die letzte Anforderung an den Moderator erscheint aus Sicht der Autorin eine ergänzende zu sein. In der aktuellen Annahme handelt es sich bei vielen Moderatoren um Fachexperten, denen es sicherlich leichtfällt, auch fachlich-inhaltliche Beiträge in der HAZOP-Studie zu leisten. Crawley et al. (2015) ergänzen als weitere Aufgabe des Moderators, seine Leistung nach jeder Studie selbst kritisch zu überprüfen, wenn möglich mit der Hilfe anderer erfahrener Personen aus dem Team, um seine Führungsqualitäten durch regelmäßiges Feedback aufrechtzuerhalten (Crawley et al., 2015).

Die gesichtete Literatur macht deutlich, dass dem Moderator eine fundamentale Rolle zukommt, die entscheidend den Erfolg und damit das Ergebnis der HAZOP-Studie mitbestimmt. Während die Relevanz der Rolle in der Literatur klar kommuniziert wird, wird kaum darauf eingegangen, was dies konkret in der betrieblichen Praxis bedeutet und welche ggf. auch negativen Konsequenzen diese Konstellation mit sich bringt. Lediglich Crawley et al. (2015) und Dunj3 et al. (2010) widmen sich diesem Aspekt in ihren Veröffentlichungen. Crawley et al. (2015) weisen darauf hin, dass der Moderator in der HAZOP-Studie trotz seines Fachwissens nicht zum Experten werden darf (Crawley et al., 2015). Dabei bleibt offen, wie dem Moderator das Gelingen kann und welchen Einfluss der Moderator durch diese Rolle auf das Studienergebnis hat. Auch Dunj3 et al. (2010) geben an, dass das Ergebnis der HAZOP-Studie von der Voreingenommenheit, der Erfahrung, dem Wissen und der Kreativität des Moderators abhängt. Grundsätzlich sollte es im Idealfall so sein, dass bei Anwendung derselben Methodik (HAZOP-Methodik) durch unterschiedliche Moderatoren ein vergleichbares Ergebnis produziert wird. Es lässt sich im Rahmen der Fachliteratur allerdings nicht ermitteln, ob und in welchem Umfang die individuelle Risikowahrnehmung und -beurteilung Einfluss auf das Ergebnis der HAZOP-Studie hat. In keinem der Fachbücher werden hierzu Fakten, Empfehlungen oder Herausforderungen formuliert.

Nach Sichtung der Literatur kann zunächst angenommen werden, dass es im Ergebnis der Studie erhebliche Unterschiede in Abhängigkeit von den Moderatoren geben kann. Für die Moderatoren in der betrieblichen Praxis wäre in der Prävention wichtig zu wissen, welche Risiken und Einflüsse bestehen und wie diesen präventiv begegnet werden kann. Hier besteht aus Sicht der Autorin Bedarf zur Einleitung weiterer Untersuchungen im Rahmen dieses Promotionsvorhabens.

## **2.2 Forschungsfragen zur Literaturrecherche**

Die durchgeführte explorative Literaturrecherche bildet die Grundlage zur Konkretisierung des weiteren Forschungsrahmens dieser Dissertation. Aus den Erkenntnissen dieser Recherche werden im nächsten Schritt Forschungsfragen abgeleitet. Hierbei ergeben sich zwei Forschungsfelder:

1. die Brainstorming-Methodik des Verfahrens
2. die Rolle und der Einfluss des Moderators

Um in diesen Themenfeldern weitere Erkenntnisse zu generieren und das Dissertationsvorhaben spezifischer zu gestalten, werden die nachfolgenden Forschungsfragen (FF) formuliert:

- FF1: Welche hemmenden Einflussfaktoren können bei der Durchführung des HAZOP-Verfahrens durch den Einfluss des **Moderators** identifiziert werden und welche Auswirkungen haben die identifizierten Einflussfaktoren auf das zu erreichende Schutzniveau der HAZOP-Studie?
- FF 2: Welche hemmenden Einflussfaktoren können bei der Durchführung des HAZOP-Verfahrens durch die Anwendung der **Brainstorming-Methode** identifiziert werden und welche potenzielle Auswirkung hat diese auf das zu erreichende Schutzniveau?

Zur Beantwortung der Forschungsfragen wird im ersten Schritt eine systematische Literaturrecherche durchgeführt, um grundsätzlich wirkende und hemmend wirkende Einflussfaktoren zu identifizieren.

### 2.3 Fazit der explorativen Literaturrecherche

Die explorative Literaturrecherche zur Eingrenzung des Themas hat gezeigt, dass dem Moderator eine elementare Rolle bei der Anwendung des HAZOP-Verfahrens zukommt. Allerdings konnten im Rahmen der Literaturrecherche kaum konkrete Anforderungen identifiziert werden, die den Moderator in der Ausübung seiner Tätigkeit unterstützen.

Dies gilt nicht nur für die Rolle des Moderators, sondern zeigt sich ebenfalls mit Blick auf die HAZOP-Methodik. Sie soll durch das Brainstorming-Verfahren die Kreativität der Teilnehmer anregen, um so auch nicht offensichtliche Abweichungen zu identifizieren. Inwiefern es hier Herausforderungen gibt, die das Schutzniveau beeinflussen können, wurde nicht diskutiert. Es werden auch keine Maßnahmen zur Reduzierung dieses Risikos beschrieben.

In keiner Publikation wird eine kritische Diskussion darüber vorgenommen, welche Einflussfaktoren den Studienverlauf, die Studiendurchführung oder das Studienergebnis, also das Schutzniveau der betrachteten Anlage, negativ beeinflussen können. Es stehen den Moderatoren und Unternehmen demzufolge auch keine zu ergreifenden Gegenmaßnahmen zur Verfügung, um hemmende Einflussfaktoren zu vermeiden.

Die Erkenntnisse aus der explorativen Literaturrecherche haben das Betrachtungsfeld auf den Moderator und die Brainstorming-Methode eingegrenzt und bestätigt, dass eine systematische Literaturrecherche zur ganzheitlichen Erfassung hemmender Einflussfaktoren im nachfolgenden Schritt erforderlich ist. Dies ist vor allem deshalb notwendig, um am Schluss dieser Arbeit Maßnahmen und Handlungsfelder zur Reduzierung hemmender Einflussfaktoren aufzeigen zu können.

### 3 Literaturrecherche zum methodischen Vorgehen

Die explorative Literaturrecherche hat erste Erkenntnisse geliefert und das Betrachtungsfeld der Dissertation weiter eingegrenzt. Der Fokus der weiteren Erarbeitung kann entsprechend den definierten Methodikschritten beibehalten werden und liegt auf den Themenfeldern des Moderators (Experten), der Risikowahrnehmung und -beurteilung des Experten sowie der Brainstorming-Methode und deren Wirkungen innerhalb der HAZOP-Studie (vgl. Abbildung 3-1). Die Risikowahrnehmung und -beurteilung wurde für die Durchführung der systematischen Literaturrecherche gegenüber der explorativen Literaturrecherche ergänzt. Dies wird als sinnvoll erachtet, um bei der Einschätzung und Bewertung der Risiken im Rahmen des HAZOP-Verfahrens auch die individuelle Risikowahrnehmung des Moderators zu berücksichtigen, da dieser einen entscheidenden Einfluss auf das Ergebnis der Studie hat.

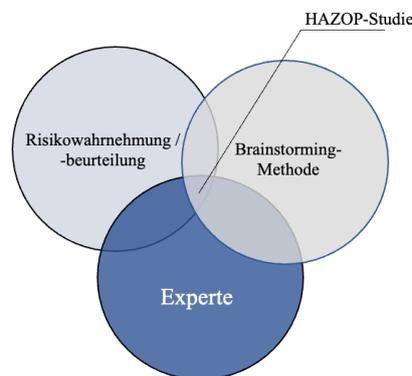


Abbildung 3-1: Eingrenzung der Themenfelder zur Identifizierung hemmender Faktoren (eigene Darstellung)

Zur konkreten Identifizierung hemmender Faktoren wird in diesem Kapitel eine systematische Literaturrecherche zur Beantwortung der Forschungsfragen durchgeführt. Diese wurden gegenüber dem Kapitel 2.2 um den Bereich der Risikowahrnehmung und -bewertung ergänzt:

- FF 1: Welche hemmenden Einflussfaktoren können bei der Durchführung des HAZOP-Verfahrens durch den Einfluss des **Moderators** identifiziert werden und welche Auswirkungen haben die identifizierten Einflussfaktoren auf das zu erreichende Schutzniveau der HAZOP-Studie?
- FF 2: Welche hemmenden Einflussfaktoren können bei der Durchführung des HAZOP-Verfahrens durch die Anwendung der **Brainstorming-Methode** identifiziert werden und welche Auswirkungen haben die identifizierten Einflussfaktoren auf das zu erreichende Schutzniveau der HAZOP-Studie?
- FF 3: Welche hemmenden Einflussfaktoren können sich bei der Durchführung des HAZOP - Verfahrens durch die persönliche **Risikowahrnehmung** des Experten ergeben und welche Auswirkungen haben die identifizierten Einflussfaktoren auf das zu erreichende Schutzniveau der HAZOP-Studie?

Um die hemmenden Einflussfaktoren zu ermitteln, die sich aus der Methodik des HAZOP-Verfahrens und durch den Moderator ergeben, wird nachfolgend eine systematische, schlagwortbasierte und disziplinübergreifende Literaturrecherche durchgeführt. Im ersten Schritt wird hierzu der Fokus auf die Methodik des HAZOP-Verfahrens gelegt. Ziel ist es, darauf aufbauend den Einfluss von potenziell hemmenden Einflussfaktoren auf das zu erreichende Schutzziel zu beschreiben. Hierzu werden die Einflussfaktoren systematisiert und nachfolgend mögliche Wirkzusammenhänge aufgezeigt.

Die systematische Literaturrecherche greift auf Erkenntnisse aus dem Arbeitsschutz, der Psychologie sowie anderen interdisziplinären Fachbereichen zu. Hierdurch soll auf der einen Seite ein tiefgreifendes Verständnis über die Wirkfaktoren im Rahmen des HAZOP-Verfahrens erarbeitet werden. Zum anderen soll im weiteren Verlauf dieser Dissertation bei der Beschreibung ggf. notwendiger Maßnahmen auf diese Erkenntnisse zurückgegriffen werden, um eine ganzheitliche Weiterentwicklung zu ermöglichen.

Die recherchierte Literatur wird im Kapitel 3.2 vorgestellt und wurde bewusst umfassend aufgenommen. Die Übersicht über die erarbeiteten hemmenden Faktoren erhebt allerdings keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Vielmehr ist es das Ziel, einen ersten Überblick über hemmende Faktoren bei der Durchführung von HAZOP-Studien zu geben und diese zu systematisieren.

### **3.1 Methodisches Vorgehen bei der Literaturrecherche**

In diesem Unterkapitel werden die Suchkriterien, Schlagworte sowie Einschlusskriterien beschrieben.

#### **3.1.1 Suchkriterien und wissenschaftliche Datenbanken**

Die systematische und schlagwortbasierte Literaturrecherche wurde in nachfolgenden wissenschaftlichen Datenbanken durchgeführt. Hierbei wurde nach Studien, Berichten, Artikeln und Reviews gesucht, die Erkenntnisse zur Methodik des Verfahrens sowie hemmende Einflussfaktoren durch die Anwendung der Brainstorming-Methodik und durch den Moderator selbst sowie seine individuelle Risikowahrnehmung ergeben. Ergänzend wurden gezielt Buch- und Internetquellen gesichtet, die sich nicht in den wissenschaftlichen Datenbanken wiederfinden. Hierzu gehören bspw. die Kataloge der Universitätsbibliothek der Bergischen Universität Wuppertal sowie die Suchmaschinen Google und Google Scholar:

- Google Scholar
- Online-Katalog der Universitätsbibliothek der BUW (<https://www.bib.uni-wuppertal.de/de/startseite.html>)

- ScienceDirect (wissenschaftliche Online-Datenbank, enthält Artikel von über 4.400 wissenschaftlichen Zeitschriften sowie über 31.000 Bücher des Verlags Elsevier <https://www.sciencedirect.com/>)
- ResearchGate
- PSYNDEX (Bibliographische Datenbank mit Literatur zu allen Gebieten der Psychologie aus den deutschsprachigen Ländern)
- ARBEITSSCHUTZdigital (Datenbank mit Zugang mitunter zu Arbeitshilfen, über 1.000 Dokumenten der DGUV [derzeit gültige Vorschriften, Regeln, Informationen und Grundsätze im Arbeitsschutz] sowie über 2.500 Fachartikeln aus den Fachzeitschriften „Betriebliche Prävention“ sowie „sicher ist sicher“)
- Onlinekatalog „Sifa-Sibe“ (Zeitschriftenaufsätze aus der Zeitschrift „Sicherheitsingenieur und Sicherheitsbeauftragter“ der Dr. Curt Haefner-Verlag GmbH: <https://www.sifa-sibe.de>)
- Onlinekatalog der Zeitschrift „Technische Sicherheit“ (<https://elibrary.vdi-verlag.de/zeitschrift/2191-0073>)
- Forschungsdatenbank der DGUV ([www.dguv.de/ifa/Forschung/index.jsp](http://www.dguv.de/ifa/Forschung/index.jsp))
- OSHA (internationale Seite, [www.osha.gov](http://www.osha.gov); <https://osha.europa.eu/de>)

Auch wurde im Schneeballverfahren weiterführende Literatur aus den Literaturverweisen der Publikationen aufgenommen und verfolgt, sofern diese zuvor als relevant identifiziert wurde. Die verwendeten Schlagwörter, die als Suchbegriffe verwendet wurden, können den nachfolgenden Tabellen entnommen werden. Die detaillierten Suchergebnisse befinden sich im Anhang II bis VI. Die bereits ermittelte Literatur aus der explorativen Literaturrecherche wird weiterführend verwendet.

*Tabelle 3-1:* Übersicht über die verwendeten Schlagwörter, die als Suchbegriffe bei der Recherche zum Thema Methodik des PAAG<sup>8</sup>-/ HAZOP-Verfahrens dienten

<b>Thema bzw. Fragestellung</b>	Methodik des PAAG-/ HAZOP-Verfahrens		
<b>Kernbegriffe des Themas</b>	PAAG-Verfahren	HAZOP-Studie hazop operability study	Methodik method
<b>Synonyme</b>	PAAG-Analyse	HAZOP-Analyse hazop operability analysis	Vorgehen
<b>Oberbegriffe</b>	Risikoanalyse, risk analysis	Risikostudien	Technik
<b>Unterbegriffe</b>	Arbeitsschritte des PAAG-Verfahrens	Arbeitsschritte der PAAG-Studie	Analysemethode, Beurteilungsmethode

<sup>8</sup> Um auch deutschsprachige Literatur identifizieren zu können, wird der Begriff „PAAG-Verfahren“ als Suchbegriff eingefasst.

<b>Verwandte Begriffe</b>	Verfahrenstechnische Risikoanalyse, Risikobeurteilung, Risikoidentifizierung	Verfahrenstechnische Risikostudie, Risikoidentifizierung	Werkzeug, Verfahren
<b>Verknüpfungen</b>	AND		
	AND	OR	
	...		

Tabelle 3-2: Übersicht über die verwendeten Schlagwörter, die als Suchbegriffe bei der Recherche zur Rolle des Moderators dienten

<b>Thema bzw. Fragestellung</b>	Rolle und Einfluss des Moderators		
<b>Kernbegriffe des Themas</b>	Studienleiter PAAG-Verfahren	Moderator PAAG	Einflussfaktoren
<b>Synonyme</b>	Moderator PAAG-Verfahren	Studienleiter PAAG	Experteneinfluss
<b>Oberbegriffe</b>	Experte	Experte	Wirkung
<b>Unterbegriffe</b>	Expertenstatus, Expertenrolle	Expertenstatus, Expertenrolle	Hemmende und fördernde Faktoren
<b>Verwandte Begriffe</b>	Sachkundiger, Fachmann, Fachkraft, Fachexperte	Sachkundiger, Fachmann, Fachkraft, Fachexperte	
<b>Verknüpfungen</b>	AND		
	AND	OR	
	...		

Die Anwendung der Schlag- und Suchbegriffe zur Konkretisierung des Moderators führte in keiner der systematischen Plattformen und Kataloge zu einem Ergebnis. Es konnten keine Artikel zu den Schlag- und Suchwortkombinationen bezogen auf den Moderator oder Studienleiter gefunden werden, die sich spezifisch mit diesen Themen auseinandersetzen und zusätzliche Erkenntnisse liefern. Die systematische Literaturrecherche wurde mit den Begriffen des Experten und Expertentums fortgesetzt und führte nachfolgend zu Treffern in der systematischen Schlag- und Suchwortrecherche.

Tabelle 3-3: Übersicht über die verwendeten Schlagwörter, die als Suchbegriffe bei der Recherche zur Risikowahrnehmung und -beurteilung dienten

<b>Thema bzw. Fragestellung</b>	Einfluss Risikowahrnehmung und -beurteilung Experte		
<b>Kernbegriffe des Themas</b>	Risikowahrnehmung	Risikobeurteilung	Experte
<b>Synonyme</b>	Gefahrenwahrnehmung	Gefahrenereinschätzung	Sachkundiger

<b>Oberbegriffe</b>	Verfahren	Verfahren	Expertentum
<b>Unterbegriffe</b>	Subjektive Risikowahrnehmung risk perception	Subjektive Risikobeurteilung risk assessment	Expertenbewertung, Expertenbeurteilung, Experteneinfluss Psychologische Risikoforschung
<b>Verwandte Begriffe</b>	Risikoanalyse, Risikobewertung, Risikoakzeptanz	Risikoanalyse, Risikobewertung, Risikoakzeptanz	Sachverständiger, Fachmann
<b>Verknüpfungen</b>	AND		
	AND	OR	
	...		

Tabelle 3-4: Übersicht über die verwendeten Schlagwörter, die als Suchbegriffe bei der Recherche zum Thema Brainstorming-Methode dienten

<b>Thema bzw. Fragestellung</b>	Brainstorming		
<b>Kernbegriffe des Themas</b>	Brainstorming	Evaluation	Kritik
<b>Synonyme</b>	Brainstorming-Methode Brainstorming-Ansatz Brainstorming-Technik Kreativitätstechnik	Auswertung, Einschätzung	hemmende Faktoren
<b>Oberbegriffe</b>	Besprechung	Bewertungsverfahren	Begutachtung
<b>Unterbegriffe</b>	Ideenaustausch	Begutachtung, Beurteilung	Bemängelung, Beanstandung
<b>Verwandte Begriffe</b>			
<b>Verknüpfungen</b>	AND		
	AND	OR	
	...		

### 3.1.2 Einschlusskriterien

Die bei der systematischen Literaturrecherche identifizierten Publikationen wurden gesichtet und anhand der nachfolgenden Kriterien beurteilt. Sofern die Kriterien erfüllt waren, wurde die Publikation zur inhaltlichen Verarbeitung als Literaturquelle aufgenommen.

1. Es handelt sich um eine Publikation aus den Bereichen Arbeitsschutz, Arbeitssicherheit, Prävention, Verfahrens- und Anlagensicherheit, Psychologie.

2. Die Publikation beschreibt Grundsätze und Funktionsweisen der Themen HAZOP-Verfahren, Risikowahrnehmung, Einfluss durch Experten sowie Brainstorming-Methodik.

Die entsprechend identifizierten Literaturquellen wurden im Rahmen einer zweiten Sichtung und Bewertung anhand nachfolgender Kriterien detaillierter betrachtet.

1. Die Publikation beschreibt neue Inhalte oder wissenschaftliche Erkenntnisse, die aus der Grundlagenliteratur oder den Standardwerken zum jeweiligen Thema nicht hervorgehen.
2. Die Publikation lässt die Formulierung von Thesen zu hemmenden und fördernden Einflussfaktoren bei der Durchführung des HAZOP-Verfahrens zu.

Mit der Erfüllung dieser Kriterien wurden die Publikationen zur weiteren inhaltlichen Bearbeitung aufgenommen.

### 3.1.3 Ergebnis der systematischen Literaturrecherche

Die Tabelle 3-5 gibt einen Überblick über die Anzahl der identifizierten, gesichteten und auf Basis der Einschlusskriterien integrierten Literaturquellen. Die detaillierten Tabellen zur Auswertung der einzelnen Publikationen können dem Anhang II bis IV dieser Arbeit entnommen werden.

*Tabelle 3-5: Ergebnis der systematischen Literaturrecherche*

	Suchanfragen (gesamt)	Gesichtete Publikationen	Einschlusskriterien erfüllt	Aufnahme als Literaturquelle
Methodik des PAAG-Verfahrens	85	162	59	23
Einfluss Risikowahrnehmung und -beurteilung	74	152	89	40
Rolle und Einfluss des Moderators	9	45	30	16
Brainstorming-Methode	24	94	47	9
Gesamt	157	265	194	61

Die identifizierten Literaturquellen werden nachfolgend verwendet, um zunächst die Grundlagen zur Durchführung des HAZOP-Verfahrens zu erarbeiten. Im gleichen Ansatz werden weiterführend die Grundlagen zu den Themenfeldern der Risikowahrnehmung, der Rolle des Moderators sowie der Brainstorming-Methode dargestellt. Darauf aufbauend erfolgt die Herstellung der Zusammenhänge zwischen den Themenfeldern sowie die Identifizierung potenziell hemmender Faktoren bei der Durchführung von HAZOP-Analysen.

## 3.2 Inhaltliche Darstellung der systematischen Literaturrecherche

In diesem Kapitel werden die Inhalte der systematischen Literaturrecherche dargestellt. Es erfolgt zunächst die inhaltliche Aufarbeitung der Grundlagen. Im zweiten Schritt werden potenziell hemmende Faktoren bei der Durchführung von HAZOP-Analysen identifiziert und dargestellt.

### 3.2.1 Begriffsbestimmung im Kontext des HAZOP-Verfahrens

Die Begriffe Gefahr, Gefährdung und Risiko sind im Kontext des HAZOP-Verfahrens von zentraler Bedeutung. Abhängig vom Sprachraum und dem fachlichen Kontext kommen den Begriffen unterschiedliche Definitionen zu.

Im deutschen gesetzlichen Regelwerk für den Arbeitsschutz wie auch im allgemeinen Recht der Gefahrenabwehr sind Gefahr und Gefährdung unterschiedlich definiert. Die Gefahr stellt eine Sachlage dar, die bei ungehindertem Ablauf des objektiv zu erwartenden Geschehens zu einem Schaden führt. Dabei wird für den Schadenseintritt eine hinreichende Wahrscheinlichkeit verlangt und von einem Schaden erst gesprochen, wenn eine nicht unerhebliche Beeinträchtigung vorliegt. Präventionsmaßnahmen sollten entsprechend dem Arbeitsschutzgesetz bereits früher, d. h. vor dem Auftreten einer Gefahr, ansetzen (§ 2 ArbSchG, 1996).

Kahl (2017) folgen dieser Definition und konkretisieren sie im Bezug zur Arbeitssituation wie folgt: „*Gefahr* kennzeichnet eine akute Sachlage, d. h. eine – aufgrund der zum Einsatz gekommenen Beurteilungsmaßstäbe – nicht akzeptable bzw. hinnehmbare Situation im Rahmen einer Tätigkeit. Es muss davon ausgegangen werden, dass die Sicherheit des Beschäftigten gefährdet und die Gesundheit beeinträchtigt ist.“

In Abgrenzung zum Begriff der Gefahr definiert die Begründung zum § 4 des Arbeitsschutzgesetzes die Gefährdung als „Möglichkeit eines Schadens oder einer gesundheitlichen Beeinträchtigung ohne bestimmte Anforderungen an deren Ausmaß oder Eintrittswahrscheinlichkeit“. Die Gefährdung stellt dabei einen Zustand dar, bei dem der Beschäftigte und die Gefahr zeitlich und räumlich zusammentreffen (zeitlich-räumliche Koinzidenz) (Kahl, 2017).

Im Bereich der normativen Regelungen wird die Gefährdung als potenzielle Schadensquelle, welche entweder dauerhaft vorhanden sein oder unerwarteterweise auftreten kann, bzw. die Gefahr als Ursache eines möglichen Schadensausmaßes definiert (DIN ISO 12100:2010; DIN EN ISO 61882-2016).

Bei einer Gegenüberstellung der normativen und der gesetzlichen Definitionen zeigt sich, dass die fachlich-inhaltliche Trennung der Begriffe, wie sie auf Seiten des Gesetzes beschrieben wird, in der Normung nur bedingt erkennbar ist (Fritzsche, 1986).

Eine Differenzierung von Gefahr und Gefährdung erfolgt, wie bereits angedeutet, nicht in allen Fachbereichen. Die sozialwissenschaftliche Forschung zum Thema Risikowahrnehmung und -verhalten verwendet die beiden Begriffe häufig synonym. Fritzsche (1986) definiert die Gefahr (engl. hazard) in Bezug auf eine Tätigkeit, eine Situation oder ein Ereignis als generelle Möglichkeit, einen Schaden zu erleiden. Der Eintritt im Allgemeinen, aber auch die Art und das Ausmaß dieses Schadens sind ungewiss. Allgemein beschreiben Gefahr oder Gefährdung eine den Menschen bedrohende Situation, wobei der Begriff Gefährdung nicht weiter unterschieden wird (Fritzsche, 1986).

Nach Kahl (2019) stellt die Gefährdung die Möglichkeit eines Schadens bei räumlichem und zeitlichem Zusammenwirken des Gefährdungspotenzials und der Arbeits- und Expositions-faktoren entsprechend dem Hazard-Expositions-Modell dar (siehe Abbildung 3-2).

Das Hazard-Expositions-Modell beinhaltet auf der Seite des Gefährdungspotenzials alle relevanten Merkmale des Gefährdungsfaktors. Diese liegen unverändert für einen jeweiligen Gefährdungsfaktor vor. Für das Beispiel „Gefahrstoffe“ sind dies u. a. die inhärenten Eigenschaften eines Stoffes oder die stoffspezifische Dosis-Wirkungs-Beziehung. Die Hazardfaktoren allein stellen jedoch noch keine Gefährdung dar. Erst im Zusammenwirken mit Arbeits- und Expositions-faktoren kann eine Gefährdung wirksam werden. Das Freiwerden eines Gefahrstoffes oder die Entzündlichkeit eines Gefahrstoffes stellt grundsätzlich keine Gefährdung dar. Werden Beschäftigte durch ungünstige Arbeitsbedingungen dem Gefahrstoff ausgesetzt oder wird dieser neben der Verwendung einer Zündquelle eingesetzt, subsumieren sich die Faktoren zu einer Gefährdung für die Beschäftigten.

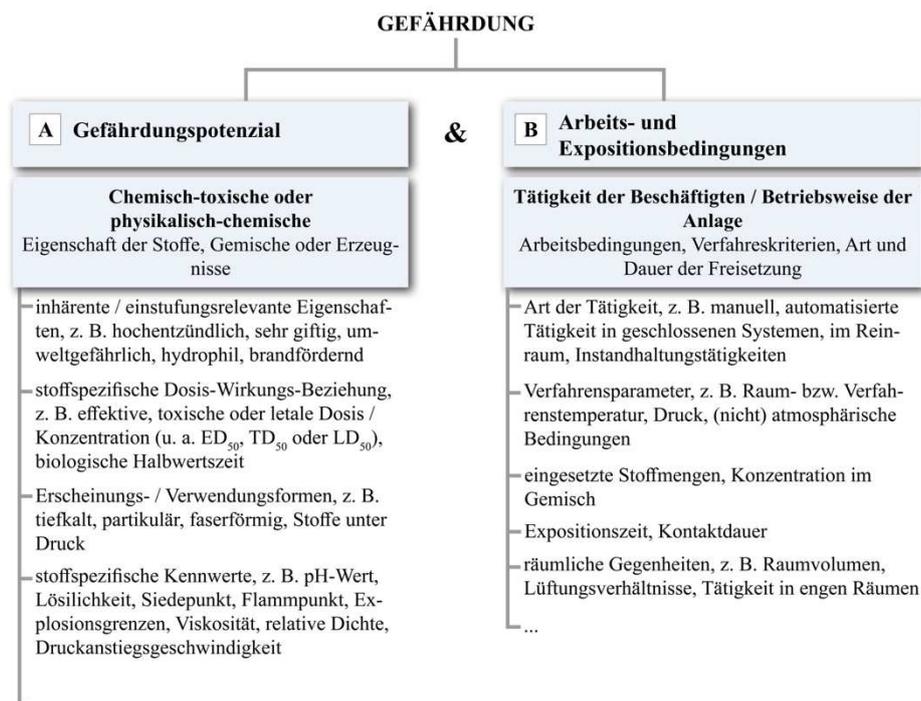


Abbildung 3-2: Hazard-Expositions-Modell am Beispiel Gefahrstoffe

In dieser Dissertation werden die Begriffe Gefahr und Gefährdung nach Kahl (2017) verwendet und können entsprechend dem Begriffsmodell in Abbildung 3-3 im fachlich-inhaltlichen Zusammenhang dargestellt werden.

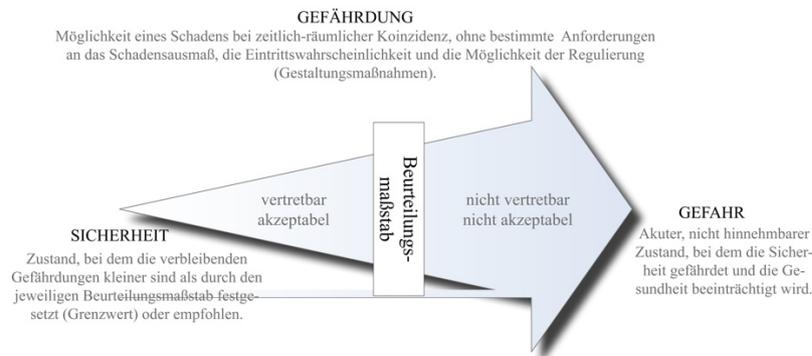


Abbildung 3-3: Begriffsmodell in der Arbeitssicherheit

Das Pendant zur Gefahr ist die Sicherheit. Der Zustand der Sicherheit zeichnet sich dabei durch eine verbleibende (Rest-)Gefährdung aus. Die Höhe der verbleibenden (Rest-)Gefährdung ist dabei kleiner als der jeweils festgesetzte oder empfohlene Beurteilungsmaßstab. Beurteilungsmaßstäbe können im fachlich-inhaltlichen Kontext der Arbeitssicherheit z. B. Grenzwerte oder Bewertungsbänder darstellen.

Der Begriff Sicherheit kommt in einem derart weiten Begriffsverständnis zum Einsatz, dass eine eindeutige Definition kaum möglich ist. Sicherheit wird im Rahmen dieser Arbeit im oben genannten Sinne sowie der folgenden Definition verstanden: „Sicherheit ist nur dann gegeben, wenn Sorglosigkeit angesichts der Gewissheit über die Zuverlässigkeit der Gefahrlosigkeit einer Situation bzw. des Schutzes vor einer Gefahr besteht“ (Fritzsche, 1986; Wiedemann, 2012).

Im Gegensatz zu Gefahr und Gefährdung bezeichnet der Risikobegriff im Allgemeinen nicht automatisch ein negatives bzw. unerwünschtes Ereignis. Im ökonomischen und spieltheoretischen Bereich wird der Risikobegriff sowohl für positive als auch negative Folgen verwendet. Allerdings wird der positive Ausgang eines Gewinnspiels im gängigen Sprachgebrauch eher als Glück oder Chance und weniger als Risiko bezeichnet. Im Hinblick auf die Definition technischer Risiken können zwei Ansätze unterschieden werden. Im technisch-naturwissenschaftlichen Anwendungsbereich wird danach gestrebt, das Risiko möglichst objektiv und auf methodische Weise zu ermitteln. Das bedeutet, dass bspw. aufbauend auf einer Risikoanalyse die Ausfallwahrscheinlichkeit von technischen Komponenten ermittelt wird, um so Umfang und Ausmaß möglicher Schadensfälle beziffern zu können. Dabei werden Ausbreitungspfade und Expositionsbedingungen berücksichtigt (Wiedemann, 2012). Das Risiko kennzeichnet in diesem Bereich ein mögliches Schadensereignis und steht somit für negative Folgen eines Sachverhaltes (Wiedemann, 2012). Die in den genannten Bereichen klassische und allgemein anerkannte Definition beschreibt das

Risiko  $R_i$  als Produkt der Wahrscheinlichkeit  $W_i$  eines Ereigniseintritts und des Verlustes bzw. Schadensausmaßes des Ereignisses  $S_i$ .

$$\text{Risiko} = (\text{Wahrscheinlichkeit eines Schadens}) \cdot (\text{Ausmaß dieses Schadens})$$

$$R_i = W_i \cdot S_i$$

Das Risiko stellt somit auch die Quantifizierung einer Gefährdung dar, während Gefahr nach Definition des ArbSchG in diesem Zusammenhang einen Zustand mit einem nicht mehr akzeptablen Risiko beschreibt (vgl. Abbildung 3-3). Die aktualisierte Norm DIN EN 61882 HAZOP-Verfahren (HAZOP-Studie) folgt der allgemein anerkannten und verbreiteten Risikodefinition nicht. Risiko wird in diesem Dokument beschrieben als „Wirkung von Unsicherheit auf die Zielvorstellung, wobei die Wirkung eine positive oder negative Abweichung vom Erwarteten darstellen kann“ (DIN EN ISO 61882-2016). Dieser Ansatz wird im Rahmen der vorliegenden Dissertation nicht angewendet, obwohl sich die Norm inhaltlich mit dem HAZOP-Verfahren (HAZOP-Studien) auseinandersetzt<sup>9</sup> (vgl. hierzu auch Kap. 4.1).

Ein anderer Ansatz ist im Bereich der Sozialwissenschaften zu finden. Hierbei stehen die intuitive Risikoeinschätzung, die Wahrnehmung der Bevölkerung für ein Risiko und die bei dieser Wahrnehmung wirkenden Merkmale bzw. Komponenten im Vordergrund. Die charakteristischen Merkmale des technisch-naturwissenschaftlichen und sozialwissenschaftlichen Ansatzes sind in Abbildung 3-4 gegenübergestellt.

technisch-naturwissenschaftliche Risikoansatz	sozialwissenschaftlicher Risikoansatz
<ul style="list-style-type: none"> <li>• methodisch-analytischer Vorgehensweise</li> <li>• Quantifizierung des Risikos basierend auf der Wahrscheinlichkeit und des Ausmaßes eines Schadens</li> <li>• Berücksichtigung von Umgebungs- und Expositionsbedingungen</li> <li>• Ermittlung kann als prognostisches, statistisches oder als tatsächliches Risiko erfolgen</li> <li>• Risikoermittlung auf Basis vorliegender Historischer Daten (<b>statistisches</b> Risiko)</li> <li>• Ermittlung des Risikos auf Basis tatsächlich eingetretener Ereignisse nach einer Beobachtungszeit (<b>tatsächliches</b> Risiko)</li> <li>• Ermittlung des Risikos für neue, unerforschte Technologien oder Anwendungen, für die wenig / keine statistischen Daten vorliegen (<b>prognostische</b> Risiko)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreibt die intuitive und subjektive Wahrnehmung von Risiken</li> <li>• keine methodische-analytische Vorgehensweise</li> <li>• Qualitative Merkmalsgrößen</li> <li>• charakterisiert von persönlichen und gesellschaftlichen Merkmalen, wie z. B. <ul style="list-style-type: none"> <li>• persönliche Disposition</li> <li>• kultureller Umgebungs- und Wirkungsbereich</li> <li>• individuelle Erfahrungen mit der Risikoquelle</li> </ul> </li> <li>• Einsatz von kognitiven Fähigkeiten bei der Wahrnehmung intuitiver Risiken</li> </ul>

Abbildung 3-4: Technisch-naturwissenschaftlicher und sozialwissenschaftlicher Risikoansatz (nach Fritzsche, 1986 und Wiedemann, 2012)

Im Rahmen dieser Arbeit erfolgt mit der systematischen Literaturrecherche die Betrachtung beider Bereiche. Sowohl der technisch-naturwissenschaftliche als auch der sozialwissenschaftliche Risikoansatz entfalten im Rahmen der HAZOP-Analyse ihre Wirkung und werden daher systematisch betrachtet.

<sup>9</sup> Das HAZOP-Verfahren wird in seinem Anwendungsbereich erweitert (z. B. administrative Verfahren, Entwicklung von Software und Codes etc.), sodass die Definition des Risikos im technisch-, ingenieurwissenschaftlichen Sinne als nicht mehr ausreichend angesehen wird.

### 3.2.2 Arbeitsschritte des HAZOP-Verfahrens

Das HAZOP-Verfahren hat sich in den vergangenen Jahrzehnten als anerkanntes Beurteilungsverfahren etabliert (Sommer, 2017). Es findet seinen Ursprung in den 1960er Jahren und ist als Folge sicherheitsrelevanter Probleme aus neuen und großen verfahrenstechnischen Anlagen hervorgegangen (Lawley, 1974).

Im Jahre 1963 wurde durch das Unternehmen Organic Chemicals Division (HOC) eine verfahrenstechnische Anlage zur Produktion von Phenol und Aceton geplant. An diesem Entwurf wurde von einem dreiköpfigen Team zunächst eine Analyse vor dem eigentlichen Bau und der Inbetriebnahme durchgeführt, die auf einer Fragetechnik beruhte. Die Analysetechnik wurde über Monate hinweg verfeinert und stellt mit dem Fokus auf der Generierung von Abweichungen den Vorläufer der heutigen HAZOP-Analyse dar (Kletz, 1997). Für damalige Verhältnisse stellte eine systematische Analyse im Vorfeld des Planungs- und Inbetriebnahmeprozesses eine Weiterentwicklung der Sicherheitsstandards im Bereich der industriellen Sicherheit sowie der Sicherheit der Bevölkerung dar (Crawly et al., 2015).

Die erste freie Publikation des Verfahrens erfolgte nach vollständiger Entwicklung im Jahre 1974 durch die Chemical Industries Association. Dieser Handlungsleitfaden stellte in den darauffolgenden 26 Jahren die einzige Grundlage für die Anwendung des HAZOP-Verfahrens dar. Im folgenden Jahr wurden immer wieder methodische oder inhaltliche Optimierungen vorgenommen, von denen sich jedoch nur wenige in der Anwendung des HAZOP-Verfahrens etabliert haben.

Die Analyse und Beurteilung technischer Anlagen und Prozesse obliegt zumeist Ingenieuren oder Personen mit einer entsprechenden fachlichen Ausbildung. Im Rahmen dieser Beurteilungen steht die Anwendung von induktiven oder deduktiven methodischen Herangehensweisen im Vordergrund (ESCIS, 1996). Während die induktive Methode von einem Ereignis oder einem Anlass auf mögliche allgemeine Gefährdungen schließt, bedienen sich deduktive Methoden der umgekehrten Herangehensweise. Hierbei ist der Sollzustand zu Beginn der Untersuchung einwandfrei und mögliche Ausfälle werden sukzessive erarbeitet. Das HAZOP-Verfahren beinhaltet dabei sowohl eine induktive als auch deduktive Vorgehensweisen. Diese werden durch eine intuitive Untersuchungsmethodik, die kreatives Denken erfordert, um ihre Wirkung entfalten zu können, ergänzt. Diese besondere Konstellation macht das HAZOP-Verfahren zu einer besonderen Methodik, deren Wirkungsweise entscheidend von den mitwirkenden Personen abhängig ist. Die DIN EN 61882 definiert die Studie sogar als einen schöpferischen Prozess, deren Durchführung in einer Atmosphäre kritischen Denkens in freiem und offenem Umgang stattfinden sollte (DIN EN ISO 61882-2016).

Allgemein ist das HAZOP-Verfahren eine systematische Methode, die einen ggf. multikausalen Prozesszustand identifiziert, strukturiert und die relevanten Einflussgrößen durch Vergleiche darlegt (Kahl, 2017). Der Grundgedanke besteht darin, dass durch die Verwendung bestimmter Leitworte hypothetische

Störungen in einem technischen System erkannt werden können (Hauptmanns et al., 1985). Es erfolgt die bewusste und gesteuerte Suche nach Abweichungen vom Sollzustand.

Charakteristisch für HAZOP-Studien ist ein methodisch gelenktes Brainstorming in einem interdisziplinären Beurteilungsteam. Hierbei soll die Vorstellungskraft der Teammitglieder so angeregt werden, dass möglichst alle potenziellen Abweichungen vom bestimmungsgemäßen Betrieb identifiziert werden können. Die Motivation der Teammitglieder durch den Moderator zu kreativem und abstraktem Denken erhöht die Wahrscheinlichkeit, auch Gefährdungspotenziale sowie deren Ursachen zu identifizieren, die nicht auf den ersten Blick ersichtlich sind (Kahl et al., 2017).

Das HAZOP-Verfahren bedient sich einer systematischen Vorgehensweise, die in ihren Detailschritten unterschiedlich zusammengefasst oder konkretisiert werden. Abbildung 3-5 führt eine Publikationsauswahl der Arbeitsschritte zur Durchführung einer HAZOP-Studie auf (Crawley et al., 2015; Kappelmaier et al., 2002). Die elementaren Schritte der Studie – Abweichung identifizieren, Ursachen ermitteln, Auswirkungen bzw. Konsequenzen abschätzen und Schutzmaßnahmen beschreiben – finden sich in allen Deklarationsversionen wieder. Auf die einzelnen Arbeitsschritte wird im folgenden Kapitel eingegangen.

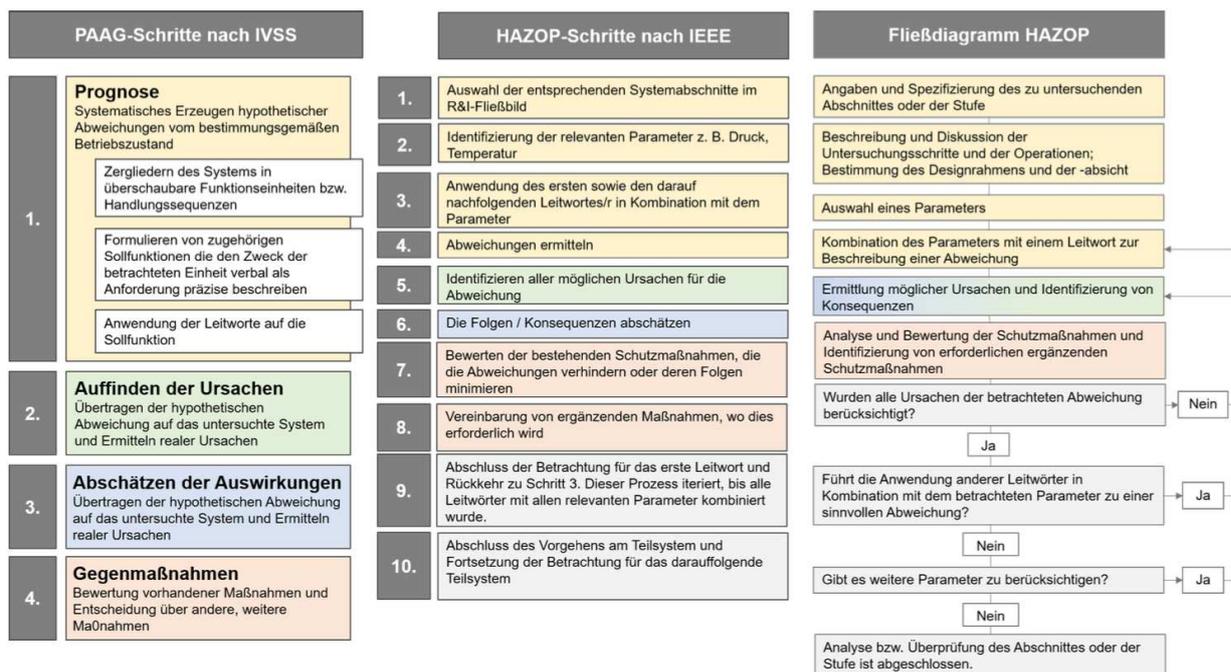


Abbildung 3-5: Arbeitsschritte HAZOP-Studie (in Anlehnung an Bogdanovska et al., 2016; Crawley et al., 2015; DIN EN ISO 61882-2016)

### 3.2.2.1 Teammitglieder

Ein charakteristisches Merkmal der HAZOP-Studien ist die Durchführung der Studie in einem interdisziplinären Team. Der Leitung des Teams sowie jedem Teilnehmer kommt eine konkrete Rolle zu, mit der fest definierte Erfahrungswerte bzw. Wissensbreiten in einem bestimmten Fachbereich verbunden sind. Hierdurch sollen die Berücksichtigung aller relevanten Aspekte und die damit verbundene Beurteilung möglich werden (Kappelmaier et al., 2002).

Die Leitung des Teams und die methodische Anwendung des Verfahrens erfolgt durch einen Moderator. Dieser sollte über umfangreiche Erfahrungswerte im Durchführen von HAZOP-Studien verfügen, jedoch keine direkte Verbindung zu der zu untersuchenden Produktionsanlage aufweisen. Dem Moderator obliegt die Aufgabe, die Bereitschaft der Teammitglieder zu fördern, hypothetische Abweichungen zu identifizieren, zu kreativem Arbeiten zu motivieren und die aufkommende Diskussion zu moderieren (Kappelmaier et al., 2002). Hierfür muss der Moderator

- Fachexperte in der Anwendung der HAZOP-Methodik und der Studienführung sein, zielgerichtet die Auswahl der Leitwörter vornehmen, diese anwenden und in Kombination mit einer Prozessvariablen zu einer Sollfunktion formulieren,
- das Team auf effektive Weise leiten und lenken können, unter Berücksichtigung und Förderung der Beiträge aller Teammitglieder,
- die eigene technische Erfahrung einfließen lassen, jedoch nicht zum technischen Fachexperten werden und nicht aus der moderierenden Rolle herausfallen (Crawley et al., 2015).

Neben dem Moderator sind im Team der HAZOP-Studie weitere Rollen und Personen zu empfehlen. Ein Schriftführer stellt die Dokumentation der Sitzungsberichte sicher und zeichnet die ermittelten Abweichungen, Ursachen sowie die abgegebenen Empfehlungen bzw. Maßnahmenvorschläge auf. Ihm obliegt auch die Aufgabe, den Moderator bei Organisations- und Verwaltungsaufgaben zu unterstützen. Es ist zu empfehlen, dass der Schriftführer über ein gutes technisches Wissen in Bezug auf das Untersuchungsobjekt verfügt und eine gute Auffassungsgabe besitzt. Die Schriftführung kann in manchen Fällen auch vom Moderator selbst übernommen werden. In diesem Fall ist sicherzustellen, dass die Moderationsaufgabe uneingeschränkt durchgeführt werden kann (DIN EN ISO 61882-2016).

Ein Fachexperte für den vorliegenden Anlagenentwurf (Entwickler, Projektmanager etc.) ist insbesondere bei Neuanlagen ein bedeutendes Teammitglied bei der Durchführung der HAZOP-Studie. Er hat die Aufgabe, den Entwurf bzw. die Darstellungen zu erklären sowie zu ermitteln, ob und aufgrund welcher Ursachen eine diskutierte Abweichung auftreten kann und mit welchen System- oder Organisationsreaktionen zu rechnen ist (DIN EN ISO 61882-2016).

Für die Berücksichtigung der betrieblichen Belange ist zu empfehlen, einen Betriebsvertreter (Bediener, Konstrukteur, Anwendungstechniker) in das Team der HAZOP-Analyse zu berufen (Bogdanovska et al., 2016; Crawley et al., 2015; Kappelmaier et al., 2002). Der Betriebsvertreter stellt den betrieblichen Zusammenhang, in dem ein System arbeitet, her, erklärt die betrieblichen Folgen einer Abweichung und in welchem Umgang Abweichungen zu nicht mehr tolerierbaren Folgen führen können (DIN EN ISO 61882-2016).

In der HAZOP-Studie muss neben dem Betriebszustand auch der Wartungs- bzw. Instandhaltungszustand des vorliegenden Untersuchungsobjekts berücksichtigt werden. In diesem Zustand bis zur Wiederherstellung des Betriebszustandes liegen mitunter andere Gefährdungsfaktoren vor, denen mit Schutzmaßnahmen begegnet werden muss, als im Betriebszustand. Zur hinreichenden Berücksichtigung sollte ein Wartungs- und Instandhaltungsmitarbeiter Teammitglied der Studie sein (Bogdanovska et al., 2016; DIN EN ISO 621882).

Für spezifische Fragestellungen oder Untersuchungsaspekte sollten individuell Fachexperten hinzugezogen werden. Dies können neben der Fachkraft für Arbeitssicherheit auch Mitarbeiter aus dem Qualitätsmanagement, externe Fachexperten zu bestimmten Prozessen oder Gefährdungen, z. B. einem bestimmten Gefahr- oder Biostoff, sein. Der Moderator kann Fachexperten auch für eine begrenzte Teilnahme hinzuziehen.

Die konkrete Zusammensetzung des Teams ist auch stark vom Untersuchungsobjekt abhängig. Je nach Aufgabenstellung und Untersuchungsobjekt kann die Zusammenstellung des Teams variieren. Es ist darauf zu achten, dass das Team nicht zu groß wird. Für die Größe des Teams variieren die Publikationsangaben. Je nach Komplexität des Untersuchungsobjektes sollte das Team 4 bis 10 Mitglieder nicht überschreiten (Bogdanovska et al., 2016; Crawley et al., 2015; DIN EN ISO 621882). Die Analyse und Beurteilung von Abschnitten, bei denen zusätzliche Fachexperten erforderlich werden, kann in ergänzenden Terminen durchgeführt werden.

### 3.2.2.2 Arbeitsschritte HAZOP-Studie

Der Zeitpunkt zur Durchführung einer HAZOP-Studie ist nicht fest definiert. Zu Beginn einer Entwicklung liegen in der Regel noch nicht alle verfahrenstechnische Daten bzw. ein detaillierter Entwurf vor, um eine HAZOP-Studie durchführen zu können. In der Konzeptphase wird zunächst über den Entwurf und hauptsächliche Systemteile entschieden. Zu diesem Zeitpunkt können Hauptrisiken (Gefährdungsfaktoren, z. B. Gefahrstoffe) ermittelt und betrachtet werden. Die frühe Berücksichtigung kann jedoch zukünftige HAZOP-Studien erleichtern (DIN EN ISO 61882-2016).

Der richtige Zeitpunkt zur Durchführung einer HAZOP-Studie bei Neuanlagen ist dann gegeben, wenn eine detaillierte Beschreibung bzw. ein Entwurf verfügbar und das Arbeitsverfahren abgegrenzt ist (Crawley et al., 2015). Eine detaillierte Beschreibung der Arbeitsverfahren liegt in der Regel in der Entwicklungsphase vor (DIN EN ISO 61882-2016). Die Durchführung der HAZOP-Studie folgt entlang der Entwicklung eines neuen Verfahrens einem iterativen Prozess. Die HAZOP-Studie wird in den nachfolgenden Entwicklungsschritten wiederholt durchgeführt, um sicherzustellen, dass die Auswirkungen jeder Änderung analysiert und beurteilt werden (DIN EN ISO 61882-2016). Eine möglichst frühe Durchführung der HAZOP-Studie empfiehlt nicht nur aus sicherheitstechnischer, sondern auch aus wirtschaftlicher

Perspektive. Je später Änderungen an der verfahrenstechnischen Anlage aufgrund ermittelter Risiken durchgeführt werden, desto komplexer und höher sind in der Regel die damit verbundenen Kosten.

Der Ansatz des Verfahrens ist nicht auf Neuanlagen beschränkt. Auch zur Überprüfung bestehender Anlagen oder bei Revisions- oder Instandhaltungsprozessen kann das HAZOP-Verfahren angewendet werden (Hauptmanns et al., 1985).

Die nachfolgende detaillierte Erläuterung der Arbeitsschritte des HAZOP-Verfahrens orientiert sich an den BG-RCI-Publikationen und beinhaltet die vier Teilschritte Prognose der Störung, Auffinden der Ursachen, Abschätzen der Auswirkung und Beschreibung von Gegenmaßnahmen.

### 3.2.2.2.1 Prognose der Abweichung

Die Anwendung der HAZOP-Elemente erfordert zunächst die Strukturierung der Anlage in weitestgehend logisch abgegrenzte Anlagenabschnitte im vorliegenden Rohrleitungs- und Instrumentenfließschema. Die Größe der zerlegten Anlagenteile oder Funktionseinheiten ist dabei abhängig von der Komplexität der Gesamtanlage und den jeweiligen Anlagenabschnitten, sodass für hochkomplexe Anlagen auch die Zerlegung in einzelne Apparate sinnvoll sein kann. Für jeden Anlagenabschnitt werden Sollfunktionen definiert, welche den bestimmungsgemäßen Betriebszustand beschreiben. Die Sollfunktion macht deutlich, wie die betrachtete Funktionseinheit arbeiten soll bzw. welche ergänzenden Tätigkeiten mit der ihr in Verbindung stehen. Die Sollfunktion sollte so beschrieben bzw. gewählt werden, dass sie nach Möglichkeit überschaubar und abgeschlossen ist (Kappellaier et al., 2002). Die Qualität der definierten Sollfunktion ist dabei von entscheidender Bedeutung. Ist die Sollfunktion zu allgemein definiert, besteht das Risiko, dass vorliegende Gefährdungen nicht identifiziert werden können. Ist die Sollfunktion zu detailliert beschrieben, müssen in der Regel deutlich mehr Iterationsschritte durchlaufen werden, um alle vorliegenden Gefährdungen identifizieren zu können.

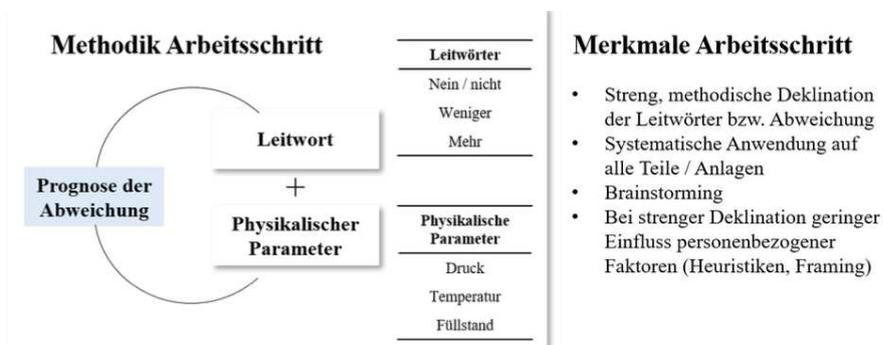


Abbildung 3-6: Arbeitsschritte HAZOP-Studie in Anlehnung an (DIN EN ISO 61882-2016) (eigene Abbildung)

Die Vorgehensweise zur Prognose der Abweichung besteht darin, die vollständig definierte Sollfunktion aller Anlagenteile und ihre Funktionen infrage zu stellen. Zur Systematisierung dieser Vorgehensweise bedient sich das HAZOP-Verfahren sog. Leitwörter (DIN EN ISO 61882-2016). Die Leitwörter werden

mit einem Prozessparameter kombiniert und definieren so die Abweichung von der Sollfunktion, d. h. vom bestimmungsgemäßen Betriebszweck.

$$\text{Leitwort} + \text{Prozessparameter} = \text{Abweichung}$$

Durch diese Vorgehensweise wird eine hypothetisch denkbare Abweichung erzeugt, die zunächst durch einen systematischen Ansatz unbewertet, aufgenommen und im HAZOP-Team zur Diskussion gestellt wird (Kappelmaier et al., 2002). Die Funktion des Leitwortes ist es, zu fantasievollem Denken anzuregen, um so die Wahrscheinlichkeit für die vollständige Erfassung und Abdeckung der Gefährdungen durch die Studie zu erhöhen (DIN EN ISO 61882-2016). Die heranzuziehenden Prozessparameter sind dabei durch den bestimmungsgemäßen Betriebszustand definiert. Die Leitwörter werden nacheinander mit allen relevanten Prozessparametern kombiniert. Im Sinne der Methodik des HAZOP-Verfahrens wird ein Leitwort nach dem anderen auf alle definierten Sollfunktionen der Funktionseinheiten angewendet (Signoret et al., 2021). Das konsequente Einhalten der Methodik dient dazu, das Erfassen aller möglichen Abweichungen zu gewährleisten und erleichtert die Nachvollziehbarkeit in der Dokumentation. Bei strikter Fortsetzung der Deklination doppelten sich die prognostizierten Abweichungen. Diese Dopplung ist gewollt, um den Abdeckungsgrad aller möglichen Abweichungen zu erhöhen (Kappelmaier et al., 2002).

*Tabelle 3-6: Leitwörter für eine HAZOP-Studie*

Leitwort	Bedeutung
nein oder nicht (kein oder keine)	Verneinung der Sollfunktion
mehr	mengenmäßiger Anstieg
weniger	mengenmäßige Verringerung
sowohl als auch	qualitativer Anstieg
teilweise	qualitative Verringerung
Umkehrung	logische Verkehrung der Sollfunktion
anders als	vollständiger Austausch

*Tabelle 3-7: Auswahl Prozessparameter bezogen auf die Zeit*

Prozessparameter	
Fließrichtung	Phase
Druck	Geschwindigkeit
Temperatur	Rühren
Füllstand	Signal
Reaktion	Kommunikation

Wird in der HAZOP-Studie die strukturierte Deklination der Leitwörter umgesetzt, ist es möglich, einen sehr hohen Abdeckungsgrad für die Identifizierung der vorliegenden Gefährdungen zu erreichen.

### 3.2.2.2.2 Identifizierung der Ursachen

Der zweite Schritt einer HAZOP-Studie besteht darin, die definierten Abweichungen (siehe vorheriges Kapitel) von einer hypothetischen Annahme auf das untersuchte System zu überführen und reale Ursachen zu ermitteln (Kappelmaier et al., 2002).

Die Ermittlung realer Ursachen entscheidet darüber, ob eine ermittelte Abweichung weiter betrachtet wird, und stellt somit einen wesentlichen Entscheidungspunkt in der HAZOP-Studie dar. Ursachen können z. B. im Versagen einer technischen Einrichtung, in der fehlerhaften Bedienung eines Ventils oder dem Ausfall von Energien liegen. Hat eine Abweichung mehrere Ursachen, sollten alle dokumentiert werden. Im Rahmen der Diskussion zeigt sich oftmals, dass für mehrere Abweichungen eine potenzielle Ursache verantwortlich ist. In diesem Fall muss die Ursache bei erstmaligem Auftreten dokumentiert werden. Anschließend kann bei erneuter Identifizierung auf diese Stelle verwiesen werden. Wird durch das HAZOP-Team eine Ursache ausgemacht, ist zu hinterfragen, durch welche Ereignisse die Ursache ausgelöst werden kann. Der Ausfall einer Pumpe kann bspw. durch den „Ausfall von Energie“, die „Fehlbedienung durch Mitarbeiter“ oder durch „Produkteinfluss/Verstopfungen/Verunreinigungen“ ausgelöst werden. Die Detailtiefe der Ursachenidentifizierung obliegt dabei dem Team bzw. dem Moderator der Studie. Die Ursachenidentifizierung kann bei sehr hoher Detailtiefe die Studiendauer erheblich beeinflussen und eine qualitativ hochwertige Analyse dadurch beeinträchtigen. Vielmehr sollte das Team der HAZOP-Analyse den Detaillierungsgrad der Ursachenidentifizierung auch in Abhängigkeit von der eigenen Fachkompetenz und den möglichen beeinflussbaren Gegenmaßnahmen wählen. Dort, wo das Team der HAZOP-Studie fehlende Fachkompetenz oder Gestaltungsmöglichkeiten zur Behebung der Ursachen aufweist, empfiehlt es sich, Fachexperten hinzuzuziehen (z. B. Hersteller, Versorger).

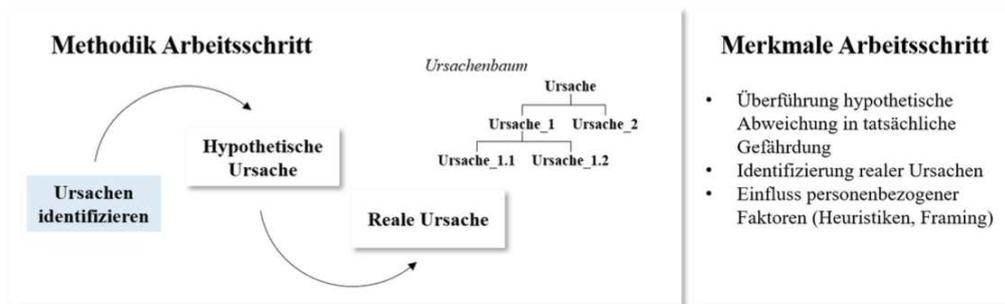


Abbildung 3-7: Arbeitsschritte HAZOP-Studie (eigene Abbildung)

Die Identifizierung der Ursachen stellt den elementaren Schritt dar, um von der hypothetischen Abweichung auf reale Bedingungen zu schließen. Hierbei kommt es auch auf die Verfügbarkeit von Wissen und Erfahrung an, die der zu beurteilenden Person bzw. dem Team zur Verfügung stehen sowie im Rahmen der Beurteilung herangezogen werden müssen. Das Wissen über Gefährdungen kann dabei über folgende Erkenntnisquellen vorliegen:

- persönliche Erfahrung
- Wissen darüber, dass jemand andere Erfahrungen mit einer Gefährdung gemacht hat

- durch die Erkenntnis, dass eine gegebene Situation einer gefährlichen Situation ähnelt, die dem Beurteilenden bewusst ist,
- wissenschaftliche Untersuchungen der physikalischen, chemischen oder anderer Eigenschaften der verfahrenstechnischen Anlagen, um das Gefährdungspotenzial vorhersagen zu können,
- durch das angesammelte Wissen in ingenieurwissenschaftlichen Methoden.

### 3.2.2.2.3 Beschreibung der Auswirkungen

Die Beschreibung der Auswirkungen stellt den dritten Arbeitsschritt des HAZOP-Verfahrens dar. Die zu beschreibenden Auswirkungen sind dabei in der Regel nicht lokal bzw. punktuell zuzuordnen. Vielmehr ist durch das Team zu ermitteln, welche grundsätzlichen Auswirkungen möglich sind und in welchem Umfang sie innerhalb und außerhalb des betrachteten Anlagenabschnittes wirksam werden können. Im Allgemeinen sind bei der Identifizierung der Auswirkungen die in der nachfolgenden Abbildung aufgeführten Kriterien zu berücksichtigen.

Art der Auswirkung	Umfang und Einflussbereich der Auswirkung	Wirkungszeitraum /-punkt der Auswirkung
Berücksichtigung von... <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Sachschäden</b> (Anlage, Anlagenteile, technische Komponenten, etc.)</li> <li>• <b>Umweltschäden</b> (Produktaustritt, Kontamination)</li> <li>• <b>Personenschäden</b> (Verletzung, Tod)</li> <li>• Beeinträchtigung der <b>Verfügbarkeit</b> (Ausfall Anlage, technische Komponenten)</li> </ul>	Berücksichtigung von... <ul style="list-style-type: none"> <li>• Auswirkungen <b>innerhalb</b> der Anlage / Technischen Einrichtung (Produktaustritt innerhalb einer Auffangwanne)</li> <li>• Auswirkungen <b>außerhalb</b> der Anlage (Produktaustritt einschl. Grundwasserkontamination, Beeinträchtigung Nachbarschaft / Zivilbevölkerung)</li> </ul>	Berücksichtigung von... <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>unmittelbaren</b> Auswirkungen (Alarmierung / Meldung, Stillstand, Personengefährdung)</li> <li>• <b>späteren</b> Auswirkungen (langfristige Umweltschäden, Reputation, Instandhaltungsaufwand und damit verbundene Revisionszeiten und -kosten)</li> </ul>
Berücksichtigung der <b>Kausalität</b> zu anderen Auswirkungen innerhalb und außerhalb des betrachteten Anlagenteils.		

Abbildung 3-8: Arbeitsschritte HAZOP-Studie

Die Auswirkungen aller Abweichungen müssen sorgfältig und detailliert analysiert, bewertet und beschrieben werden. Gegenstand dieses Vorganges ist die Ermittlung der Auswirkungsarten der Abweichungen, der Reichweite der Auswirkungen und der zeitlichen Tragweite (Crawley et al., 2015). Liegen Auswirkungen für eine Abweichung vor, ist durch das Team der HAZOP-Studie zu überprüfen, welche weiteren Auswirkungen hierdurch bedingt werden können. Die Kausalität von Auswirkungen kann in einer Auswirkungsabfolge schrittweise beschrieben und dargestellt werden.

Bei der Beschreibung der Auswirkungsabfolgen sind bereits vorhandene Gegenmaßnahmen außer Acht zu lassen. Dies dient u. a. dazu, die Notwendigkeit der Einrichtung zu überprüfen und die Qualität der Gegenmaßnahme (d. h. die Verfügbarkeit der Einrichtung) festzulegen. Das Außerachtlassen vorhandener Gegenmaßnahmen ist eine methodische Herausforderung für die Diskussion im Team. Bestehenden und durch Experten konzipierten Gegenmaßnahmen ein Versagen zu unterstellen, ist für Teammitglieder häufig eine gedankliche Umstellung. Das Vorgehen, die Auswirkungen unabhängig von den bereits vorliegenden

Gegenmaßnahmen zu beschreiben, hat sich in der Praxis bewährt (Kappelmaier et al., 2002). In komplexen Anlagen oder Prozesszuständen kann es vorkommen, dass die möglichen Auswirkungen vom HAZOP-Team nicht hinreichend eingeschätzt werden können. In diesem Fall sollte die Auswirkungsabschätzung durch externe Fachexperten durchgeführt werden. Diese Expertise kann z. B. durch einen Hersteller wahrgenommen werden (Kappelmaier et al., 2002). Die Art der Auswirkung und die Auswirkungshöhe sind die Basis zur Definition und Dimensionierung der Gegenmaßnahmen.

In der Praxis haben sich unterschiedliche Ansätze etabliert (Pilz, 1985). So hat sich z. B. bewährt, die Auswirkungen zu quantifizieren, damit mehrere Methoden miteinander verbunden werden (Semmler, 2014). Jeder Auswirkung wird eine Eintrittswahrscheinlichkeit und eine Schadenshöhe zugewiesen. Das sich hieraus ergebende Risiko ist das Risiko, welches mindestens durch eine entsprechende Gegenmaßnahme abgedeckt sein muss. Dem HAZOP-Team stehen bei der Ermittlung des Risikos häufig Praxisbeispiele zur Schadenshöhe und Eintrittswahrscheinlichkeit zur Verfügung. Diese charakterisieren eine Schadenshöhe oder eine Eintrittswahrscheinlichkeit und streben eine Objektivierung der Risikokategorien an (siehe hierzu Kap. 4.1.2). Diese personenbezogenen Einflüsse spielen auch bei der Beschreibung der Auswirkungen eine Rolle. Grundsätzlich kann das Team der HAZOP-Studie nur die Auswirkungen beschreiben, die ihm kognitiv zugänglich und als solche präsent sind. Zur Darstellung des Einflusses der heuristischen Prinzipien und Framingeffekte sei auf das Kapitel 3.2.5.5 verwiesen.



Abbildung 3-9: Beschreibung der Auswirkungen (eigene Abbildung)

#### 3.2.2.2.4 Gegenmaßnahmen

Nach jeder Abweichungsbetrachtung erfolgt die Identifizierung und Dimensionierung von Gegenmaßnahmen. Nach Semmler (2012) ermöglicht gerade der systematische Ansatz des HAZOP-Verfahrens, dass Maßnahmen besser priorisiert und Risiken objektiviert werden können.

Entscheidend bei der Dimensionierung der Gegenmaßnahmen ist dabei, dass diese das vorgegebene Schutzziel (Schutz von Personen, Umwelt, Sachwerten, Gewährleistung, Verfügbarkeit) sicher erreichen und an den beschriebenen Ursachen bzw. Auswirkungsabfolgen ansetzen (Kappelmaier et al., 2002). Bei der Gestaltung der Gegenmaßnahmen sind die Gestaltungsprinzipien des Arbeitsschutzes einzuhalten. Demnach gilt es

- das Gefährdungspotenzial zu beseitigen,

- das Gefährdungspotenzial zu minimieren,
- die Beschäftigten aus dem Gefährdungs- bzw. Expositionsbereich zu entfernen bzw.
- die Trennung der räumlich-zeitlichen Beziehung von Gefährdungs- bzw. Expositionsbereich und Beschäftigten zu bewirken (Kahl, 2018)

Der Gesetzgeber fordert die Einhaltung der Gestaltungsrangfolge und somit grundsätzlich die Bekämpfung der Gefahren an ihren Quellen sowie die Nachrangigkeit individueller, ergänzender Schutzmaßnahmen.

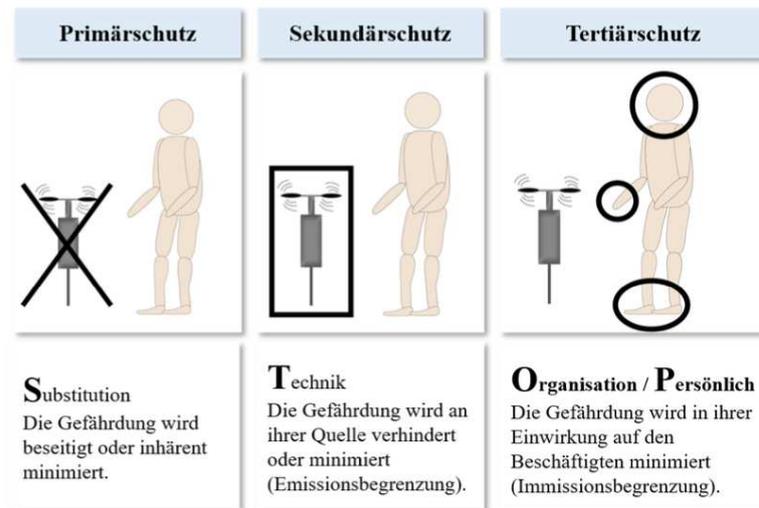


Abbildung 3-10: Gestaltungsrangfolge Schutzmaßnahmen inkl. STOP-Prinzip (eigene Abbildung)

Dabei ist zu berücksichtigen, dass ein sicherheitsbezogenes Gestaltungskonzept nicht nur die Summe der Einzelmaßnahmen ist, sondern vielmehr die sachlogische und effiziente Verknüpfung technischer, organisatorischer und personenbezogener Maßnahmen, der zeitlichen und monetären Handlungsprioritäten sowie der betriebsinternen und -externen Verantwortlichkeiten (Kahl, 2019). Die grundsätzlichen Gestaltungsprinzipien können rangfolgeorientiert in sechs Freiheitsgraden verankert werden (vgl. Abbildung 3-11).



Abbildung 3-11: Gestaltungsrangfolge Schutzmaßnahmen inkl. STOP-Prinzip (eigene Abbildung nach Kahl (2017))

Die Freiheitsgrade F1 bis F3 sind grundsätzlich dem Hersteller bzw. Inverkehrbringer zuzuordnen. In der betrieblichen Arbeitssicherheit stellen die Freiheitsgrade F4 bis F6 die Stellschrauben des Arbeitgebers dar. Bei der Konzeption von verfahrenstechnischen Anlagen, bei der Einzelkomponenten (Rohrleitungen, sicherheitsrelevante Einrichtungen, technische Bauteile, Pumpen) zusammengefügt werden, wird die Gestaltung der Freiheitsgrad F1 bis F3 durch den Betreiber erforderlich. Dies betrifft insbesondere die Kombination technischer Bauteile mit unterschiedlichen technischen Eigenschaften (maximaler Druck Pumpe, Rohrleitung etc.).

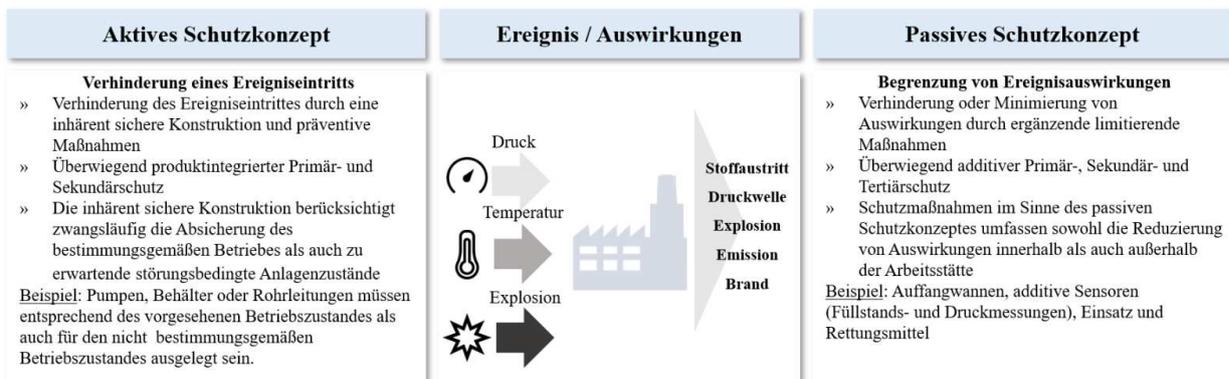


Abbildung 3-12: Aktives und passives Schutzkonzept in Anlehnung an (Kappelmaier et al., 2002)

Das Schutzkonzept zur sicheren Gestaltung verfahrenstechnischer Anlagen unterscheidet das aktive und das passive Schutzkonzept. Das aktive Schutzkonzept subsumiert Schutzmaßnahmen, die einen Ereignisfall verhindern. Hierzu zählen z. B. Maßnahmen, die eine Stofffreisetzung oder eine Energiefreisetzung wirksam und ohne Willensabhängigkeit von Beschäftigten verhindern. Innerhalb des aktiven Schutzkonzeptes sind vorwiegend die Gestaltungsmaßnahmen des produktintegrierten Primär- und Sekundärschutzes angezeigt.

Das passive Schutzkonzept beinhaltet Maßnahmen, die einen Ereignisfall nicht verhindern, sondern die Auswirkungen minimieren und deren Wirksamwerden reduzieren. Während das aktive Schutzkonzept einen Produktaustritt verhindert, greift das passive Schutzkonzept nach Versagen des aktiven Schutzkonzeptes, indem es das Produkt in einer Auffangwanne auffängt. Die Umsetzung des passiven Schutzkonzeptes erfolgt vorwiegend mit Gestaltungsmaßnahmen des additiven Primär-, Sekundär- und Tertiärschutzes.

Durch die Definition geeigneter Gegenmaßnahmen muss das vorgegebene Schutzziel gewährleistet werden (Personenschutz, Schutz von Sachwerten und Umweltschutz). Die Abschätzung von Details der Gegenmaßnahmen wird dabei häufig von Experten wahrgenommen oder unter Vorgaben aus den entsprechenden Bauteilen bzw. vorliegenden Anforderungen durchgeführt (Auswahl der Sensorik und Datenverarbeitung, Grenzwerte, Schaltpunkte, Ausfallwahrscheinlichkeiten, Dimensionierung Druckentlastungseinrichtungen etc.) (Kappelmaier et al., 2002).

Die charakteristischen Schutzmaßnahmen der Gestaltungsrangfolgen wirken unterschiedlich zuverlässig. Die Güte der Schutzmaßnahmen z. B. der inhärent sicheren Konstruktion wird im Wesentlichen durch die technische Zuverlässigkeit (Anforderungsfall, Materialeigenschaften, gefördertes Produkt) bestimmt.

Organisatorische Faktoren betreffen die Mitarbeiter und die Organisation. Auch in komplexen und modernen verfahrenstechnischen Anlagen kommen Mitarbeiter bei Prozessvorgängen (Abfüllen, Befüllen, Prüfen, An-/Abkuppeln) zum Einsatz. Die Anwendung des Vier-Augen-Prinzips zur Gestaltung, Überprüfung und Kontrolle sicherer Zustände stellt in der chemischen Industrie eine allgegenwärtige Lösung dar. Auch hier gilt, dass die Schutzmaßnahme (Durchführung eines Schaltvorganges) in ihrer Qualität den Anforderungen der Risikobeurteilung entsprechen muss. Das bedeutet, dass die Schutzmaßnahmen eine technische Zuverlässigkeit besitzen, mit der das diskutierte Ereignis nicht oder nur mit sehr geringer Wahrscheinlichkeit eintritt. Während diese Kennzahl für technische Bauteile in der Regel durch Herstellerangaben verfügbar ist, erfordert die Zuverlässigkeitsbewertung von menschlichen Tätigkeiten eine umfassende Analyse. Die grundsätzliche Vorgehensweise der Bewertung der menschlichen Zuverlässigkeit (Human Reliability Assessment) ist unabhängig von einer einzelnen Methode und kann sich in verschiedenen probabilistischen Sicherheitsanalysen wiederfinden. Die Ermittlung und Bewertung der menschlichen Zuverlässigkeit ermöglicht es auch, verschiedene organisatorische Schutzmaßnahmen gegeneinander abzuwägen. Grundsätzlich kann die Ermittlung der menschlichen Zuverlässigkeit Aussagen darüber treffen,

- wie hoch die Sicherheit und Verfügbarkeit eines technischen Systems unter Berücksichtigung menschlichen Eingriffs ist,
- welches Ausmaß menschliche Fehlhandlungen auch in Relation zu technischen Fehlern annehmen,
- in welcher Relation das Potenzial für eine bestimmte menschliche Fehlhandlung zum Potenzial einer anderen menschlichen Fehlhandlung steht,
- welche Möglichkeiten zur Erhöhung der Sicherheit und Zuverlässigkeit am effektivsten sind.

Die Ermittlung der menschlichen Zuverlässigkeit erfordert eine systematische Vorgehensweise. Hierzu gehören u. a. eine detaillierte Analyse zur Festlegung des bewerteten Systems, die qualitative Analyse der Aufgaben, einschließlich der Identifikation möglicher Fehlhandlungen, leistungseinbußenden Faktoren und Fehlerkorrekturen. Die Ermittlung wird mit der quantitativen Vorhersage der menschlichen Fehlhandlungswahrscheinlichkeit abgeschlossen. Die Kenngröße für die quantitative Behandlung der menschlichen Zuverlässigkeit ist die menschliche Fehlhandlungswahrscheinlichkeit (Human Error Probability – HEP). Die Schätzgröße (Erwartungswert) für die Fehlhandlungswahrscheinlichkeit wird durch das Verhältnis der Zahl  $n$  der beobachteten menschlichen Fehlhandlungen zur Gesamtzahl  $N$  der Durchführungen der Handlung definiert (VDI, 2017).

$$f_{HEP} = \frac{n}{N}$$

Die Abbildung 4-16 im Kapitel 4.1.2.2 gibt einen Überblick über die Größenordnung von Wahrscheinlichkeiten für menschliche Fehler bei unterschiedlichen Aufgabenstellungen entsprechend der VDI 4006. Nach Semmler (2014) liegt die menschliche Fehlerwahrscheinlichkeit zwischen  $10^{-1}$  und  $10^{-3}$ .

### 3.2.3 Rolle und Einfluss des Moderators

Das Ziel der Dissertation ist es u. a., zu identifizieren, welchen Einfluss der Moderator auf das Ergebnis der HAZOP-Studie hat. Die systematische Literaturrecherche zur Methodik und Durchführung des HAZOP-Verfahrens hat bereits angedeutet, dass dem Moderator grundsätzlich eine wesentliche Rolle zugesprochen wird. Jedoch wurden die Anforderungen, Kompetenzen und mögliche Spannungsfelder oder Interessenkonflikte des Moderators bisher nicht detailliert beschrieben. In den nachfolgenden Kapiteln werden die Inhalte der systematischen Literaturrecherche zum Moderator dargestellt. Der Moderator wird in dieser Dissertation dem Experten gleichgesetzt. Dabei handelt es sich nicht um einen Fachexperten einer bestimmten verfahrenstechnischen Anlage oder einer Wissenschaft, sondern um einen Experten zur Durchführung und Moderation von HAZOP-Studien.

#### 3.2.3.1 Allgegenwärtigkeit von Experten

Der Begriff des Experten ist heutzutage allgegenwärtig. Dabei ist nicht von Bedeutung, um welchen Fachbereich oder welches Thema es sich handelt. Huber (2014) attestiert sogar einen „Expertenboom“,

einen exponentiellen Expertenverschleiß als Folge einer Vervielfachung medialer Auftritte von Experten, egal ob es sich dabei um eine Naturkatastrophe handelt, zu der ein Experte sich äußert, um eine politische Diskussion oder den Klimawandel. Tennert und Stiehler (2001) fanden heraus, dass in der Nachwahlberichterstattung nur etwa 8 % der analysierten Attributionen (Ursachenzusammenhänge) Journalisten, 74 % den Politikern und 15 % den Experten wie Politikwissenschaftlern und Wahlforschern zukamen. Der Experte bildet einen Sammelbegriff, der dem allgemeinen Leser keine Kompetenzkonkretisierung ermöglicht und durch die Öffentlichkeit auch teilweise inflationär verwendet wird. Im Rahmen dieses Kapitels erfolgen die Auseinandersetzung mit dem Begriff des Experten sowie die Adaption und Definition des Expertenbegriffs auf den Moderator zur Durchführung von HAZOP-Studien.

### 3.2.3.2 *Begriffsdefinition*

Die Moderation von HAZOP-Studien erfolgt durch den Moderator. Dieser ist kompetent in der methodischen Durchführung des Verfahrens, sollte jedoch kein spezifisches Wissen über den Betrachtungsgegenstand besitzen. Der Erfolg einer HAZOP-Studie ist im Wesentlichen von der Erfahrung und dem Wissen des Moderators abhängig, der in der Anwendung des Verfahrens geübt sein muss (DIN EN ISO 61882-2016). Inwieweit der Moderator das Kriterium des Experten ausfüllt, wird im Verlaufe dieses Kapitels erarbeitet.

Ein Experte zu sein bedeutet laut Duden (2020), „Sachverstand zu haben oder Fachmann bzw. Kenner“ zu sein. Nach Hitzler (2013) zeichnet sich ein Experte insbesondere dadurch aus, dass er über Wissen verfügt, das andere nicht besitzen. In der Regel ist der „Nicht-Wissende“ auf das Wissen angewiesen (freiwillig oder unfreiwillig), um u. a. bestimmte, seine eigene Kompetenz übersteigende Probleme zu lösen (Hintzler, 2013).

Das Gegenteil des Experten ist der Nicht-Wissende, auch als Laie bezeichnet. Laien lösen vorliegende Problemstellungen durch eine Versuch-Irrtum-Strategie. Es wird so lange eine Lösung ausprobiert, bis sich eine Lösung bewährt hat. Während sich der Laie für die Erfassung der Problemstellung verhältnismäßig wenig Zeit nimmt, stellt sie für den Experten einen priorisierten kognitiven Arbeitsschritt zur Problemlösung dar (siehe Abbildung 3-13). Experten besitzen nicht nur mehr Informationen, sondern sind darüber hinaus in der Lage, problemlösungsbezogene Entscheidungen zu treffen (Pfadenhauer, 2018). Der Experte verwendet viel Zeit auf die Vergegenwärtigung des Problems, um anschließend durch einen systematischen Ansatz die Problemstellung zu lösen. Für die eigentliche Problemlösung benötigt der Experte nur eine verhältnismäßig kurze Zeit (Hintzler, 2013).

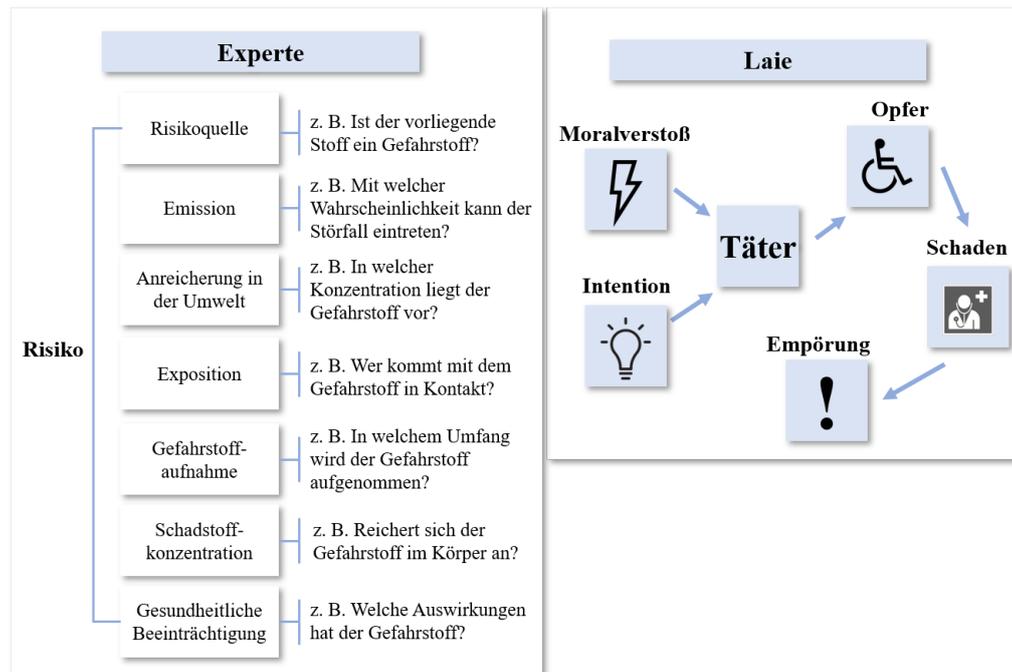


Abbildung 3-13: Herangehensweise von Laien und Experten (Hintzler, 2013)

Der Experte wird erst im Verhältnis zum Laien und/oder zum Entscheidungsträger zum Experten. Dabei beschränkt sich das Expertentum in der Regel auf ein Gebiet. In diesem Gebiet verfügt der Experte über typischerweise nicht selbstverständliche Kenntnisse und hat damit einen Sonderwissensstand, der ihn prinzipiell befähigt, Probleme in diesem Rahmen zu lösen (Hintzler, 2013).

Nach Miege (2008) zeichnet sich der Experte bzw. seine Expertise wesentlich durch die folgenden drei Punkte aus:

- Expertise ist bereichsspezifisch und lässt sich nicht einfach von einem Bereich auf den anderen übertragen. Ein Beispiel dafür wäre, dass gute mathematische Fähigkeiten nicht automatisch einen guten Konstrukteur machen.
- Es braucht eine gewisse Zeit, um Expertise ausbilden zu können. Für konkretes Expertenwissen in einem Bereich geht man in der psychologischen Expertisenforschung von 10 Jahren aus. Zum Erwerb von Expertisewissen ist es nötig, sich durch gezieltes, systematisches Training ständig zu verbessern.
- Nicht ausschlaggebend sind dabei die generelle Fähigkeit und/oder die persönlichen Eigenschaften wie bspw. Intelligenz.

Die Merkmale des Lernens spezifizieren den Experten. Der Laie kann im Laufe der Zeit durch aktives und kontinuierliches Lernen zum Experten werden (Huber, 2014).

Hintzler (2013) fasst zusammen, dass ein Experte als Experte angesehen wird, wenn er u. a. auf einen großen **Erfahrungsschatz** zurückgreifen kann, Zusammenhänge verstehen und übersetzen kann oder durch eine

andere Person als Experte angesehen wird. Als Experten gelten Personen, die über relative Produktions- und Deutungsmonopole für Expertise verfügen. „Experten glauben an und/oder bekunden die Existenz von ihnen gewusster objektiver Kriterien des Erstellens und des Beurteilens von Expertise“ (Hintzler, 2013).

Stehr und Grundmann binden den Experten an Wissen einerseits und an die **Anwendung des Wissens** andererseits (Stehr et al., 2010). Wissen bedeutet, sich Dinge, Fakten oder Regeln anzueignen und sie in den eigenen Orientierungs- und Kompetenzbereich einzubeziehen.

Die Expertise wird als Kenntnisse und intellektuelle Fähigkeiten einzelner Personen beschrieben, deren Leistung auf einem bestimmten Fachgebiet weit über dem Durchschnitt liegt. Expertenwissen besteht in der Regel aus sehr großen Informationsmengen in Verbindung mit Vereinfachungen, wenig bekannten Fakten, Faustregeln und klugen Verfahrensweisen (Heuristiken), die eine effiziente Problemlösung (in diesem Gebiet) ermöglichen (Duden, 2020).

Mieg (2008) ergänzt hierzu, dass die Sachorientierung zur Expertenrolle gehört und damit auch als Verhaltenserwartung an diese Rolle geknüpft ist. In der Regel ist die Sachorientierung als Experte auch das individuelle Spezialwissen des Experten. Mieg (2008) erläutert weiter, dass dieses Wissen bereits wahrnehmungsstrukturiert ist und damit nicht nur die Wahrnehmung des Moderators bestimmt, sondern auch die Motivation des Experten. Hier gilt nach Mieg et al. (1994): Was von einer Person wahrgenommen wird, das bietet auch die Chance, deren Verhalten (positiv) zu verstärken, und bildet die sozialpsychologische Basis des Expertentums.

Die Definition des Experten zeigt, dass insbesondere Wissen und Erfahrungen charakteristische Merkmale darstellen. Innerhalb der Grundlagenliteratur ist hingegen nur wenig zu den Anforderungen oder Qualifikationen des Experten zu finden. Um herauszuarbeiten, ob der Moderator als Experte in seinem Fachgebiet definiert werden kann, wird ein Blick auf offene Stellenausschreibungen geworfen. Die Autorin nimmt an dieser Stelle an, dass die derzeit offenen Stellenausschreibungen die Anforderungen an Moderatoren aus Sicht der betrieblichen Praxis abbilden. Die Stellenausschreibungen werden zunächst nach den „Anforderungen/Qualifikationen“ gesichtet und innerhalb einer Tabelle zusammengeführt. Als digitale Stellenportale wurden StepStone und Indeed herangezogen.

Als Such- und Schlagwort wurde der Begriff HAZOP<sup>10</sup> verwendet. Es wurden 32 Stellenausschreibungen detailliert gesichtet. Bei der Sichtung wurden Dopplungen, die auf beiden Plattformen ausgeschrieben waren, eliminiert. Stellenausschreibungen, die lediglich „die Zuarbeit oder Mitarbeit in HAZOP-Studien“

---

<sup>10</sup> Bei der Suche mit dem Schlagwort PAAG wurden auch Stellenausschreibungen gefunden, jedoch handelte es sich hierbei nicht um die Moderatorenfunktion selbst, sondern andere Teilnehmer der PAAG-Studie wie bspw. den Verfahrenstechniker.

beinhalteten, wurden ebenfalls aus der Auswertung entfernt. Von der Autorin wurde darauf geachtet, dass in der Stellenausschreibung die Moderatorentätigkeit eindeutig beschrieben war.

Die Auswertung der Stellenausschreibungen zeigt, dass die Anforderungen an den Moderator in der Regel ein ingenieurwissenschaftliches Studium sowie mehrjährige Berufserfahrungen sind. Von 27 Stellenausschreibungen wurden lediglich in 5 Stellenausschreibungen keine Angaben zur Länge oder Art der Berufserfahrung gemacht. In über 50 % der Stellenausschreibungen wurde sogar spezifisch die Anzahl der erwarteten Berufsjahre beschrieben (siehe Tabelle 3-8).

*Tabelle 3-8: Auswertung der betrachteten Stellenausschreibungen*

Stellenausschreibungen gesamt (über Indeed & StepStone)	32
davon nicht als Moderator	10
Stellenausschreibungen als Moderator	22
Kategorie 1 (keine spezifische Angabe zur Berufserfahrung)	5
Kategorie 2 (Berufserfahrung ohne Konkretisierung)	5
Kategorie 3 (mehrjährige)	12

Die Auswertung der Stellenausschreibungen konkretisiert die Anforderungen an den Moderator, die zunächst nicht aus der systematischen Literaturrecherche übernommen werden konnten. An den Moderator werden hohe Anforderungen entsprechend dem möglichen Gefährdungspotenzial bei verfahrenstechnischen Anlagen gestellt. Bis zu 10 Jahre Berufserfahrung müssen sich bewerbende Moderatoren vorweisen, um den Anforderungen des Arbeitgebers gerecht zu werden. In vielen Fällen wird eine mindestens 2- bis 3-jährige Berufserfahrung vorausgesetzt.

Die Tätigkeit des Moderators ist kein Ausbildungsberuf oder ein Studium. Die Ausbildung erfolgt über den Arbeitgeber oder im Rahmen einer freien Fortbildung über einen Bildungsträger. Die Darstellung der Stellenausschreibung zeigt, dass der Moderator im Sinne der Definition als Experte angesehen werden kann. Bei der Durchführung von HAZOP-Studien wird ein hohes Maß an Qualifikation und Berufserfahrung gefordert und es handelt sich keineswegs um eine einfache Moderation, in der das Wissen lediglich durch die Teilnehmer gestellt wird. Der Moderator ist nicht nur für die Durchführung einer Moderation ein Experte, sondern besitzt zudem durch seinen Ausbildungshintergrund (z. B. Verfahrenstechnik, Elektrotechnik) weiteres Wissen, welches in die HAZOP-Studie einfließt. Für die weitere Bearbeitung dieses Forschungsthemas wird der Moderator dem Experten aufgrund folgender Anforderungen gleichgestellt:

- Der Moderator verfügt über Fach- und Sachkompetenz zur Anwendung der HAZOP-Methodik sowie Wissen über das Studium an einer Hochschule (Verfahrenstechnik, Elektrotechnik, Sicherheitstechnik).
- Das qualitativ hochwertige Durchführen von HAZOP-Analysen erfordert eine zusätzliche Fortbildung sowie mehrjährige Berufserfahrung, um in der betrieblichen Praxis als Moderator tätig werden zu können.
- Mit der Zeit kann der Moderator auf einen großen Erfahrungsschatz zurückgreifen, der durch die Vielzahl an durchgeführten HAZOP-Analysen aufgebaut wurde.

### 3.2.4 Bedeutung des Experten im HAZOP-Kontext

In den vorangegangenen Kapiteln wurde der Experte im allgemeinen Kontext dargestellt. Aus den Erkenntnissen der Expertendefinition sowie der Risikowahrnehmung und der Kommunikation zwischen Laien und Experten können charakteristische Merkmale abgeleitet werden, die Moderatoren als Experten bei der Moderation von HAZOP-Studien unterstützen können, um deren Qualität zu verbessern. Die Merkmale sind zusammenfassend in der Abbildung 3-14 dargestellt.

Ein Experte zur Moderation von HAZOP-Studien erfüllt erst dann den Status eines Experten, wenn er eine fachspezifische Ausbildung absolviert hat und über Erfahrungswerte in der Durchführung von HAZOP-Studien verfügt. Erst nach einer hinreichenden Ausbildung und der Sammlung von Erfahrungswerten verfügt der Moderator über ganzheitliche Kompetenz zur Durchführung und Moderation von HAZOP-Studien.

Moderatoren mit geringeren Erfahrungswerten, z. B. direkt nach der Ausbildung, sind zwar ebenfalls in der Lage, HAZOP-Studien durchzuführen. Sie können jedoch nicht auf Erfahrungswerte zurückgreifen, die mitunter bei der Beurteilung von komplexeren verfahrenstechnischen Anlagen erforderlich sind. Das Sammeln von Erfahrungswerten ist im Risikowahrnehmungs- und Risikobeurteilungskontext relevant. Mit steigender Anzahl an durchgeführten Beurteilungen wird die Abschätzung von Risiken genauer und objektiver. Die Urteile eines Experten mit langen realen Erfahrungswerten nähern sich statistisch ermittelten Werten (Schadensausmaß und Eintrittswahrscheinlichkeit) an. Das Fachwissen des Experten beinhaltet dabei aus Sicht der Autorin mindestens die folgenden Merkmale:

- Wissen über die methodischen Arbeitsschritte des HAZOP-Verfahrens (Prognose der Abweichung, Auffinden der Ursachen, Beschreibung der Auswirkungen, Gegenmaßnahmen)
- allgemeine naturwissenschaftliche Grundkenntnisse, um Zusammenhänge verstehen und im HAZOP-Verfahren umsetzen zu können
- Wissen über Moderationstechniken zur Leitung und Lenkung von Diskussionen sowie die Lösungsherbeiführung bei Beurteilungsentscheidungen

Darüber hinaus verfügt der Experte über Kompetenzen zur Problemlösung. Innerhalb der HAZOP-Studien kann es seitens der Beteiligten zu unterschiedlichen Meinungen und Wahrnehmungen kommen. Die Aufgabe des Experten besteht in der Lösungsherbeiführung, ohne die Beteiligten zu übergehen.

Expertenmerkmale des Studienleiter zur Moderation von PAAG-/ HAZOP-Studien	
<b>Begriffsdefinition</b>	Der Expert im Kontext des PAAG-/ HAZOP-Verfahrens ist ein <b>Fachmann</b> für die Moderation von PAAG- / HAZOP-Studien. Dies beinhaltet strukturierte Vergegenwärtigung von vorliegenden Betrachtungsgegenständen (Anlagen /-teile), die Anwendung von Methoden und Modellen zur Herbeiführung einer Bewertungs- und Gestaltungslösung sowie die objektivierte Risikobewertung unter aktivem Einbezug aller Studienteilnehmer.
	Der Experte hat für sein konkretes Expertenwissen einen gewissen Zeitraum <b>Erfahrungen</b> sammeln können. In der psychologischen Expertisenforschung geht man von zehn Jahren aus. Der Experte hat darüber hinaus sein Expertenwissen durch <b>gezieltes, systematisches Training</b> ständig verbessert (Fortbildung und praktische Durchführung von PAAG-/HAZOP-Moderationen)
	Der Experte hat sich über eine gewisse Zeit zum Studienleiter ausbilden lassen und diese <b>Ausbildung</b> erfolgreich absolviert.
	Der Experte verfügt über erforderliches <b>Fachwissen</b> zur Moderation von PAAG-/HAZOP-Studien (ggf. konkretisieren)*.
	Der Experte verfügt über <b>Problemlösungskompetenz</b> . Nimmt sich Zeit für die Vergegenwärtigung des Problems und benutzt geeignete Modelle, Theorien und Metaphern um eine Problemlösung herbeizuführen (kein Try & Error).
	Der Experte verfügt über Problemlösungskompetenz. Nimmt sich Zeit für die Vergegenwärtigung des Problems und benutzt geeignete Modelle, Theorien und Metaphern um eine Problemlösung herbeizuführen (kein Try & Error). Systematisches Vorgehen bei jeder PAAG-/HAZOP-Analyse.
<b>Kommunikation</b>	Der Experte kommuniziert unter Berücksichtigung des jeweiligen <b>subjektiven Bezugsrahmens</b> und wirkt darauf hin, einen <b>geteilten Bezugsrahmen</b> zu schaffen.
	Der Experte nutzt <b>Methoden</b> , um sicherzustellen, dass die gesendeten Informationen Teil des geteilten Bezugsrahmen werden und die Problemlösung herbeigeführt werden kann (verbale und nonverbale Signale und Zustimmung, Rückfragen) .
<b>Risikowahrnehmung</b>	Die <b>Risikowahrnehmung und -bewertung</b> erfolgt bei Experten durch die Abschätzung qualitativen und quantitativen Merkmalen eines Risikos (u. a. <b>Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadensschwere</b> ).
	Die Risikowahrnehmung und -bewertung unterscheidet des Experten unterscheidet sich von der des Laien. Der Experte verfügt daher über die Kompetenz Risikowissen zu vermitteln, um eine gemeinsame Risikoabwägung zu führen und eine gemeinsame Risikoentscheidung zu treffen.

Abbildung 3-14: Experte im Moderationskontext des HAZOP-Verfahrens (eigene Abbildung)

Der Experte zeichnet sich durch sein Wissen zur Moderation und Durchführung von HAZOP-Verfahren sowie seine Erfahrungen in einer Vielzahl von durchgeführten Studien aus. Die Studienteilnehmer können nicht auf dieses Wissen zurückgreifen, sie sind auf den Moderator angewiesen. Bei der Kommunikation zwischen Moderator und Studienteilnehmer muss der Bezugsrahmen der Studienteilnehmer berücksichtigt werden. Der Experte versucht durch Erklärungen und Darstellungen den geteilten Bezugsrahmen bzw. das Expertenwissen in der Durchführung sukzessive zu erweitern. Dabei ist es nicht erforderlich, detailliertes Expertenwissen zu vermitteln, sondern die Studienteilnehmer so weit aufzuklären, dass sie folgen können und ein Verständnis für das Vorgehen oder Urteile bekommen. Den Bedarf zur Sicherstellung eines geteilten Bezugsrahmens oder ein vorliegendes Defizit, bei dem die Studienteilnehmer dem Experten nicht folgen können, nimmt dieser über entsprechende Signale wahr und erweitert den geteilten Bezugsrahmen in geeigneter Weise.

Die Risikowahrnehmung und -beurteilung unterscheidet sich zwischen dem Moderator und den Studienteilnehmern. Der Moderator als kompetent legitimierter Akteur muss im Rahmen der HAZOP-Studie Risikowissen vermitteln. Dieses beinhaltet die Aufklärung über Eintrittswahrscheinlichkeiten und Schadensschwere, aber auch über grundsätzliche Merkmale der Risikoquelle. Der Experte ist in der Lage, eine gemeinsame Risikoabwägung mit den Studienteilnehmern herbeizuführen.

#### *3.2.4.1 Das HAZOP-Team in der Experten-Laien-Beziehung*

Aufgrund der Annahme, dass der Moderator als Experte definiert werden kann, lässt sich in der Literatur ein weiteres zu betrachtendes Forschungsfeld identifizieren: die Experten-Laien-Zusammenarbeit. Zwar handelt es sich bei keinem der Teilnehmer des HAZOP-Verfahrens um einen Laien im klassischen Sinne. Dennoch hat jeder Teilnehmer sein spezifisches Handlungsfeld, während der Moderator aufgrund der bereits durchgeführten Analysen und seiner Berufserfahrung einen ganzheitlichen Blick auf die Herangehensweise sowie die Analyse selbst hat.

Im Forschungsfeld der Experten-Laien-Beziehung sind aus der Literatur insbesondere zwei Aspekte von Interesse:

- Unterschiede der Experten-Laien Risikowahrnehmung
- die Experten-Laien-Kommunikation

Die systematische Literaturrecherche wird um diese beiden Faktoren erweitert, um Herausforderungen der Experten-Laien-Kommunikation im Kontext des HAZOP-Verfahrens zu identifizieren. Weitergehend wird recherchiert, ob sich bereits fördernde oder hemmende Einflussfaktoren aufgrund der Experten-Laien-Beziehung auf die Durchführung der HAZOP -Studie oder auf das zu erreichende Schutzziel beschreiben lassen. Zur Durchführung der systematischen Literaturrecherche wurden die Such- und Schlagworte der Experten-Laien-Kommunikation sowie der Experten-Laien-Risikowahrnehmung angewendet. Auch werden ergänzend über das Schneeballverfahren weiterführende Hinweise in den Literaturverweisen der gefundenen Publikationen verfolgt und Inhalte bei Bedarf mit aufgenommen.

#### *3.2.4.2 Experten-Laien-Kommunikation*

Schütz und Wiedemann (2003) geben an, dass zur Reduzierung des Kenntnisgefälles zwischen Moderator (Experte) und Teilnehmern (Laien) Aufklärung betrieben werden muss, um Risiken gemeinsam einschätzen zu können. Hierzu ist eine gute Kommunikation zwischen dem Moderator und den anderen Teilnehmern erforderlich. Dabei besteht die Herausforderung einer verständlichen Kommunikation für die anwesenden Laien (Teilnehmer). Die Verständigung zwischen Experten und Laien, Fachleuten und Klienten, Kunden, Mandanten oder allgemein der Öffentlichkeit misslingt häufig und wird als schwierig erlebt (Bromme et al., 2003).

Die Gründe für das Misslingen der Verständigung zwischen Experten und Laien sind vielschichtig. Der Prozess der Ausbildung in qualifizierten Berufen wird psychologisch als ein Hineinwachsen in eine Expertengemeinschaft verstanden. Hierzu kommt das Sammeln von Berufserfahrung und langfristig nicht nur ein reiner Wissenserwerb, sondern der Erwerb von Methoden und Problemlösungsansätzen, Wahrnehmungsweisen und Kommunikationsstrategien. Diese Prägung beeinflusst die Wahrnehmung, die methodische Vorgehensweise und Problemlösungskompetenz. Der Unterschied zwischen dem Laien und dem Experten besteht jedoch nicht nur in der Quantität des Wissens, vielmehr entstehen Verständigungsschwierigkeiten durch die Qualität und strukturelle Merkmale des Wissens (Bromme et al., 2003).

Laien verfügen jedoch meistens ebenfalls über eine systematische Vorstellung davon, wie das vorliegende Problem zu lösen ist. Diese geht jedoch in der Regel auf subjektive Ansichten aufgrund von Beobachtungen und daraus geschlossenen Kausalitäten zurück. Die Gültigkeit subjektiver Laientheorien ist auf einen engeren Wirklichkeitsausschnitt bezogen als das wissenschaftlich begründete Fachwissen. Laintheorien sind u. a. durch darin enthaltene widersprüchliche Annahmen gekennzeichnet (Bromme et al., 2003). Die kommunikationstheoretische Grundlage zur Verständigung bildet die psycholinguistische Kommunikationstheorie von Herbert Clark (1996). Eine wechselseitige Verständigung kann als Versuch beschrieben werden, zwei individuelle kognitive Bezugsrahmen so weit zur Deckung zu bringen, dass deren Schnittmenge gerade ausreicht, um das jeweils spezifische Ziel der Kommunikation zu erreichen. Ein Ziel der Kommunikation kann bspw. eine informierte Entscheidung beider Fraktionen sein (Bromme et al., 2004). Die nachfolgende Abbildung stellt den Kommunikationsprozess schematisch dar.

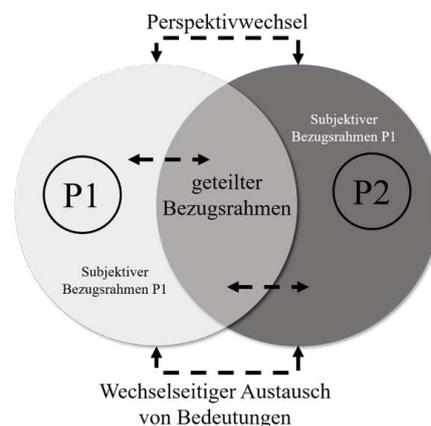


Abbildung 3-15: Schematische Darstellung des Kommunikationsprozesses (Bromme et al., 2016)

Der kognitive Bezugsrahmen subsumiert stabile Elemente wie Vorwissen, Einstellung, Überzeugung und Stereotype und dynamische Elemente wie aktuelle Wahrnehmungsinhalte, situationsbezogene Information und den bisherigen Gesprächsverlauf (Bromme et al., 2016). Jede Person verfügt über ihren eigenen individuellen Bezugsrahmen.

Findet nun eine Kommunikationssituation statt, treffen sich diese subjektiven Bezugsrahmen. Dabei vermittelt die informationssendende Person die übermittelten Informationen so, wie sie aus ihrer Perspektive verständlich sind. Die informationsempfangende Person entschlüsselt diese so, dass es für sie

einen subjektiven Sinn ergibt. In Abhängigkeit vom Thema ist der geteilte Bezugsrahmen kleiner oder größer (Fachwissen, allgemeines Wissen) (Bromme et al., 2004).

Verschiedene Techniken können herangezogen werden, um sich zu versichern, ob und in welchem Umfang eine gesendete Information Teil des geteilten Bezugsrahmens geworden ist und verstanden wurde. Die drei wichtigsten Methoden nach Clark sind:

- verbale Zustimmung oder Ablehnung
- Initiieren eines Sprecherwechsels (z. B. durch weiterführende Fragen, die zeigen, dass die Information verarbeitet wurde)
- Verwendung nonverbaler Signale, die zeigen, dass der Gesprächspartner den Informationen folgen kann (z. B. Blickkontakt, Stirnrunzeln) (Bromme et al., 2004).

Der zu betreibende Aufwand zur Herstellung eines möglichst großen geteilten Bezugsrahmens ist dabei individuell von der Dringlichkeit der Fragestellung, kontextuellen (Wie relevant ist das Verstehen?) und situativen Faktoren abhängig (Bromme et al., 2004).

Im Rahmen einer gemeinsamen Diskussion ist es erforderlich, dass die Kommunikationspartner ihren geteilten Bezugsrahmen schrittweise durch Kommunikationsbeiträge erweitern. Durch den Prozess des Perspektivwechsels kann abgeschätzt werden, was der Kommunikationspartner bereits weiß. Hierzu zählt ein Prozess der Abstimmung zwischen dem angestrebten Kommunikationsbeitrag und dem vermuteten kognitiven Bezugsrahmen des Gesprächspartners (Bromme et al., 2016).

Ob der Moderator als Experte den Aufwand zur Herstellung eines möglichst großen geteilten Bezugsrahmens betreibt, bleibt zunächst offen. Innerhalb der Fachliteratur wird die Herausforderung der Experten-Laien- bzw. Moderator-Teilnehmer-Kommunikation nicht näher erläutert. Es können zunächst keine Angaben identifiziert werden, die dem Moderator verdeutlichen, wie er auf die Risikowahrnehmung der übrigen Teilnehmer eingehen und unterschiedliche Meinungen im Kontext eines zu erreichenden Schutzziels während der Analyse in Einklang bringen kann. Eindeutig scheint nur zu sein, dass es eine unterschiedliche Risikowahrnehmung des Experten gibt. Dagegen bleibt nach der Literaturrecherche offen, inwieweit sich diese hemmend auf das HAZOP-Verfahren selbst oder dessen Ergebnis auswirkt.

### 3.2.5 Einführung in die Risikowahrnehmung

Bei der Analyse, Bewertung und Gestaltung von verfahrenstechnischen Anlagen durch das HAZOP-Verfahren spielt die Risikowahrnehmung und -bewertung des Moderators sowie der übrigen Teilnehmer eine entscheidende Rolle. Daher werden im Rahmen dieses Kapitels die fachlich-inhaltlichen Grundlagen der Risikowahrnehmung und -bewertung dargestellt.

Risiko stellt ein Merkmal von Entscheidungen oder Handlungen mit unsicheren Konsequenzen dar (Haller, 2003). Die Risikowahrnehmung ist dabei der im Vorfeld einer Entscheidung oder Handlung ablaufende Prozess. Die Risikowahrnehmung wird von Banse als die gedankliche Erfassung von Unbestimmtheit und Kontingenz hinsichtlich des Erreichens eines Ziels sowie dessen möglichen Konsequenzen beschrieben (Banse et al., 1998).

Holzheu definiert die Risikowahrnehmung als „kognitive Charakteristik der unsicheren Ereignisse von Handlung und ihre Bewertung im Sinne der Rangordnung“. Risikowahrnehmung kann ökonomisch gesehen als Problem der Informationsgewinnung und -verwertung, einschließlich der Bewertung des betrachteten Sachverhaltes, verstanden werden (Haller, 2003).

Psychologisch gesehen ist im Prozess der Risikowahrnehmung die Risikoperzeption und die Risikoapperzeption zu unterscheiden. Die Perzeption ist die sinnliche Erfassung eines Objektes, ohne es bewusst zu erfassen, als erste Stufe des Erkennens (Gindi, 2002). Das Bewusstwerden eines psychischen Inhaltes durch die bewusste Teilnahme der Aufmerksamkeit als willentlicher Akt ist dagegen die Apperzeption (Müsseler et al., 2002). Da Risiko keinen rein perzipierbaren Reiz darstellt, ist die Risikowahrnehmung mehr als ein Zuschreibungsprozess (vgl. Abbildung 3-16).

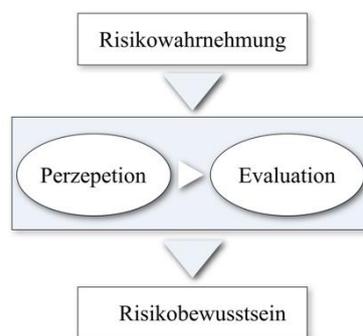


Abbildung 3-16: Risikowahrnehmung nach Gindi (2002)

Nach Gindi (2002) folgt aus der schrittweisen Abfolge der Risikoperzeption, der Risikoapperzeption sowie der Evaluation mit dem Rückgriff auf Vorwissen ein individuelles Risikobewusstsein. Plapp (2004) teilt die Risikowahrnehmung und -beurteilung in zwei Phasen auf. Die erste Phase bildet den Prozess der Risikowahrnehmung. Dieser beinhaltet die kognitiven, mentalen und motivationalen Mechanismen, die dafür sorgen, dass ein Individuum auf einen Reiz reagiert und diesen als Risiko wahrnimmt. Die Registrierung des Reizes als Risiko ist dabei abhängig von der Aufnahme- und Verarbeitungskapazität, der vorliegenden Situation sowie kulturellen Faktoren (vgl. Abbildung 3-18). Ziel der ersten Phase im Prozess ist es, die Problematik eines Risikos zu formulieren. Dies bedeutet, dass das Risiko zunächst kontext- und situationsgebunden analysiert werden muss, bevor darauf aufbauend eine Entscheidung getroffen werden kann, ob ein Risiko eingegangen oder vermieden wird. Diese Entscheidung wird im zweiten Schritt des Prozesses abgebildet. Die kognitive Auseinandersetzung mit dem formulierten Problemwurf erfolgt u. a.

unter dem Einfluss angestrebter Ziele, der Persönlichkeit des Individuums, der vorliegenden Situation sowie kultureller und sozialer Faktoren.



Abbildung 3-17: Phasen des Prozesses der Risikowahrnehmung nach Plapp (in Anlehnung an Kahl, 2017 und Plapp, 2004)

Das Individuum entwirft unter den genannten Einflüssen und persönlichen Erfahrungen eine mögliche Handlungsstruktur. Bevor es zu einer Handlung gegenüber einem Risikoreiz kommt, erfolgt die Überprüfung mehrerer Handlungsalternativen und der damit verbundenen Konsequenzen. Ist eine hinsichtlich der Konsequenzen vertretbare Handlungsalternative gefunden, führt das Individuum als Ziel der Risikobewertung die Handlung aus.

Die beschriebenen Phasen laufen dabei weitestgehend unbewusst, automatisch und nur schwer voneinander trennbar ab. In der Praxis wird der Begriff der Risikowahrnehmung bevorzugt gegenüber der Risikobewertung verwendet, obwohl die Beurteilung im Prozess inbegriffen ist. Der Begriff der Risikobewertung kommt vorwiegend im Rahmen der technisch-naturwissenschaftlichen Risikoanalyse zur Anwendung (Plapp, 2004).

Die Definition der Risikowahrnehmung durch Haller beschreibt drei den Wahrnehmungsprozess mitbestimmende Faktorentypen (vgl. Abbildung 3-18).

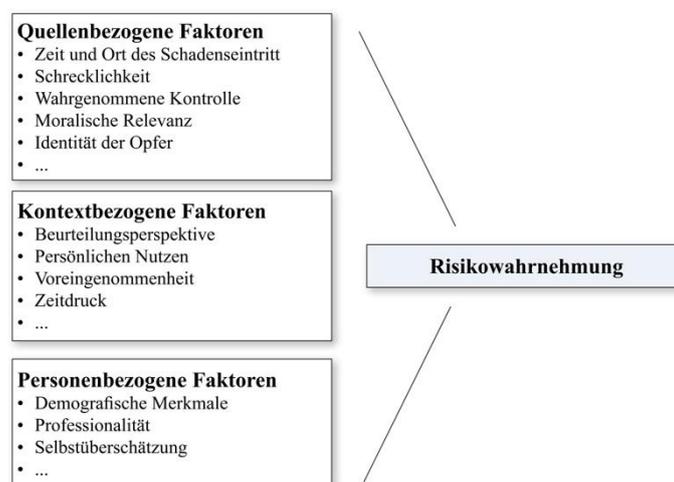


Abbildung 3-18: Erweitertes Modell der Risikobeurteilung nach Haller (2003)

Quellenbezogene Faktoren werden dabei durch die Risikoquelle bestimmt und sind in der Regel nicht leicht zu verändern. Items dieser Kategorie beeinflussen die Risikowahrnehmung bei jedem Individuum<sup>11</sup>. Die Beeinflussung ist jedoch von der Situation, in der das Risiko auftritt, und der persönlichen Disposition abhängig. Ob jemand darauf vertraut ein Risiko kontrollieren zu können oder eher nicht, ob er einen Nutzen davon hat oder ob er viel oder wenig Zeit für eine Entscheidung zur Verfügung hat, beeinflusst die Risikobeurteilung (Haller, 2003).

### 3.2.5.1 Entscheidungstheoretisches Modell der Risikowahrnehmung

Der Begriff des Risikos und dessen Wahrnehmung durch den Menschen ist bereits seit Jahrzehnten Gegenstand der Forschung. Ziel der psychometrischen Forschung ist dabei die quantitative Beschreibung der kognitiven und evaluativen mentalen Strukturen des Risikos und seiner Determinanten (Jungermann et al., 2010). Die Bezeichnung Risikowahrnehmung ist in diesem Sinne missverständlich, da es das reale Objekt „Risiko“ nicht gibt. Der Mensch nimmt vielmehr Objekte, Aktivitäten oder Situationen wahr und hört oder liest etwas über die damit verbundenen Risiken. Genau diese Wahrnehmung führt zu einem Urteil oder Gefühl bezüglich des Risikos der Gefahrenquelle. Jungermann et al. (2010) beschreiben Risiko als ein Merkmal, das Objekte, Aktivitäten und Situationen aufgrund von Wahrnehmungs-, Lern- und Denkprozessen zugeschrieben wird. Die individuelle Risikowahrnehmung ist entsprechend sowohl eine Funktion von Eigenschaften unserer kognitiven und motivationalen Systeme als auch von Bedingungen des sozialen, politischen und kulturellen Umfeldes (Jungermann et al., 1993). Im Hinblick auf die Durchführung von HAZOP-Studien spielen die Risikowahrnehmung und die Risikobewertung eine zentrale Rolle. Im Folgenden werden die wesentlichen Forschungsergebnisse zur Risikowahrnehmung und -beurteilung aufgeführt, um sie im späteren Verlauf in den fachlich-inhaltlichen Kontext zu setzen. Jungermann und Slovic (1993) stellen das Konstrukt Risiko grafisch als Teil einer Entscheidungsmöglichkeit dar (siehe Abbildung 3-19).

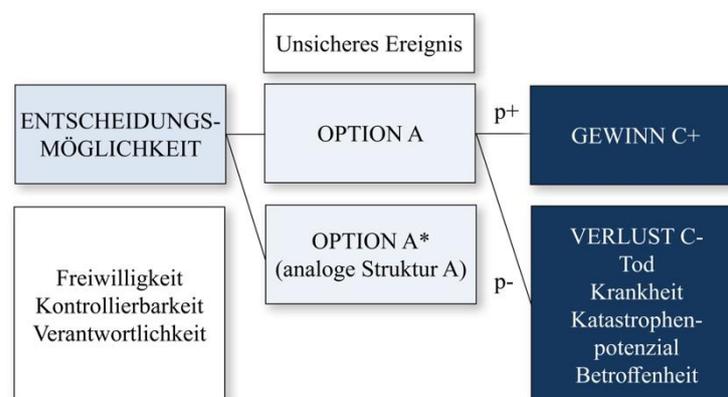


Abbildung 3-19: Risikokonzept nach Jungermann und Slovic (1993)

<sup>11</sup> Die Beeinflussung der Risikowahrnehmung durch Personen, die sich professionell mit Risiko auseinandersetzen stellt hier eine Sonderstellung dar (Haller, 2003).

Der Handelnde kann zwischen verschiedenen Optionen wählen, welche mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit (p-) eine negative Auswirkung (C-) haben. Bei dieser Entscheidung spielen die Faktoren eingeschätztes Schadensausmaß (C-) und vermutete Wahrscheinlichkeit (p-) eine wesentliche Rolle (siehe auch Kapitel x), sind aber nicht die einzigen Einflussfaktoren des Konstruktes. Kontextabhängige Faktoren der Entscheidungsmöglichkeit, wie Freiwilligkeit, Kontrollierbarkeit und Verantwortlichkeit sowie die persönliche Betroffenheit und das Katastrophenpotenzial, beeinflussen nach Jungermann und Slovic (1993) im psychologischen und mentalen Entscheidungsprozess die intuitive Risikoeinschätzung erheblich (Jungermann et al., 2010).

### 3.2.5.2 Faktor Freiwilligkeit im Kontext der Risikowahrnehmung

Risiken, die durch Handelnde freiwillig eingegangen werden, werden im Allgemeinen weniger kritisch gesehen und häufiger akzeptiert als die Übernahme von aufgezwungenen Risiken.

In einer Studie von Renn (1984) konnte u. a. dieses Phänomen aufgezeigt werden. Probanden der Studie, welche in zwei Gruppen aufgeteilt wurden, wurden darüber informiert, dass sie an einem pharmazeutischen Test teilnehmen, um unangenehme Nebenwirkungen bei der Einnahme von drei neu entwickelten Kapselumhüllungen zu testen. Die neu entwickelten Kapselumhüllungen sollten sich dabei doppelt so schnell im Magen auflösen wie herkömmliche Präparate. Der Versuchsleiter informierte die Teilnehmer, dass die erste Kapselumhüllung mit einem schwach radioaktiven Mantel, die zweite Kapsel mit einer bakterienhaltigen Umhüllung und die dritte Kapsel mit einem – in größeren Mengen giftigen – Schwermetallring versehen wurde. Eine Gefährdung der Gesundheit durch Einnahme der Kapsel sei aber nicht gegeben, vielmehr sei diese gut für das Wohlbefinden, da die Kapseln mit einem natürlichen Vitaminpräparat gefüllt seien. In einer der beiden Gruppen durften die Probanden die einzunehmende Kapsel frei wählen, während in der anderen Gruppe die Zuweisung der Kapsel je Proband erfolgte. Nach einer kurzen Einwirkungszeit mussten die Probanden in einem Fragebogen angeben, ob sie Beschwerden verspürten. Gegenüber der Gruppe, welche die Kapsel frei auswählen durfte, gaben mehr als doppelt so viele Versuchspersonen der anderen Gruppe (zugewiesene Kapsel) an, nach Einnahme der Kapsel grundsätzlich Beschwerden zu verspüren bzw. sich unwohl zu fühlen. Neben der Erkenntnis, dass freiwillig eingegangene Risiken mit geringeren Abneigungen verbunden sind als erzwungene, zeigte sich eine ungleiche Verteilung in der Auswahl der Kapseln trotz einer vermeintlich identischen Risikohöhe.

Risikoaversion gegenüber unfreiwillig aufgenommenen Risiken konnte auch in den Untersuchungen von Starr aufgezeigt werden. Starr untersuchte in seiner Forschungsarbeit Risikoaktivitäten der Gesellschaft, welche er in freiwillig (u. a. Motorradfahren und Rauchen) und unfreiwillig (u. a. elektrische Energie und Vietnamkrieg) eingegangene (Risiko-)Aktivitäten klassifizierte. Hierbei stellt er die durchschnittliche Verlustrate (fatalities/person-hour of exposure) der durchschnittlichen Nutzenrate gegenüber und errechnete die Differenz der beiden Risikogruppen. Im Ergebnis zeigte sich, dass die Akzeptanzgrenze für freiwillig eingegangene Risiken um den Faktor 1000 höher liegt als bei erzwungenen Risikoquellen (Starr, 1969). Die Ergebnisse von Starr (1969) sind u. a. durch Otway und Cohen (1975) stark kritisiert worden.

Über die tatsächliche Höhe des Faktors zur Akzeptanz von freiwilligen Risiken existieren mittlerweile weitere Publikationen, welche die Akzeptanzgrenze deutlich unterhalb dieser Schwelle sehen. Auch wenn die Forschungsergebnisse von Starr mittlerweile kritischer rezipiert werden, hat der beobachtete Sachverhalt „Akzeptierte Risiken nehmen generell mit zunehmendem Nutzen zu“ nach wie vor Gültigkeit (Fritzsche, 1986).

### *3.2.5.3 Faktor Kontrollierbarkeit im Kontext der Risikowahrnehmung*

Der Faktor Kontrollierbarkeit spielt bei der Wahrnehmung von Risiken ebenfalls eine entscheidende Rolle und ist eng mit dem Faktor der Freiwilligkeit verknüpft. Risikoaktivitäten, welche mit einer hohen Nutzenrate charakterisiert sind, sind häufig solche, die für den Anwender kontrollierbar erscheinen (z. B. Autofahren, Motorradfahren, Wingsuit-Fliegen).

Ein interessantes und häufig angeführtes Beispiel ist das Führen eines Kraftfahrzeuges. In einer Befragung von Autofahrern zu ihrem eigenen Fehlverhalten ging der durchschnittliche Autofahrer davon aus, dass er besser als andere durchschnittliche Autofahrer fahre. Die sog. optimistische Überschätzung stieg in der aufgeführten Studie mit dem Alter der befragten Autofahrer an (Proske, 2004).

### *3.2.5.4 Faktor Verantwortlichkeit im Kontext der Risikowahrnehmung*

Die Verantwortlichkeit für ein Ereignis beeinflusst die Akzeptanz, das Risiko für ein solches Ereignis zu tragen oder einzugehen. In Bezug auf die Verantwortung können drei (Verantwortungs-)Bereiche unterschieden werden, die eine jeweils unterschiedliche Risikowahrnehmung und -akzeptanz bedingen.

1. Risiko/Ereignis ist persönlich zu verantworten
2. Verantwortung für ein Risiko/Ereignis liegt bei Dritten, Organisationen oder Institutionen
3. Verantwortung ist nicht personalisierbar oder institutionalisierbar

Der Umgang mit der persönlichen Verantwortung im Hinblick auf Entscheidungen ist in zahlreichen Experimenten untersucht worden. Ritov und Baron (1990) zeigten in ihrer Untersuchung, dass beim individuellen Verhalten gegenüber Risiken die Verantwortlichkeit für die damit verbundenen Folgen eine entscheidende Rolle spielt. In einem ihrer durchgeführten Experimente konnten die Forscher aufzeigen, dass die Probanden sich weniger von einem Schaden betroffen fühlten, wenn dieser durch Unterlassung einer Handlung auftrat, als wenn sie eine aktive Entscheidung für ein bekanntes Risiko trafen. Im Rahmen des Experiments wurden die Probanden mit einer hypothetischen Situation konfrontiert: Eine Epidemie führt für 10 von 10.000 Kindern zum Tod. Eine Impfung gegen die entsprechende Krankheit endet für 5 von 10.000 Kindern tödlich. Die Mehrheit der Befragten zog es dennoch vor, das eigene Kind nicht impfen zu lassen, da dies mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit ebenfalls zum Tod führte. Die Tendenz zur Vermeidung riskanter Entscheidungen, für deren eventuelle negative Folgen man selbst die Verantwortung trägt, wird als „omission bias“ bzw. als Unterlassungseffekt bezeichnet (Ritov, 1990).

Alltagsrisiken oder Risiken mit einem verbundenen Nutzen, welche ebenfalls mit einer persönlichen Verantwortung einhergehen, werden weniger stark gewichtet oder unterschätzt (Jungermann et al., 1993). Beispielhaft können hierfür die in Abbildung 3-20 aufgeführten Phänomene herangezogen werden.

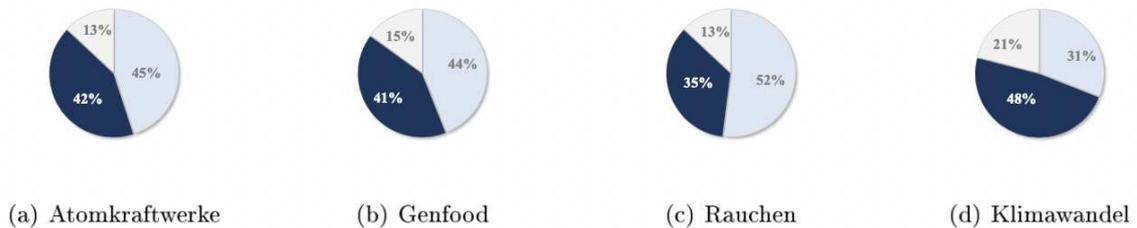


Abbildung 3-20: Individuelle Risikoeinschätzung verschiedener Phänomene für deren Gefahrenumfang bzw. die Bedrohlichkeit (dunkelblau = stark bedroht; hellblau = (mäßig) bedroht; grau = nicht/kaum bedroht (Zwick et al., 2001))

Die erhobenen Daten stammen aus dem Risikosurvey aus Baden-Württemberg und zeigen auf, dass die Risikoeinschätzung der Probanden nicht mit dem objektiv bewerteten Risiko übereinstimmt. Die persönliche Verantwortung beeinflusst das Eingehen bzw. das Unterlassen von Risiken nicht in allen Risikoentscheidungen gleichermaßen. Die Entscheidung zu rauchen erhöht das Risiko, einen langfristigen Gesundheitsschaden zu erleiden. Trotzdem entscheiden sich viele Personen für das Rauchen und gehen so bewusst ein höheres Risiko durch aktives Handeln ein. Es besteht zwar eine persönliche Verantwortung für diese Entscheidung, jedoch fließen Risikobewertungsfaktoren in die Entscheidungsfindung ein, welche sich vom aufgezeigten Experiment wesentlich unterscheiden. Diesen Unterschied hinsichtlich der persönlichen Verantwortung gilt es zu differenzieren.

Abbildung 3-20 zeigt beispielhaft die differenzierte Einschätzung zwischen dem Risiko einer Bedrohung durch Atomkraftwerke und dem bereits genannten Rauchverhalten. Die Bedrohung durch Atomkraftwerke (stark bis mäßig bedroht, 58 %) liegt auf einem vergleichbaren Niveau wie die individuelle Einschätzung der Bedrohung durch das Rauchen (stark bis mäßig bedroht, 62 %). Die objektive Wahrscheinlichkeit, an den Folgen des Rauchens zu sterben, liegt dabei um ein Vielfaches höher als bei Ereignissen im Zusammenhang mit Atomkraftwerken (siehe Abbildung 3-20). An diesem Beispiel kann die zweite Kategorie der Verantwortlichkeit illustriert werden: Risiken, welche durch Dritte, Organisationen oder Institutionen zu verantworten sind, werden tendenziell höher eingeschätzt und stärker gewichtet (Jungermann et al., 1993).

Diese Erkenntnis konnte u. a. von Sandmann et al. (1987) aufgezeigt werden. Durch natürlich vorkommendes Radon waren die Bewohner des Bundesstaates New Jersey einer deutlich erhöhten Strahlenbelastung ausgesetzt. Das natürliche Radon drang durch den Keller in die Häuser der Bewohner ein. Öffentliche Bemühungen zur Sensibilisierung für das bestehende Risiko und zur Motivation der Bewohner, Gestaltungsmaßnahmen zu treffen, konnten keine Reduzierung der Belastung bewirken. Das Risiko durch die deutlich erhöhte Strahlenbelastung an Lungenkrebs zu sterben, wurde durch die Bewohner als eher gering gewichtet bzw. nicht beachtet. Als ein Unternehmen in der Region Vernon die Errichtung einer Mülldeponie für radonhaltigen Abfall plante, reagierten die Einwohner dagegen mit Widerstand und

Protest. Obwohl die Radonbelastung der Mülldeponie deutlich unterhalb der bereits vorhandenen natürlichen Belastung der Bewohner lag, wurde das Risiko deutlich stärker gewichtet. Sandmann et al. (1987) zeigten auf, dass ein Risiko, welches durch Dritte, Organisationen oder Institutionen zu verantworten ist, eine geringere Akzeptanz sowie eine Überschätzung des tatsächlichen Risikos bedingt. Die differenzierte Wahrnehmung der Radonbelastung zeigt ein weiteres Phänomen auf. Naturereignisse bzw. -risiken und durch technische Errungenschaften induzierte Ereignisse bzw. Risiken werden durch Menschen unterschiedlich wahrgenommen. Im Falle von Naturereignissen kann keine direkte Verantwortung zugewiesen werden. Diese Ereignisse bilden die dritte Kategorie. Die Wahrnehmung für derartige Ereignisse ist im Vergleich zur Wahrnehmung anderer technischer Ereignisse geringer ausgeprägt. Die differenzierte Wahrnehmung kann am Beispiel der medialen Berichterstattung zum „Fukushima-Ereignis“ angedeutet werden. Das „Fukushima-Ereignis“ im Jahr 2011 kann in die Teilereignisse Tohoku-Erdbeben, Tsunami und Reaktorkatastrophe aufgeteilt werden. Das Tohoku-Erdbeben einschließlich des daraus entstehenden Tsunamis führte zu ca. 15.800 Todesopfern bzw. derzeit noch vermissten Personen (Japan Emergency Disaster Countermeasures Headquarters, 2016). Durch die Reaktorkatastrophen konnten keine direkten Todesopfer verzeichnet werden<sup>2</sup>. Analysen der Berichterstattungen im Nachgang des Ereignisses zeigen, dass die Reaktorkatastrophe deutlich häufiger in Artikeln und Berichten thematisiert wurde als das natürliche Ereignis, das die hohe Zahl an Todesopfern zur Folge hatte (siehe Abbildung 3-21).

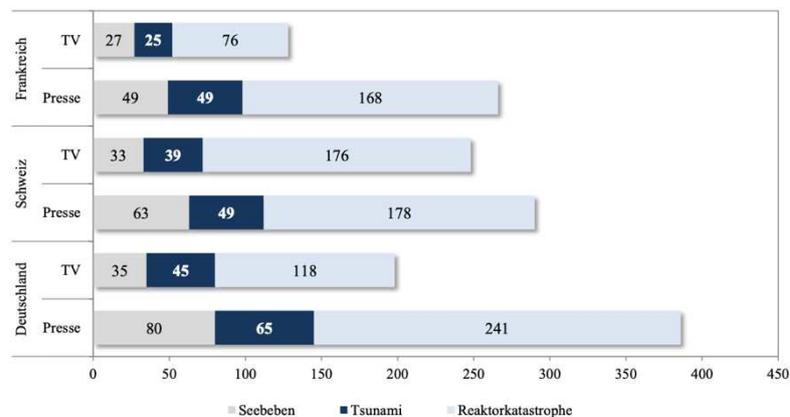


Abbildung 3-21:Mediale Berichterstattung zum Fukushima-Ereignis (Anzahl der Artikel/Beträge) (Wolling et al., 2014)

Die Thematisierung des Ereignisses stellt ein Indiz für die Risikowahrnehmung der Bevölkerung in den drei Ländern dar. Die mediale Berichterstattung beeinflusst auf der einen Seite die Wahrnehmung von Risiken, sie fokussiert allerdings auch Aspekte, die die Bevölkerung bevorzugt lesen möchte.

### 3.2.5.5 Sozialwissenschaftlich basierte Entscheidungstheorien und Heuristiken

#### 3.2.5.5.1 Zwei Systeme

Die Grundlage für Forschungsarbeiten in den Entscheidungstheorien bilden die Arbeiten von Kahnemann und Tversky aus den späten 1970er Jahren. Die Forscher beschäftigten sich mit dem intuitiven Denken bzw. intuitiven Entscheidungsprozessen und definierten nach verschiedenen Forschungsstudien zwei Denkweisen bzw. -arten (Kahneman, 2012). Die beiden Systeme unterscheiden das schnelle und das langsame Denken. Das schnelle Denken wird dabei durch das System 1 und das langsame Denken durch das System 2 repräsentiert.

- **System 1:** arbeitet automatisch, schnell und funktioniert weitgehend mühelos ohne eine willentliche Steuerung
- **System 2:** lenkt die Aufmerksamkeit auf die anstrengenden mentalen Aktivitäten, die auf die Aufmerksamkeit angewiesen sind, darunter auch komplexe Berechnungen. Die Operationen von System 2 gehen oftmals mit dem subjektiven Erleben von Handlungsmacht, Entscheidungsfreiheit und Konzentration einher (Kahneman, 2012).

Die Arbeitsweise der Systeme kann an den folgenden Beispielen dargestellt werden. Bei den in der Abbildung 3-22 dargestellten horizontalen Linien erscheint die Linie mit den Pfeilen zur Linie hin länger als die Linie mit den Pfeilspitzen nach außen. Es handelt sich hierbei um die berühmte Müller-Lyer-Illusion. Diese Wahrnehmung der unterschiedlichen Länge erfolgt durch das System 1. Selbst wenn oder obwohl das System 2 um die identische Länge weiß, z. B. durch Nachmessen, kann die intuitive Wahrnehmung des Systems 1 dahingehend nicht verändert werden (Kahneman, 2012). Das Wissen um die Entfernung von Gegenständen, die Durchführung von gewohnten und wiederholenden Tätigkeiten, die Beantwortung der Frage  $2 + 2$  oder das Fahren eines Autos auf einer leeren Straße basieren auf dem System 1. System 1 wird auch als Autopilot des Menschen beschrieben und ist von Emotionen gesteuert und beeinflusst.

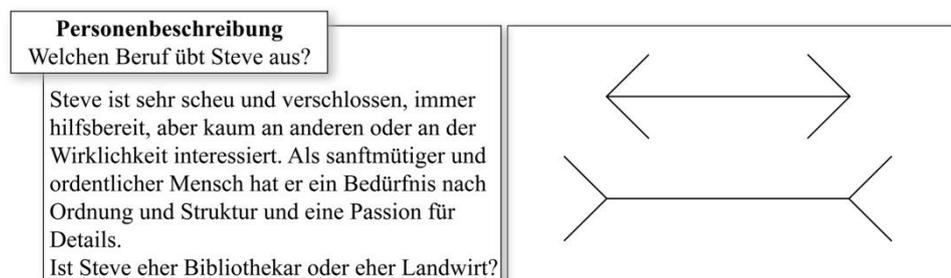


Abbildung 3-22: Beispiele für die Funktionsweisen der Systeme 1 und 2 (Kahneman, 2012)

Bei der aufgeführten Personenbeschreibung assoziieren die meisten Leser Steve unmittelbar mit dem Beruf des Bibliothekars. Dabei werden aber sachdienliche statistische Erwägungen häufig außer Betracht gelassen. Dass die statistische Anzahl an Landwirten deutlich größer ist als die der Bibliothekare wird bei den intuitiven Beurteilungen nicht berücksichtigt (Kahneman, 2012). Tätigkeiten oder Überlegungen, die

Aufmerksamkeit erfordern und durch das System 2 durchgeführt werden, sind z. B.: schneller gehen als üblich, die Aufmerksamkeit auf bestimmte Stimmen in einem Raum richten, in eine schmale Lücke einparken sowie das Anfertigen einer Steuererklärung (Kahneman, 2012).

#### 3.2.5.5.2 Intuitive Prozesse der Risikowahrnehmung (Heuristiken)

Das dargestellte System 1 repräsentiert die Basis für intuitive Entscheidungs- und Beurteilungsprozesse. Damit das System wie in Kapitel 3.3.1 beschrieben funktioniert, greift das Gehirn des Menschen auf kognitiv verankerte Faktoren zurück, sog. Heuristiken. Als Heuristik werden einfache Denkstrategien bezeichnet, die effizienten Urteile und Problemlösungen hervorbringen (Myers et al., 2005). Heuristiken stellen eine Methode dar, mit der die Lösung eines Problems nicht systematisch durchgeführt und (selbst bei richtiger Anwendung) nicht unbedingt mit dem korrekten Ergebnis abgeschlossen wird, wie dies z. B. bei algorithmischen Methoden der Fall ist; vielmehr verläuft die Lösung vereinfacht, daher manchmal auch fehlerhaft (Jungermann et al., 2010). Heuristische Strategien kommen bei Entscheidungen und Situationen unter Unsicherheit zum Einsatz und werden auch als „Daumenregel des Denkens“ bezeichnet. Die ersten Ansätze zu mentalen Strategien unter Unsicherheit wurden durch Kahneman und Tversky 1974 publiziert. Darauf aufbauende und ergänzende heuristische Strategien sind u. a. durch Jungermann und Slovic (1993) sowie durch Renn (1989) entwickelt und in Bezug zur Risikowahrnehmung gesetzt worden. Die Heuristiken und ihr Effekt auf die Risikowahrnehmung sind in Abbildung 3-23 zusammengefasst.

Heuristik	Beschreibung des Effektes
Availability (Verfügbarkeit)	Ereignisse, die Personen unmittelbar im Gedächtnis sind, kognitiv verfügbar sind, werden als wahrscheinlicher eingeschätzt als solche Ereignisse, die nicht kognitiv verfügbar sind (Kahneman / Tversky, 1974).
Anchoring Effect (Verankerungseffekt)	Wahrscheinlichkeit für Ereignisse werden der verfügbaren Information oder der wahrgenommenen Bedeutung der Information angepasst (Kahneman / Tversky, 1974).
Effekt der Repräsentativität (Gesetz der kleinen Zahlen)	Von kleinen Stichproben, d. h. hier von einer kurzen Reihe von Erfahrungen wird mit entsprechender Fehlergröße auf die Grundgesamtheit geschlossen. Hierbei werden einzelne persönlich erlebte Ereignisse und deren Eigenschaften als typischer angesehen als Informationen, die auf Häufigkeit beruhen (Kahneman / Tversky, 1974).
Vermeidung kognitiver Dissonanz	Informationen, die <ul style="list-style-type: none"> <li>geschätzte Wahrscheinlichkeiten von Ereignissen oder erfahrungsbasiertes Wissen infrage stellen, oder</li> <li>bereits Teil eines Glaubenssystem sind,</li> </ul> werden einfach ignoriert oder heruntergespielt (Renn, 1995).
„Gambler’s Fallacy“	Bei der Verarbeitung der Zufälligkeit unabhängiger Ereignisse werden Regelmäßigkeiten gesucht bzw. konstruiert, um Unsicherheit zu reduzieren (Renn, 1995).
Gewöhnungseffekt	Je kontinuierlicher und gleichförmiger Verluste auftreten und je eher katastrophale Auswirkungen ausgeschlossen sind, desto eher wird das Ausmaß der durchschnittlichen Verluste unterschätzt (Renn, 1995).

Abbildung 3-23: Heuristiken und ihr Effekt auf die individuelle Risikowahrnehmung nach Plapp (2004), übernommen von Renn (1995)

Die Verfügbarkeitsheuristik kommt u. a. bei der folgenden Frage zur Anwendung: Angenommen, Probanden sollten einschätzen, ob der Buchstabe „K“ in einem vorliegenden (englischen) Text eher als erster oder als dritter Buchstabe in einem Wort auftaucht (Kahneman, 2012). Die meisten Probanden würden sich dafür entscheiden, dass der Buchstabe „K“ häufiger als erster in einem Wort auftaucht und eher selten als dritter (Tversky et al., 1973). Diese Entscheidung wird dadurch bedingt, dass uns grundsätzlich eher Buchstaben einfallen, die mit einem „K“ beginnen, als dass wir nach Buchstaben suchen, welche ein „K“ an einer anderen Stelle aufweisen. Die Wörter mit einem „K“ zu Beginn sind kognitiv leichter abrufbar oder verfügbar. Dies trifft auch zu, obwohl der Buchstabe „K“ dreimal häufiger an dritter Stelle vorkommt als zu Beginn (Pfister et al., 2017).

Die Anwendung der Verfügbarkeitsheuristik ist sehr effizient, kann jedoch unter bestimmten Bedingungen systematisch zu Bias führen (Pfister et al., 2017):

- Lebhaftigkeit und Anschaulichkeit des Ereignisses: Je lebhafter, anschaulicher und eindringlicher ein Ereignis war, desto besser ist es verfügbar. Wenn eine Person bspw. am gestrigen Tage auf der Autobahn einen Autounfall miterlebt hat, wird sie am Tag darauf die Wahrscheinlichkeit von schweren Verkehrsunfällen auf Autobahnen deutlich höher einschätzen.

- Präsenz des Ereignisses: Die Verfügbarkeit wird umso wahrscheinlicher, je öfter man von einem bestimmten Ereignis gehört hat, ungeachtet der relativen Wahrscheinlichkeit. Die Frage, welches Ereignis jährlich mehr Todesfälle in den USA verursacht (A: Magenkrebs oder B: Autounfälle), wird von den meisten Befragten mit „Autounfälle“ beantwortet. Statistisch gesehen sterben jedoch mehr als doppelt so viele Personen an Magenkrebs. Die mediale Berichterstattung thematisiert dagegen eher schwere Verkehrsunfälle als Magenkrebstodesfälle.
- Beeinflussung durch Ereignisverknüpfung: Die Urteilsbildung erfolgt je nachdem, welche Kombinationen von Ereignissen man gesehen hat. Hierbei wird durch den Urteilenden ignoriert, dass man viele Ereigniskombinationen gar nicht kennt oder nie gesehen hat.
- Eigene und fremde Perspektive: Die Wahrnehmung von eigenen Tätigkeiten und den damit verbundenen Ereignissen sind in einem höheren Maße verfügbar als Tätigkeiten einer fremden Perspektive (z. B. die Mitarbeit im Haushalt zweier Personen) (Ross et al., 1979).

Die Verfügbarkeitsheuristik wird bei sehr vielen verschiedenen Urteilsaufgaben genutzt und führt je nach Merkmalen des Ereignisses zu einer erheblichen Unter- oder Überschätzung der (Auftritts-)Wahrscheinlichkeit.

Die Verankerungs- und Anpassungsheuristik führt zu Urteilsverzerrungen, wenn nur wenig Wissen über einen vorliegenden Sachverhalt bekannt ist und ein (oft zufällig) vorhandener „Anker“ zur Beantwortung der Frage herangezogen wird. Kahneman und Tversky fragten in zwei voneinander getrennten Gruppen nach dem Produkt der Zahlenreihe  $1 \times 2 \times 3 \times 4 \times 5 \times 6 \times 7 \times 8$  (Gruppe 1) und der Zahlenreihe  $8 \times 7 \times 6 \times 5 \times 4 \times 3 \times 2 \times 1$  (Gruppe 2) (Tversky et al., 1974). Im Durchschnitt ergab das Multiplikationsergebnis der ersten Gruppe 512, während das Multiplikationsergebnis der zweiten Gruppe im Durchschnitt 2.250 ergab. Die richtige Antwort lautet 40.320. Bei der Beantwortung der Frage nutzten die Probanden jeweils die erste Zahl als Anker- bzw. Hinweiswert. Mit dem Anker „1“ erhält man ein deutlich geringeres Ergebnis, als wenn der Anker „10“ voransteht. „Der durch die Reizvorgabe induzierte Anker beeinflusst also die Schätzung“ (Pfister et al., 2017). Die Heuristik kommt zum Einsatz, wenn die Reizvorgabe explizit oder implizit einen Hinweis für eine erste Annäherung gibt. Von diesem Anker wird dann ausgegangen und der Schätzwert nach oben oder nach unten adjustiert. Jungermann fasst die Verankerungs- und Anpassungsheuristik wie folgt zusammen:

„Wird ein Urteil über eine quantitative Größe verlangt (z. B. eine Häufigkeit) und die Antwort ist nicht oder nur grob bekannt, wird zunächst ein Ankerwert  $x$  gesetzt und nach oben oder nach unten adjustiert:  $x \pm \Delta$ . Der Ankerwert  $x$  kann für die Aufgabe relevant oder irrelevant sein und, und die Adjustierung  $\Delta$  ist in der Regel unzureichend.“

Auch bei Anwendung dieser Heuristik kommt es u. a. in Abhängigkeit vom genutzten Anker zu Fehlteilen (Pfister et al., 2017).

- Fehleinschätzung numerischer Größen: In einer Studie von Kahneman und Tversky wurden zwei Gruppen von Studenten vor ein Glücksrad gesetzt. Bei der ersten Gruppe blieb das Glücksrad nach dem Drehen „zufällig“ bei 65 stehen. Bei der zweiten Gruppe blieb das Glücksrad „zufällig“ auf der Zahl 10 stehen. Die Studenten wurden anschließend nach dem Anteil afrikanischer Staaten in der UNO gefragt. Die erste Gruppe schätzte den Anteil auf 45 %, während die zweite Gruppe den Anteil nur auf 25 % schätzte. Die Studenten nutzten die Zufallszahl des Glücksrades offensichtlich als Anker (Tversky et al., 1974).
- Verzerrung der Erinnerung: Durch vergessene Informationen zu Ereignissen, welche zu einem früheren Zeitpunkt stattgefunden haben, kann es zu Verzerrungen der Erinnerung in Richtung eines neuen Ankers kommen. Man bezeichnet dieses Phänomen als sog. Rückschaufehler (hindsight bias).
- Fehlerhafte oder unzureichende Vorstellung: Bei der mentalen Simulation wirtschaftlicher Prozessen im idealen Zustand und daraus folgend mit dem bestmöglichen Gewinn erschwert die Einschätzung des Gewinns unter realen Bedingungen. Der Idealzustand wird als Anker genutzt und führt so zu einem nicht fehlerhaften, aber unvollständigen Resultat (Pfister et al., 2017).

Die Repräsentativitätsheuristik kann u. a. am folgenden Beispiel verdeutlicht werden. Wenn man auf einem Campus einer Universität einem Studenten begegnen, der Anzug und Krawatte sowie ein schwarzes Aktenköfferchen trägt, wie wahrscheinlich wäre es dann, dass es sich um einen Studenten der Betriebswirtschaft handelt? Ein vergleichbarer Fall ist mit dem Stereotyp Steve illustriert worden. Der Student ist dem Betriebswirtschaftsstudenten ähnlicher bzw. repräsentativer. Aus diesem Grund schätzen wir die Wahrscheinlichkeit, dass es sich um diesen Stereotyp handelt, höher ein. Die subjektive Wahrnehmung für die Wahrscheinlichkeit eines Ereignisses wird umso größer eingeschätzt, je repräsentativer das Ereignis für die Population ist, zu der es gehört (Pfister et al., 2017).

- Durch den Einfluss der Repräsentativitätsheuristik kommt es u. a. zu den folgenden systematischen Fehlern.

„Die Wahrscheinlichkeit, dass ein Einzelfall  $a$  zur Kategorie  $A$  gehört oder dass ein Ereignis  $e$  durch einen Prozess  $E$  erzeugt wird, wird intuitiv umso höher beurteilt, je repräsentativer (ähnlicher) der Einzelfall  $a$  für den Prototypen von  $A$  ist bzw. je typischer das Ereignis  $e$  für den erzeugenden Prozess  $E$  ist“ (Pfister et al., 2017).

- Insensitivität gegenüber der Stichprobe: Die Unzuverlässigkeit kleiner Stichproben wird in diesem Fall unterschätzt. Kahneman und Tversky stellten die Insensitivität gegenüber kleinen Stichproben u. a. heraus, indem sie Studierende fragten, in welchem Krankenhaus in einem bestimmten

Zeitraum mehr als 60 % Jungen geboren werden. Das Ergebnis der Befragung zeigte, dass die Probanden nicht berücksichtigten, dass die Wahrscheinlichkeit, dass eine große Stichprobe von 50 %<sup>a</sup> abweicht, viel geringer ist als bei kleinen Stichprobengrößen (Tversky et al., 1974).

- Vorstellung von Zufallsmerkmalen: Die Vorstellung von Zufallsmerkmalen weicht von der tatsächlichen Wahrscheinlichkeit bzw. dem Auftreten von Zufallsmerkmalen ab. Bei der Frage, welche Sequenz Personen bei einem Münzwurf für wahrscheinlicher halten (H = Vorderseite und T = Rückseite) kann dieses Phänomen aufgezeigt werden. Die meisten Menschen schätzen die Sequenz H-T-H-T-T-H als wahrscheinlicher ein als die Sequenz H-H-H-T-T-T. Die zweite Sequenz bildet nicht die „gewohnte“ Fairness des Zufalls ab (Tversky et al., 1974).

Die Heuristik „Gamblers Fallacy“ kann u. a. anhand des folgenden Beispiels erläutert werden: An einer Spielbank am Roulettetisch fällt es dem Menschen schwerer, auf „rot“ zu setzen, wenn die letzten zehn Durchgänge die Kugel jedes Mal auf Rot liegen geblieben ist. Man empfindet den Trugschluss, dass beim elften Wurf mal wieder „schwarz“ an der Reihe sein müsste. Tatsächlich ist die Wahrscheinlichkeit, auf Rot oder Schwarz zu landen, bei jedem Wurf gleich hoch, völlig unabhängig von der Kombination der zuvor beobachteten Spielergebnisse (Tversky et al., 1974). Diese Beobachtung wird von Kahneman und Tversky mit der Wirksamkeit der Repräsentativitätsheuristik erklärt, jedoch aufgrund ihrer prägnanten Ausprägung in vielen Publikationen als separate Heuristik aufgeführt (Pfister et al., 2017).

#### 3.2.5.5.3 Affektheuristik

Aus der Verhaltens- und Entscheidungsforschung wurde auf Basis der ersten Ergebnisse von Slovic (1987) die Affektheuristik abgeleitet. Hierbei lag der Fokus auf der Erklärung des kognitiven bzw. intuitiven Abwägens zwischen Risiko und Nutzen und dem daraus resultierenden Verhalten (Finucane et al., 2000). Ein Beispiel ist hierbei die unterschiedliche Wahrnehmung und das unterschiedliche Verhalten gegenüber dem Risiko medizinischer Röntgenstrahlung und Atomenergie sowie dem Autofahren und dem Fliegen. Dass die Risikowahrnehmung und der eingeschätzte Nutzen positiv mit Aktivitäten korrelieren, konnte bereits 1978 durch Slovic aufgezeigt werden. Die Affektheuristik erklärt aus Sicht von Finucane et al. (2000) die Beziehung zwischen wahrgenommenem Risiko und wahrgenommenem Nutzen einer Aktivität oder Technologie. Dabei wird der Begriff Affekt als Merkmal für einen positiven oder negativen Gefühlszustand definiert (Slovic et al., 2006). Dieser wird bei der Konfrontation mit einer Aktivität oder eine Technologie hervorgerufen und beeinflusst die zutreffende Entscheidung auf Basis positiver oder negativer Erinnerungsbilder. Individuen treffen Entscheidung auf Basis des eigenen „affect pool“ (Slovic et al., 2005). Die Affektheuristik sei so ebenfalls in der Lage, Hinweise auf bestimmte menschliche Urteile zu erklären, wie dies bei der Verfügbarkeits- und Repräsentativitätsheuristik möglich ist (Slovic et al., 2006). Individuen verwenden die Affektheuristik, um schnell und einfach Urteile und Entscheidungen zu fällen.

Finucane et al. (2000) stellten die These auf, dass sich die Beeinflussung des Affektes der Individuen sowohl auf die Wirkung des Risikos als auch auf den wahrgenommenen Nutzen auswirkt. Im Rahmen unterschiedlicher Studien entwickelten die Forscher um Finucane das in der Abbildung 3-24 dargestellte Modell.

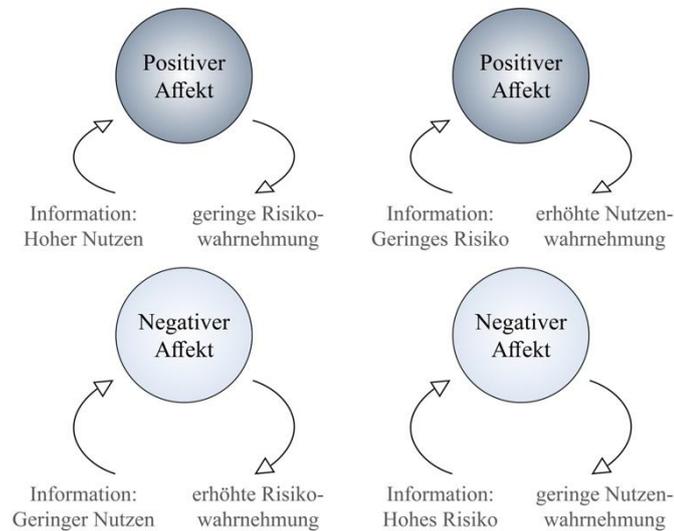


Abbildung 3-24: Affektheuristik (nach Slovic et al., 2005)

Erhielten die Probanden Informationen zu einem betreffenden Item, welches z. B. den hohen Nutzen beschrieb, verringerte sich die Risikowahrnehmung des Items (positiver Affekt). Beinhaltete die Information Erkenntnisse über ein geringes Risiko, so erhöhte sich durch diese Information der wahrgenommene Nutzen der Technologie.

Die Darbietung von Informationen, welche den geringen Nutzen bzw. ein hohes Risiko eines Items offenbarten, sorgte bei den Individuen für eine erhöhte Risiko- bzw. eine geringere Nutzenwahrnehmung (negativer Affekt) (Finucane et al., 2000).

### 3.2.5.6 Psychometrisches Paradigma

Der Ausgangspunkt dieses Ansatzes besteht darin, eine Taxonomie des Risikos zu entwickeln, die für das generelle Verständnis und den Umgang der Gesellschaft mit Risiken herangezogen werden kann. Der als psychometrisches Paradigma publizierte Ansatz sollte erklären, wieso für bestimmte Risiken eine extreme Affinität besteht und wiederum andere Risiken stark abgelehnt werden (Slovic, 1987). Die ersten Untersuchungen im Bereich der technischen Sicherheitsforschung fanden durch Fishhoff und Slovic (1985), aufbauend auf den ersten Studien von Starr (1969), statt. Das psychometrische Paradigma basiert auf der Grundannahme, dass Individuen eigene, sinnvolle Antworten auf schwierige und komplexe Fragen liefern und dass die geäußerten Risikourteile mittels geeigneter Verfahren gemessen werden können (Paul, 1992). Dabei setzen die Autoren die Risikowahrnehmung mit dem intuitiven Risikourteil gleich. Mit psychophysikalischen Skalen und multivariaten Analysetechniken sollten so die quantitativen

Repräsentationen oder „cognitive maps“ der Risikoeinstellung und -wahrnehmung abgebildet werden (Slovic, 1987).

In den durchgeführten Studien wurden den Probanden verschiedene Aktivitäten, Stoffe und Technologien vorgelegt, welche entsprechend ihrem Risikopotenzial und dem erwünschten Regulierungsniveau beurteilt werden sollten (Slovic et al., 1985). Ergänzend zum individuellen Risikourteil sollten die Risikoquellen hinsichtlich unterschiedlicher Risikomerkmale, von denen anzunehmen ist, dass sie bedeutend für den Beurteilungsprozess sind, beurteilt werden. Zu diesen Risikocharakteristiken gehören u. a. die Freiwilligkeit der Risikoübernahme, Wissen, Katastrophenpotenzial, Furchtbarkeit („dread“), wahrgenommene Kontrollierbarkeit, Bekanntheit des Risikos gesellschaftlicher Nutzen/Schaden der Risikoquelle und Zahl der möglichen Todesopfer (Slovic et al., 1985).

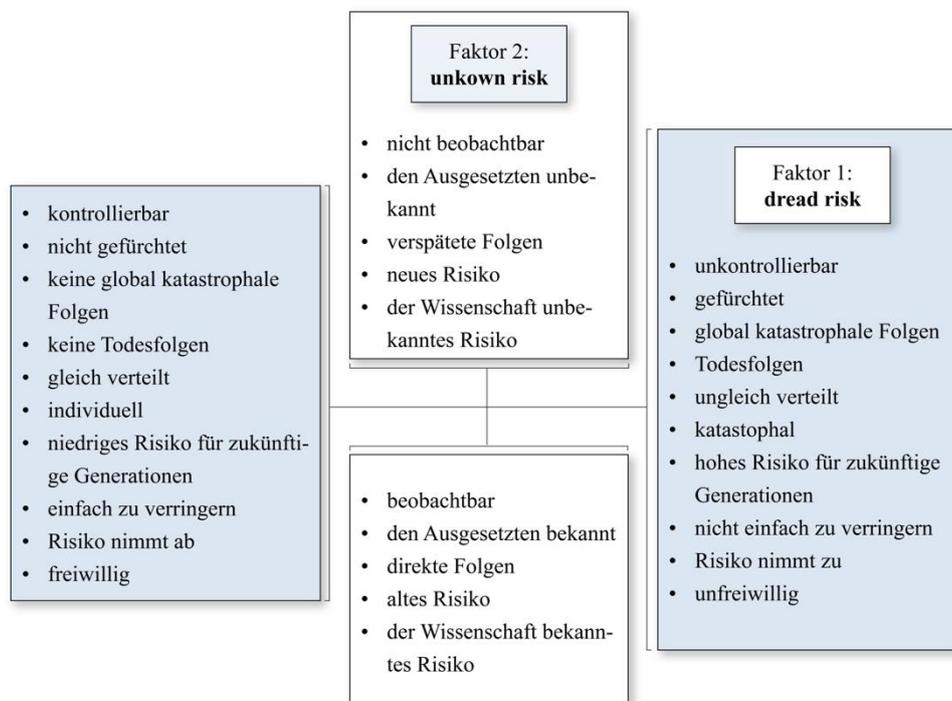


Abbildung 3-25: Risikofaktoren „unbekanntes“ und „gefürchtetes“ und subsumierte Risikocharakteristiken in Anlehnung an Plapp (2004)

Viele der untersuchten Risikocharakteristiken korrelieren mit einer hohen Anzahl anderer Charakteristiken. Beispielsweise wird ein Risiko, welches als freiwillig bewertet wird, häufig auch als kontrollierbar angesehen (vgl. hierzu Kapitel 3.2.5.2 und Kapitel 3.2.5.3). Mit einer Faktorenanalyse konnten Slovic et al. die Merkmale in zwei Hauptrisikofaktoren aufteilen (siehe Abbildung 3-25). Der erste Faktor „dread risk“ fasst Ausprägungen wie unkontrollierbar, fürchterlich, mit globalen katastrophalen Folgen sowie Todesfolgen zusammen. Risiken dieses Faktors werden darüber hinaus mit einem hohen Risiko für zukünftige Generationen, als nicht einfach verringerbare, stattdessen eher zunehmend angesehen und mit Unfreiwilligkeit verbunden. Die höchste Ausprägung in diesem Faktor besitzen nukleare Waffen und

Atomenergie (Slovic, 1987). Der zweite Faktor „unknown risk“ subsumiert Merkmale wie nicht beobachtbar, den Risikoexponierten und der Wissenschaft unbekannt sowie späte Folgen. Die unter diesen Faktor fallenden Risiken werden als neue Technologien angesehen, z. B. elektrische Felder, Gentechnologie und neue chemische Technologien (Slovic, 1987).

In weiteren Untersuchungen wurde zudem ein dritter Faktor identifiziert. Der Faktor „exposure“ repräsentiert die Anzahl der einer Gefahrenquelle ausgesetzten Personen (Slovic et al., 2005).

Er wurde zudem auf einzelne Risikoquellen aus bestimmten Bereichen angewendet, wodurch die Klassifikation der Faktoren nachgewiesen werden konnte (Slovic, 1987). Das Faktorisieren der Risikomerkmale wurde in zahlreichen Studien angewendet, verifiziert und erweitert (Renn, 2010). Eine Übersicht über die in der Folge ermittelten Risikomerkmale, die u. a. von Renn, Tobin und Montz et al. identifiziert wurden, sind in Abbildung 3-26 aufgelistet.

<b>Eigenschaften zum Umgang mit Risiken</b>	<b>Eigenschaften möglicher Folgen</b>	<b>Individuelle und soziale Relation zur Risikoquelle</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Persönliche Kontrollmöglichkeit</li> <li>• Sicherheit vor fatalen Folgen bei Gefahren Eintritt</li> <li>• Eindruck einer gerechten Verteilung von Nutzen und Risiko</li> <li>• Vertrauen in die öffentliche Kontrolle und Beherrschung von Risiken</li> <li>• Wahrgenommener Schwierigkeitsgrad der Risikominderung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Möglichkeit von weitreichenden Folgen</li> <li>• Unmittelbarkeit der Folgen</li> <li>• Schwere der Folgen</li> <li>• Größe der exponierten Personengruppe</li> <li>• Eindruck der Reversibilität der Risikofolgen</li> <li>• Folgen für zukünftige Generationen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gewöhnung an die Risikoquelle</li> <li>• Grad der wissenschaftlichen Erforschung</li> <li>• Sinnliche Wahrnehmbarkeit von Gefahren</li> <li>• Kongruenz zwischen Nutznießer und Risikoträger</li> <li>• Freiwilligkeit der Risikoübernahme</li> <li>• Grad der persönlichen Betroffenheit</li> </ul>

Abbildung 3-26: Übersicht über Risikomerkmale nach Renn (1989) und Montz et al. (2017)

Mit der Zeit wurden die Untersuchungen zum psychometrischen Ansatz kritisiert. Die Kritik bezog sich sowohl auf die Methodik der Untersuchung als auch auf den Ansatz zur Abbildung eines allgemeinen Risikokonstruktes. Die Autoren selbst reflektieren, dass die Untersuchungen überwiegend an kleinen Personengruppen durchgeführt worden sind. Sozialstrukturelle Aspekte wie Alter, Geschlecht, Ausbildung und Arbeitsplatz sind in die Studien selten eingeflossen (Jungermann et al., 1993). Darüber hinaus besteht der Einwand, dass sich neue und komplexe Themen (z. B. Gentechnologie) für die meisten Personen abstrakt darstellen und diese folglich nicht in der Lage sind, ein angemessenes Urteil zu artikulieren. Hinsichtlich der Auswahl der Fragebögen sowie der enthaltenen Risikocharakteristiken wird kritisiert, dass diese nicht der Risikoselektion der Befragten entsprechen und darüber hinaus die gewählten Charakteristiken lediglich eine Auswahl darstellen (Plapp, 2004; Sjöberg, 2000).

Das psychometrische Paradigma konnte die Erwartungen, eine stabile Struktur zu dokumentieren, nicht erfüllen. Allerdings kann festgehalten werden, dass die Befunde der empirischen Forschung zur

Einschätzung und Beurteilung von Risiken zu erheblicher Erweiterung, Differenzierung und Präzisierung des Risikokonzepts geführt haben (Sjöberg, 2000).

### 3.2.5.7 Risikowahrnehmung von Laien und Experten

Die Risikowahrnehmung und -bewertung von Laien und Experten ist verschieden (Wiedemann, 2012). Slovic und Jungermann (1993) widmeten im Rahmen ihrer Forschungsarbeiten zum psychometrischen Paradigma der Risikowahrnehmung auch dieser Verschiedenheit ihre Aufmerksamkeit. Dabei kamen sie zu dem Schluss, dass bei der Risikowahrnehmung von Laien eine Reihe unterschiedlicher Aspekte eine Rolle spielt. Die Risikowahrnehmung der Experten geht dabei im Wesentlichen auf eine Bewertung der Wahrscheinlichkeit und des Schadensausmaßes zurück. Laien hingegen orientieren sich eher an Merkmalen der Risikoquelle (vgl. Kapitel 3.2.3).

Handelt es sich bspw. um

- eine bekannte oder unbekannte Risikoquelle,
- ist der Einfluss der Risikoquelle freiwillig oder unfreiwillig,
- welcher Art ist der Schaden (Schrecklichkeit, trifft es zukünftige Generationen)? (Wiedemann, 2012)

Durch die faktorenanalytische Analyse haben Slovic et al. (1993) die komplexe Risikobewertung der Laien auf Grunddimensionen reduziert. Dabei spielen zwei Dimensionen eine wesentliche Rolle: schreckenerregendes/nicht schreckenerregendes Risiko und bekanntes/unbekanntes Risiko.

Insbesondere die erste Dimension (schreckenerregendes Risiko) beeinflusst, wie Laien ein Risiko einschätzen. Je schreckenerregender das Risiko kognitiv präsent ist, desto höher wird das Risiko eingeschätzt – unabhängig von der Eintrittswahrscheinlichkeit des Ereignisses (Wiedemann, 2012).

Allerdings ist nicht nur die Risikowahrnehmung der Laien anfällig für Verzerrung. Slovic (2005) wies zusammenfassend auf, dass auch die Risikowahrnehmung und -bewertung der Experten anfällig für Verzerrungen ist. Dies gilt insbesondere für die Unterschätzung oder das Weglassen der Entstehungswege von Schadensereignissen (Slovic et al., 2005). Im Hinblick auf die Risikoreduzierung zeigt sich, dass der erforderliche Bedarf der Risikoreduzierung stark von der wahrgenommenen Höhe des Risikos beeinflusst wird. Je größer das wahrgenommene Risiko, desto größer ist die gewünschte Reduktion. Bei der Bewältigung gesellschaftlicher Risiken wird dabei der Nutzen einer Technologie / eines Risikos nicht berücksichtigt (z. B. Kernkraft) (Slovic et al., 2005).

Die Risikowahrnehmung und -bewertung wird durch Experten häufig mit der durchschnittlichen Verlusterwartung pro Zeiteinheit gleichgesetzt (Renn, 1989). Vergleicht man statistisch gegebene Verlusterwartungen mit den intuitiv wahrgenommenen Verlusterwartungen unterschiedlicher Risiken, so zeigt sich in den meisten Studien überraschenderweise eine relativ hohe Übereinstimmung zwischen

Expertenschätzungen und Laienperzeption, sofern diese der Größe bzw. Risikohöhe nach zugeordnet werden sollen (Renn, 1989).

Setzt man Laien über die statistische Verlusterwartung eines Risikos in Kenntnis, so führt dies nicht automatisch zu einer Veränderung der Risikowahrnehmung bzw. -bewertung. Renn führt auf, dass selbst wenn jemand wahrheitsgemäß über eine durchschnittliche Verlusterwartung aufgeklärt wurde, die betreffende Person an ihrer intuitiven Risikobewertung nach wie vor festhalten kann. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die durchschnittliche Verlusterwartung nur ein Bestimmungsfaktor eines Laien unter vielen weiteren Faktoren zur Beurteilung von Risiken darstellt (Renn, 1989). Für das gesellschaftliche Risiko zeigt sich, dass es sinnvoll ist, neben technologisch begründeten Risikoabschätzungen auch Risikowahrnehmungsstudien zu ergänzen. Dabei ist die zeitliche Veränderung der Risikowahrnehmung zu beachten (Wiedemann, 2012).

Wiedemann (2012) fasst die Risikowahrnehmung und -bewertung von Experten und Laien anschaulich zusammen. Experten betrachten das Risiko als eine Kennzahl für ein Gefahrenpotenzial. Dabei werden zur Risikobewertung vier Fragen beantwortet:

- Ist anzunehmen, dass ein Risiko existiert und worin besteht es?
- Welche Dosis macht den schädlichen Effekt?
- Wer ist welcher Dosis ausgesetzt?
- Wie erheblich ist das Risiko?

In der Expertenbewertung können wissenschaftliche Belege für das Risiko herangezogen werden. Bei der Risikosicht von Laien wird das Risiko vorzugsweise in einen sinnhaften sozialen Kontext gebracht und in diesem bewertet, z. B. spielen Wahrscheinlichkeitsangaben nur eine untergeordnete Rolle. Wiedemann bezeichnet die Risikowahrnehmung von Laien als Inkorporierung von Risikofragen in ihrer alltagsweltlichen Sicht auf Ereignisse des täglichen Lebens. Diese orientieren sich an gängigen und durch die Medien geprägten Darstellungsmuster, z. B. Skandalgeschichten, Tragödien und Katastrophenzählungen. Solche Muster umfassen (Wiedemann et al., 2000):

- die Identifizierung beteiligter Personen – vorzugsweise in den Rollen von Täter und Opfer,
- den Aufbau eines Spannungsbogens für das Ereignis (Dramaturgie) und die Angabe einer Ereignislogik,
- die Angabe von Folgen (Schaden), die Formulierung einer Quintessenz oder Lehre, die aus dem Ereigniszusammenhang gezogen wird, und
- die Benennung von exemplarischen Geschichten, in denen die Kontur des Ereignisses oder die Moral besonders deutlich sichtbar wird (Präzedenzfall) (Wiedemann et al., 2000).

Nach Wiedemann (2012) kann die Wahrnehmung von Risiken durch Experten und Laien wie in der Abbildung 3-27 schematisch dargestellt werden.

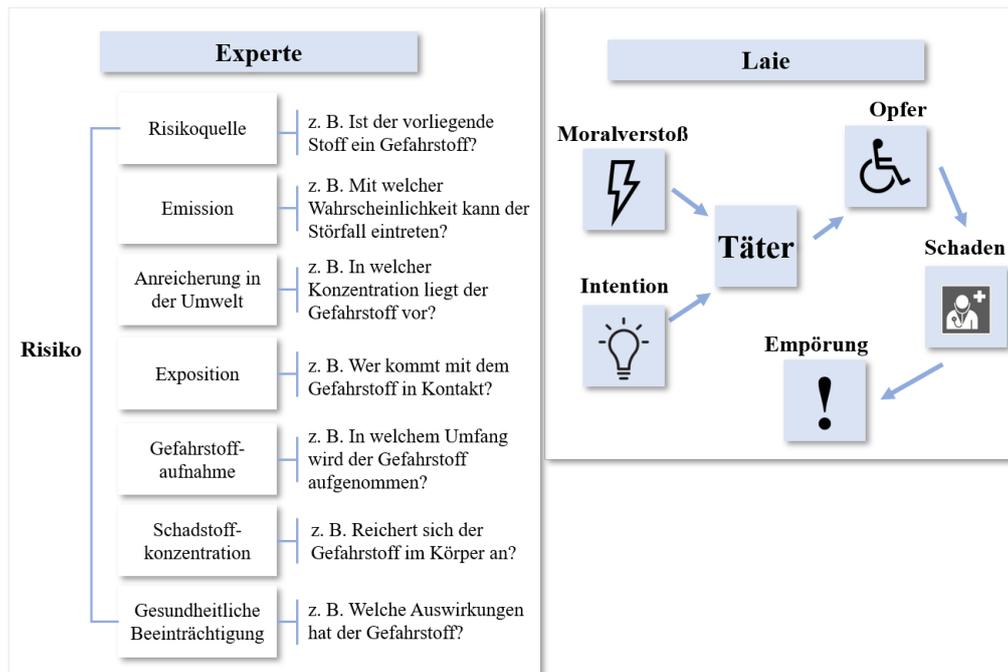


Abbildung 3-27: Grundbestandteile der Risikowahrnehmung von Experten und Laien nach Wiedemann et al. (2000)

Zusammenfassend kann aufgeführt werden, dass Experten und Laien zu unterschiedlichen Ergebnissen hinsichtlich der Risikowahrnehmung und -bewertung kommen. Die ursächlichen Mechanismen sind vielfältig und können nicht unmittelbar beeinflusst werden. Allerdings haben Forschungen gezeigt, dass wichtige Entscheidungen über Risiken nicht ausschließlich durch Experten getroffen werden sollten. Durch ein geeignetes Netzwerk aus Experten, Entscheidungsträgern und von Risiken betroffenen Personen kann Transparenz und Verständnis für Risiken geschaffen werden (Fischhoff et al., 1983).

Die Herausforderung im Umgang mit der intuitiven Risikowahrnehmung besteht in der Kommunikation und darin, ein Verständnis zu schaffen. Zur Reduzierung des Kenntnisgefälles zwischen Experten und Laien sollte Risikowissen vermittelt werden, u. a. zu Wahrscheinlichkeitseinschätzungen, Aufklärung über Fehler durch positive Kontingenzen und das Modell der Risikoentstehung (Schütz et al., 2003).

Inwieweit die unterschiedlichen Bewertungen von Laien und Experten einen hemmenden bzw. deren Umgang damit einen fördernden Faktor für die Durchführung der HAZOP-Studie darstellen, bleibt nach der Literaturrecherche weiter offen. In der Fachliteratur zum HAZOP-Verfahren finden sich keine Angaben zur unterschiedlichen Risikowahrnehmung oder dem individuellen Umgang damit im Rahmen des HAZOP-Verfahrens.

### 3.2.6 Brainstorming als Methode

Das HAZOP-Verfahren zur Untersuchung verfahrenstechnischer Anlagen zeichnet sich durch ein strukturiertes und gelenktes Brainstorming aus. Dabei kommt diese Methode nicht nur in einem Arbeitsschritt des HAZOP-Verfahrens zum Einsatz, sondern lässt sich in allen Arbeitsschritten finden.

Im Schritt Prognose der Abweichungen werden die Teilnehmer durch den Moderator angeleitet, potenziell mögliche Abweichungen zu den Leitwörtern, z. B. „Kein Druck“, „Wenig Füllstand“, zu sammeln. Dabei soll zunächst alles aufgelistet werden, was grundsätzlich möglich ist, ohne Bewertung der Abweichung.

Im Schritt 2 wird im HAZOP-Team gebraint, welche Abweichungen realistischerweise möglich sind. Das gilt auch für den Schritt 3, in dem die Auswirkungen beschrieben werden, sowie für den Schritt 4, in dem gemeinsam an Gegenmaßnahmen gearbeitet wird.

Im Rahmen dieser Dissertation ist von Interesse, wie sich das gelenkte Brainstorming des Teams auf das Ergebnis der HAZOP-Studien auswirkt: Führt das gelenkte Brainstorming dazu, dass alle Abweichungen erkannt werden oder ergibt sich durch diese Methode ein inhaltliches und methodisches Spannungsfeld, welches sich sogar hemmend auf das Ergebnis der Studie auswirken kann?

Das Konzept des Brainstormings wurde vor mehr als 60 Jahren von Alex Osborn erfunden. Im Jahr 1948 veröffentlichte Osborn die Methodik in seinem Buch „Your Creative Power“. Osborn suchte in seiner Werbeagentur nach einer Lösung, das negative Konferenzdenken von „unmöglich, das geht nicht, nein“ zu verändern. In einer Werbeagentur braucht es neue Ideen und Werbeeinfälle und keine Atmosphäre, in der Einfälle meistens ausgeschlossen werden und einzelne einnehmende Personen alle anderen kreativen Teilnehmer zum Schweigen bringen (Osborn, 1948).

Charles Clark modifizierte die Herangehensweise und veröffentlichte 1967 das Buch „Brainstorming“. Clark (1967) beschreibt Brainstorming als eine Methode, mit der sich ein Problem geradezu „im Sturm“ durch dutzende Ideen berennen lässt. Dabei ist ein besonderer Teil im Gehirn am produktivsten: das Unterbewusstsein. Dieses darf mit „Feuerkraft“ auf das vorliegende Problem reagieren, um so eine Kettenreaktion freier Assoziationen zum jeweiligen Thema auszulösen (Clark, 1966).

Nach Clark (1966) bringt Brainstorming viele Vorteile mit sich. Hierunter versteht er z. B. die Vorteile des Individuums. Durch die methodische Herangehensweise des Brainstormings wird ein Ideenpool ausgeschöpft, der ohne ein Brainstorming nicht hervorgekommen wäre. Dabei kann das persönlich angezapfte Ideenreservoir gar nicht wertvoll genug eingeschätzt werden, um bestehende Probleme zu lösen.

Einen weiteren Vorteil der Methode sieht Clark (1966) in der Kultur, die durch dieses methodische Vorgehen erzeugt wird. Geht man mit „schöpferischer Geschicklichkeit“ voran und hat gelernt, mit seinen Verdammungsurteilen nicht allzu schnell zu sein, überträgt sich diese Eigenschaft auf andere Beteiligte im Team (Clark, 1966). Hierdurch wird es möglich, in Situationen, in denen früher Ratlosigkeit und

Resignation herrschten, neue und innovative Ideen zu finden, egal ob in einer Sitzung, Konferenz oder in kleineren Besprechungen (Clark, 1966).

Clark (1966) nennt in seinem Buch *Brainstorming* auch als Lösung, um notwendige Routinearbeiten interessanter zu gestalten und zu hinterfragen. Hierdurch werden Beschäftigte dazu gebracht, im Rahmen von Brainstorming-Sitzungen ihre Tätigkeit in einem neuen Licht und gleichzeitig sich selbst und ihre Stellung im Unternehmen aus der eigenen Perspektive zu hinterfragen (Clark, 1966).

Die Methode kann vielfältig angewendet werden. Im Grundkonzept wird Brainstorming mit zwölf Teilnehmern durchgeführt, wobei die exakte Anzahl nicht entscheidend ist. Zur Anzahl der Teilnehmer existiert mittlerweile eine Vielzahl von Empfehlungen, die von 6 bis 15 Teilnehmern reichen (Rauschenbach, 2015). Je nach Teilnehmeranzahl können unterschiedliche Varianten des Brainstormings durchgeführt werden. Der einzige unerlässliche Bestandteil sind die vier Grundprinzipien nach Osborn (1953):

1. Kritik findet erst später statt. Im aktiven Brainstorming-Prozess darf kein Vorschlag beurteilt werden, ehe nicht alle Vorschläge geäußert wurden (Nölke, 2020).
2. Freies Gedankenspiel und wilde Ideen sind willkommen. Es ist leichter, später Ideen abzuschwächen, als Ideen zu entwickeln (Nölke, 2020).
3. Quantität geht vor. Je größer die Anzahl der Ideen, desto wahrscheinlicher, dass darunter die richtige Idee ist.
4. Aufgreifen von Ideen anderer. Die Kombination oder Verbesserung von Vorschlägen anderer ist erwünscht. Aus zwei vorgetragenen Ideen kann in der Kombination eine dritte entstehen.

Eine klassische Brainstorming-Veranstaltung beginnt zunächst mit der Kurzvorstellung der Problem- bzw. Fragestellung. Dabei wird der Grundstein für den Erfolg der Brainstorming-Sitzung bereits in der Vorbereitung mit der klaren Abgrenzung der Fragestellung gelegt. Die Frage- oder auch Problemstellung sollte so präzise wie möglich definiert sein, damit in der anschließenden Brainstorming Sitzung zielgerichtet Ideen erarbeitet werden können (Clark, 1966).

Nach der Kurzvorstellung des Problems findet die aktive Brainstorming-Phase statt, in der alle Ideen unter Einhaltung der Grundprinzipien durch die Teilnehmer gesammelt werden. Erfahrungsgemäß gehen den Teilnehmern nach 5 bis 10 Minuten die Ideen aus. An diesem Punkt sollte das Brainstorming unbedingt weitergeführt werden. In der Regel fallen den Teilnehmern nach wenigen Minuten wieder Vorschläge und neue Ideen ein. Es lohnt sich, diese zweite Ideenwelle abzuwarten (Nölke, 2020).

Der zweite wesentliche Bestandteil der Brainstorming-Sitzung ist die Bewertungsphase. Nach Clark (1967) sollte die Bewertungsphase mit Abstand und deutlich getrennt von der Brainstorming-Phase durchgeführt

werden. Teilweise empfiehlt es sich, die Bewertungsphase am nächsten Tag stattfinden zu lassen, um den Teilnehmern das Umdenken zu ermöglichen. In dieser Phase bewerten die Teilnehmer die Vorschläge nach Brauchbarkeit und Umsetzbarkeit. Es können Priorisierungen oder auch Streichungen vorgenommen werden (Nölke, 2020).

Wenn das Brainstorming nach dieser Phase abgeschlossen ist, dann handelt es sich um ein Ein-Phasen-Brainstorming. Nach Dung Vu kann Brainstorming auch als Zwei-Phasen-Brainstorming durchgeführt werden. Hierbei erhalten die Teilnehmer zunächst einen oder mehrere Zettel, auf denen sie ihre Ideen zum Problem still notieren. Erst danach erfolgt das Zusammentragen und gemeinsame Diskutieren der Ideen (Vu, 2015). Als Variante des Brainstormings wurde von deutschen Autoren das Brainwriting definiert. Beim Brainwriting wird das Sprechen durch Schreiben ersetzt. Eine Möglichkeit ist, dass die Teilnehmer jeweils einen Zettel erhalten und hier ihre erste Idee notieren. Dieser Zettel kann dann in gleicher Richtung an den Nachbarn weitergegeben werden, der seine Ideen ergänzt. Über dieses Vorgehen werden in der Regel ebenfalls etwa 50 bis 70 Ideen generiert. Neben der beschriebenen Kartenumlauftechnik gibt es zudem die sog. Mindmapping-Vorgehensweise oder Ringtauschtechnik (Geschka, 2006).

Das Gelingen der Brainstorming-Veranstaltung ist entscheidend vom Moderator abhängig. Die Aufgabe des Moderators besteht in den nachfolgenden Punkten (in Anlehnung Nölke, 2020):

- eine Atmosphäre schaffen, in der sich alle Teilnehmer wohlfühlen und vertrauensvoll zusammengearbeitet werden kann,
- Teilnehmer aktiv ermutigen und motivieren sich zu beteiligen,
- für die Einhaltung der Regeln zu sorgen (siehe Grundprinzipien nach Osborn),
- zunächst alle Vorschläge aufzuzeichnen, ohne diese z. B. durch einen Kommentar zu bewerten oder zu ändern,
- die anschließende Bewertung der Vorschläge zu leiten, ohne selbst Stellung zu beziehen,
- sicherzustellen, dass das Brainstorming und die Bewertung sachlich verläuft und keine zwischenmenschlichen Konflikte ausgetragen werden.

Neben dem Moderator spielt auch die Zusammensetzung des Teams eine wesentliche Rolle bei der erfolgreichen Durchführung von Brainstorming-Veranstaltungen (Clark, 1966). Es sollten keine Teilnehmer dabei sein, die ein ausgeprägtes Konkurrenzdenken oder Neid besitzen oder sog. Statuskämpfer sind (Nölke, 2020). Ein Team oder eine Gruppe agiert am erfolgreichsten, wenn ein Teil des Teams bereits zusammengearbeitet hat und ein anderer Teil der Gruppe neu hinzukommt (Innovationsansätze) (Rauschenbach, 2015). Eine Brainstorming-Einheit sollte eine Stunde in der Regel nicht überschreiten (Geschka, 2006)

In den 1960er und 1970er Jahren erlebte die Brainstorming-Methode einen regelrechten Boom. Mittlerweile gibt es mehrere Studien, die Zweifel an der Wirksamkeit des Brainstormings aufkommen lassen (Nölke, 2020). Auch innerhalb der öffentlichen Diskussion sind diese Zweifel an der Methodik mittlerweile angekommen.

Erste Studien fanden hierzu bereits 1958 statt, in denen die Psychologen Donald Taylor, Paul Berry und Clifford Block Vierergruppen nach der Methode von Osborn antreten ließen. Zu jeder Gruppe gab es vier Vergleichspersonen, die für sich allein Ideen zur Problemlösung sammelten. Dabei zeigte sich, dass die Einzelpersonen nicht nur mehr Ideen, sondern auch hochwertigere Ideen zusammentrugen. Dieses Ergebnis wurde mittlerweile in vielen weiteren Studien bestätigt, zuletzt von Julia Minson (Universität von Pennsylvania). Der Grund hierfür ist, dass sich die Teilnehmer gegenseitig blockieren. Diese Blockierung ist eine Folge der Konvention, dass in einer Gruppe zu jedem Zeitpunkt jeweils nur ein Mitglied das Wort ergreifen kann (Herrmann, 2012). Gibt es keine Gruppe und die Ideen des Einzelnen können ungehindert sprudeln, fließen mehr und bessere Ideen.

Prof. Wolfgang Stroebe erklärte in einem Artikel der Süddeutschen Zeitung: „Seit 50 Jahren belegt die psychologische Forschung, dass Brainstorming nicht besonders gut funktioniert“ (zitiert nach Herrmann, 2012). Dennoch wird Brainstorming auch heute noch als Kreativtechnik gelehrt und angewendet. Stroebe bezieht hierzu ebenfalls Stellung und führt dies darauf zurück, dass Brainstorming deshalb in der Gruppe so populär ist, weil „es mehr Spaß macht als individuelles Brainstorming“ und weil „die Teilnehmer den Eindruck haben, in Gruppen produktiver zu sein als allein – selbst wenn das Gegenteil der Fall ist“ (Herrmann, 2012; Stroebe & Nijstad, 2004).

Nach Sternberg (1990) können fünf wesentliche Punkte dazu beitragen, dass die Kreativität innerhalb des Brainstormings aktiviert und gefördert wird. Hierzu gehören eine hohe Motivation der Teilnehmer, höchste Ansprüche und Selbstdisziplin jedes Einzelnen, die Fähigkeit zur regelmäßigen Selbstkritik und Anker, die die Kreativität weiter fördern. Kreativität sollte grundsätzlich eine hohe Priorität im Unternehmen besitzen (Brem et al., 2019).

Die systematische Literaturrecherche zeigt, dass es auf den ersten Blick wissenschaftlich fundierte Kritik an der Brainstorming-Methode gibt. Diese bezieht sich nicht nur auf die Methodik, sondern zeigt auch auf, dass mit Brainstorming nicht zwangsläufig die meisten oder besten Ideen erzielt werden.

Für die Anwendung des Brainstormings im Rahmen der HAZOP-Studie stellt sich mit dieser Erkenntnis die Frage, welchen Einfluss das Brainstorming auf das zu erreichende Schutzniveau hat. Wenn sich die Teilnehmer im Brainstorming eher hemmen statt gegenseitig zu fördern, wie wirkt sich diese Hemmung dann auf die Identifizierung von Abweichungen aus? Anstatt gemeinsam kreativ Abweichungen

zusammenzutragen, kann es dazu kommen, dass nur ein Teil der möglichen Abweichungen ans Licht kommt und in den weiteren Verlauf der Analyse einfließt.

### 3.3 Identifizierung hemmender Faktoren anhand der systematischen Literaturrecherche

Das Ziel der Literaturrecherche besteht darin, Faktoren zu identifizieren, die im Rahmen der HAZOP-Studie einen hemmenden Einfluss haben können. Hierzu wurden im Kapitel 2.2 forschungsleitende Fragen definiert.

In diesem Kapitel werden die potenziell hemmenden Faktoren aus der durchgeführten systematischen Literaturrecherche zusammengeführt und entsprechend der forschungsleitenden Fragen als Kategorie nacheinander in Tabelle 3-9 aufgelistet und bewertet. Jeder Faktor enthält in der tabellarischen Auswertung auch die Bewertung der Auswirkung im Rahmen der HAZOP-Studie.

Als hemmende Faktoren werden Faktoren aufgenommen, die durch ihre Wirkung einen Einfluss auf die Studie oder das Ergebnis haben. Dies wird daran bemessen, ob der Faktor eines der nachfolgenden Merkmale erfüllt:

- 1) **Merkmal Zeit/Dauer der Studie:** Das Merkmal liegt dann vor, wenn der Faktor im Rahmen der HAZOP-Studie dazu führen kann, dass die Diskussionen oder das Brainstorming verlängert oder verkürzt werden. Durch das Verlängern der Studie und die dadurch entstehende Monotonie kann es zu einer Übermüdung und zum Verlust der Konzentrationsfähigkeit bei den Teilnehmern und beim Moderator kommen. Die maximale Konzentrationsfähigkeit reicht Studien (Mark, 2006) zufolge von wenigen Sekunden über 90-Minuten-Konzentrationsblöcke bis hin zu wenigen Stunden, in denen ein Mensch fokussiert an einer Aufgabe arbeiten kann. Insbesondere bei der Beurteilung großer verfahrenstechnischer Anlagen ist oft ein längerer Termin bzw. mehrere längeren Termine nötig. Hier besteht das Risiko, dass die Teilnehmer nicht mit voller Leistungsfähigkeit an der Studie beteiligt sind.
- 2) **Merkmal Moderator-Relevanz:** Das Merkmal liegt dann innerhalb des Faktors vor, wenn es im Rahmen der HAZOP-Studie dazu führen kann, dass die Wahrnehmung und die Einschätzung des Moderators eine höhere Gewichtung bekommen, als dies im Sinne des Regelprozesses der Fall sein sollte. Grundsätzlich soll der Moderator lediglich eine moderierende Rolle einnehmen und keinen fachlichen Beitrag leisten. Nimmt der Moderator eine andere oder zu stark lenkende Rolle ein, kann dies dazu führen, dass sich die Fachexperten der Anlage deutlich weniger in die Diskussion einbringen und damit das relevante Wissen nicht in die Studie einfließt. Dies beinhaltet, dass Analyse und Bewertung von Risiken mit deutlicher Beeinflussung durch den Moderator stattfinden.

- 3) **Merkmal fachlich-inhaltliche Vollständigkeit:** Das Merkmal liegt dann vor, wenn der Faktor aus der systematischen Literaturrecherche dazu beiträgt, dass mögliche Abweichungen, Ursachen, Auswirkungen oder Gegenmaßnahmen nicht erkannt oder nicht diskutiert werden. Hierdurch kann es zu Unvollständigkeit innerhalb des Beurteilungsprozesses sowie im Beurteilungsergebnis selbst kommen, was wiederum ein nicht ausreichendes Schutzziel zur Folge haben kann.

Tabelle 3-9: Hemmende Faktoren bei der Durchführung von HAZOP-Studien

Kategorie	Potenziell hemmende Faktoren	Merkmal
<b>Faktor</b>	<u>Methodisch gelenktes Brainstorming</u>	Merkmal fachlich-inhaltliche Vollständigkeit
<b>HAZOP-Methodik</b>	Die HAZOP-Methodik erfordert, um ihre Wirkung entfalten zu können, kreatives Denken (DIN EN 61882). Durch ein methodisch gelenktes Brainstorming soll der Moderator die Teilnehmer zu kreativem und abstraktem Denken anregen (Kahl et al., 2017).	Merkmal Moderatoren Relevanz
<b>Allgemein</b>	Das Ausmaß und die Qualität des kreativen Denkens sind von den Moderationskompetenzen des Moderators abhängig. Je nach Teilnehmergruppe gelingt das Anregen leichter oder schwerfälliger. Auch spielt die Übung zum kreativen Denken eine wesentliche Rolle bei den Teilnehmern. Bei einer eher schwerfälligen oder denkmüden Teilnehmerrunde kann es vorkommen, dass nicht alle potenziellen Abweichungen erfasst werden und der Moderator selbst den überwiegenden Teil leistet.	
	<u>Kreatives Denken im Teilnehmerkreis</u>	Merkmal fachlich-inhaltliche Vollständigkeit
	Die Wirkungsweise des kreativen Denkens im Rahmen der HAZOP-Methodik ist entscheidend von den mitwirkenden Personen abhängig (DIN EN 61882). Sind die Teilnehmer in der Brainstorming-Methodik sowie im kreativen Denken geübt? Sind die Teilnehmer so gewählt, dass die verfahrenstechnische Anlage einschließlich der Anlagenzustände detailliert umfasst und kein Prozesszustand außer Acht gelassen wird? Kreatives Denken erfordert Übung, welche bei den Teilnehmern vorhanden sein sollte, um alle potenziellen Abweichungen zu erfassen.	
	<u>Schriftführung durch Moderator</u>	Merkmal fachlich-inhaltliche Vollständigkeit
	Die Schriftführung kann in manchen Fällen auch vom Moderator selbst übernommen werden. In diesem Fall ist sicherzustellen, dass die Moderationsaufgabe uneingeschränkt durchgeführt werden kann (DIN EN ISO 621882).	

Bei Übernahme der Schriftführung durch den Moderator werden zwei Aufgaben parallel übernommen, die auf der einen Seite dazu führen können, dass relevante Inhalte nicht dokumentiert werden. Auf der anderen Seite kann die Übernahme beider Aufgaben dazu führen, dass die Qualität der Moderation abnimmt und nonverbale Signale nicht wahrgenommen werden können.

Interdisziplinäres Beurteilungsteam

Durchführung der HAZOP-Studie in einem interdisziplinären Beurteilungsteam (DIN EN ISO 621882).

Die Zusammensetzung des Teams ist mit dafür verantwortlich, dass alle Zustände und Prozesse der verfahrenstechnischen Anlage erfasst sind und dass zu allen Zuständen und Prozessen Expertenwissen unter den Teilnehmern vorhanden ist. Ein interdisziplinäres Team bringt auch sehr unterschiedliche Interessen ein (Betriebsleitung, i. d. R. mit Budgetverantwortung, Instandhaltung, Bediener etc.), die sich auf ein gemeinsames Ergebnis im Sinne einer Beurteilung der verfahrenstechnischen Anlage sowie der damit verbundenen Schutzmaßnahmen verständigen müssen.

Strukturierung der Anlage

Die Anwendung der HAZOP-Elemente erfordert zunächst die **Strukturierung der Anlage** in weitestgehend logisch abgegrenzte Anlagenabschnitte im vorliegenden Rohrleitungs- und Instrumentenfließschema (DIN EN ISO 621882).

Je nach Strukturierung der Anlagen und Definition der Sollfunktionen erfolgt eine feinere oder weniger feine Anwendung von Leitwörtern einschließlich des physikalischen Parameters. Dies kann dazu führen, dass potenzielle Abweichungen übersehen und damit nicht identifiziert werden. Darüber hinaus führt eine sehr feingliedrige Einteilung zu einer längeren Studiendauer.

Dopplungen durch starre Deklination

Bei strikter Fortsetzung der Deklination doppelten sich prognostizierte Abweichungen. Diese **Dopplung** ist gewollt, um den Abdeckungsgrad aller möglichen Abweichungen zu erhöhen (Kappelmaier et al., 2002).

Merkmal fachlich-inhaltliche Vollständigkeit

Fachlich-inhaltliche Vollständigkeit

Merkmal Zeit/Dauer der Studie

Fachlich-inhaltliche Vollständigkeit

<p>Die strikte Fortsetzung der Deklination kann zu Übermüdung und Langeweile bei den Teilnehmern führen. Dies wiederum kann fehlende Aufmerksamkeit zur Folge haben, bei der potenzielle Abweichungen übersehen und damit nicht identifiziert werden.</p>	<p>Merkmal Zeit/Dauer der Studie</p>
<p><u>Auswahl der Leitwörter</u> Die Funktion des Leitwortes ist es, zu fantasievollem Denken anzuregen, um so die Wahrscheinlichkeit für die vollständige Erfassung und Abdeckung der Gefährdungen durch die Studie zu erhöhen (DIN EN ISO 621882).</p>	<p>Merkmal Moderator-Relevanz</p>
<p>Damit eine vollständige Erfassung und Abdeckung der Gefährdung erfolgt, ist die Auswahl der Leitwörter entscheidend. Die Auswahl der Leitwörter wiederum wird vom Moderator vorgenommen.</p>	
<p><u>Detailtiefe der Ursachenidentifizierung</u> Die Ursachenidentifizierung kann bei sehr hoher Detailtiefe die Studiendauer erheblich beeinflussen und eine qualitativ hochwertige Analyse beeinträchtigen. Vielmehr sollte das Team der HAZOP-Analyse den Detaillierungsgrad der Ursachenidentifizierung auch in Abhängigkeit von der eigenen Fachkompetenz und den möglichen beeinflussbaren Gegenmaßnahmen wählen (Kahl &amp; Conrad, 2017).</p>	<p>Merkmal Zeit/Dauer der Studie  Merkmal Moderator-Relevanz</p>
<p>Die Detailtiefe der Ursachenidentifizierung ist durch den Moderator zu moderieren und kann bei zu hoher Detailtiefe zu fehlender Aufmerksamkeit und Langeweile bei den Teilnehmern führen. Bei einer zu geringen Detailtiefe besteht das Risiko, dass Ursachen nicht identifiziert werden und die Abweichung als „nicht relevant“ eingestuft wird.</p>	<p>Merkmal fachlich-inhaltliche Vollständigkeit</p>
<p><u>Verfügbarkeit von Wissen bei der Ursachenidentifizierung</u> Bei der Identifizierung von Ursachen kommt es auch auf die Verfügbarkeit von Wissen und Erfahrung an, die der zu beurteilenden Person bzw. dem Team vorliegen sowie im Rahmen der Beurteilung herangezogen werden müssen (siehe hierzu auch Kap. 3.2.5.1).</p>	<p>Merkmal Moderator-Relevanz  Merkmal fachlich-inhaltliche Vollständigkeit</p>
<p>Die Teilnehmer können in der Regel nur auf verfügbares Wissen zurückgreifen. Das hat zur Folge, dass Ereignisse oder Abweichungen vom Sollzustand, die bspw. innerbetrieblich nicht dokumentiert sind oder sehr lange zurückliegen, nicht im Bewusstsein der Teilnehmer sind. Dadurch können Ursachen unentdeckt bleiben.</p>	

<p><u>Außerachtlassen bestehender Gegenmaßnahmen</u></p> <p>Bei der Beschreibung der Wirkungsabfolgen sind bereits vorhandene Gegenmaßnahmen außer Acht zu lassen. Dies dient u. a. dazu, die Notwendigkeit der Einrichtung zu überprüfen und die Qualität der Gegenmaßnahme (d. h. die Verfügbarkeit der Einrichtung) festzulegen.</p>	<p>Merkmal fachlich-inhaltliche Vollständigkeit</p>
<p><u>Objektivierung von Risikokategorien</u></p> <p>In der Praxis hat es sich bewährt, die Auswirkungen zu quantifizieren. Dem HAZOP-Team stehen bei der Ermittlung des Risikos häufig Praxisbeispiele zur Schadenshöhe und Eintrittswahrscheinlichkeit zur Verfügung. Diese charakterisieren eine Schadenshöhe oder eine Eintrittswahrscheinlichkeit und streben eine Objektivierung der Risikokategorien an.</p> <p>Die Quantifizierung von Risiken unterliegt personenbezogenen Einflussfaktoren der individuellen Risikowahrnehmung und -beurteilung. Das Team der HAZOP-Studie kann nur solche Auswirkungen beschreiben, die ihm kognitiv zugänglich und als solche präsent sind. Sind Auswirkungen nicht verfügbar oder nicht dokumentiert, finden sie im Rahmen der HAZOP-Studie keine Berücksichtigung und führen zu einer Reduzierung des Schutzniveaus (vgl. Kapitel 3.2.5.5.2).</p> <p>Darüber hinaus kann die Quantifizierung von Risiken je nach Moderator und Aktivität der Teilnehmer unterschiedlich ausgeprägt sein.</p>	<p>Merkmal fachlich-inhaltliche Vollständigkeit</p> <p>Merkmal Moderator-Relevanz</p>
<p><b>Faktor</b></p> <p><b>Moderator/</b></p> <p><b>Experte</b></p>	<p>Merkmal Moderator-Relevanz</p>

der Ausbildung brauchen unerfahrene Moderatoren weitere Gelegenheiten, um in einem abgesicherten Rahmen Erfahrungen bei der Beurteilung von verfahrenstechnischen Anlagen sammeln und einen gewissen Erfahrungsschatz aufbauen zu können.

Berufserfahrung des Moderators

An den Moderator werden hohe Anforderungen entsprechend dem hohen Gefährdungspotenzial bei verfahrenstechnischen Anlagen gestellt. Bis zu 10 Jahren Berufserfahrung müssen bewerbende Moderatoren vorweisen, um den Anforderungen des Arbeitgebers gerecht zu werden. In vielen Fällen wird eine mindestens 2- bis 3-jährige Berufserfahrung vorausgesetzt (vgl. Kap. 3.2.3.2).

Zum Aufbau der Berufserfahrung und des damit verbundenen Expertenwissens zur Durchführung von HAZOP-Studien bedarf es eines abgesicherten Lernraumes sowie einer engen Betreuung des zukünftigen Experten durch einen erfahrenen Moderator. Der Erwerb dieses Wissens sowie dessen Anwendung obliegt dem jeweiligen Arbeitgeber des zukünftigen Experten. Da dies bisher nicht durch die Berufsgenossenschaft oder die jeweiligen freien Dienstleister angeboten wird und da es keinen standardisierten Lern- und Ausbildungsplan gibt, findet eine Prägung des zukünftigen Experten (oft) in einer Richtung statt.

Prägung durch Ausbildungs-/Studienberuf

Der Moderator ist nicht nur für die Durchführung einer Moderation Experte, sondern besitzt durch seinen Ausbildungshintergrund (z. B. Verfahrenstechnik, Elektrotechnik) weiteres Wissen, welches in die HAZOP-Studie einfließt.

Der Ausbildungs- oder Studienberuf ist oft die fachliche Grundlage des jeweiligen Moderators. Dabei handelt es sich häufig um ingenieurwissenschaftliche Studienfächer, wie Elektrotechnik, Verfahrenstechnik oder Maschinenbau. Je nachdem, welche fachliche Ausbildung vorliegt, ist anzunehmen, dass diese Kenntnisse auch im Rahmen der Beurteilung einfließen und ggf. eher mechanische oder elektrische Ursachen identifiziert oder Schutzmaßnahmen oder -konzepte vorgezogen werden.

Verständigungsschwierigkeit durch Qualität und Struktur des Wissens

Merkmal Moderatoren  
Relevanz

Merkmal Moderator-  
Relevanz

**Faktor  
Moderator/  
Experte**

<p>Der Unterschied zwischen dem Laien und dem Experten ist jedoch nicht nur die Quantität des Wissens, vielmehr entstehen Verständigungsschwierigkeiten durch die Qualität und durch strukturelle Merkmale des Wissens (Bromme et al., 2003).</p>	<p>Merkmal Moderatoren- Relevanz</p>
<p>Alle Teilnehmer der HAZOP-Studie sind Experten ihres Themenfeldes. Der Moderator grenzt sich gegenüber den anderen Teilnehmern als Experte zur Durchführung der HAZOP-Studien ab. Auch kann es hinsichtlich der Qualität und der strukturellen Merkmale des Wissens zu Verständigungsschwierigkeiten kommen. Diese können die Diskussionsbereitschaft und das Engagement der Teilnehmer einschränken und Demotivation fördern.</p>	<p>Merkmal fachlich- inhaltliche Vollständigkeit</p>
<p><u>Individuelle subjektive Theorien zur Problemlösung</u></p> <p>Die Laien verfügen jedoch meistens ebenfalls über eine systematische Vorstellung davon, wie das vorliegende Problem zu lösen ist. Diese geht jedoch in der Regel auf subjektive Theorien aufgrund von Beobachtungen und daraus geschlossenen Kausalitäten zurück. Die Gültigkeit subjektiver Theorien von Laien ist auf einen engeren Wirklichkeitsausschnitt bezogen als das wissenschaftlich begründete Fachwissen der Experten. Laientheorien sind u. a. durch darin enthaltene widersprüchliche Annahmen gekennzeichnet (Bromme et al., 2003).</p>	<p>Merkmal fachlich- inhaltliche Vollständigkeit</p>
<p>Individuelle Vorstellungen davon, wie die Fragestellungen der HAZOP-Studie auf kognitiver Ebene und anhand subjektiver Theorien zu lösen sind, müssen im Rahmen der HAZOP-Studien in einer gemeinsamen Vorstellung zusammengeführt werden. Dabei überblicken insbesondere die Teilnehmer nur ihren individuellen Fachbereich. Dies kann bei der Diskussion und Einigung auf gemeinsame Ursachen, Auswirkungen und Gegenmaßnahmen zu einer Herausforderung werden.</p>	
<p><u>Individueller Bezugsrahmen und geteilter Bezugsrahmen</u></p> <p>Eine wechselseitige Verständigung kann als Versuch beschrieben werden, zwei individuelle kognitive Bezugsrahmen so weit zur Deckung zu bringen, dass deren Schnittmenge gerade ausreicht, um das jeweils spezifische Ziel der Kommunikation zu erreichen. Ein Ziel der Kommunikation kann bspw. eine informierte Entscheidung beider Parteien sein (Bromme et al., 2004).</p>	<p>Merkmal Moderator- Relevanz  Merkmal fachlich- inhaltliche Vollständigkeit</p>

Das Herstellen einer informierten Entscheidung zwischen den Teilnehmern der Studie und dem Moderator gelingt nur dann, wenn es bezüglich der jeweiligen Bezugsrahmen (Fachwissen und Erfahrung der einzelnen Teilnehmer) eine Schnittmenge gibt. Das bedeutet, dass die Teilnehmer ihr Wissen und ihre Erfahrungen offen teilen und mit den Erfahrungen der anderen über Kommunikation und Diskussion in Einklang bringen müssen. Hierbei ist darauf zu achten, dass nicht nur der Bezugsrahmen des Moderators zur Geltung kommt, sondern die Teilnehmer durch den bisherigen Studienverlauf nicht gehemmt werden, ihr Wissen und ihre Erfahrungen zu teilen.

Prozess zur Risikowahrnehmung

Der Prozess zur Risikowahrnehmung beinhaltet die kognitiven, mentalen und motivationalen Mechanismen, die dafür sorgen, dass ein Individuum auf einen Reiz reagiert und diesen als Risiko wahrnimmt. Die Registrierung des Reizes als Risiko ist dabei abhängig von der Aufnahme- und Verarbeitungskapazität der vorliegenden Situation sowie kulturellen Faktoren.

Ob ein Risiko als solches wahrgenommen wird, hängt sowohl beim Moderator als auch bei den Teilnehmern von kognitiven, mentalen und motivationalen Mechanismen ab. Ist die Aufnahme- und Verarbeitungskapazität der Teilnehmer oder des Moderators erschöpft oder kann auf bestehende Mechanismen nicht zurückgegriffen werden, können Abweichungen, mögliche Ursachen und Auswirkungen unentdeckt bleiben.

Einfluss auf die Risikowahrnehmung und -beurteilung nach Haller

Die Definition der Risikowahrnehmung durch Haller beschreibt drei den Wahrnehmungsprozess mitbestimmende Faktorentypen: quellbezogenen, kontextbezogenen und personenbezogene Faktoren.

Alle genannten mitbestimmenden Faktoren wirken auch bei der Identifizierung von Risiken im Rahmen der HAZOP-Analyse. Teilnehmern, die auf quellbezogene Faktoren eines Risikos zurückgreifen können, fällt es leichter, dieses einzuschätzen. Liegen den Teilnehmern oder dem Moderator keine Erkenntnisse zu einem bestimmten Risiko vor, kann es dazu kommen, dass dieses unter Umständen vernachlässigt wird. Informationen zu einer Risikoquelle müssen nicht aus der eigenen Erfahrung stammen, sondern können im Unternehmen oder sogar unternehmensübergreifend in einer zentraleren Datenbank abgelegt sein.

Merkmal fachlich-  
inhaltliche  
Vollständigkeit

Merkmal Moderator-  
Relevanz

Merkmal fachlich-  
inhaltliche  
Vollständigkeit

<p><u>Individuelle Wahrnehmungs-, Lern- und Denkprozesse der Risikowahrnehmung</u></p> <p>Jungermann et al. (2010) beschreiben das Risiko als ein Merkmal, das Objekten, Aktivitäten und Situationen aufgrund von Wahrnehmungs-, Lern- und Denkprozessen zugeschrieben wird. Die individuelle Risikowahrnehmung ist entsprechend sowohl eine Funktion von Eigenschaften unserer kognitiven und motivationalen Systeme als auch von Bedingungen des sozialen, politischen und kulturellen Umfeldes (Jungermann et al., 1993)</p>	<p>Merkmal Moderator-Relevanz</p> <p>Merkmal fachlich-inhaltliche Vollständigkeit</p>
<p>Jeder Moderator sowie jeder Teilnehmer der HAZOP-Studie hat individuelle Wahrnehmungs-, Lern- und Denkprozesse. Das wiederum bedeutet, dass jeder Moderator und jeder Teilnehmer aufgrund seines kognitiven und motivationalen Systems die vorliegenden Risiken unterschiedlich wahrnimmt und bewertet. Im Rahmen der HAZOP-Studie können sich folgende Szenarien ergeben: 1) Der Risikowahrnehmung und Einschätzung des Moderators wird mehr Gewicht verliehen, da eine gemeinsame Objektivierung des Risikos nicht gelingt. 2) Die Risikowahrnehmung Einzelner wird nicht berücksichtigt und Risiken werden aufgrund fehlender Sensibilität für das Risiko nicht erkannt.</p>	
<p><u>Kontrollierbarkeit von Risiken</u></p> <p>Der Faktor Kontrollierbarkeit spielt bei der Wahrnehmung von Risiken ebenfalls eine entscheidende Rolle und ist eng mit dem Faktor der Freiwilligkeit verknüpft. Risikoaktivitäten, welche durch eine hohe Nutzenrate charakterisiert sind, sind häufig solche, die für den Anwender kontrollierbar erscheinen (z. B. Autofahren, Motorradfahren, Wingsuit-Fliegen).</p>	<p>Merkmal fachlich-inhaltliche Vollständigkeit</p>
<p>Der Faktor der Kontrollierbarkeit spielt auch im Rahmen der HAZOP-Studie eine zentrale Rolle. Der Moderator und die Teilnehmer erleben häufig einen Zustand der „Kontrollierbarkeit“ der Systeme und Prozesse bezogen auf die verfahrenstechnischen Anlagen. Eher selten kommt es zu schweren Ereignissen, bei denen Mensch und Umwelt einen Schaden erleiden (vgl. Kapitel 1). Diese Erfahrung fließt in die Risikowahrnehmung und -bewertung ein und kann dazu führen, dass Risiken als kontrollierbarer angenommen werden. Folglich kann es dazu kommen, dass Risiken nicht erkannt werden und unentdeckt bleiben.</p>	

Bereitschaft zur Übernahme von Risiken

Ritov konnte zeigen, dass die Verantwortung für die Risikofolgen den Prozess der Risikowahrnehmung mit beeinflusst. Je nachdem, ob Risiken persönlich oder gar nicht verantwortet werden müssen, fällt die Risikoentscheidung anders aus.

Merkmal  
Moderatoren-  
Relevanz

Beim Transfer dieser Erkenntnis auf die HAZOP-Studie können zwei Szenarien unterschieden werden. Entweder handelt es sich um einen angestellten Moderator im Unternehmen der Anlage oder um einen Moderator eines Dienstleistungsunternehmens. In beiden Fällen wird sich die wahrgenommene Verantwortung zur Übernahme von Risiken unterscheiden. Darüber hinaus handelt es sich beim Moderator per Definition um eine Funktion, die keinen fachlichen Bezug zur Betrachtungsanlage hat. Auch hieraus ergibt sich ein Einfluss auf die Risikowahrnehmung des Moderators. Inwieweit dies im Kontext der Risikowahrnehmung und -beurteilung förderlich ist, bleibt zunächst offen.

Zwei Systeme

Kahnemann definierte zwei unterschiedliche Denkweisen bzw. -arten. Die beiden Systeme unterscheiden das schnelle, intuitive Denken (System 1) und das langsame Denken (System 2).

Merkmal fachlich-  
inhaltliche  
Vollständigkeit

Bei der Durchführung einer HAZOP-Studie werden bei allen Teilnehmern beide Denksysteme zum Einsatz kommen. Die Herausforderung besteht darin, dass die Durchführung der HAZOP-Studie nicht ausschließlich im Denken des Systems 1 durchgeführt wird. Das System 2 muss aktiv zum Einsatz kommen, um differenzierte Diskussionen und eine qualitativ belastbare Beurteilung erbringen zu können. Grundsätzlich fällt es Menschen schwerer, im System 2 zu denken. Dies liegt auch daran, dass es deutlich anspruchsvoller und anstrengender ist als das Denken im System 1. Diese Differenzierung ist insbesondere für den Moderator relevant.

Merkmal Moderatoren  
Relevanz

Intuitive Prozesse der Risikowahrnehmung (Heuristiken)

Als Heuristiken werden einfache Denkstrategien bezeichnet, die effizienten Urteile und Problemlösungen hervorbringen (Myers et al., 2005). Heuristiken stellen eine Methode dar, mit der die Lösung eines Problems nicht systematisch durchgeführt und (selbst bei richtiger Anwendung) nicht unbedingt mit dem korrekten Ergebnis

Merkmal fachlich-  
inhaltliche  
Vollständigkeit

	Merkmal Moderatoren- Relevanz
<p>abgeschlossen wird, wie dies z. B. bei algorithmischen Methoden der Fall ist; vielmehr verläuft die Lösung vereinfacht, daher manchmal auch fehlerhaft (Jungermann et al., 2010).</p>	
<p>Der Einfluss von heuristischen Problemlösungsstrategien ist auch im Rahmen der HAZOP-Studie sowohl durch den Moderator als auch die Teilnehmer gegeben. Vereinfachte Denkstrategien können zur Folge haben, dass Risiken nicht ausreichend detailliert betrachtet und analysiert werden.</p>	
<p><u>Verfügbarkeitsheuristik</u></p> <p>Ereignisse, die Personen unmittelbar im Gedächtnis, also kognitiv verfügbar sind, werden als wahrscheinlicher eingeschätzt als solche, die nicht kognitiv verfügbar sind (Tversky et al., 1974). Dabei sind auch solche Ereignisse verfügbarer, die besonders lebhaft und anschaulich in Erinnerung oder präsent geblieben sind.</p>	
<p>Die Verfügbarkeitsheuristik wirkt in jedem Arbeitsschritt des HAZOP-Verfahrens. Im Rahmen der potenziellen Abweichungen finden wir unmittelbar solche, die den Teilnehmern bspw. aus dem letzten Störfall bekannt und daher noch sehr präsent und lebhaft in Erinnerung sind. Dies reicht bis zur gemeinsamen Erarbeitung der Gegenmaßnahmen, wobei insbesondere auf die Gegenmaßnahmen zurückgegriffen wird, die die Teilnehmer kennen und die sich in der subjektiven Wahrnehmung daher bewährt haben.</p>	
<p><u>Verankerungseffekt</u></p> <p>Wahrscheinlichkeiten für Ereignisse werden der verfügbaren Information oder der wahrgenommenen Bedeutung der Information angepasst (Kahnemann &amp; Tversky, 1974).</p>	Merkmal Moderator- Relevanz
<p>Können der Moderator oder die Teilnehmer während des Analyse- und Beurteilungsprozesses auf verfügbare Anker zurückgreifen, werden diese kognitiv herangezogen und beeinflussen die Abschätzung der Wahrscheinlichkeit und der Schadenshöhe. Hat es bspw. vor Kurzem ein großes Schadensereignis gegeben, so wird das Eintreten dieses Ereignisses mit besonderer Aufmerksamkeit betrachtet und die Wahrscheinlichkeit des erneuten Vorfalles deutlich überschätzt. Auch diese Heuristik gilt insbesondere für die Funktion des Moderators. Als Konsequenz aus dieser Heuristik liegt dann eine abweichende Einschätzung des Risikos vor.</p>	

<p><u>Repräsentativitätsheuristik</u></p> <p>Die Wahrscheinlichkeit eines Ereignisses wird subjektiv umso größer eingeschätzt, je repräsentativer das Ereignis für die Population ist, zu der es gehört (Pfister et al., 2017).</p>	<p>Merkmal fachlich-inhaltliche Vollständigkeit</p>
<p>Die subjektive Wahrnehmung der Wahrscheinlichkeit steigt nicht nur mit einem verfügbaren Anker, sondern wird auch umso größer eingeschätzt, je repräsentative ein Ereignis oder eine Abweichung für das jeweilige System oder Verfahren ist. Auch hier kann es zu einer abweichenden Einschätzung der Risikowahrscheinlichkeit kommen.</p>	<p>Merkmal Moderatoren-Relevanz</p>
<p><u>Vermeidung kognitiver Dissonanz</u></p> <p>Informationen, die geschätzte Wahrscheinlichkeiten von Ereignissen oder erfahrungsbasiertes Wissen infrage stellen oder bereits Teil eines Glaubenssystems sind, werden einfach ignoriert (Renn, 1995).</p>	<p>Merkmal fachlich-inhaltliche Vollständigkeit</p>
<p>Die Vermeidung kognitiver Dissonanz kann insbesondere dann auftreten, wenn neue Erkenntnisse oder Erfahrungen bekannt und diskutiert werden. Wenn im Rahmen der HAZOP-Studie zur Vermeidung kognitiver Dissonanz bei einer veralteten Erkenntnis geblieben wird, kann sich hierdurch eine abweichende Einschätzung ergeben und dies kann ein zusätzliches Risiko darstellen. Kognitive Dissonanz kann auch während der Moderation eine Rolle spielen. Menschen, denen Harmonie und Ansehen besonders wichtig sind, können sich schwertun, Fehler oder nicht diskutierte Ergänzungen einzubringen.</p>	<p>Merkmal Moderatoren-Relevanz</p>
<p><u>Risikowahrnehmung von Laien und Experten</u></p> <p>Die Risikowahrnehmung und -bewertung der Laien und der Experten ist verschieden (Wiedemann, 2012). Die Risikowahrnehmung der Experten geht dabei im Wesentlichen auf eine Bewertung der Wahrscheinlichkeit und des Schadensmaßes zurück. Laien hingegen orientieren sich an Merkmalen der Risikoquelle (vgl. Kapitel xy). Auch das Benennen der Eintrittswahrscheinlichkeit des Ereignisses als Zahl führt nicht zu einer Anpassung der subjektiven Wahrscheinlichkeitswahrnehmung. Kognitive Verzerrungen treten aber auch bei Experten auf. Dies</p>	<p>Merkmal fachlich-inhaltliche Vollständigkeit Merkmal Moderatoren-Relevanz</p>

gilt insbesondere für die Unterschätzung oder das Weglassen der Entstehungswege für Schadensereignisse (Slovic et al., 2005)

Auch wenn die Teilnehmer der HAZOP-Studie alle Experten innerhalb ihres Fachgebietes sind, sind sie oft Laien in Bezug auf andere Fachgebiete oder Fragestellungen. Damit einher geht auch die potenziell abweichende Einschätzung von Risiken. Risiken werden in der Regel durch die Angabe von Wahrscheinlichkeiten beurteilt (vgl. Kapitel 4.1.2). Dies kann insbesondere für die Teilnehmer der Studie eine Herausforderung darstellen, da sie die statistische Wahrscheinlichkeit nicht richtig einordnen und wahrnehmen können.

Merkmal fachlich-inhaltliche Vollständigkeit

**Brainstorming-Methode**

Einhaltung der Grundprinzipien des Brainstormings  
Damit Brainstorming funktioniert, müssen die Grundprinzipien eingehalten werden: 1) Kritik findet später statt, 2) freies Gedankenspiel 3) Quantität geht vor 4) Aufgreifen von Ideen.

Die Einhaltung der Grundprinzipien ist in den meisten HAZOP-Studien nicht gegeben. Weder geht es darum, Kritik außen vor zu lassen, noch ist es sinnvoll, die Durchführung der Studie auf Quantität zu stützen. Hierdurch wird sich der vermeintlich positive Effekt des Brainstormings nicht einstellen.

Merkmal fachlich-inhaltliche Vollständigkeit

Einzelideen hochwertiger als Gruppenlösungen

In Studien konnte 1958 herausgefunden werden, dass Einzelpersonen nicht nur mehr Ideen, sondern auch hochwertigere Ideen zusammenbringen als Vergleichsgruppen, in denen gebrainstormt wurde.

Die Ideengenerierung durch Einzelpersonen wird derzeit im Rahmen des Brainstorming-Verfahrens in der betrieblichen Praxis nicht eingesetzt. Die Qualität und die Anzahl der Abweichungen, Ursachen, Auswirkungen und Gegenmaßnahmen kann dadurch nicht ausreichend für das Erreichen des notwendigen Schutzniveaus sein.

Merkmal fachlich-inhaltliche Vollständigkeit

Hemmender Effekt im Rahmen des Brainstormings

Während der Durchführung von Brainstorming hemmen und blockieren sich die Teilnehmer gegenseitig. Diese Blockierung ist eine Folge der Konvention, dass in einer Gruppe zu jedem Zeitpunkt jeweils nur ein Mitglied das

---

**Wort ergreifen kann (Herrmann, 2012). Gibt es keine Gruppe und die Ideen des Einzelnen können ungehindert fließen, dann entstehen mehr und bessere Ideen.**

---

Auch im Rahmen der HAZOP-Studie ist davon auszugehen, dass als Folge der Konvention, dass in einer Gruppe zu jedem Zeitpunkt jeweils nur ein Mitglied sprechen kann, andere Mitglieder blockiert werden. Das kann dazu führen, dass Abweichungen unerkannt bleiben oder Risiken nicht richtig eingeschätzt werden. Hierbei spielt aus Sicht der Autorin auch die Wirkung und Dominanz des Moderators eine wesentliche Rolle. Je dominanter und präsenter der Moderator ist – dies gilt auch für andere Teilnehmer –, desto eher ist von einer Blockade auszugehen.

---

### 3.4 Zusammenfassung und Beantwortung der Forschungsfragen

Die systematische Literaturrecherche hat gezeigt, dass eine Reihe an Faktoren existiert, die die Durchführung der Studie und das Studienergebnis beeinflussen. Insbesondere der Blick über die fachspezifische Literatur hinaus in interdisziplinäre Wissenschaftsbereiche macht deutlich, dass sich z. B. durch die individuelle Risikowahrnehmung und -beurteilung viele Unsicherheiten und potenzielle Abweichungen ergeben. Die Forschungsfragen aus Kapitel 2.2 werden nachfolgend aufgegriffen und der jeweils hemmende Einfluss wird zusammenfassend dargestellt:

#### 1. Forschungsfrage der systematischen Literaturrecherche (FF1)

„Welche hemmenden Einflussfaktoren können bei der Durchführung des HAZOP-Verfahrens durch den Einfluss des **Moderators** identifiziert werden und welche Auswirkungen haben die identifizierten Einflussfaktoren auf das zu erreichende Schutzniveau der HAZOP-Studie?“

Die systematische Literaturrecherche hat gezeigt, dass sich für den Moderator zahlreiche Einflussfaktoren ergeben, die bisher kaum oder gar nicht in der Literatur betrachtet wurden.

So ist u. a. die Qualifikation der Moderatoren im Rahmen der Literatur und der Normung bisher wenig beschrieben. Dies gilt nicht nur für die Erstqualifizierung, sondern auch für regelmäßige Fortbildungen, die sinnvoll sein könnten. Vielmehr wird durch die Arbeitgeber versucht, die Qualifikation über eine langjährige Berufserfahrung sicherzustellen. Da der Moderator eine zentrale Rolle einnimmt, können eine lückenhafte Qualifikation und wenig Erfahrung bei der Durchführung von HAZOP-Studien zu einem nicht ausreichenden Schutzniveau als Studienergebnis führen.

Daraus ergibt sich auch, dass die Beschreibung der Rolle des Moderators aus Sicht der Autorin nicht nur nicht ausreichend ist, sondern in der Praxis auch dazu führen kann, dass die Meinung und Perspektive des Moderators eine zu starke Gewichtung in der Diskussion bekommt. Eine offene und gleichberechtigte Diskussion findet dann nicht statt.

#### 2. Forschungsfrage der systematischen Literaturrecherche (FF2)

„Welche hemmenden Einflussfaktoren können sich bei der Durchführung des HAZOP-Verfahrens durch die persönliche **Risikowahrnehmung** des Experten ergeben und welche Auswirkungen haben die identifizierten Einflussfaktoren auf das zu erreichende Schutzniveau der HAZOP-Studie?“

Die systematische Literaturrecherche (tabellarische Auswertung siehe Tabelle 3-9) zeigt deutlich, dass der individuellen Risikowahrnehmung und -beurteilung im Rahmen der HAZOP-Studien eine besondere Aufmerksamkeit zukommen sollte. Es konnten auch hier zahlreiche Einflussfaktoren identifiziert werden,

die im Rahmen der persönlichen Risikowahrnehmung einen Einfluss auf die HAZOP-Studie haben. Das kontinuierliche Wirken vereinfachter Denkprozesse und Heuristiken sowie das Erfüllen kultureller Konventionen beeinflussen bei allen Teilnehmern der HAZOP-Studie das Treffen von Entscheidungen und die Diskussion von Risiken. Die Wirkung von Heuristiken, basierend auf dem Wissen und den Erfahrungen der einzelnen Teilnehmer, aber auch durch den Moderator selbst kann es zu einer Fehleinschätzung von Risiken kommen. Auch kann die unterschiedliche Risikowahrnehmung und -beurteilung dazu führen, dass bestimmte Abweichungen gar nicht erkannt oder Risiken falsch eingeschätzt werden. Sodann kann ein ausreichendes Schutzniveau nicht sichergestellt werden.

### **3. Forschungsfrage der systematischen Literaturrecherche (FF3)**

„Welche hemmenden Einflussfaktoren können bei der Durchführung des HAZOP-Verfahrens durch die Anwendung der **Brainstorming-Methode** identifiziert werden und welche Auswirkungen haben die identifizierten Einflussfaktoren auf das zu erreichende Schutzniveau der HAZOP-Studie?“

Im Rahmen der systematischen Literaturrecherche (tabellarische Auswertung siehe Tabelle 3-9) konnte aufgezeigt werden, dass sich der Erfolg dieses Ansatzes in der Praxis nicht einstellt. Weder die Anzahl noch die Qualität der generierten Ideen waren mit der Brainstorming-Methode besser als im Falle von Einzelpersonen. Im Hinblick auf die HAZOP-Studie sollte der Brainstorming-Ansatz kritisch betrachtet werden. Inwieweit der Brainstorming-Prozess bei der Identifikation von Abweichungen, Ursachen, Auswirkungen oder Gegenmaßnahmen eher hemmend wirkt, bleibt zunächst offen. Im Rahmen der Fachliteratur konnten keine Empfehlungen dazu gefunden werden, anhand welcher Maßnahmen das Brainstorming so durchgeführt werden kann, dass es zu einer qualitativ hochwertigen Studie beiträgt. Aus Sicht der Autorin ist in jedem Fall anzunehmen, dass das Brainstorming auch einen hemmenden Einfluss auf die Durchführung der HAZOP-Studien und das Studienergebnis haben kann. Auch hierbei spielt der in der ersten Forschungsfrage genannte Moderator eine entscheidende Rolle.

Vor dem Hintergrund der identifizierten hemmenden Einflussfaktoren als Ergebnis der Literaturrecherche sollen in dieser Dissertation insbesondere die Rolle des Moderators sowie der Brainstorming-Ansatz im Rahmen von Studierenden- sowie Expertenstudien näher untersucht werden. Ziel ist es, Maßnahmen abzuleiten, um die ggf. hemmend wirkenden Einflussfaktoren zu reduzieren und so die Qualität der HAZOP-Studie zu erhöhen.

### **3.5 Fazit zur systematischen Literaturrecherche**

Die systematische Literaturrecherche hat gezeigt, dass es zahlreiche Einflussfaktoren gibt, die hemmend auf die Durchführung und das Ergebnis der HAZOP-Studie einwirken können.

Hierzu gehört u. a., dass es keine standardisierten Anforderungen an die Qualifizierung und Fortbildung der Moderatoren sowie keine nationale oder internationale Zertifizierung gibt. Damit bleibt den Moderatoren und den Unternehmen eine verhältnismäßig freie Wahl, welche Qualifizierungen in welchem Zeitraum stattfinden. Die fehlenden konkreten Anforderungen führen aus Sicht der Autorin dazu, dass keine Einheitlichkeit in den Qualitätsvorgaben besteht und daher die Qualität der HAZOP-Studien reduziert sein kann. Die Reduzierung der Qualität kann sich dabei sowohl auf die Art der Durchführung, also methodisch-didaktische Kompetenzen, als auch auf das Fachwissen beziehen, das erforderlich ist, um eine fundierte HAZOP-Studie durchführen zu können. Um hierzu eine weitere Einschätzung vornehmen zu können, wird die Durchführung der Expertenstudie als sinnvoll erachtet und im Rahmen der methodischen Vorgehensweise bestätigt. Über die Expertenbefragung gilt es zu ermitteln, welche Aus- und Weiterbildungen stattfinden und wie die Wahrnehmung und Einschätzung der Wirksamkeit des HAZOP-Verfahrens durch die Experten ausfällt.

Ein weiterer Aspekt, der die Durchführung der Expertenstudie bestätigt, sind die gewonnenen Erkenntnisse der Risikowahrnehmung und -beurteilung. Die recherchierte Erkenntnis, dass die Risikowahrnehmung und -beurteilung sehr individuell auf Basis persönlicher und konventioneller Heuristiken stattfindet, kann bereits per se ein Indiz für ein unbefriedigendes Studienergebnis darstellen. Aus Sicht der Autorin spielt hier zudem ein weiterer Faktor eine Rolle. Nicht nur die individuelle Risikowahrnehmung und -beurteilung kann zu Abweichungen im methodischen Vorgehen und den Studienergebnissen führen, sondern insbesondere auch die kombinierte Anwendung mit dem Brainstorming-Verfahren. Durch das Brainstorming-Verfahren soll eine deutlich häufigere und lebendige Diskussion geführt werden, die wiederum einen Einfluss auf die Meinung und das Engagement der Teilnehmer hat. Im weiteren Verlauf dieser Dissertation gilt es daher zu ermitteln, ob die Risikowahrnehmung und -beurteilung als Team durchgeführt oder ausschließlich durch den Moderator vorgenommen werden sollte und wie das Potenzial zur Beeinflussung der Experten wahrgenommen wird. Nur wenn die Experten selbst eine Sensibilisierung für ihre individuelle und höchst beeinflussbare Risikowahrnehmung und -beurteilung besitzen, können entsprechende Gegenmaßnahmen, die im Rahmen dieser Dissertation zu erarbeiten sind, angestrebt und wirksam umgesetzt werden.

Die systematische Literaturrecherche hat ebenfalls verdeutlicht, dass die Brainstorming-Methode nicht zu den Ergebnissen führt, die als kollektive Meinung vorherrscht. Unter der Annahme, dass Brainstorming eher hemmend auf die Anzahl und die Vielfältigkeit der Ergebnisse wirkt, sollte ein detaillierter Blick auf die Anwendung der Brainstorming-Methodik im HAZOP-Verfahren geworfen werden. Für den weiteren Verlauf dieser Arbeit wird hierzu eine weitere Studie mit Studierenden angestrebt. Das Ziel dieser Studie besteht darin, eine Bewertung der Beurteilungsunterschiede innerhalb der HAZOP-Studien vornehmen zu können. Ziel ist es, anschließend eine Aussage darüber treffen zu können, ob durch die Brainstorming-Methode alle Abweichungen systematisch identifiziert werden oder ob es deutliche Unterschiede in den

einzelnen Arbeitsschritten und damit auch im Gesamtergebnis gibt. Die Durchführung dieser Studie wird damit ebenfalls bestätigt und ist erforderlich, um im Ziel dieser Dissertation Maßnahmen identifizieren zu können, die ein einheitliches und ausreichendes Schutzniveau auch bei unterschiedlichen Moderatoren gewährleisten.

## **4 Studie zur Untersuchung des Brainstormings in der Durchführung von HAZOP-Studien**

Die Identifizierung der hemmenden Faktoren bei der Durchführung von HAZOP-Studien lässt vermuten, dass sich Abweichungen innerhalb der Analyse und Beurteilung von Risiken ergeben. Dabei können Abweichungen auf der einen Seite durch die Anwendung der Brainstorming-Methodik entstehen, auf der anderen Seite hat die systematische Literaturrecherche gezeigt, dass sich durch die individuelle Wahrnehmung und den Einfluss gelebter Konventionen auch Abweichungen bei der Wahrnehmung und Bewertung von Risiken ergeben. Zudem wurde deutlich, dass der Moderator selbst einen erheblichen Einfluss auf die Durchführung der HAZOP-Studie und damit auch das Studienergebnis hat. Aus dieser Annahme ergibt sich folgende Fragestellung, die für die vorliegende Studie forschungsleitend (Studienforschungsfrage - SFF) ist:

- SFF: Führt die Anwendung der Brainstorming-Methodik im Rahmen der HAZOP-Studie in mehreren vergleichbaren Studien zu unterschiedlichen Beurteilungsergebnissen und Schutzniveaus?

Hierzu wurde eine vereinfachte verfahrenstechnische Anlage kreiert, die durch mehrere Teilnehmergruppen im Rahmen eines HAZOP-Verfahrens beurteilt werden sollte. Der Aufbau der Studie sowie die zu beurteilende Anlage sind in Tabelle 4-4 beschrieben.

Neben der Anwendung des HAZOP-Verfahrens sollten die Teilnehmer eine Risikoeinschätzung zur Definition der Gegenmaßnahmen vornehmen. Dies wird methodisch wie folgt begründet:

- Die Durchführung der HAZOP-Studien erfolgt in der betrieblichen Praxis in den meisten Fällen einschließlich der Risikobeurteilung. Ziel ist es, die gängige Praxis in der methodischen Studie abzubilden.
- Die Einschätzung des Risikos ist im Rahmen der Dissertation von besonderem Interesse, da sie in hohem Maße durch individuelle Faktoren (Heuristiken) beeinflusst wird und somit über den Moderator einen entscheidenden Einfluss auf das Studienergebnis haben kann.

Zur Identifizierung und Bewertung der Risiken erhalten die Teilnehmer eine Risikomatrix zur naturwissenschaftlich-technischen Einschätzung des Risikos. Hierbei handelt es sich um ein gängiges Praxiswerkzeug, das in zahlreichen HAZOP-Studien zum Einsatz kommt. Ziel ist es, hierdurch die Einschätzung des Risikos möglichst objektivierbar zu gestalten. Zur Entscheidungsfindung, welcher Bezugsrahmen den Teilnehmern zur Studie vorliegen soll, und bedingt durch hohe Zahl existierender Risikobewertungstools wurden in der Vorbereitung der Studie die relevanten Aspekte der naturwissenschaftlich-technischen Risikoeinschätzung ergänzend recherchiert und werden nachfolgend zusammengefasst.

#### **4.1 Risikobewertung im naturwissenschaftlich-technischen Kontext**

In dem vorangegangenen Kapitel wurde im Rahmen der systematischen Literaturrecherche die Problematik der Risikowahrnehmung dargestellt. Zahlreiche personenbezogene oder quellenbezogene Faktoren sowie kognitive und motivationale Mechanismen beeinflussen den Prozess der Risikowahrnehmung und -bewertung und zeigen damit auf, welche Herausforderungen mit der Einschätzung und Bewertung von technischen Risiken verbunden sind. Dieses Kapitel thematisiert u. a. die Modelle zur Einschätzung der Risikokomponenten, der Schadensschwere und der Eintrittswahrscheinlichkeit, da diese im Rahmen des HAZOP-Verfahrens regelmäßig zur Anwendung kommen.

Kritik an der Einschätzung von technischen Risiken besteht insbesondere in der Abstraktionsleistung der Objektivierung des Risikos. Diese widerspricht vielen Veröffentlichungen und Publikationen der Risikoproblematik (Renn et al., 2007). Technische Risikoanalysen werden von Beck als interessengebundene Strategien beschrieben, die dazu beitragen, Risiken als zumutbar zu deklarieren und Verantwortungen und Zuständigkeiten abzuwälzen. Ebenso führen Risikoanalysen, in denen das Risiko generalisiert wird, dazu, dass großtechnische Risikoquellen (wie bspw. die Kernenergie) begünstigt und alternative Techniken mit geringerem Katastrophenpotenzial benachteiligt werden (Renn et al., 2007).

Grundsätzlich muss jedoch festgestellt werden, dass jede vermeintlich objektive Risikoanalyse und -bewertung auf subjektiven Kriterien und Prinzipien beruht und von den Werten und Konventionen der Gesellschaft des beurteilenden Individuums abhängig ist (Douglas et al., 1983).

Nach Renn besteht der Anspruch einer Risikoanalyse jedoch nicht unbedingt darin, das objektive Risiko zu bestimmen, sondern vielmehr darin, die Einschätzung von Risiken vergleichbar zu machen und so potenzielle Gefahren relativ zueinander betrachten zu können. Dies kann nur auf Basis der Generalisierung von Risiken hinsichtlich bestimmter Risikoindikatoren erfolgen.

In Anlehnung an diese Vorstellung zum naturwissenschaftlich-technischen Risikokzept wird das in Abbildung 4-1 dargestellte Modell herangezogen. Dabei setzt sich die Risikobeurteilung aus dem Baustein

der Risikobestimmung und der Risikobewertung zusammen. Die durchzuführenden Arbeitsschritte der Risikobestimmung und der Risikobewertung werden im Folgenden näher erläutert.

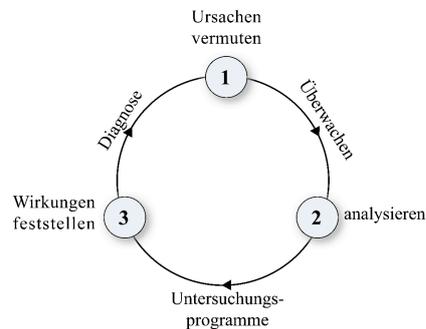


Abbildung 4-1: Komponenten des Risk-Assessment (Rowe, 1983)

#### 4.1.1 Risikoidentifizierung

Der erste Schritt zum Umgang mit Risiken besteht in der Identifizierung eines bestehenden Risikos, welche ebenfalls von multidimensionalen Faktoren abhängig ist. Bei offensichtlichen Risiken, z. B. der Gefährdung von Personen durch eine Stofffreisetzung, fällt die Identifizierung vergleichbar leicht. Je komplexer oder weniger offensichtlich Risiken sind, desto schwerer fällt die Identifizierung und desto größer wird der Einfluss persönlicher Dispositionen (Fritzsche, 1986).

Nach Fritzsche ist die Erkennung von etwaigen Gefährdungen bzw. Risiken auch in Abhängigkeit von der Fragestellung bzw. dem Umfang der Fragestellung eine Herausforderung. Da etwa 53.000 Chemikalien registriert sind (ECHA, 2017), 100.000 industriell gefertigte Arzneimittel in Deutschland (ABDA, 2016) auf dem Markt zur Anwendung kommen und etwa 3.000 Chemieunternehmen täglich betrieben werden (VCI, 2017), ist die Beantwortung der Frage nach dem sich hieraus ergebenden Risiko nicht unbedingt einfach zu beurteilen.

Jede Erfassung, Beschreibung oder Erörterung von Risiken geht von einem bewusst oder unbewusst unterstellten Verständnis dessen aus, was Risiko ist und was als Risiko angesehen wird. Dass es diesbezüglich keine vollkommene Einheitlichkeit geben kann, ist neben dem gesellschaftlichen Kontext auch auf die individuellen Betrachtungsperspektiven, rational oder emotional geprägte Empfindlichkeiten sowie das konzeptionelle Vorverständnis zurückzuführen (Banse et al., 1998).

Hinsichtlich der Risikoidentifizierung unterscheidet man im Wesentlichen zwischen „alten“ und „neuen“ Risiken (Banse et al., 1998; Fritzsche, 1986). Bereits bekannte bzw. „alte“, traditionelle Risiken sind solche, die zeitlich begrenzt und berechenbar sind. Das Eingehen solcher Risiken erfolgt in der Regel bewusst und es ist davon auszugehen, dass ein kognitives Bild des Entscheiders über das mögliche Schadensausmaß sowie die Eintrittswahrscheinlichkeit existiert. Für traditionelle Risiken besteht ein gesellschaftliches Verständnis oder eine Konvention über die Risikohöhe, was die Entscheidung, das Risiko einzugehen, vereinfachen kann.

„Neue“ Risiken müssen nicht zwangsläufig durch neue Produkte, Verfahren oder Entwicklungen entstehen. Sie können auch für bereits bestehende und bekannte Risiken identifiziert werden, wenn z. B. neue Forschungserkenntnisse existieren oder die Verbreitung eines Produktes oder von Tätigkeiten dazu führt, dass Schutzmaßnahmen diesbezüglich nicht mehr ausreichen (Fritzsche, 1986). Zum Beispiel führt die Entdeckung neuer Auswirkungen oder Expositionspfade bei Gefahrstoffen oder biologischen Arbeitsstoffen dazu, dass sie im Rahmen von Tätigkeiten nicht mehr bedenkenlos eingesetzt oder sogar verboten werden. Das bekannteste Beispiel ist der Asbest. Früher als „Wunderstoff“ angepriesen, der nicht brennbar und absolut dicht und somit vielfältig einsetzbar sei, wurde die Wahrheit um das Gefährdungspotenzial erst allmählich aufgedeckt. Trotz der Entdeckung des Kausalzusammenhanges zwischen einer Asbestexposition und der Erkrankung an Lungenkrebs bzw. Asbestose um 1940 kam es erst 2005 zu einem EU-weiten Verbot von Asbest (Märschel, 2010).

Neben neuen Erkenntnissen, die eine Risikoeinschätzung verändern können, führt auch die Wahrnehmungsveränderung der Gesellschaft zur „Entdeckung“ neuer Risikopotenziale. Auf diesen Prozess nimmt z. B. die Thematisierung bestimmter Risiken in der Öffentlichkeit, in den Medien oder in politischen Diskussionen sowie in der Politik allgemein Einfluss (Banse et al., 1998).

Nach Fritzsche ist die Risiko- bzw. Gefahrenerkennung primär eine Aufgabe der anwendungsorientierten Forschung. Ihr fällt in diesem Zusammenhang eine wesentliche Aufgabe zu, die in unserer Industriegesellschaft, in der technisch-wissenschaftliche Zusammenhänge weitverzweigt und komplex geworden sind, immer herausfordernder erscheint (Fritzsche, 1986).

Banse und Bechmann beschreiben den Prozess der Risikowahrnehmung bzw. -identifizierung wie folgt.

„Risikowahrnehmung [Risikoidentifizierung] i. e. S. kann als zielgerichteter und methodisch orientierter, somit bewusst organisierter und reflektierter, empirisch oder theoretisch, deskriptiv oder normativ ausgerichteter Prozess des Erkennens und Begreifens von Risiken, des Aufweisens und des Erfassens von möglichen Schadens- und Gefahrendimensionen, von Ursache-Wirkungs- bzw. Ursache-Folgen-Beziehungen, von Gewinnchancen, Verlustmöglichkeiten und Gefährdungspotenzial usw. verstanden werden. Dabei geht es sowohl um begründete Vermutungen über risikobegründete Phänomene und ihre Be- und Umschreibung als auch um das (zufällig, spontane Erkennen und (systematische) Erfassen von Risikosituationen und risikoträchtigen Handlungen, ihren potenziellen Folgen und den Bedingungen ihres Eintretens. Risikowahrnehmung [Identifikation] umfasst aber auch [...] Faktoren der, Determinanten und Regularitäten des Wahrnehmungsprozesses selbst“. (Banse et al., 1998)

Aufgrund der Komplexität, die mit der Risikoerkennung verbunden ist, ist es zielführend, systematische Verfahren oder Methoden zu verwenden. Grundsätzlich kann das Vorgehen zur Risikoidentifizierung mittels des in Abbildung 4-2 schematisch dargestellten Regelkreises beschrieben werden.

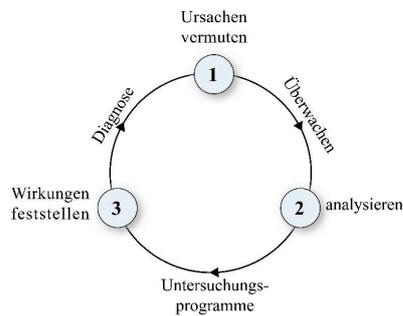


Abbildung 4-2: Schematische Darstellung des Vorgehens zur Identifizierung von Risiken (Kates, 1978)

Die Vermutung einer Ursache für eine Gefährdung stellt den ersten Schritt dar. Dies kann z. B. durch ein neues Produkt, eine neue verfahrenstechnische Komponente oder eine unerforschte Technologie begründet sein (1). Auf Basis dieser Vermutung erfolgt die zielgerichtete und systematische Analyse einer vermuteten Gefährdung. Die Vermutung kann durch Überwachungsprogramme in Form von standardisierten Labortests, Prüfungen oder durch retrospektive Recherchen durchgeführt werden. Die Ergebnisse dieser Überwachungsprogramme werden untersucht und die vermutete Ursache bestätigt oder widerlegt (2). Die abschließende Feststellung eines Ursachen-Wirkungs-Zusammenhangs erfolgt im dritten Schritt des Regelkreises (3). Der Regelkreis kann auch an einer anderen Stelle beginnen. Das Auftreten eines technischen Defekts oder einer Erkrankung führt dazu, dass zunächst die Wirkung identifiziert wird. Darauf aufbauend erfolgt der Versuch zur Identifizierung der Ursachen (in Anlehnung an Fritzsche, 1986). Die Identifizierung des Risikos findet im Rahmen der HAZOP-Studie durch das Anwenden der Brainstorming-Methode statt. Diese stellt eine Unterstützung dar, um dem Prozess zur Identifizierung und Abschätzung der Risiken zu begegnen. Allerdings ergeben sich hieraus auch Schwachstellen, welche im Rahmen der hemmenden Faktoren bereits beschrieben wurden. Um eine Gefährdung vollständig identifizieren zu können, muss der Beurteilende diese im Analyseprozess als solche erkennen und entsprechend bewerten. Ist eine vorliegende Gefährdung nicht Gegenstand der Erfahrung oder eigenen Vorstellungskraft, kann es unwahrscheinlich werden, die Gefährdung zu identifizieren. Zusammenfassend zeigt sich, dass die Problematik der Risikoidentifizierung auch unter Zuhilfenahme von methodischen Instrumenten bestehen kann, wenngleich diese eine Unterstützung zur Risikoidentifizierung bieten.

#### 4.1.2 Risikoabschätzung

Während die Risikoidentifizierung bedeutet, Risiken kognitiv zunächst unabhängig von konkreten möglichen Konsequenzen zu erfassen, ist das Ziel der Risikoabschätzung das systematische und systematisierte, eventuell sogar quantifizierte Eingrenzen und Darstellen der Risikosituation (Banse et al., 1998). Nach Fritzsche (1986) stehen drei Möglichkeiten zur Quantifizierung zur Verfügung.

- die Extrapolation aus bisherigen Erfahrungen,
- die Simulation der für die Gefährdung verantwortlichen Prozesse und
- die wohl abwägende Mutmaßung.

Die erste Möglichkeit zur Quantifizierung von Risiken besteht in der Sammlung, Analyse und Auswertung von statistischen Parametern. Statistische Parameter können dabei über bestimmte Betriebszustände, die Zuverlässigkeit technischer Bauteile oder die Art und Häufigkeit von Unfällen vorliegen. Durch die Analyse retrospektiv vorliegender statistischer Daten kann die Abschätzung eines plausiblen Schadensausmaßes sowie einer für den Betrachtungszeitraum spezifischen Eintrittswahrscheinlichkeit des Ereignisses erfolgen (Fritzsche, 1986).

Die zweite aufgeführte Verfahrensweise zur Risikoabschätzung stellt die Simulation von Gefährdungen dar. Dies kann bspw. durch Laborversuche oder Experimente erfolgen, die in einem handhabbaren Maßstab durchgeführt werden. Alternativ können naturwissenschaftliche Prozesse hinsichtlich einer möglichen Gefährdung analysiert und darauf aufbauend zu einem theoretischen Modell zusammengefügt werden (Fritzsche, 1986).

Die dritte genannte Möglichkeit verweist auf eine fehlende oder nicht verfügbare Datenlage, welche durch eine Experteneinschätzung hinsichtlich der vorliegenden Risikosituation gedeckt werden muss. Dies kann insbesondere für neue Betriebsweisen, Verfahren oder Stoffe erforderlich werden und basiert auf der Erfahrung und dem „Ingenieurgefühl“ des Experten (Fritzsche, 1986).

Die aufgeführten Varianten zur Abschätzung von Risiken bergen sowohl hinsichtlich des Vorgehens und der Methodik als auch der Quantifizierung eine Reihe von Schwierigkeiten. Grundsätzlich stellt die Genauigkeit eine Komponente dar, welche innerhalb des Prozesses zur Risikoabschätzung häufig nur beschränkt vorliegt. Die exakte mathematische Abbildung von Ereignisabläufen, deren Ausmaß sowie der Eintrittswahrscheinlichkeit ist kaum möglich. Das hierzu erforderliche Datenmaterial liegt in der Regel nicht mit dem erforderlichen Detaillierungsgrad vor, sodass Unsicherheiten bei der Risikoabschätzung unvermeidbar sind (Fritzsche, 1986). Die fehlende Genauigkeit ist vielfach auch darauf zurückzuführen, dass wissenschaftliche Risikoberechnungen nur Durchschnittswerte über einen (theoretisch unendlich) langen Zeitraum widerspiegeln, ohne dass deutlich wird, wann und wo sich der Schaden ereignet hat, sowie ohne Angaben über die Genauigkeitsgrenzen oder die Streuung (Renn et al., 2007). Im Umgang mit Unsicherheit werden vielfach Abschätzungen z. B. hinsichtlich der Beschreibung komplexer multidimensionaler Prozesse oder der Eintrittswahrscheinlichkeit getroffen und mit einer „Sicherheitsreserve“ beaufschlagt, um eine Quantifizierung überhaupt zu ermöglichen. Das Treffen von Annahmen oder Abschätzungen zeigt, dass die Risikoeinschätzungen in der Regel auf einer Datenlage beruhen, die als unvollständig bezeichnet werden kann.

Die Datenlage weist z. B. bedingt durch fehlenden Anfangs- und Endzeitpunkt, nicht berücksichtigte Abhängigkeiten oder unübersichtliche Interaktionen einen Unsicherheitsgrad auf, der zwar durch z. B. sich

wiederholende Ereignisse (Labortests, Simulation) verringert, jedoch kaum auf null reduziert werden kann (Banse et al., 1998). Die günstigste Voraussetzung für realistische Werte liegt vor, wenn sich auf einen Sachverhalt (1) eine größere Zahl (2) gleichartiger Elemente oder Komponenten unter (3) vergleichbaren Umgebungsbedingungen über (4) einen längeren Zeitraum bezieht (Banse et al., 1998). Dieses Kriterium kann von der zur Risikoabschätzung herangezogenen Datenlage oftmals nicht erfüllt werden.

Aufbauend auf der meist fehlenden Genauigkeit und Vollständigkeit der Datenlage stellt bei der Risikoabschätzung die Subjektivität ein weiteres Einflusskriterium dar (Fritzsche, 1986). Die Anwendung von Methodikinstrumenten, um Risiken zu quantifizieren, unterliegt dem Einfluss des Anwenders hinsichtlich seines Vorwissens, seiner persönlichen Präferenzen oder eigenen Erfahrungen.

Die Einschätzung von Risiken wird darüber hinaus stark von Heuristiken geprägt (vgl. Kapitel xy). Je leichter sich der Anwender an ein Ereignis erinnert, als umso wahrscheinlicher wird dessen Eintritt eingeschätzt. Die „Daumenregeln des Denkens“ bieten in Entscheidungsfällen, insbesondere bei schwierigen Denkaufgaben, eine erfolgreiche kognitive Unterstützung, können aber zu Fehlern bei der Risikoabschätzung führen.

Die Risikoabschätzung beinhaltet eine Reihe systematisch-methodischer Arbeitsschritte, welche je nach Fragestellung sukzessive aufeinander aufbauend oder parallel zueinander durchgeführt werden. Der schematische Ablauf, ausgehend vom auslösenden Ereignis, ist in Abbildung 4-3 dargestellt.

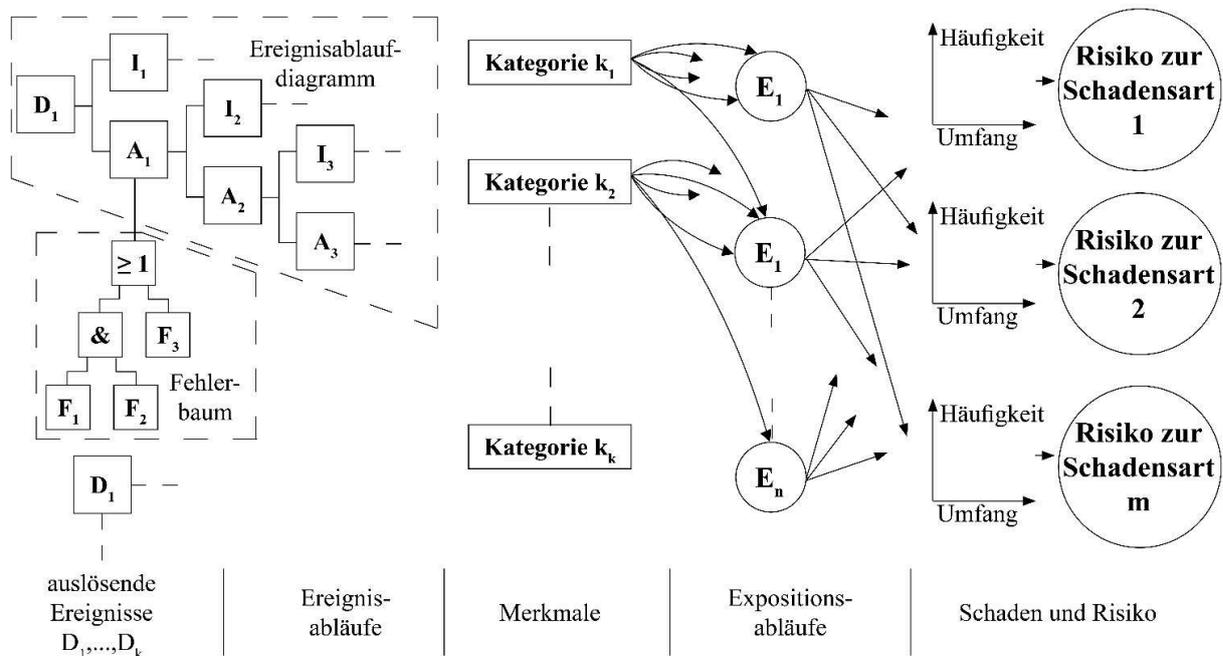


Abbildung 4-3: Schematische Darstellung des Kausalzusammenhangs Ereignis und Schaden (Hauptmanns et al., 1987)

Die Identifizierung des auslösenden Ereignisses stellt dabei den ersten Schritt dar, um den Kausalzusammenhang zwischen einem Ereignis und einem Schaden herstellen zu können. Die darauf

aufbauende Beschreibung von Ereignisabläufen kann mit verschiedenen Methoden systematisch durchgeführt werden (z. B. Ereignisablaufdiagramm). Hieraus ergeben sich sog. Ereigniskategorien, z. B. ein Brand oder eine Leckage. Die Kategorien werden von Merkmalen beeinflusst, welche die Rand- und Umgebungsbedingungen der Kategorie beschreiben und so verschiedene Expositionsabläufe begründen. Abschließend erfolgt die Festlegung der Häufigkeit sowie des Umfangs bzw. der Schadensschwere des Ereignisses zur Definition eines Risikos (Hauptmanns, 2013). Die Beschreibung von Ereignisabläufen gestaltet sich im Hinblick auf technische Anlagen nicht trivial. Wie bereits im Abschnitt zuvor erwähnt, können retrospektive Analysen Aufschluss über Schadensereignisse und deren Ablauf geben. Bei hochkomplexen technischen Anlagen ist der Eintritt eines Störfallereignisses jedoch eher selten, sodass in der Regel nur wenig belastbare Daten über Ereignisse und deren Ablauf vorliegen. Die Durchführung einer probabilistischen Risikoeinschätzung stellt so oft die einzige Möglichkeit dar, um über potenzielle Gefahren Auskunft zu erhalten. Ergänzend kommt hinzu, dass schwerwiegende Ereignisse erfahrungsgemäß meist durch eine Kette von Fehlern ausgelöst werden. Die Identifizierung aller denkbaren Fehlerkaskaden im Prozess zur Risikoabschätzung kann nur durch eine systematische Analyse (Ereignisablaufanalyse) erfolgen (Fritzsche, 1986).

Zwei weitere wesentliche Schritte sind die Betrachtung der möglichen Expositionsabläufe sowie die Analyse der Dosis-Wirkungs-Relation zwischen einer schädlichen Einwirkung und dem für Menschen entstehenden Schaden. Die Analyse möglicher Expositionsabläufe kann in fünf Teilschritte untergliedert werden:

1. Identifizierung der Expositionsquelle und der freigesetzten Menge,
2. Ermittlung des (anteiligen) Eintrags in die Umwelt bzw. in die Nahrungskette,
3. Identifizierung der exponierten Bevölkerungsgruppen,
4. Ermittlung der verschiedenen Aufnahmepfade und ihrer Anteile an der Gesamtaufnahme,
5. Abschätzung der inneren Exposition bzw. der wirksamen Dosis (Timm et al., 2003).

Jeder der genannten Teilschritte beinhaltet ein Vielfaches an Kombinationsmöglichkeiten und kann je nach Ausprägung die Höhe der Exposition und damit das bestehende Risiko erheblich beeinflussen. Die Ermittlung und Abschätzung der Expositionsabläufe erfolgt unter dem Einfluss der erlangten Erfahrung, persönlicher Präferenzen und situativer Faktoren und wird daher stets von subjektiven Beurteilungskriterien mitbestimmt.

Die Berücksichtigung der Dosis-Wirkungs-Relation stellt ebenfalls einen relevanten Beurteilungsschritt zur Expositionsabschätzung dar. Die Dosis-Wirkungs-Relation beschreibt den Zusammenhang zwischen der verabreichten bzw. aufgenommenen Dosis eines Stoffes und der daraus resultierenden gesundheitsschädlichen Wirkung. Im Hinblick auf die Risikoabschätzung kann eine vergleichsweise leichte Abschätzung für akute Schäden erfolgen, wenn es sich bei diesen um die Wirkung von sehr hohen Dosen

handelt. Vereinfachend kommt häufig hinzu, dass für hohe Dosen aus vergangenen Unfällen oder Ereignissen quantitative Daten vorliegen (z. B. durch mediale Wirksamkeit schwerwiegender Ereignisse in der Industrie), die die Abbildung einer realistischen Dosis-Wirkungs-Relation ermöglichen. Dies gilt z. B. für die Einnahme verschiedener Substanzen (Blausäure) oder eine hohe Dosis radioaktiver Strahlen, die mit dem Tod der exponierten Personen einhergehen (Fritzsche, 1986). Handelt es sich hingegen um kleinere Dosen, die chronische Schäden bedingen, ist die Herstellung der Dosis-Wirkungs-Relation schwieriger. Das alleinige Herstellen eines Kausalzusammenhangs zwischen der Einwirkung und einem Schaden ist häufig nicht zweifelsfrei möglich. Nach Fritzsche (1986) haben die Auswirkungen vieler Expositionen einen Zufallscharakter. So erhöht sich die Wahrscheinlichkeit, dass eine exponierte Person diesen Schaden erleidet, lediglich gegenüber nicht exponierten Personen (Fritzsche, 1986). Der tatsächliche Eintritt der Erkrankung ist hierdurch nicht zwangsläufig gegeben (Fritzsche, 1986).

Ein Beispiel für die Dosis-Wirkungs- bzw. Risiko-Relation ist in Abbildung 4.4 dargestellt. In Abhängigkeit von verschiedenen Latenzzeiten ist die Beziehung zwischen Asbest im Niedrigdosisbereich und dem Lungenkrebsrisiko von Männern dargestellt<sup>12</sup>.

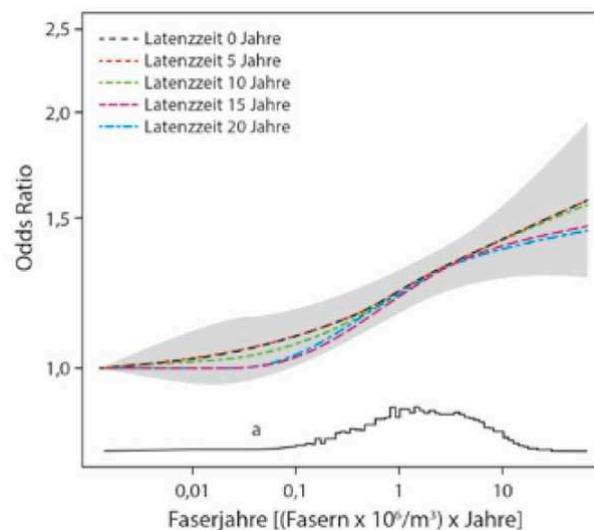


Abbildung 4-4: Dosis-Risiko-Beziehung von Asbest im Niedrigdosisbereich und dem Lungenkrebsrisiko von Männern unter Annahme verschiedener Latenzzeiten (IPA, 2017).

Die statistische Auswertung zeigt, dass die Wahrscheinlichkeit, an Lungenkrebs zu erkranken, mit ansteigenden Faserjahren zunimmt. Für die Wirkung von Asbest kann ergänzend ein Synergismus festgestellt werden. Durch die Wirkung von Asbest in Kombination mit Zigaretten erhöht sich das Risiko, an Lungenkrebs zu erkranken, um das 1,3-Fache (IPA, 2017).

<sup>12</sup> Das Odds Ratio (OR) ist eine statistische Maßzahl und dient als Schätzer des relativen Risikos. Ein OR entspricht einer Chancengleichheit, und ein OR von 2,0 entspricht einer Risikoverdopplung.

Zusammenfassend zeigen die genannten Aspekte auf, dass für die Risikoabschätzung im optimalen Fall quantitative Daten über das zu beurteilende Risiko vorliegen. Dies gilt sowohl für mögliche Expositionsabläufe als auch für die Dosis-Wirkungs-Relation des Risikos bzw. der Gefährdung. Ist dies nicht der Fall, bedarf es alternativer Wege, z. B. probabilistischer Verfahren und/oder qualifizierter Expertise, um eine geeignete Risikoabschätzung durchführen zu können. Die Einschätzung von Risiken erfolgt in der Praxis durch die Extrapolation von bisher gewonnenen Erkenntnissen für die Merkmalsausprägungen Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadensausmaß.

#### 4.1.2.1 Schadensausmaß

Das Schadensausmaß eines bestehenden Risikos nimmt Einfluss auf die individuelle Risikowahrnehmung. Je größer und weitreichender sich Schäden ausbreiten, als desto risikoreicher wird das mit der Tätigkeit oder Technologie verbundene Risiko eingestuft. Die Zunahme technischer und industrieller Entwicklungen wird in den vergangenen Jahren auch von einem Anstieg von Gefahren globaler, katastrophaler und langfristiger Schäden für die Natur und die Bevölkerung begleitet. Jungermann und Slovic (1993) stellen in diesem Zusammenhang heraus, dass die gefährlichsten Folgen meist mit einer geringen Wahrscheinlichkeit und oft erst mit erheblichen zeitlichen Verzögerungen auftreten, sodass sie durch statistische Analysen nur schwer zu bestimmen sind und sich zudem durch experimentelle Versuche kaum unter Kontrolle bringen lassen (Jungermann et al., 1993).

Obwohl langfristige Schäden schwierig zu erfassen sind, konstatieren Jungermann und Slovic (1993), dass „in die Beurteilung von Risiken zunehmend qualitative, indirekte und zeitlich ferne Schäden mit einbezogen und damit sowohl Umfang als auch Reichweite des Schadenskonzepts erweitert werden“. Angelehnt an diese Aspekte kann für die Betrachtung des Schadensausmaßes eine Differenzierung in

- Primärschäden und
- Sekundärschäden

erfolgen. Primärschäden sind Schäden, die unmittelbar und nachweislich dem Ereignis zuzuschreiben sind. Im weiteren Verlauf des Kapitels werden Primärschäden detailliert betrachtet. Sekundärschäden umfassen ein weites und schwer abschätzbares Feld an möglichen Auswirkungen. Dies können z. B. ethische Folgen, politische Fehlentscheidungen oder Reputationsverluste sein. So ist heutzutage bspw. kaum etwas über langfristige Auswirkungen von genmanipulierten Nahrungsmitteln oder nanotechnologischen Produkten bekannt. Die Reichweite, der Umfang und der hohe Unsicherheitsgrad von Sekundärschäden erschweren die prognostische Abschätzung (Kahl, 2009). Das Schadensausmaß wird bei der weiteren Betrachtung, auf die in Abbildung 4-5 dargestellten Kategorien bezogen.

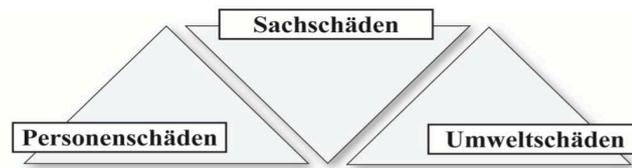


Abbildung 4-5: Kategorien Schadensausmaß (eigene Abbildung)

Personenschäden können in allen Bereichen des täglichen Lebens auftreten. Je nach Unfallort, zuständigem Versicherer oder Ursachen werden Personenschäden unterschiedlich kategorisiert. Teilweise existieren auch innerhalb eines Betrachtungsfeldes unterschiedliche Cluster zur Kategorisierung von Personenschäden.

Innerhalb des Arbeitsschutzes bzw. der gesetzlichen Unfallversicherung werden durch die Unfallversicherungsträger grundsätzlich zwei Arten von Personenschäden als Versicherungsfall unterschieden: Arbeitsunfälle und Berufskrankheiten. Wegeunfälle gehören dabei zu den Arbeitsunfällen (vgl. Abbildung 4-6).

Arbeitsunfall	Arbeitsunfälle sind Unfälle von Versicherten infolge einer den Versicherungsschutz [...] begründenden Tätigkeit (versicherte Tätigkeit). Unfälle sind zeitlich begrenzte, von außen auf den Körper einwirkende Ereignisse, die zu einem Gesundheitsschaden oder zum Tod führen (vgl. § 8 SGB VII).
meldepflichtiger Unfall	Ein Unfall ist meldepflichtig, wenn eine versicherte Person durch einen Unfall getötet oder verletzt wird, dass sie mehr als drei Tage arbeitsunfähig ist (vgl. § 193 SGB VII).
Wegeunfall	Als Wegeunfall wird jeder Unfall bezeichnet, den eine versicherte Person, beim Zurücklegen des mit der versicherten Tätigkeit zusammenhängenden unmittelbaren Weges nach und von dem Ort der Tätigkeit erleidet. Wegeunfälle sind gemäß § 8 Abs. 1 bis 4 SGB VII den Arbeitsunfällen gleichgestellt.
Berufskrankheit	Berufskrankheiten sind Krankheiten, die die Bundesregierung durch Rechtsverordnung mit Zustimmung des Bundesrates als Berufskrankheiten bezeichnet und die Versicherte infolge einer den Versicherungsschutz [...] begründenden Tätigkeit erleiden. Berufskrankheit sind dabei nur Krankheiten, die in der Anlage 1 der Berufskrankheiten-Verordnung (BKV) aufgeführt und infolge des Versicherungsschutzes entstanden sind.
anerkannte Berufskrankheit	Als anerkannte Berufskrankheit gilt eine Krankheit, wenn sich der Verdacht auf das Vorliegen einer BK im Feststellungsverfahren bestätigt hat, d. h. eine Krankheit gemäß § 9 (2) SGB VII wie eine Berufskrankheit zu entschädigen ist.

Abbildung 4-6: Versicherungsrechtlich anerkannte Schadensarten von Beschäftigten (eigene Abbildung)

Die Anzahl an Arbeitsunfällen ist bis 2005 stetig zurückgegangen (DGUV, 2017). Seit 2005 verläuft der Rückgang der gemeldeten und der tödlich verlaufenen Arbeitsunfälle nicht mehr kontinuierlich, aber weiter mit einem Abwärtstrend (DGUV, 2016). Durch die Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung erfolgt die Erfassung und Veröffentlichung der gemeldeten Arbeitsunfälle branchenspezifisch (siehe hierzu Abbildung 4-7). Die Anzahl der erfassten Arbeitsunfälle ist je nach Branche unterschiedlich und lässt sich u. a. mit dem Gefährdungspotenzial erklären, welches in den jeweiligen Bereichen typischerweise vorliegt.

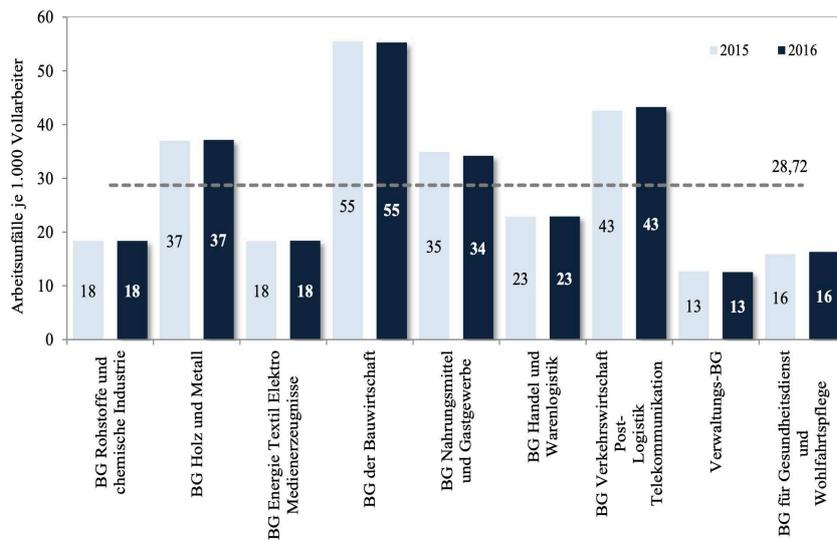


Abbildung 4-7: Versicherungsrechtlich anerkannte Schadensarten von Beschäftigten (DGUV, 2016)

Überdurchschnittlich viele Arbeitsunfälle sind in den Bereichen Holz und Metall, Bauwirtschaft und Verkehrswirtschaft sowie Post-Logistik-Telekommunikation zu verzeichnen. Im Jahr 2016 wurden insgesamt 877.071 Arbeitsunfälle gemeldet, von denen 424 tödlich ausgingen (DGUV, 2016).

Im Bereich der Berufskrankheiten können folgende statistisch versicherungsrelevante Daten aufgezeigt werden. Das Auftreten von Berufskrankheiten kann den sekundären Personenschäden zugeordnet werden.

	2015	2016	Veränderung in %
<b>Anzeige auf Verdacht einer BK</b>	<b>76.991</b>	<b>75.491</b>	<b>- 1,95</b>
<b>BK-Verdacht bestätigt</b>	<b>37.149</b>	<b>40.056</b>	<b>+ 7,83</b>
<i>darunter: neue BK-Renten</i>	<i>5.049</i>	<i>5.365</i>	<i>+ 6,26</i>
<b>Todesfälle infolge einer BK</b>	<b>2.409</b>	<b>2.573</b>	<b>+ 6,37</b>

Abbildung 4-8: Versicherungsrechtlich anerkannte Schadensarten von Beschäftigten (DGUV, 2016)

Der Nachweis der beruflichen Verursachung einer Erkrankung und deren Anerkennung als Berufskrankheit sind oftmals aufgrund einer nicht lückenlosen Dokumentation von Tätigkeiten und beruflichen Expositionen nicht komplikationslos. Neben der Feststellung der beruflichen Verursachung müssen versicherungsrechtliche Voraussetzungen erfüllt sein, um eine Berufskrankheit anzuerkennen. Der Anstieg der bestätigten BK-Verdachtsfälle lässt sich teilweise auf Berufskrankheiten zurückführen, die seit dem 01.01.2015 neu in die Berufskrankheitenliste aufgenommen wurden (DGUV, 2016).

Ein meldepflichtiger Arbeitsunfall kann durch unterschiedliche Verletzungen hervorgerufen werden. Bei der Beurteilung von Gefährdungen ist die Klassifizierung, ob eine Tätigkeit zu einem Arbeitsunfall führen kann oder nicht, sehr allgemein und kaum umfassend abschätzbar. Um Risiken hinsichtlich des

Schadensausmaßes bei Personen zu kategorisieren, existieren unterschiedliche Publikationen, die verschiedene Cluster zur Einschätzung von Personenschäden bzw. der Verletzungsschwere beschreiben.

Der Auszug der dargestellten Kategorie zur Beschreibung des Schadensausmaßes zeigt auf, dass sich diese sowohl in der Anzahl der Kategorien und in deren Gewichtung als auch in der Ausführungstiefe bzw. dem Detaillierungsgrad unterscheiden. Vier der Risikoabschätzungsverfahren verfügen über fünf Kategorien, wobei bei drei jeweils eine zusätzliche Kategorie aufgeführt ist, welche „keine Folgen“ beinhaltet (Gefährdungsmatrix nach „Thiemecke, Nohl“, „Kälble und Reudenbach“ und „DIN EN ISO 14798“).

Die jeweils maximale Kategorie des Schadensausmaßes beinhaltet in den meisten Fällen eine vergleichbare Schadensschwere. In den meisten Fällen stellt der (mögliche) Tod bzw. tödliche Folgen das maximale Schadensausmaß für Personenschäden dar. Die Risikoabschätzungsmethode nach VDI/VDE 2180 sowie die Risikoabschätzungsmethode nach Noel bedient sich darüber hinaus zur Beschreibung des maximalen Schadensausmaßes des Signalwortes „Katastrophe“. Insbesondere bei der Einschätzung nach VDI/VDE 2180 lässt sich dies im Hinblick auf den vorgesehenen Anwendungsbereich erklären (vgl. Kapitel 4.1.2.2). Die Unterscheidung zwischen reversiblen und irreversiblen Folgen bzw. Verletzungen kann als wesentliches Merkmal identifiziert werden, welches in allen aufgeführten Risikoabschätzungsmethoden berücksichtigt wird. Behinderungen, Berufskrankheiten oder Verlust von Gliedmaßen werden beispielhaft für irreversible Folgen genannt.

Die Bildung von Kategorien zur Einschätzung von Schadensschweren ist auf den technisch-naturwissenschaftlichen Ansatz zurückzuführen, welcher versucht, auf möglichst objektive und methodische Weise Schadensschweren als Multiplikator der Risikohöhe zu ermitteln und zu beschreiben (Wiedemann, 2012). Unabhängig von der Art der gegebenen Kategorien von Schadensschweren ist anzunehmen, dass bei jeder Einschätzung entsprechend dem sozialwissenschaftlichen Ansatz zur Risikowahrnehmung persönliche und kulturelle Einflussfaktoren wirken. Wie Schadensschweren durch das Individuum angesehen und eingeschätzt werden bzw. welche Präferenzen für eine mögliche Entscheidung zwischen unterschiedlichen Schadensarten und -folgen gesetzt werden, hängt nicht unwesentlich vom Framing ab (vgl. 3.2.5) (Kahl, 2009)

Nr.	Name des Verfahrens	Jahr	Autor	Kategorien Schadensausmaß					Quelle
				keine	reversibel	Verletzungs- / Erkrankungsfolgen	Irreversibel		
I	Gefährdungsmatrix nach „Thiemecke, Nohl“	1987	Noel, Jörg Thiemecke, Hartmut	keine Folgen 0	Begleitfolgen 0	Verletzungs- / Erkrankungsfolgen 0	leichter bleibender Gesundheitsschaden 1	schwerer bleibender Gesundheitsschaden, Tod 1	Thiemecke, Hartmut/ Nohl, Jörg: Systematik zur Durchführung von Gefährdungsanalysen, Forschungsbericht 536, Bundesanstalt für Arbeitsschutz, Dortmund, 1987.
II	Risikomatrix nach NOHL	1988	Noel, Jörg	1	2	3	4	möglicher Tod, Katastrophe	Nohl, J: Entwurf eines Verfahrens für die Durchführung von Sicherheitsanalysen: in: Moderne Unfallverhütung, Heft 32, Jahrgang 1988
III	MIL-STD 882 D	2000	Department of Defense	I: katastrophal Tod, permanente vollständige Behandlung hoch	II: kritisch permanente teilweise Behandlung, Verletzung, oder Erbschaftsdefizit von mind. drei Personen hoch	III: geringfügig Verletzung oder Erkrankung mit 10 oder mehr Tagen mit Abwesenheit von Arbeit ernst	IV: vernachlässigbar Verletzung oder Erkrankung mit weniger als 10 Tagen Abwesenheit mittel		MIL-STD-882D: Standard Practice for System Safety, February 2000, United States of America, Department of Defence
IV	Kälble und Reudenbach	2000	Kälble und Reudenbach	S1 keine Folgen 1	S2 Bagattelfolgen 2-3	S3 mäßig schwere Folgen (ohne Dauerschäden) 4-6	S4 schwere Folgen (Dauerschäden möglich) 7-8	S5 tödliche Folgen 9-10	Kälble, Bodo; Reudenbach, Roif (2016): Sichere Maschinen in Europa - Teil 3 - Risikobeurteilung, Risikobeurteilung und Sicherheitskonzept, Anleitung für die praktische Durchführung
V	DIN EN ISO 14798	2013	Deutsches Institut für Normung	1 - Hoch Tod [...] 1A	2 - Mittel schwere Verletzungen, schwere Berufskrankheiten 2A	3 - Niedrig geringe Verletzungen, geringfügige Berufskrankheiten 3A	4 - Unbedeutend keine Verletzungen, Berufskrankheiten 4A		Norm DIN EN ISO 14798, April 2013: Aufzüge, Fahrtruppen und Fahrzeuge - Verfahren zur Risikobeurteilung und -minderung (ISO 14798:2009); Deutsche Fassung EN ISO 14798:2013
VI	RAPEX	2013	Europäische Union	1 Verletzungen oder Folgeschwemmungen, die nach der Durchführung von Sofortmaßnahmen keine Funktionsbeeinträchtigung n bzw. keine großen Schmerzen verursacht; in der Regel sind Folgeschwemmungen vollkommen reversibel niedriges Risiko	2 Verletzungen oder Folgeschwemmungen, die eine ambulante, in der Regel jedoch keine stationäre Behandlung erforderlich macht. Die Funktion kann über einen begrenzten Zeitraum (maximal sechs Monate) beeinträchtigt sein; eine nahezu vollständige Wiederherstellung ist möglich mittleres Risiko	3 Verletzung oder Folgeschwemmung, die in der Regel eine stationäre Behandlung erfordert und zu einer Funktionsbeeinträchtigung während mindestens sechs Monaten oder zu einem dauerhaften Funktionsverlust führt hohes Risiko	4 Verletzung oder Folgeschwemmung, die zum Tod führt oder führen könnte, einsch. Hirntod, reproduktionsstosische Folgen, Verlust von Gliedmaßen oder schwerwiegenden Funktionsbeeinträchtigung, Behinderung von mehr als 10 % führt ernstes Risiko		Entscheidung der Kommission vom 16. Dezember 2009 zur Festlegung von Leitlinien für die Verwaltung des gemeinschaftlichen Systems zum raschen Informationsaustausch RAPEX gemäß Artikel 12 und des Meldeverfahrens gemäß Artikel 11 der Richtlinie 2001/95/EG über die allgemeine Produktsicherheit (Bekannt gegeben unter Aktenzeichen K(2009) 9843) (2010/15/EU)
VII	SUVA	2004	Schweizerische Unfallversicherungsanstalt	I - sehr groß Tod	II - groß schwerer bleibender Gesundheitsschaden	III - mittel leichter bleibender Gesundheitsschaden	IV - klein heilbare Verletzung mit Arbeitsausfall	V - gering leichte Verletzung ohne Arbeitsausfall	Suva (2004): Methode Suva zur Beurteilung von Risiken an Arbeitsplätzen und bei Arbeitsabläufen. 3. Auflage, Luzern
VIII	Risikograph VDE / VDE 2180	2004	Verein Deutscher Ingenieure e. V.	S1 leichte Verletzungen einer Person	S2 schwere irreversible Verletzungen einer oder mehrerer Personen oder Tod einer Person	S3 schwere Verletzungen oder Erkrankungen	S4 katastrophale Auswirkungen; sehr viele Tote		VDI / VDE 2180 Blatt 1 - Entwurf (2018): Funktionale Sicherheit in der Prozessindustrie, Einführung, Begriffe, Konzeption

Abbildung 4-9: Kategorien der Verletzungsschwere unterschiedlicher Risikoabschätzungsmethoden

Im Bereich des gesetzlichen und untergesetzlichen Regelwerks werden in Bezug auf Sach-, Personen- und Umweltschäden konkrete Schadensarten definiert (vgl. Abbildung 4-10).

12. BImSchV (Störfallverordnung)	<b>Ereignis</b> ... Störung des bestimmungsgemäßen Betriebs in einem Betriebsbereich unter Beteiligung eines oder mehrere gefährlicher Stoffe.
	<b>Störfall:</b> ... ein Ereignis, das unmittelbar oder später innerhalb oder außerhalb des Betriebsbereiches zu einer ernsten Gefahr oder Sachschäden [...] führt.
Umwelt-Schadensan- zeige-Verordnung	<b>Erhebliches Schadensereignis:</b> ....jede Störung des bestimmungsgemäßen Betriebs der Anlage, durch die außerhalb der Anlage Menschen gesundheitlich beeinträchtigt, zahlreiche Personen erheblich belästigt oder bedeutende Teil der Umwelt geschädigt worden sind, Wird durch ein derartiges Schadensereignis unmittelbar ein Sachschaden in Höhe von voraussichtlich mehr als 500 000 € innerhalb der Anlage oder 100 00 € außerhalb der Anlage verursacht, ist es stets als erheblich einzustufen; steht die Schadenshöhe noch nicht fest, so ist von einem geschätzten Schadensbetrag auszugehen.
TRGS 725	<b>Störung/Fehler</b> ....eine Störung oder ein Fehlert liegt vor, wenn eine Funktionseinheit nicht die beabsichtigte Funktion erbringt.
Umwelthaftungsgesetz	<b>Schaden</b> ....ein Schaden entsteht durch eine Umwelteinwirkung, wenn er durch Stoffe, Erschütterung, Geräusche, Druck, Strahlen, Gase, Dämpfe, Wärme oder sonstige Erscheinungen verursacht wird, die sich in Boden, Luft oder Wasser ausgebreitet haben.

Abbildung 4-10: Definition von Schadensarten aus dem Bereich Umwelt- und Störfallrecht (eigene Abbildung)

Die Störfallverordnung unterscheidet die Störung des bestimmungsgemäßen Betriebs und den Störfall als mögliche Schadensarten. Während die Störung keine Merkmalsanforderungen an die Schadensschwere konkretisiert, geht der Störfall mit einer ernsten Gefahr einher. Eine ernste Gefahr liegt vor, wenn:

- a) das Leben von Menschen bedroht wird oder schwerwiegende Gesundheitsbeeinträchtigungen zu befürchten sind,
- b) die Gesundheit einer großen Zahl von Menschen beeinträchtigt werden kann oder
- c) die Umwelt, insbesondere Tiere und Pflanzen, der Boden, das Wasser, die Atmosphäre sowie Kultur- oder sonstige Sachgüter geschädigt werden können, falls durch eine Veränderung ihres Bestandes oder ihrer Nutzbarkeit das Gemeinwohl beeinträchtigt würde.

Störfälle unterliegen gemäß der StörfallV einer Anzeigepflicht gegenüber den zuständigen Behörden. Die StörfallV beschreibt konkrete Schadenshöhen für Personen-, Umwelt- und Sachschädigung, ab denen ein Störfall vorliegt und entsprechend anzeigepflichtig ist (vgl. Abbildung 4.11).

Personenschädigung	Umweltschädigung	Sachschäden
<p><b>Schädigung</b> Schädigung von Personen oder Haus- und Grundeigentum mit nachstehenden Folgen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) ein Todesfall,</li> <li>b) sechs Verletzungsfälle innerhalb des Betriebsbereichs mit Krankenhausaufenthalt von mindestens 24 Stunden,</li> <li>c) ein Verletzungsfall außerhalb des Betriebsbereichs mit Krankenhausaufenthalt von mindestens 24 Stunden,</li> <li>d) Beschädigung und Unbenutzbarkeit einer oder mehrerer Wohnungen außerhalb des Betriebsbereiches,</li> <li>e) Evakuierung oder Einschließung von Personen [...],</li> <li>f) Unterbrechung der Versorgung mit Trinkwasser, Strom oder Gas [...].</li> </ul>	<p><b>Unmittelbare Umweltschäden</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Dauer- oder langfristige Schädigungen terrestrischer Lebensräume <ul style="list-style-type: none"> <li>• gesetzlich geschützter für Umwelt oder Naturschutz wichtiger Lebensräume: ab 0,5 ha,</li> <li>• großräumiger Lebensraum, einschl. landwirtschaftlich genutzter Flächen: ab 10 ha.</li> </ul> </li> <li>b) Erhebliche oder langfristige Schädigungen von Lebensräumen in Oberflächengewässern oder im Meer <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fluss, Kanal, Bach: ab 10 km,</li> <li>• See oder Teich: ab 1 ha,</li> <li>• Delta: ab 2 ha,</li> <li>• Meer oder Küstengebiet: ab 2 ha.</li> </ul> </li> <li>c) erhebliche Schädigung des Grundwassers <ul style="list-style-type: none"> <li>• ab 1 ha.</li> </ul> </li> </ul>	<p><b>Sachsschäden</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Sachschäden im Betriebsbereichs: ab 2 Millionen €.</li> <li>b) Sachschäden außerhalb des Betriebsbereichs: ab 0,5 Millionen €.</li> </ul>

Abbildung 4-11: Definition von Schadensarten aus dem Bereich Umwelt- und Störfallrecht nach Störfallverordnung

Im Zeitraum von 2012 bis 2014 wurden durch die ZEMA (Zentrale Melde- und Auswertestelle für Störfälle und Störungen in verfahrenstechnischen Anlagen) 58 Ereignisse erfasst und ausgewertet. Die nach Störfallverordnung gemeldeten Ereignisse waren ursächlich für 4 Todesfälle, 69 verletzte Beschäftigte, 58 verletzte Einsatzkräfte sowie 24 Verletzte außerhalb der Anlagen. Die Gesamtkosten der Sachschäden betragen ca. 74,8 Millionen Euro (innerhalb der Anlage) sowie 960.000 Euro außerhalb des Betriebsbereiches. Darüber hinaus wurden 20 Umweltschäden im Rahmen der Ereignismeldung angezeigt, welche Gesamtkosten von ca. 8 Millionen Euro zur Folge hatten (Umweltbundesamt, 2023).

#### 4.1.2.2 Eintrittswahrscheinlichkeit

Die Eintrittswahrscheinlichkeit bildet im naturwissenschaftlich-technischen Ansatz neben dem Schadensausmaß den zweiten Faktor zur Bestimmung des Risikos. Im Vergleich zur Einschätzung des Schadensausmaßes ergeben sich bei der Bestimmung der Eintrittswahrscheinlichkeit weitaus größere Abweichungen zwischen der tatsächlichen und der subjektiv wahrgenommenen Eintrittswahrscheinlichkeit von Ereignissen. Die angewendeten „mentalen Daumenregeln“ des Denkens bewirken, dass Ereignisse für umso wahrscheinlicher gehalten werden, je leichter sich eine Person an diese oder vergleichbare Ereignisse erinnert oder je wahrscheinlicher solche Vorfälle in ihrer Vorstellung möglich sind (vgl. Kapitel 3.2.5.5). Die Wahrscheinlichkeit, bei einem Flugzeugabsturz zu verunglücken, wird bspw. kurze Zeit nach einem solchen Ereignis deutlich größer eingeschätzt, als wenn sich im Zeitraum zuvor kein entsprechendes Ereignis zugetragen hat. Die tatsächliche Eintrittswahrscheinlichkeit verändert sich jedoch durch ein einzelnes Ereignis in der Regel kaum (Jungermann & Slovic, 1993).

Die naturwissenschaftlich-technische Abschätzung von Wahrscheinlichkeiten beruht auf der retrospektiven Auswertung vergleichbarer Ereignisse. Das in den meisten Skalen herangezogene maximale Schadensausmaß von gesellschaftlichen, industriellen oder arbeitsbezogenen Risiken ist der Personentod. Sogenannte Todesfallstatistiken unterliegen ebenfalls Unsicherheiten, welche sich aus einer unvollständigen Datenlage, einem fehlenden Anfangs- und Endzeitpunkt oder ggf. nicht berücksichtigten Abhängigkeiten ergeben können (Banse et al., 1998) (siehe Kapitel 5.2).

Für das Jahr 2015 können bspw. die in der Abbildung 4-12 dargestellten Eintrittswahrscheinlichkeiten beziffert werden.

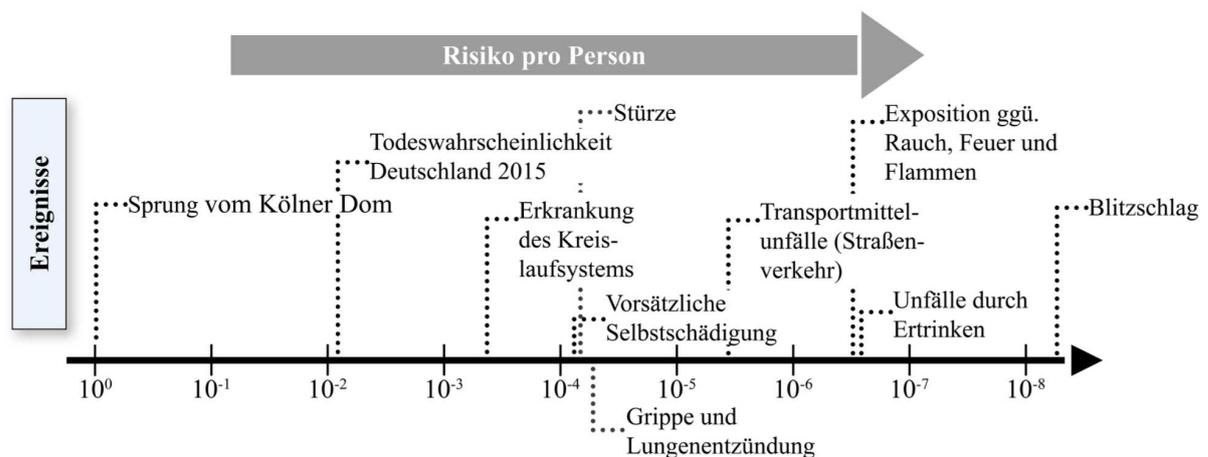


Abbildung 4-12: Eintrittswahrscheinlichkeit des Todesrisikos für ausgewählte Schadensarten in Deutschland 2015 (Bundesamt, 2015)

Die Eintrittswahrscheinlichkeiten des Todesrisikos für ausgewählte Schadensarten bezieht sich auf das Jahr 2015 für Personen mit Wohnsitz in Deutschland. So kamen im Jahr 2015 von etwa 82,1 Millionen Einwohnern 900.000 Personen zu Tode. Eine der wahrscheinlichsten Todesursachen stellt hierbei die Erkrankung des Kreislaufsystems mit etwa 356.000 Todesfällen dar (Statistisches Bundesamt, 2015).

Während die Auswertung der jährlichen Todesursachenstatistik durch das Statistische Bundesamt auf retrospektive Daten der Todesbescheinigung zurückgreift, stellt sich die Ermittlung von Todesstatistiken mit Industrie- bzw. Tätigkeitsbezug komplexer dar (Statistisches Bundesamt, 2015).

Die deterministische Erfassung der Eintrittswahrscheinlichkeit von genannten Ereignissen wird dadurch erschwert, dass Ereignisse bspw.

- nur selten auftreten,
- zu komplex sind, um die eigentliche Ursache eines Eintritts zu eruieren, oder
- nur sehr schwer oder gar nicht messbar sind und deren Dokumentation unzureichend detailliert ist.

Unabhängig von der Ursache für einen Arbeitsunfall lag die Eintrittswahrscheinlichkeit, einen solchen zu erleiden, im Jahr 2017 bei etwa 1 : 48, gemessen an allen gemeldeten Vollarbeitern der Deutschen

Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV, 2017). Die Eintrittswahrscheinlichkeit, im Jahr 2017 einen tödlichen Arbeitsunfall zu erleiden, unterscheidet sich je nach Bereich und Berufsgenossenschaft. Die Beschäftigten der Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft sind, gemessen an der Eintrittswahrscheinlichkeit über alle Bereiche und Berufsgenossenschaften, dem höchsten Risiko eines tödlichen Arbeitsunfalls ausgesetzt. Die Eintrittswahrscheinlichkeit, einen tödlichen Arbeitsunfall zu erleiden, lag gemessen an allen Vollarbeitern der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung im Jahr 2017 bei 1 : 91.500 (vgl. Abbildung 4-13).

Ereignisart	Anzahl Ereignisse	Eintrittswahrscheinlichkeit*
Meldepflichtiger Arbeitsunfall insgesamt (2017)	873.522	$2,12 \cdot 10^{-2}$
Meldepflichtiger Wegeunfall insgesamt (2017)	190.968	$4,63 \cdot 10^{-3}$
Tödlicher Arbeitsunfall insgesamt (2017)	451	$1,10 \cdot 10^{-5}$
Tödlicher Arbeitsunfall insgesamt (1987)	1168	$4,37 \cdot 10^{-5}$
Tödlicher Arbeitsunfall BG Bauwirtschaft (2017)	77	$4,55 \cdot 10^{-5}$
Tödlicher Arbeitsunfall BG Rohstoffe und chemische Industrie (2017)	12	$9,63 \cdot 10^{-6}$

\* Eintrittswahrscheinlichkeit des Ereignisses bezieht sich die gemeldeten Vollarbeiter der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung.

Abbildung 4-13: Eintrittswahrscheinlichkeit für Todesrisiko bzw. Unfallrisiko (DGUV, 2016, 2017)

Als Ausgangspunkt des risikobezogenen Maßnahmenkonzeptes für Tätigkeiten mit krebserzeugenden Gefahrstoffen der TRGS<sup>13</sup> 910 wurden verschiedene Risiken am Arbeitsplatz sowie für die Allgemeinbevölkerung betrachtet. Die Eintrittswahrscheinlichkeit für einen tödlichen Unfall ist hierbei auf die Arbeitslebenszeit (Alz: 40 Jahre) bzw. auf die Lebenszeit (Lz: 70 Jahre) bezogen (BAuA, 2014).

- Tödlicher Unfall Landwirtschaft      3 : 1.000/Alz
- Tödlicher Unfall Bauwirtschaft      2 : 1.000/Alz
- Tödlicher Unfall Bergbau            3 : 1.000/Alz
- Tödlicher Unfall Einzelhandel       4 : 10.000/Alz
- Arsen im Trinkwasser (10 µg/l)      4 : 10.000/Lz
- Dieselruß (5 ng Teq/kg)            2 : 10.000/Lz
- Krebsrisiko natürlicher Strahlen    1 : 100.000/Lz

Die dargestellten Eintrittswahrscheinlichkeiten auf Basis retrospektiver Daten können zur Einschätzung von Eintrittswahrscheinlichkeiten vergleichbarer Szenarien herangezogen werden. In der Regel kann im Rahmen der Abschätzung der Eintrittswahrscheinlichkeit nicht auf Daten vergleichbarer Risikoszenarien zurückgegriffen werden, sodass diese lediglich zur Orientierung dienen.

<sup>13</sup> TRGS – Technische Regel für Gefahrstoffe

In der praxisorientierten Risikoabschätzung stehen dem Beurteilenden Kategorien zur Einschätzung der Eintrittswahrscheinlichkeit zur Verfügung. Diese unterscheiden sich analog zu den Kategorien des Schadensausmaßes je nach Risikoabschätzungsverfahren in Anzahl, Beschreibung und Detaillierungsgrad und sollen die Abschätzung anhand objektivierbarer Kriterien vergleichbar machen. Ausgewählte Kategorien von Eintrittswahrscheinlichkeiten einiger Risikoabschätzungsverfahren sind in der Abbildung 4-14 gegenübergestellt.

Nr.	Name des Verfahrens	Jahr	Autor	Kategorien Eintrittswahrscheinlichkeit					Quelle		
I	Gefährdungsmatrix nach „Thiemecke, Nohl“	1987	Noel, Jörg Thiemecke, Hartmut	nicht vorstellbar 0	äußerst gering 0	vorstellbar 0	sehr hoch 0	Thiemecke, Hartmut/ Nohl, Jörg: Systematik zur Durchführung von Gefährdungsanalysen, Forschungsbericht 536, Bundesanstalt für Arbeitsschutz, Dortmund, 1987.			
II	Risikomatrix nach NOHL	1988	Noel, Jörg	sehr gering 1	gering 2	mittel 3	hoch 4	Nohl, J: Entwurf eines Verfahrens für die Durchführung von Sicherheitsanalysen; in: Moderne Unfallverhütung, Heft 32, Jahrgang 1988			
III	MIL-STD 882 D	2000	Department of Defense	<b>häufig</b> wird oft während der Lebensdauer entretren, Eintrittswahrscheinlichkeit größer als $10^2$ während der Lebensdauer	<b>gelegentlich</b> wird manchmal während der Lebensdauer entretren, Eintrittswahrscheinlichkeit größer als $10^3$ während der Lebensdauer	<b>selten</b> tritt aber möglicherweise während der Lebensdauer ein, Eintrittswahrscheinlichkeit geringer als $10^4$ während der Lebensdauer	<b>unwahrscheinlich</b> so unwahrscheinlich, dass es noch nicht beobachtet wurde, Eintrittswahrscheinlichkeit geringer als $10^5$ während der Lebensdauer	eliminiert Aufretren während der Lebensdauer unmöglich. Diese Kategorie wird verwendet, wenn potenzielle Gefahren erkannt und später beseitigt werden	MIL-STD-882D: Standard Practice for System Safety, February 2000, United States of America, Department of Defence		
IV	Kälble und Reudenbach	2000	Kälble und Reudenbach	<b>Gefährdungsexposition einer Person / von Personen (P)</b> W1 = selten oder kurz W2 = häufig oder lang W3 = kaum möglich W4 = durchaus wahrscheinlich (mittel) W5 = sehr wahrscheinlich (groß)							Kälble, Bodo; Reudenbach, Rolf (2016): Sichere Maschinen in Europa - Teil 3 - Risikobeurteilung, Risikobeurteilung und Sicherheitskonzept, Anleitung für die praktische Durchführung.
V	DIN EN ISO 14798	2013	Deutsches Institut für Normung	<b>A – sehr wahrscheinlich</b> wird regelmäßig während der Lebensdauer entretren	<b>B – wahrscheinlich</b> wird mehrmals während der Lebensdauer entretren	<b>C – gelegentlich</b> wird mindestens einmal während der Lebensdauer entretren	<b>D – selten</b> tritt möglicherweise während der Lebensdauer ein	<b>E – unwahrscheinlich</b> unwahrscheinlich, währenddessen es es während dessen nicht von Null Lebensdauer entretren begrenzt werden	<b>F – sehr unwahrscheinlich</b> unwahrscheinlich	Norm DIN EN ISO 14798, April 2013: Aufzüge, Fahrtruppen und Fahrsteige - Verfahren zur Risikobeurteilung und -minderung (ISO 14798:2009); Deutsche Fassung EN ISO 14798:2013	
VI	RAPEX	2013	Europäische Union	<b>Wahrscheinlichkeit einer Schädigung während der voraussichtlichen Lebensdauer des Produktes</b> < 50%   > 1/10   > 1/100   > 1/1000   > 1/10.000   > 1/100.000   > 1.000.000   < 1.000.000							Entscheidung [...] RAPEX gemäß Artikel 12 [...] über die allgemeine Produktsicherheit (Bekannt gegeben unter Aktenzeichen K(2009) 9843) (2010/15/EU)
VII	SUVA	2004	Schweizerische Unfallversicherungsanstalt	<b>A – häufig*</b> ≥ 1 mal pro Monat	<b>B – gelegentlich</b> ≥ 1 mal pro Jahr	<b>C – selten</b> ≥ 1 mal pro 5 Jahre	<b>D – unwahrscheinlich</b> ≥ 1 mal pro 20 Jahre	<b>E – praktisch unmöglich</b> ≥ 1 mal pro 100 Jahre	Suva (2004): Methode Suva zur Beurteilung von Risiken an Arbeitsplätzen und bei Arbeitsabläufen. 3. Auflage, Luzern		
VIII	Risikograph VDE / VDE 2180	2004	Verein Deutscher Ingenieure e. V.	<b>W1 – sehr gering</b> sehr geringe Wahrscheinlichkeit des gefährlichen Ereignisses, bei dem betrachteten Prozess oder ggf. vgl. Prozesse [...] sind nur sehr wenig gefährliche Ereignisse zu erwarten	<b>W2 – gering</b> geringe Wahrscheinlichkeit des gefährlichen Ereignisses, bei dem betrachteten Prozess oder ggf. vgl. Prozesse [...] sind nur wenig gefährliche Ereignisse zu erwarten	<b>W3 – relativ hoch</b> relativ hoch Wahrscheinlichkeit des gefährlichen Ereignisses, bei dem betrachteten Prozess oder ggf. vgl. Prozesse [...] sind häufiger gefährliche Ereignisse zu erwarten	<b>VDI / VDE 2180 Blatt 1 - Entwurf (2018): Funktionale Sicherheit in der Prozessindustrie. Einführung, Begriffe, Konzeption</b>				

Abbildung 4-14: Kategorien der Eintrittswahrscheinlichkeiten unterschiedlicher Risikoabschätzungsmethoden

Die Risikoabschätzungsverfahren halten für den Beurteilenden eine teilweise sehr unterschiedliche Anzahl an Kategorien zur Einschätzung der Eintrittswahrscheinlichkeit vor. Während die Risikoabschätzungsmethode von Käble und Reudenbach eine dreistufige Einteilung vornimmt, sieht die Risikoabschätzung nach RAPEX acht Kategorien zur Einstufung der Eintrittswahrscheinlichkeit vor. Ein weiterer Unterschied ist analog zu den Kategorien des Schadensausmaßes die minimale bzw. maximale Kategorie der Eintrittswahrscheinlichkeit. Während bspw. die Risikomatrix nach Thiemeck, Nohl und MIL-STD als minimale Kategorie den unmöglichen Eintritt eines Ereignisses beschreibt, definieren bspw. Käble und Reudenbach, SUVA oder die VDI 2180 die minimale Kategorie als einen unwahrscheinlichen/gering möglichen Ereigniseintritt. Die Konkretisierung der Kategorienbeschreibung der Eintrittswahrscheinlichkeit mit einer quantifizierten Wahrscheinlichkeit des Ereigniseintritts erfolgt nicht in allen Risikoabschätzungsmethoden und ist eher im Bereich der produktspezifischen bzw. technischen Risikoabschätzungsmethoden gängig (MIL-STL, RAPEX).

Der Eintritt und demzufolge die Eintrittswahrscheinlichkeit eines Ereignisses können hierbei von multikausalen Fehler- oder Prozesszuständen abhängen. Im Sinne der Maschinensicherheit stellt die Eintrittswahrscheinlichkeit eine Funktion

1. der Gefährdungsexposition einer Person/von Personen,
2. des Eintritts eines Gefährdungsereignisses sowie
3. der technischen und menschlichen Möglichkeit zur Vermeidung oder Begrenzung des Schadens dar (DIN ISO 12100:2010).

Diese Definition impliziert, dass die Eintrittswahrscheinlichkeit eines Ereignisses z. B. durch technische Maßnahmen reduziert werden kann. In der Anlagensicherheit hat die Ermittlung von Zuverlässigkeitskenngrößen für einzelne Bauteile und/oder das Gesamtsystem eine zentrale Bedeutung. Zuverlässigkeitskenngrößen sind eine „Funktion der Beobachtungswerte, die eine Eigenschaft der Häufigkeitsverteilung eines Zuverlässigkeitsmerkmals charakterisiert“. Ihnen stehen analog die Sicherheitskenngrößen gegenüber (vgl. Abbildung 4-15).

Zuverlässigkeitskenngröße		Sicherheitskenngröße	
Ausfallwahrscheinlichkeit	F(t)	Gefährdungswahrscheinlichkeit	G(t)
Überlebenswahrscheinlichkeit	R(t)	Sicherheitswahrscheinlichkeit	S(t)
Ausfalldichte	f(t)	Gefährdungsdichte	g(t)
Ausfallrate	h(t)	Gefährdungsrate	$\delta(t)$
Instandsetzungswahrscheinlichkeit	M(t)	Sicherheitswiederherstellungswahrscheinlichkeit	W(t)
Verfügbarkeit	V(t)	Sicherheitsverfügbarkeit	$V_s(t)$

Abbildung 4-15: Nomenklaturen ausgewählter zuverlässigkeits- und sicherheitstechnischer Grundgrößen (Meyna et al., 2010)

Für die Dimensionierung geeigneter Sicherheitseinrichtungen und -systeme wird im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung festgelegt, welches Sicherheitsintegritätslevel erforderlich ist. Das Sicherheitsintegritätslevel beschreiben May et al. (2010) für die erforderliche Risikoreduzierung einer PLT<sup>14</sup>-Sicherheitsfunktion als Ergebnis der Gefährdungsbeurteilung und definiert die Anforderung an die sicherheitsbezogene Verfügbarkeit der in einer PLT-Sicherheitseinrichtung eingesetzten Geräte (VDI/VDE, Blatt 1, 2018). In der funktionalen Sicherheit der Prozessindustrie werden die in der Tabelle 4.1 dargestellten Sicherheitsintegritätslevel unterschieden, welche den entsprechenden Faktor der Risikominderung erfordern.

Tabelle 4-1: Sicherheitsintegritätslevel: mittlere Ausfallwahrscheinlichkeit bei Anforderung ( $PFD_{avg}$  und Risikominderung) (VDI/VDE, 2018)

Anforderungsbetriebsart		
Sicherheitsintegritätslevel (SIL)	$PFD_{avg}$	erforderliche Risikominderung
4	$\geq 10^{-5}$ bis $< 10^{-4}$	$> 10\ 000$ bis $\leq 100\ 000$
3	$\geq 10^{-4}$ bis $< 10^{-3}$	$> 1\ 000$ bis $\leq 10\ 000$
2	$\geq 10^{-3}$ bis $< 10^{-2}$	$> 100$ bis $\leq 1\ 000$
1	$\geq 10^{-2}$ bis $< 10^{-1}$	$> 10$ bis $\leq 100$

Das erforderliche Sicherheitsintegritätslevel wird über die Ermittlung des Risikografen festgelegt und beschreibt die zu erfüllenden Anforderungen an die Sicherheitseinrichtung bzw. das Sicherheitssystem bezogen auf die Verfügbarkeit.

Ein Störfallereignis kann neben dem Ausfall technischer Bauteile auch aus einer Fehlhandlung oder Fehlverhalten von Beschäftigten resultieren, sodass die Ermittlung einer Eintrittswahrscheinlichkeit bezogen auf die Eintrittswahrscheinlichkeit einer menschlichen Fehlhandlung erforderlich werden kann. Die Human Error Probability (HEP) definiert die menschliche Fehlhandlungswahrscheinlichkeit im Sinne der Wahrscheinlichkeit des Auftretens einer Fehlhandlung als Kenngröße der menschlichen Zuverlässigkeit (Barry, 1994; VDI, 2017).

<sup>14</sup> PLT – Prozessleittechnik bzw. prozessleittechnische Sicherheitsfunktion

Aufgabenbeschreibung in Abhängigkeit von den situativen Anforderungen und der kognitiven Belastung	Fehlerwahrscheinlichkeit (Streubreite)
Einfache und häufig durchgeführte Aufgaben bei geringem Stress und genügend zur Verfügung stehender Zeit in gewohnten Situationen ohne Zielkonflikte.	$1 \cdot 10^{-3}$ (k=10)
Komplexe und häufig durchgeführte Aufgaben ohne Zielkonflikte in gewohnten Situationen mit geringem Stress und genügend zur Verfügung stehender Zeit, wobei eine gewisse Sorgfalt bei der Durchführung notwendig ist.	$1 \cdot 10^{-2}$ (k=10)
Komplexere und regelmäßig durchgeführte Aufgaben in ungewohnter Situation bei hohem Stress, geringer zur Verfügung stehender Zeit oder Situationen, in denen unterschiedliche Ziele abgeglichen werden müssen.	$1 \cdot 10^{-1}$ (k=3)
Hochkomplexe oder selten durchgeführte Aufgaben in ungewohnten Situationen (z. B. viele unbekannte ablenkende Rückmeldung), bei sehr hohem Stress oder geringer zur Verfügung stehender Zeit oder Zielkonflikte, bei denen das nicht sicherheitsgerichtete Ziel aus der Situation heraus als eindeutig plausibler erscheint.	$\sim 1 \cdot 10^0$

Abbildung 4-16: Eintrittswahrscheinlichkeit des Auftretens menschlicher Fehler (Barry, 1994)

Die Kapitel 4.1.1 und 4.1.2 zeigen, wie divers die Einschätzung von Risiken auch im naturwissenschaftlichen-technischen Kontext gehandhabt wird. Die ermittelten Erkenntnisse des naturwissenschaftlich-technischen Risikokonzeptes bilden die fachliche Grundlage zur Auswahl der Risikomatrix sowie zur Beschreibung der jeweiligen Risikokategorie im Rahmen der nachfolgenden Studien. Darüber hinaus bilden sie eine fachliche Grundlage zur Befragung der Experten.

## 4.2 Forschungsleitende Hypothesen der Studie

Um im Ergebnis beurteilen zu können, ob unterschiedliche Studiengruppen zu unterschiedlichen Ergebnissen kommen, erfolgt die Formulierung forschungsleitender Hypothesen für diesen Teil der Studie. Die folgenden Hypothesen sollen im Rahmen der qualitativen Studie geprüft werden:

1. Der überwiegende Anteil der Probandengruppen (75 %) hat die wesentlichen acht definierten Auswirkungen identifiziert.
2. Der überwiegende Anteil (75 %) der Probandengruppen verwendet vergleichbare Abweichungen für die Identifizierung der relevanten Auswirkungen.
3. Der überwiegende Anteil (75%) der Probandengruppen identifiziert vergleichbare Ursachen für die Auswirkungen.
4. Der überwiegende Anteil der Probandengruppen (75 %) identifiziert vergleichbare Gegenmaßnahmen für die Auswirkungen.
5. Die Verteilung der Art der Gegenmaßnahmen ist für die wesentlichen Ereignisse vergleichbar gewählt.
6. Der überwiegende Anteil der Probandengruppen legt für die identifizierten Auswirkungen eine vergleichbare Eintrittswahrscheinlichkeit fest.
7. Der überwiegende Anteil der Abweichungen wird von den Probandengruppen mit einer vergleichbaren Eintrittswahrscheinlichkeit festgelegt.

8. Der überwiegende Anteil der Probandengruppen legt für die identifizierten Auswirkungen ein vergleichbares Schadensausmaß fest.
9. Der überwiegende Anteil der Abweichungen wird von den Probandengruppen mit einem vergleichbaren Schadensausmaß bewertet.

### 4.3 Beschreibung der Studie

Die Studie wurde in den Jahren 2016 bis 2017 an der Bergischen Universität im Studiengang Sicherheitstechnik (BScS und MScS) durchgeführt. In den jeweiligen Sommer- bzw. Wintersemestern hatten die Studierende (Bachelor- und Masterstudierende) die Möglichkeit im Rahmen eines „Laborpunkte-Erwerbs“ an der Studie teilzunehmen. Die Ausschreibungen des Labors sind im Anhang V und Anhang VI zu finden. Die Studierenden erhielten im Vorfeld der Durchführung der HAZOP-Studie eine Vorlesung um sie mit dem Thema und der Methodik vertraut zu machen (vgl. Anhang VII).

Innerhalb der nachfolgenden Kapitel erfolgt die Beschreibung des Studienaufbaus sowie des Auswertungskonzeptes.

#### 4.3.1 Verfahrenstechnische Anlage der Studie

Bei dem ausgewählten Beispiel für die qualitative Studie handelt es sich um eine Anlage, welche vergleichbar im Rahmen der Ausbildung der BG RCI zur Anwendung des HAZOP-Verfahrens zum Einsatz kommt.

Ziel der verfahrenstechnischen Anlage ist die Befüllung eines Tanks mit Ethylbenzol mittels einer Pumpe. Den Probanden sind folgende Randbedingungen und Informationen über die Anlage gegeben:

Die Übernahme des Ethylbenzols ist geprüft und in Ordnung. Alle Schläuche sind mit einem Lecktest geprüft worden und in Ordnung. Das Ethylbenzol wird über einen Tankwagen (nicht abgebildet) zugeführt. Der zuführende Tankwagen muss im Rahmen dieser Analyse nicht betrachtet werden. Ethylbenzol wird mit der Pumpe P1 von der Ethylbenzolübernahme in den Tank B1 überführt. Im zuführenden Tankwagen wird der Druckausgleich mit Stickstoff gewährleistet. Nach der Entladung wird die Pumpe P1 ausgeschaltet. Danach wird das Handventil V1 geschlossen und der Tankwagen abgetrennt. Das Ventil V3 bleibt geöffnet, das Ventil V2 ist für Reinigungszwecke gedacht. Das Ventil V5 ermöglicht die Entleerung des Tanks B1 (vgl. Abbildung 4-17).

Den Probanden standen darüber hinaus alle zur Beurteilung relevanten verfahrenstechnischen Daten, z. B. auszugsweise Informationen aus dem Sicherheitsdatenblatt des Stoffes oder Kenndaten der Komponenten, zur Verfügung. Die vollständige Aufgabenstellung einschließlich der zugehörigen Unterlagen kann dem Anhang VIII dieser Arbeit entnommen werden.

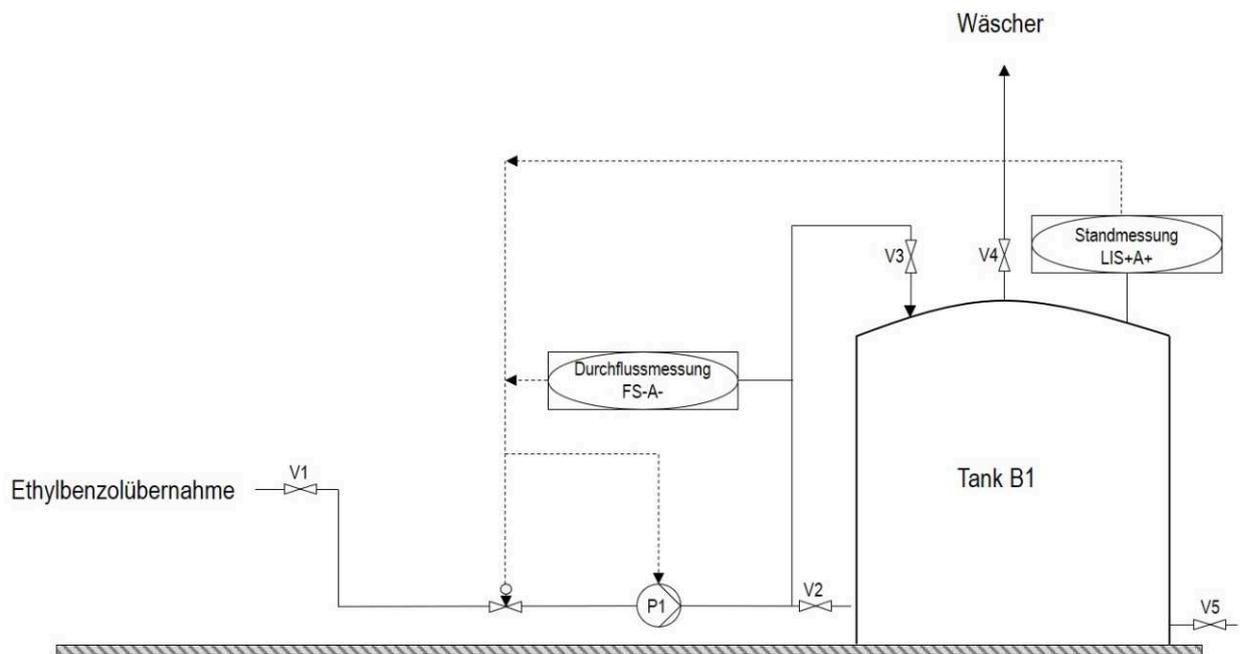


Abbildung 4-17: Verfahrenstechnische Anlage der methodischen Studie (eigene Abbildung)

Für die methodische Studie wurde eine Sechs-mal-sechs-Risikomatrix verwendet, welche die Risikokategorie qualitativ konkretisierte. Hierdurch sollte u. a. die Entscheidung zur Mitte erschwert werden. Eine quantitative Angabe wurde für das Schadensausmaß und die Eintrittswahrscheinlichkeit nicht verwendet (vgl. Kap. 4.1.2).

Schadensausmaß	S0	E	D	B	B	A	A
	S1	F	E	D	B	B	A
	S2	F	F	E	D	B	B
	S3	F	F	F	E	D	B
	S4	F	F	F	F	E	D
	S5	F	F	F	F	F	E
		F5	F4	F3	F2	F1	F0
		Eintrittswahrscheinlichkeit					

Abbildung 4-18: Risikomatrix der verfahrenstechnischen Anlage der methodischen Studie (eigene Abbildung)

### 4.3.2 Auswertungskonzept

Obgleich die Probanden der methodischen Studie über sicherheitstechnisches Grundwissen verfügen, ist anzunehmen, dass detailliertes verfahrenstechnisches, chemisches sowie physikalisches Fachwissen nicht vorliegt. Im Fokus der methodischen Studie steht weniger die Betrachtung der perfekten oder verfahrenstechnisch sichersten Lösung. Vielmehr liegt der Fokus der Betrachtung auf den im Rahmen der Diskussion gewählten Entscheidungen während der Beurteilung in der HAZOP-Studie. Vor diesem Hintergrund erfolgt im Rahmen der Auswertung die Modellierung der verfahrenstechnischen Anlage (vgl. Abbildung 4-19).

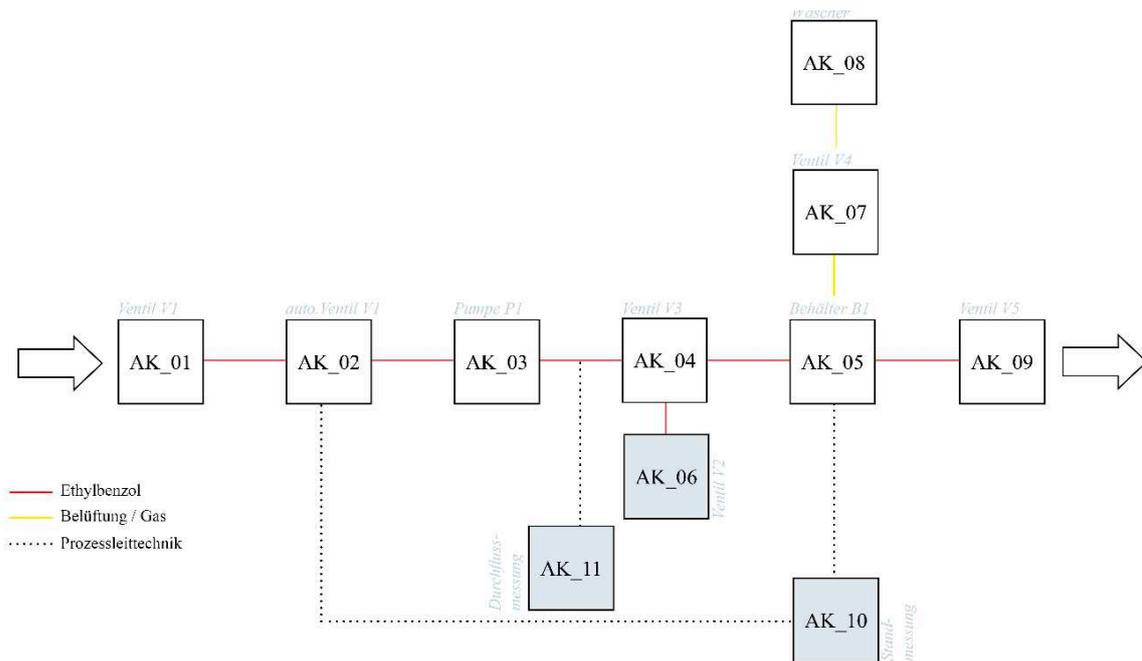


Abbildung 4-19: Modell verfahrenstechnische Anlage der methodischen Studie (eigene Abbildung)

Die Auswertung der methodischen Studie erfolgt in Anlehnung an das Konzept der Bow-Tie-Analyse. Die Auswirkungen bilden das Top-Event. Ausgehend vom Top-Event werden die Entscheidungspunkte abgebildet. Auf der linken Seite sind die Auswahl der Leitwörter bzw. die Abweichung sowie die identifizierten Ursachen abgebildet. Auf der rechten Seite erfolgt die Darstellung der Gegenmaßnahmen zur Vermeidung oder Reduzierung der betrachteten Auswirkung. Die Auswertung und grafische Darstellung orientiert sich an den Arbeits- und Beurteilungsschritten des HAZOP-Verfahrens.

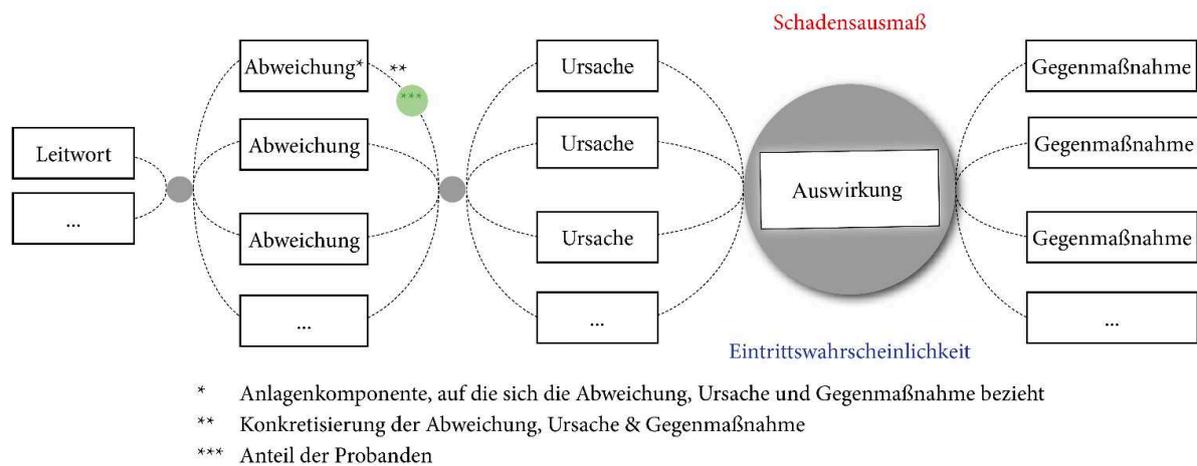


Abbildung 4-20: Entscheidungswege der HAZOP-Studie (eigene Abbildung)

Im Rahmen der Auswertung der methodischen Studie wurden die in den nachfolgenden Tabellen aufgeführten Kategorisierungen für die definierten Entscheidungspunkte vorgenommen.

Abweichung:

Für den Entscheidungspunkt Abweichung erfolgt die Berücksichtigung der Kategorien Leitwort, Anlagenkomponente und physikalische Größe bzw. der Komponente selbst, auf die sich die Abweichung bezieht.

Tabelle 4-2: Kategorisierung 1. Entscheidungspunkt Abweichung

1. Entscheidungspunkt					
Leitwort	Variable	Komponente	Variable	Phys. Größe	Variable
Nein	lw_1	Ventil 1	AK_01	Druck	P
Mehr	lw_2	Auto.Ventil 1	AK_02	Temperatur	T
Weniger	lw_3	Pumpe	AK_03	Durchfluss	F
Sowohl als auch	lw_4	Ventil 3	AK_04	Füllstand	L
Teilweise	lw_5	Behälter	AK_05	Ventilstellung	V
Umkehrung	lw_6	Ventil 2	AK_06	Komponente	K
Anders als	lw_7	Ventil 4	AK_07	Atmosphäre	D
		Wäscher	AK_08	Ethylbenzol	E
		Ventil 5	AK_09		
		Standmessung	AK_10		
		Durchflussmessung	AK_11		
		Rohrleitung	AK_12		
		Tankwanne	AK_00		
		allgemein	AK_n		

Beispiel:

- lw\_1\_AK\_03\_F ⇒ kein Durchfluss durch die Pumpe
- lw\_5\_AK\_01\_K ⇒ Ventil V1 teilweise geschlossen

Ursache:

Der Entscheidungspunkt zur Identifikation der Ursache wird in die Kategorien Anlagenkomponente, auf die sich die Ursache bezieht, Ausmaß der Ursache sowie Art der Ursache unterschieden. Die Anlagenkomponenten können der Tabelle 4-2 entnommen werden. Die weiteren Kategorien sind in der nachfolgenden Tabelle dargestellt.

*Tabelle 4-3: Kategorisierung 2. Entscheidungspunkt Ursache*

2. Entscheidungspunkt			
Ausmaß / Grad	Variable	Art	Variable
defekt	df	technisch-konstruktiv	kons
nicht bestimmungsgemäß	nb	technisch-additiv	add
		organisatorisch	orga
		personenbezogen	pers
		sonstiges	othr.

Beispiele:

- **AK\_01\_nb\_orga** ⇒ Ventil 1 nicht richtig geschlossen, z. B. nach Wartungs- oder Instandhaltungsarbeiten
- **AK\_03\_nb\_othr** ⇒ Pumpe pumpt nicht mit dem vorgesehenen Druck, ohne die detaillierte Angabe der Ursache
- **AK\_05\_df\_orga** ⇒ Leckage des Behälters
- **AK\_05\_df\_kons** ⇒ Behälter defekt, ohne die detaillierte Angabe der Ursache

Auswirkung:

Der dritte Entscheidungspunkt Auswirkung stellt den Ausgangspunkt der Auswertung dar. Die Auswertung des Beurteilungsprozesses der Probanden erfolgt in Anlehnung an das grafische Konzept zur Bow-Tie-Analyse. Die Auswirkungen bilden das Top-Event der Analyse ab (vgl. Beginn des Kapitels). Die Auswertung der methodischen Studie konzentriert sich auf acht wesentliche Auswirkungen. Diese sind in der nachfolgenden Tabelle aufgeführt.

*Tabelle 4-4: Kategorisierung 3. Entscheidungspunkt Auswirkung*

3. Entscheidungspunkt	
Nr.	Auswirkung
1.	Bersten des Behälters
2.	Austritt Medium
3.	Überfüllung des Behälters
4.	Bildung einer explosionsfähigen Atmosphäre
5.	Umweltgefährdung
6.	Gesundheitsgefährdung
7.	Chemische Reaktion
8.	Brandgefährdung

Gegenmaßnahmen:

Der vierte Entscheidungspunkt beinhaltet die Ermittlung und Beschreibung von geeigneten Gegenmaßnahmen zur Verhinderung oder Reduzierung der Auswirkungen. Die ermittelten Gegenmaßnahmen werden anhand Anlagenkomponente, Wirkung hinsichtlich derer die Gegenmaßnahmen wirksam wird, die Zuverlässigkeit der Maßnahme sowie das Wirkkonzept bewertet (vgl. Kapitel 3.2.2.2.4). Die Anlagenkomponenten können der Tabelle 4-2 entnommen werden. Die darüber hinaus verwendeten Kategorien sind in der nachfolgenden Tabelle dargestellt.

Tabelle 4-5: Kategorisierung 4. Entscheidungspunkt Gegenmaßnahmen

4. Entscheidungspunkt					
Wirkung	Variable	Zuverlässigkeit	Variable	Wirkkonzept	Variable
Druck	P	willensunabhängig	willu	ereignisverhindernd	prev
Temperatur	T	willensabhängig	willa	schadensbegrenzend	lim
Durchfluss	F			weder noch	othr.
Füllstand	L				
Alarmierung	A				
Schaltung	S				
kurzfr. Maßnahme	kzf				
langfr. Maßnahme	lgf				
Messung	M				
Dampf / Atmosphäre	D				

Beispiele:

- **AK\_05\_kons\_F\_willu\_lim** ⇒ Auffangwanne für den Behälter
- **K\_05\_addt\_T\_willu\_prev** ⇒ Temperaturmessung im Behälter
- **AK\_01\_pers\_lgf\_willa\_prev** ⇒ Unterweisung zur bestimmungsgemäßen Bedienung
- **AK\_01\_pers\_kzf\_willa\_prev** ⇒ Persönliche Schutzausrüstung bereitstellen
- **AK\_06\_orga\_kzf\_willa\_prev** ⇒ Reinigung nach Verstopfung/Verschmutzung
- **AK\_06\_orga\_lgf\_willa\_prev** ⇒ Systematische Wartung/Instandhaltung des Ventils

Für die im Fokus der Studie stehenden Auswirkungen erfolgte die Beschreibung von Maßnahmen, welche zu einer Vermeidung oder Reduzierung der Auswirkungen führen. Dabei wird eine Bewertung der Maßnahme entsprechend den oben aufgeführten Merkmalen vorgenommen. Es ergibt sich so eine Rangfolge an möglichen Gegenmaßnahmen zur Vermeidung oder Reduzierung der definierten Auswirkungen, welche entsprechend ihrer Position mit einem Punktwert beurteilt werden. Die Ermittlung des Punktwertes erfolgt auf Basis der nachfolgenden Tabelle.

Tabelle 4-6: Kategorisierung 4. Entscheidungspunkt Gegenmaßnahmen

Nr.	Merkmal der Gegenmaßnahme	Beispiel	Wert
-----	---------------------------	----------	------

<b>1.</b>	<b>Art der Maßnahmen</b>		
1.1	<b>technisch-konstruktive Maßnahme</b>	Inhärent sichere Konstruktion	<b>40</b>
1.2	technisch-additive Maßnahme	Durchflussmessung	30
1.3	organisatorische Maßnahmen	Wartung / Instandhaltung	10
1.4	personenbezogene Maßnahme	Unterweisung	5
1.5	sonstige Maßnahmen	-	2
<b>2.</b>	<b>Zuverlässigkeit der Maßnahme</b>		
2.1	<b>willensunabhängig</b>	automatisches Ventil	<b>30</b>
2.2	willensabhängig	Betriebsanweisung	10
<b>3.</b>	<b>Wirkkonzept</b>		
3.1	<b>ereignisverhindernd</b>	automatisches Ventil	<b>20</b>
3.2	schadensbegrenzend	Betriebsanweisung	10
3.3	weder noch		5
<b>4.</b>	<b>Eignung der Maßnahme</b>		
4.1	hoch		10
4.2	mittel		5
4.3	niedrig		2

Die Eignung beschreibt, ob eine Maßnahme unter realistischen Bedingungen umsetzbar ist. Darüber hinaus beinhaltet dieser Beurteilungsaspekt die Eignungsabschätzung der Maßnahme zur identifizierten Abweichung und den beschriebenen Auswirkungen.

Die Bewertung aller im Rahmen der Beurteilung identifizierten Schutzmaßnahmen erfolgt auf Basis der nachfolgenden Kriterien.

Punktwert = 100      Gegenmaßnahmen Rang A

Punktwert  $\geq$  75      Gegenmaßnahmen Rang B

Punktwert < 75      Gegenmaßnahmen Rang C

Die Punktebewertung der Auswirkung ist nachfolgend am Beispiel der Auswirkung „Bersten Behälter“ auszugsweise aufgeführt (siehe Tabelle 4-7).

Tabelle 4-7: Bewertung von Gegenmaßnahmen am Beispiel „Bersten Behälter“

Auswirkung	Gegenmaßnahme	Variable	PW	Rang
Bersten Behälter	Inhärent sichere Konstruktion	AK_05_kons_willu_prev	100	A
	Druckmessung B1	AK_05_addt_P_willu_prev	90	B
	Berstscheibe B1	AK_05_kons_P_willu_lim	90	

	Auffangwanne	AK_05_kons_F_willu_lim	85	
	Füllstandsmessung B1	AK_05_addt_L_willu_prev	85	C
	Wartung / Instandhaltung	AK_05_orga_lgf_willa_prev	45	
	Betriebsanweisung	AK_07_orga_lgf_willa_prev	42	
	Kontrolle V4	AK_07_orga_kzf_willa_prev	42	
	Unterweisung	AK_07_orga_kzf_willa_prev	37	

#### 4.4 Darstellung der Ergebnisse

In diesem Kapitel erfolgt die Ergebnisdarstellung der qualitativen Studie bezogen auf die Hypothesen des vorherigen Kapitels. In Summe konnten 44 Probandengruppen mit 88 Studierenden aufgenommen und ausgewertet werden. Ein Auszug zur Veranschaulichung der standardisierten Auswertung kann dem Anhang X entnommen werden.

Von den acht relevanten Auswirkungen wurde eine Auswirkung (austritt\_medium) von mehr als 75 % der Probandengruppen identifiziert. Weitere drei Auswirkungen wurden von mehr als 50 % der Probandengruppen identifiziert. Die Identifizierung der übrigen vier Auswirkungen liegt im Bereich von 30 bis 50 % der Probandengruppen (vgl. Tabelle 4-8).

Tabelle 4-8: Ergebnisse 1. Hypothese

		Auswirkung			
		identifiziert		nicht identifiziert	
		Anzahl	Anteil	Anzahl	Anteil
1.	austritt_medium	39	88,6%	5	11,4%
2.	bersten_behälter	23	52,3 %	21	47,7 %
3.	brandgefährdung	16	36,4 %	28	63,6 %
4.	chemische_reaktion	15	34,1 %	29	65,9 %
5.	explosionsfähige_atmosphaere	37	84,1 %	7	15,9 %
6.	gesundheitsgefahrdung	21	47,7 %	23	52,3 %
7.	ueberfuellung_behaelter	26	59,1 %	18	40,9 %
8.	Umweltschaeden	16	36,4 %	28	63,6 %

Zur Identifizierung der Auswirkungen standen den Probanden verfahrensspezifisch sieben Leitwörter zur Verfügung. Im Rahmen der Studie werden die ersten vier Leitwörter ausgewertet, welche die Probandengruppen zur Identifizierung der Auswirkung herangezogen haben. Bei fünf Auswirkungen ist das am häufigsten verwendete Leitwort „Nein“ bzw. „lw\_1“. Bei sieben Auswirkungen wurde von einem

Anteil von 30 bis 50 % das gleiche erste Leitwort herangezogen. Mit jedem weiteren verwendeten Leitwort sinkt der Anteil. Ein Anteil von 30 bis 50 % der Probandengruppen wurde für das zweite Leitwort nur noch bei drei Auswirkungen beobachtet. Für die Leitwörter 3 und 4 lag der Anteil der Probandengruppen, welche vergleichbare Leitwörter wählten, unterhalb von 20 %. Die Summe der Leitwörter 1 bis 4 spiegelte für die jeweilige Auswirkung einen großen Anteil ( $> 75$  % der verwendeten Leitwörter bzw. Abweichungen) wider.

Die letzte Spalte der Tabelle zeigt den Anteil der Gruppen, die eines der Leitwörter verwendeten. Gruppen, die die jeweilige Auswirkung nicht identifizierten, sind in den Gesamtgruppen ausgenommen. Bei sieben Auswirkungen übersteigt der Anteil der Gruppen 75 %.

Tabelle 4-9: Ergebnisse 2. Hypothese

	1. Leitwort			2. Leitwort			3. Leitwort			4. Leitwort			Zusammenfassung				
	Art	Anzahl	Anteil	Σ Abweichungen 1-3 von Gesamt-Abw.	Σ Abweichungen bis 75 %	Gesamt Abweichungen	Anzahl Gruppen, die Leitwörter 1-3 verwenden	Anteil an den Gesamtgruppen									
1. austritt_medium	lw_1	154	49,2 %	lw_5	47	15,0 %	lw_3	46	14,7 %	lw_6	24	7,7 %	86,6 %	3	313	34	87,2 %
2. bersten_behaelter	lw_1	39	41,1 %	lw_2	42	44,2 %	lw_5	6	6,3 %	lw_3	5	5,3 %	96,8 %	2	92	22	95,7 %
3. brandgefaehrdung	lw_2	30	33,3 %	lw_1	22	24,4 %	lw_5	11	12,2 %	lw_7	11	12,2 %	82,2 %	4	90	16	100,0 %
4. chemische_reaktion	lw_4	19	38,8 %	lw_7	17	34,7 %	lw_1	4	8,2 %	lw_2	3	6,1 %	87,8 %	3	49	14	93,3 %
5. expositionsfaehige_atmosphäre	lw_1	83	33,5 %	lw_2	40	16,1 %	lw_3	39	15,7 %	lw_5	36	14,5 %	79,8 %	4	248	37	100,0 %
6. gesundheitsgefaehrdung	lw_1	19	27,1 %	lw_5	18	25,7 %	lw_3	12	17,1 %	lw_7	11	15,7 %	85,7 %	4	70	12	57,1 %
7. ueberfuellung_behaelter	lw_2	39	35,8 %	lw_1	38	34,9 %	lw_3	10	9,2 %	lw_5	8	7,3 %	87,2 %	3	109	25	96,2 %
8. umweltschaeden	lw_1	28	45,2 %	lw_3	10	16,1 %	lw_2	7	11,3 %	lw_5	7	11,3 %	83,9 %	4	62	15	93,8 %

Die Herangehensweise bzw. der Ausgangspunkt zur Beschreibung der Auswirkungen findet in den Gruppen differenziert statt. Die Identifizierung vergleichbarer Abweichungen liegt nur bei den Auswirkungen „chemische\_reaktion“ und „ueberfuellung\_behaelter“ zwischen 30 und 50 %. Für die weiteren Abweichungen können keine Häufungen zur Identifizierung der Auswirkungen festgestellt werden. Bezogen auf die jeweilige Gesamtanzahl an Abweichungen bilden die Abweichungen 1 bis 5 einen überwiegenden Anteil bezogen auf die Gesamtabweichungen. Für fünf Auswirkungen werden durch die Probandengruppen mehr als 50 % der Abweichungen über die ersten vier Abweichungen abgedeckt. Bezogen auf die Anzahl der Gruppen zeigt sich, dass bei „bersten\_behaelter“ und „ueberfuellung\_behaelter“ über 75 % der Probanden, die die Auswirkung erkannt haben, dies auf den Abweichungen 1-4 erfolgt. Bei weiteren fünf Auswirkungen liegt der Anteil der Gruppen zwischen 50 und 75 %.

Tabelle 4-10: Ergebnisse 2. Hypothese

	1. Abweichung			2. Abweichung			3. Abweichung			4. Abweichung			Zusammenfassung					
	Art	Anzahl	Anteil	Art	Anzahl	Anteil	Σ Abweichungen 1-3 von Gesamt-Abw.	Anzahl Gruppen, die Leitwörter 1-3 verwenden	Gesamtabweichungen									
1. austritt_medium	AK_05_L	34	10,9%	AK_09_K	31	9,9%	AK_06_K	30	9,6%	AK_05_K	28	8,9%			39,3%	13	313	33,3%
2. bersten_behaelter	AK_07_K	22	23,2%	AK_05_L	15	15,9%	AK_10_K	10	10,5%	AK_05_P	10	10,5%			60,0%	21	95	91,3%
3. brandgefuehrdung	AK_n_T	14	15,6%	AK_n_F	11	12,2%	AK_05_T	7	7,8%	AK_05_L	7	7,8%			43,4%	9	90	56,3%
4. chemische_reaktion	AK_n_E	15	30,7%	AK_n_F	10	20,4%	AK_05_E	5	10,2%	AK_05_E	4	8,2%			69,4%	11	49	73,3%
5. expositionsfaehige_atmosphaere	AK_05_L	38	15,3%	AK_n_T	24	9,7%	AK_n_F	18	7,3%	AK_n_F	18	7,3%			39,5%	22	248	59,5%
6. gesundheitsgefuehrdung	AK_n_E	13	18,6%	AK_01_K	8	11,4%	AK_n_F	8	11,4%	AK_n_F	8	11,4%			52,9%	11	70	52,4%
7. ueberfuehlung_behaelter	AK_10_K	43	39,4%	AK_05_L	23	21,1%	AK_02_K	8	7,3%	AK_02_K	7	6,4%			74,3%	24	109	92,3%
8. umweltschaeden	AK_n_F	16	25,8%	AK_05_L	11	17,7%	AK_n_E	6	9,7%	AK_n_E	6	9,7%			62,9%	11	62	68,8%

Die durch die Probanden identifizierten Ursachen weisen keine Häufungen auf. Lediglich bei der Abweichung „ueberfüllung\_behaelter“ identifizierten 34,9 % der Probandengruppen eine gemeinsame Ursache. Die Abweichungen 1 bis 4 bilden auch nicht den mehrheitlichen Anteil (50 %) über alle identifizierten Ursachen. Bezogen auf die Probandengruppen zeigt sich, dass bei den Ereignissen „bersten\_behaelter“ und „uberfuellung\_behalter“ der Anteil der Gruppen, der sich der vier aufgeführten Ursachen bedient, größer als 75 % ist. Bei weiteren vier Ereignissen beträgt der Anteil der Gruppen, die vier genannte Ursachen herangezogen haben, zwischen 30 und 50 %.

Tabelle 4-11: Ergebnisse 3. Hypothese

	1. Ursache			2. Ursache			3. Ursache			4. Ursache			Zusammenfassung			
	Art	Anzahl	Anteil	Σ Abweichungen 1-3 von Gesamt-Abw.	Anzahl Gruppen, die Leitwörter 1-3 verwenden	Gesamtabweichungen	Anteil an den Gesamtgruppen									
1. austritt_medium	AK_05_df_organ	29	9,3 %	AK_09_nb_organ	26	8,3 %	AK_06_nb_organ	23	7,3 %	AK_01_nb_organ	23	7,3 %	32,3 %	18	313	46,2 %
2. bersten_behaelter	AK_07_nb_organ	21	22,1 %	AK_10_df_addt	12	12,6 %	AK_07_df_kons	8	8,4 %	AK_09_nb_organ	8	8,4 %	51,6 %	20	95	87,0 %
3. brandgefaehrdung	AK_n_nb_othr	18	20,0	AK_12_df_organ	7	7,8 %	AK_11_df_addt	6	6,7 %	AK_00_nb_othr	4	4,4 %	38,9 %	11	90	68,8 %
4. chemische_reaktion	AK_n_nb_othr	13	26,5 %	AK_00_nb_organ	12	24,5 %	AK_00_nb_othr	5	10,2 %	AK_n_nb_organ	5	8,2 %	69,4 %	11	49	73,3 %
5. expositionsfaehige_atmosphaere	AK_n_nb_othr	32	12,9 %	AK_01_nb_organ	14	5,6 %	AK_01_df_kons	14	5,6 %	AK_09_nb_organ	12	4,8 %	29,0 %	22	248	59,5 %
6. gesundheitsgefaehrdung	AK_12_nb_organ	9	12,9 %	AK_n_nb_othr	6	12,8 %	AK_n_df_organ	6	8,6 %	AK_01_df_kons	6	8,6 %	38,6 %	6	70	28,0 %
7. ueberfuellung_behaelter	AK_10_df_addt	38	34,9 %	AK_10_nb_organ	14	12,8 %	AK_10_nb_othr	8	7,3 %	AK_03_nb_othr	6	5,5 %	60,6 %	24	109	92,3 %
8. umweltschaeden	AK_09_nb_organ	6	9,7 %	AK_01_nb_organ	6	9,7 %	AK_n_df_organ	4	6,5 %	AK_n_nb_organ	4	6,5 %	32,3 %	9	62	56,3 %

Die Darstellung der jeweils vier ersten Gegenmaßnahmen der Gruppen, bezogen auf die wesentlichen Ereignisse, zeigt keine Häufungen von vergleichbaren Gegenmaßnahmen auf. Die Gegenmaßnahmen 1 bis 4 bilden bei fünf der relevanten Ereignisse einen Anteil von 30 bis 50 % bezogen auf alle beschriebenen Gegenmaßnahmen ab. Bei den Auswirkungen „brandgefahrung“, „chemische\_reaktion“ und „ueberfuellung\_behaelter“ verwendet der überwiegende Anteil der Probandengruppen (mehr als 75 %) die Gegenmaßnahmen 1 bis 4. Bei weiteren vier Auswirkungen verwendet jeweils ein Anteil von 30 bis 50 % der Probandengruppen die Gegenmaßnahmen 1 bis 4.

Tabelle 4-12: Ergebnisse 4. Hypothese (Teil 1)

	1. Gegenmaßnahme			2. Gegenmaßnahme			3. Gegenmaßnahme			4. Gegenmaßnahme		
	Art	Anzahl	Anteil	Art	Anzahl	Anteil	Art	Anzahl	Anteil	Art	Anzahl	Anteil
1. austritt_medium	AK_n_organ_ogf_willa_prev	51	6,6 %	AK_05_organ_ogf_willa_prev	47	6,1 %	AK_09_nb_ogf_willa_prev	29	3,8 %	AK_01_nb_organ_kzf_willa_prev	26	3,4 %
2. bersten_behaelter	AK_10_addt_K_willu_prev	25	9,9 %	AK_n_organ_ogf_willa_prev	24	9,5 %	AK_10_organ_ogf_willa_prev	22	8,7 %	AK_05_addt_P_willu_prev	20	7,9 %
3. brandgefaehrung	AK_n_organ_ogf_willa_prev	27	11,8 %	AK_12_addt_F_willu_prev	13	5,7 %	AK_12_organ_ogf_willa_prev	11	4,8 %	AK_n_kons_K_willu_prev	11	4,8 %
4. chemische_reaktion	AK_n_organ_ogf_willa_prev	25	20,7 %	AK_00_organ_kzf_willa_prev	15	12,4 %	AK_05_organ_ogf_will_prev	9	7,4 %	AK_n_pers_ogf_willa_prev	8	6,6 %
5. expositionsfaehige_atmosphaere	AK_n_organ_ogf_willa_prev	64	9,7 %	AK_05_organ_ogf_willa_prev	30	4,6 %	AK_01_organ_ogf_willa_prev	29	4,4 %	AK_n_kons_K_willu_prev	24	3,6 %
6. gesundheitsgefaehrung	AK_n_organ_ogf_willa_prev	22	11,0 %	AK_01_organ_ogf_willa_prev	17	8,5 %	AK_n_pers_kzf_willa_prev	16	8,0 %	AK_05_organ_ogf_willa_prev	15	7,5 %
7. uebertuellung_behaelter	AK_10_organ_ogf_willa_prev	49	19,7 %	AK_10_addt_K_willu_prev	29	11,6 %	AK_02_organ_ogf_willa_prev	13	5,2 %	AK_05_addt_L_willa_prev	10	4,0 %
8. umweltschaeden	AK_n_organ_ogf_willa_prev	19	13,8 %	AK_05_kons_F_willu_lim	12	8,7 %	AK_01_addt_K_willu_prev	6	4,3 %	AK_09_addt_K_willu_prev	5	3,6 %

Tabelle 4-13: Ergebnisse 4. Hypothese (Teil 2)

		Σ Abweichungen 1-3 von Gesamt- Abw.	Anzahl Gruppen, die Leitwörter 1-3 verwenden	Gesamtabweichungen	Anteil an den Gesamtgruppen
1.	austritt_medium	19,9 %	13	770	33,3 %
2.	bersten_behaelter	36,1 %	16	252	69,6 %
3.	brandgefaehrdung	27,2 %	14	228	87,5 %
4.	chemische_reaktion	47,1 %	13	121	86,7 %
5.	expositionsfaehige_atmosphere	22,3 %	22	658	59,5 %
6.	gesundheitsgefaehrdung	35,0 %	11	200	52,4 %
7.	ueberfuellung_behaelter	40,6 %	22	249	84,6 %
8.	umweltschaeden	30,4 %	11	138	68,8 %

Die Art der Gegenmaßnahmen ist in der Tabelle 4-14 dargestellt. Bei sechs der acht wesentlichen Auswirkungen stammen die meisten Gegenmaßnahmen aus der Kategorie „organisatorische Gegenmaßnahmen“. Für zwei Ereignisse liegt der überwiegende Teil der Gegenmaßnahmen bei den „technisch-additiven Gegenmaßnahmen“. Die Verteilung zwischen den Kategorien „willensabhängig“ und „willensunabhängig“ zeigt, dass bei fünf Ereignissen die Kategorie „willensunabhängig“ überwiegt, während bei den übrigen drei Ereignissen „willensabhängige Gegenmaßnahmen“ häufiger gewählt wurden.

Tabelle 4-14 Ergebnisse 5. Hypothese (Teil 1)

		Anteil_Gegenmaßnahmen_ kons	Anteil_Gegenmaßnahmen_ addt	Anteil_Gegenmaßnahmen_ orga	Anteil_Gegenmaßnahmen_ pers	Anteil_Gegenmaßnahmen_ willa	Anteil_Gegenmaßnahmen_ willu
1.	austritt_medium	19,0 %	18,8 %	53,2 %	9,0 %	63,5 %	37,5 %
2.	bersten_behaelter	12,7 %	48,4 %	34,9 %	4,0 %	38,9 %	61,1 %
3.	brandgefaehrdung	25,0 %	28,9 %	39,9 %	6,1 %	46,9 %	53,1 %
4.	chemische_reaktion	14,0 %	7,4 %	62,0 %	16,5 %	77,7 %	21,5 %
5.	expositionsfaehige_atmosphere	20,7 %	29,8 %	42,2 %	7,1 %	49,5 %	50,3 %
6.	gesundheitsgefaehrdung	12,0 %	19,5 %	52,0 %	16,5 %	68,5 %	31,5 %
7.	ueberfuellung_behaelter	9,2 %	49,8 %	39,0 %	2,0 %	47,3 %	52,6 %
8.	umweltschaeden	30,4 %	30,4 %	35,5 %	8,7 %	46,4 %	53,6 %

Die Gegenmaßnahmen fallen entsprechend Kapitel 4.3.2 in eine von drei Kategorien. Maßnahmen der Kategorie A sind dabei vorwiegend inhärente bzw. technisch-konstruktive Maßnahmen. Maßnahmen der

Kategorie B sind solche, die bspw. technisch-additiv ansetzen. Die letzte Kategorie C beinhaltet organisatorische und persönliche Gegenmaßnahmen.

Der durchschnittliche Anteil der Maßnahmen der Kategorie A liegt bei vier Auswirkungen zwischen 30 und 50 %. Bei den Übrigen vier Auswirkungen liegt der durchschnittliche Anteil an Kategorie-A-Maßnahmen unter 30 %.

Der Anteil der Gruppen, die Kategorie-A-Maßnahmen beschrieben haben, beträgt für die Auswirkungen „brandgefaehrdung“ und „explosionsfaehige\_atmosphaere“ jeweils circa 62 %. Bei weiteren vier Auswirkungen lag der Anteil der Probandengruppen, die Kategorie-A-Maßnahmen beschrieben haben, zwischen 30 und 50 %.

Der durchschnittliche Anteil der Maßnahmen der Kategorie B ist im Vergleich zu Kategorie-A-Maßnahmen höher. Bei fünf Auswirkungen liegt der durchschnittliche Anteil der Kategorie-B-Maßnahmen zwischen 30 und 50 %. Bei den Übrigen drei Auswirkungen liegt der Anteil der Kategorie-B-Maßnahmen zwischen 50 und 70 %. Die Auswahl von Kategorie-B-Maßnahmen wird bei fünf Auswirkungen von einem überwiegenden Anteil der Probandengruppen vorgenommen. Bei den Auswirkungen „gesundheitsgefaehrdung“ und „chemische\_reaktion“ liegt der Anteil der Gruppen, die Kategorie-B-Maßnahmen ausgewählt haben, deutlich darunter.

Maßnahmen der Kategorie C wurden für zwei Auswirkungen zu einem überwiegenden Anteil beschrieben („chemische\_reaktion“ und „gesundheitsgefaehrdung“). Für fünf Auswirkungen erfolgt die Beschreibung von Kategorie-C-Maßnahmen durchschnittlich zu einem Anteil von 30 bis 50 %.

Für alle Auswirkungen kann festgestellt werden, dass der überwiegende Anteil der Probandengruppen Gegenmaßnahmen der Kategorie C beschrieben hat.

Tabelle 4-15: Ergebnisse 5. Hypothese (Teil 2)

	Auswirkung				Maßnahmen								
	identifiziert		nicht identifiziert		Kategorie A			Kategorie B			Kategorie C		
	Anzahl	Anteil	Anzahl	Anteil	Anzahl	Anteil der Gruppen	durchschnittliche Anzahl	Anzahl	Anteil der Gruppen	durchschnittliche Anzahl	Anzahl	Anteil der Gruppen	durchschnittliche Anzahl
1. austritt_medium	39	88,6 %	5	11,4 %	15	38,5 %	25,6 %	29	74,4 %	37,6 %	37	94,9 %	65,6 %
2. bersten_behaelter	23	53,3 %	21	47,7 %	3	13,0 %	23,9 %	20	87,0 %	66,3 %	18	78,3 %	50,2 %
3. brandgefaehrung	16	36,4 %	28	63,6 %	10	62,5 %	35,4 %	13	81,3 %	43,6 %	13	81,3 %	52,3 %
4. chemische_reaktion	15	34,1 %	29	65,9 %	5	33,3 %	21,8 %	3	20,0 %	33,8 %	15	100,0 %	86,0 %
5. expositionsfaehige_atmosphaere	37	84,1 %	7	15,9 %	23	62,2 %	36,0 %	29	78,4 %	44,3 %	32	86,5 %	49,6 %
6. gesundheitsgefaehrung	21	47,7 %	23	52,3 %	5	23,8 %	26,0 %	10	47,6 %	40,0 %	20	95,2 %	78,0 %
7. ueberfuellung_behaelter	26	59,1 %	18	40,9 %	4	15,4 %	40,0 %	21	80,8 %	59,3 %	20	76,9 %	59,8 %
8. umweltschaeden	16	36,4 %	28	63,6 %	5	31,3 %	33,7 %	13	81,3 %	55,3 %	13	81,3 %	54,9 %

Die Auswirkungen „austritt\_medium“ und „bersten\_behaelter“ wurden durch die Probandengruppen mit einem Anteil von 50 bis 75 % durchschnittlich als hoch eingestuft. Drei Auswirkungen wurden durch die Probandengruppen mit einem überwiegenden Anteil als hoch eingeschätzt. Für zwei weitere Auswirkungen erfolgte die Beurteilung „hoch“ durchschnittlich in 30 bis 50 % der Fälle. Die Beurteilung „hoch“ wird nur durch einen geringen Anteil an Probandengruppen gewählt. Der überwiegende Anteil der Probandengruppen identifizierte für die Auswirkungen keine hohe Eintrittswahrscheinlichkeit.

Die Beurteilung der Auswirkungen mit einer mittleren Eintrittswahrscheinlichkeit erfolgte bei drei Auswirkungen zu einem überwiegenden Anteil. Bei den übrigen fünf Auswirkungen wurde die mittlere Eintrittswahrscheinlichkeit durchschnittlich mit einem Anteil von 30 bis 50 % der Probandengruppen beurteilt.

Für die Auswirkung „austritt\_medium“ wurde durch den überwiegenden Anteil der Probandengruppen eine vergleichbare mittlere Einschätzung der Eintrittswahrscheinlichkeit vorgenommen. Für weitere sechs Auswirkungen kam ein Anteil von 50 bis 75 % der Probandengruppen zum Ergebnis einer mittleren Eintrittswahrscheinlichkeit.

Für fünf Auswirkungen wurde durch die Probandengruppen eine niedrige Eintrittswahrscheinlichkeit ermittelt. Bei den übrigen drei Auswirkungen wurde mit einem Anteil von 50 bis 75 % eine niedrige Eintrittswahrscheinlichkeit festgelegt. Für die Auswirkungen „bersten\_behaelter“, „brandgefaehrdung“ und „umweltgefaehrdung“ schätzte der überwiegende Anteil der Probandengruppen eine niedrige Eintrittswahrscheinlichkeit ein. Für weitere drei Auswirkungen schätzte jeweils ein Anteil von 50 bis 75 % die Eintrittswahrscheinlichkeit als niedrig ein. Bei den übrigen zwei Auswirkungen schätzten weniger als 50 % der Probandengruppen eine niedrige Eintrittswahrscheinlichkeit ein.

Tabelle 4-16: Ergebnisse 6. und 7. Hypothese

		Eintrittswahrscheinlichkeit														
		hoch					mittel					niedrig				
		n_gruppen_Kat_A(F0,F1)	n_gruppen_Kat_A(F0,F1)/n_gruppen_ges	durchschnittlicher Anteil	Summe_abweichungen_Kat_A(F0,F1)	n_abweichungen_Kat_A(F0,F1)/n_abweichungen_ges	n_gruppen_Kat_A(F2,F3)	n_gruppen_Kat_A(F2,F3)/n_gruppen_ges	durchschnittlicher Anteil	Summe_Abweichungen_Kat_A(F2,F3)/n_abweichungen_ges	n_abweichungen_Kat_A(F2,F3)/n_abweichungen_ges	n_gruppen_Kat_A(F4,F5)	n_gruppen_Kat_A(F4,F5)/n_gruppen_ges	durchschnittlicher Anteil	Summe_Abweichungen_Kat_A(F4,F5)/n_abweichungen_ges	n_abweichungen_Kat_A(F4,F5)/n_abweichungen_ges
1.	austritt_medium	6	15,4 %	65,7 %	17	5,4 %	31	79,5 %	61,4 %	157	50,2 %	28	71,8 %	57,2 %	139	44,4 %
2.	bersten_behaelter	1	4,3 %	63,6 %	7	7,4 %	8	34,8 %	79,1 %	27	28,4 %	18	78,3 %	89,1 %	61	64,2 %
3.	brandgefaehrdung	2	12,5 %	17,2 %	3	3,3 %	10	62,7 %	62,7 %	42	46,7 %	13	75,0 %	78,2 %	45	50,0 %
4.	chemische_reaktion	1	6,7 %	100,0 %	1	2,0 %	10	66,7 %	76,2 %	28	57,1 %	15	66,7 %	63,8 %	20	40,8 %
5.	expositionsfaehige_atmosphaere	11	29,7 %	48,6 %	29	11,7 %	27	73,0 %	56,8 %	110	44,4 %	32	70,3 %	62,7 %	109	44,0 %
6.	gesundheitsgefaehrdung	4	19,0 %	91,7 %	6	8,6 %	12	57,1 %	74,3 %	35	50,0 %	10	47,6 %	84,2 %	29	41,4 %
7.	ueberfuellung_behaelter	1	33,3 %	33,3 %	1	0,9 %	14	53,8 %	70,9 %	43	39,4 %	21	80,8 %	75,0 %	65	59,6 %
8.	umweltschaeden	4	97,5 %	97,5 %	6	9,7 %	8	50,0 %	85,3 %	28	45,2 %	7	43,8 %	81,1 %	28	45,2 %

Die Auswertung der Beurteilung der Schadensschwere erfolgte ebenfalls in drei Kategorien (hoch, mittel, niedrig). Für die Auswirkungen „austritt\_medium“ und „umweltgefahrdung“ wurde die Schadensschwere „hoch“ durchschnittlich mit einem Anteil von 71,6 % bzw. 74,3 % gewählt. Für die übrigen Auswirkungen erfolgte überwiegend die Einschätzung „hoch“.

Der überwiegende Anteil der Probandengruppen schätzte die Schadensschwere der wesentlichen Auswirkungen als hoch ein.

Der durchschnittliche Anteil der Abweichungen, die mit einem mittleren Schadensausmaß beurteilt wurden, lag bei fünf Auswirkungen zwischen 50 und 75 %. Bei zwei Auswirkungen wurden durchschnittlich nur 30 bis 50 % der Abweichungen mit einem mittleren Schadensausmaß bewertet. Die Auswirkung „austritt\_medium“ wurde von 56,4 % der Probandengruppen mit einem mittleren Schadensausmaß eingestuft. Weitere fünf Auswirkungen wurden von einem Anteil von 30 bis 50 % der Probandengruppen mit einem mittleren Schadensausmaß eingeschätzt. Ein niedriges Schadensausmaß wurde lediglich im Falle der Auswirkung „ueberfuellung\_behaelter“ für einen überwiegenden Anteil der Abweichungen eingestuft. Im Rahmen der Auswirkungsanalyse von „explosionsfaehige\_atmosphaere“ und „umweltgefahrdung“ wurden durchschnittlich 64,4 % bzw. 71,3 % der Abweichungen als niedrig eingestuft.

Der Anteil der Probandengruppen, die die Abweichungen niedrig einschätzten, liegt bei der Auswirkung „umweltgefahrdung“ bei 31,3 %. Bei den übrigen Auswirkungen liegt der Anteil der Probandengruppen, die die Schadensschwere als niedrig einschätzten, unter 30 %.

Tabelle 4-17: Ergebnisse 8. und 9. Hypothese

		Schadensschwere														
		hoch				mittel				niedrig						
		n_gruppen_Kat_A(S0,S1)	n_gruppen_ges	durchschnittlicher Anteil	Summe_abweichungen_Kat_A(S0,S1)	n_abweichungen_ges	n_gruppen_Kat_A(S2,S3)	n_gruppen_ges	durchschnittlicher Anteil	Summe_abweichungen_Kat_A(S2,S3)	n_abweichungen_ges	n_gruppen_Kat_A(S4,S5)	n_gruppen_ges	durchschnittlicher Anteil	Summe_Abweichungen_Kat_A(S4,S5)	n_abweichungen_ges
1.	austritt_medium	34	87,2 %	71,6 %	190	60,7 %	22	56,4 %	50,3 %	95	30,4 %	9	23,1 %	39,8 %	28	8,9 %
2.	bersten_behaelter	23	100,0 %	99,0 %	93	97,9 %	1	4,3 %	8,3 %	1	1,1 %	1	4,3 %	14,3 %	1	1,1 %
3.	brandgefaehrdung	15	93,8 %	81,9 %	61	67,8 %	6	37,5 %	61,8 %	29	32,2 %	0	0,0 %	0,0 %	0	0,0 %
4.	chemische_reaktion	14	93,3 %	86,7 %	39	79,6 %	6	40,0 %	47,8 %	10	20,4 %	0	0,0 %	0,0 %	0	0,0 %
5.	expositionsfaehige_atmosphare	34	91,9 %	88,2 %	174	70,2 %	12	32,4 %	31,6 %	51	20,6 %	5	13,5 %	64,4 %	23	9,1 %
6.	gesundheitsgefaehrdung	16	76,2 %	82,4 %	36	51,4 %	9	42,9 %	68,3 %	24	34,3 %	2	9,5 %	83,3 %	10	14,3 %
7.	ueberfuellung_behaelter	25	96,2 %	89,4 %	96	88,1 %	6	23,1 %	57,4 %	1	11,0 %	1	3,8 %	20,0 %	1	0,9 %
8.	umweltschaeden	12	75,0 %	74,3 %	31	50,0 %	6	37,5 %	58,7 %	5	33,9 %	5	31,3 %	71,3 %	10	16,1 %

## 4.5 Beantwortung der Hypothesen

Die im Kapitel 4.2 formulierten Hypothesen können wie folgt auf Basis der ermittelten Erkenntnisse validiert bzw. falsifiziert werden.

*Tabelle 4-18: Bewertung der Hypothesen*

Nr.	Hypothese	Bewertung
1.	Der überwiegende Anteil der Probandengruppen (75 %) hat die wesentlichen acht definierten Auswirkungen identifiziert.	falsch
2.	Der überwiegende Anteil (75 %) der Probandengruppen verwendet vergleichbare Abweichungen für die Identifizierung der relevanten Auswirkungen.	wahr
3.	Der überwiegende Anteil (75%) der Probandengruppen identifiziert vergleichbare Ursachen für die Auswirkungen.	falsch
4.	Der überwiegende Anteil der Probandengruppen (75 %) identifiziert vergleichbare Gegenmaßnahmen für die Auswirkungen.	falsch
5.	Die Verteilung der Art der Gegenmaßnahmen ist für die wesentlichen Auswirkungen vergleichbar gewählt.	wahr
6.	Der überwiegende Anteil der Probandengruppen legt für die identifizierten Auswirkungen eine vergleichbare Eintrittswahrscheinlichkeit fest.	falsch
7.	Der überwiegende Anteil der Abweichungen wird von den Probandengruppen mit einer vergleichbaren Eintrittswahrscheinlichkeit festgelegt.	falsch
8.	Der überwiegende Anteil der Probandengruppen legt für die identifizierten Auswirkungen ein vergleichbares Schadensausmaß fest.	wahr
9.	Der überwiegende Anteil der Abweichungen wird von den Probandengruppen mit einem vergleichbaren Schadensausmaß bewertet.	falsch

### 1. Hypothese:

Die wesentlichen Auswirkungen wurden nicht durch einen überwiegenden Anteil der Probandengruppen identifiziert. Lediglich durch zwei Auswirkungen wird die Hypothese gestützt.

### 2. Hypothese:

Die 2. Hypothese kann bestätigt werden. Der überwiegende Anteil der Probandengruppen, welche die Auswirkung identifiziert haben, verwendet die favorisierten Leitwörter. Es zeigt sich ebenfalls, dass die genannten Leitwörter 1 bis 3 auch den überwiegenden Anteil aller genannten Leitwörter ausmachen.

### **3. Hypothese:**

Die überwiegende Mehrheit der Probandengruppen identifiziert keine vergleichbaren Ursachen für die acht Auswirkungen. Die Hypothese muss abgelehnt werden und kann lediglich für zwei Auswirkungen bestätigt werden. Die vier Hauptursachen bilden über alle Probandengruppen nicht die überwiegenden Anteile an allen Ursachen. Die Identifizierung von Ursachen zeigt eine höhere Variabilität auf.

### **4. Hypothese**

Die Beschreibung von Gegenmaßnahmen erfolgt durch die Probandengruppen differenziert. Die Beschreibung von Gegenmaßnahmen für die Auswirkungen erfolgt nicht anhand vergleichbarer Gegenmaßnahmen. Die Hypothese muss abgelehnt werden.

### **5. Hypothese:**

Der Schwerpunkt der Art der Gegenmaßnahmen wird in fünf von acht Ereignissen vergleichbar gewählt. Die Hypothese kann bestätigt werden.

### **6. Hypothese:**

Die Eintrittswahrscheinlichkeit für die wesentlichen Ereignisse wird bei vier Ereignissen vergleichbar eingeschätzt („austritt\_medium“, „bersten\_behaelter“, „brandgefaehrdung“ und „ueberfuellung\_behaelter“). Die Hypothese kann nicht bestätigt werden.

### **7. Hypothese:**

Innerhalb der wesentlichen Auswirkungen kann keine Häufung der Einschätzung der Abweichungen identifiziert werden. Die Hypothese kann nicht bestätigt werden.

### **8. Hypothese:**

Das Schadensausmaß wird durch einen überwiegenden Anteil der Probandengruppen vergleichbar eingeschätzt. Für alle wesentlichen Auswirkungen liegt der Anteil der Gruppen, die das Schadensausmaß „hoch“ gewählt haben, oberhalb von 75 %.

### **9. Hypothese:**

Das Schadensausmaß wird bei drei Ereignissen für einen überwiegenden Teil der Abweichungen vergleichbar, und zwar oberhalb von 75 %, eingeschätzt („bersten\_behaelter“, „chemische\_reaktion“). Die Hypothese kann nicht bestätigt werden.

## 4.6 Diskussion der Ergebnisse

Die durchgeführte qualitative Studie zeigt, dass die Probandengruppen zu unterschiedlichen Ergebnissen bei der Durchführung der HAZOP-Studie kommen. Lediglich in den Merkmalen der potenziellen Abweichungen und des Schadensausmaßes sowie der Art der Gegenmaßnahmen gibt es deutliche Übereinstimmungen.

Bei den übrigen Merkmalen weichen die Beurteilungsergebnisse der Probandengruppen voneinander ab. Dies gilt sowohl für die Identifizierung der Auswirkungen, die Ursachen und die ausgewählten Gegenmaßnahmen als auch bezogen auf die gewählte Eintrittswahrscheinlichkeit der Auswirkungen.

Die Teilnehmer der qualitativen Studie haben im Kontext des HAZOP-Verfahrens zwar keinen Expertenstatus, allerdings handelt es sich bei ihnen um Personen mit einem Grundwissen zur Durchführung der HAZOP-Studie. Obwohl die Aufgabe der Teilnehmer darin bestand, systematisch im Rahmen der HAZOP-Studie den Brainstorming-Ansatz zu verfolgen und die Abweichungen zu deklinieren, erfolgte dies in den Probandengruppen nicht einheitlich. Dies zeigt sich sowohl in der Anzahl der identifizierten Abweichungen, Ursachen, Auswirkungen und Gegenmaßnahmen als auch in der Qualität der identifizierten Merkmale. So wurde bspw. nur ein Teil der Leitwörter ausgewählt oder Ursachen und Auswirkungen wurden gar nicht identifiziert.

Auch bei der Beurteilung der Eintrittswahrscheinlichkeit können Unterschiede bestätigt werden. Die unterschiedlichen Einschätzungen der Eintrittswahrscheinlichkeit sind trotz einer Erläuterung der jeweiligen Kategorien und der zur Verfügungstellung von Beispielen für die einzelnen Kategorien beobachtbar. Dies deckt sich mit den Erkenntnissen aus der systematischen Literaturrecherche, die zeigt, wie heuristische Beurteilungsstrategien bei der Einschätzung von Risiken wirken. Es kann bestätigt werden, dass im Rahmen der durchgeführten Studie die Risiken ebenfalls sehr unterschiedlich diskutiert und wahrgenommen wurden.

Ein weiterer Unterschied kann bei der Auswahl der Gegenmaßnahmen festgestellt werden. Die Auswahl der Gegenmaßnahmen wurde von den Teilnehmern entsprechend dem unterschiedlich ermittelten Risiko jeweils anders gewählt. Dies hat im Ergebnis der Studie zur Folge, dass durch die Probandengruppen auch ein unterschiedliches Schutzniveau der verfahrenstechnischen Anlagen erreicht wurde. Dies wäre in der betrieblichen Praxis je nach Umfang der fehlenden Schutzmaßnahmen ein Risiko.

Zusammenfassend zeigt die qualitative Studie, dass, obwohl die Probanden vergleichbare Bedingungen zur Durchführung der Studie hatten und bisher eine eher geringe Beeinflussung im Kontext des HAZOP-Verfahrens stattgefunden hat, es zu Abweichungen kam. Diese Abweichungen ergeben sich aus Sicht der

Autorin insbesondere durch den Brainstorming-Ansatz, der dazu führt, dass die Studiendiskussion relativ offen, aber streng systematisch stattfinden soll. Selbst im Rahmen dieser Studie, in welcher Zeit- und Kostendruck keine wesentliche Rolle für die Teilnehmer spielten, wurde von diesem Vorgehen teilweise abgewichen. Das Brainstorming-Verfahren führt aber auch dazu, dass sich in jedem Arbeitsschritt des HAZOP-Ansatzes kleinere Abweichungen zwischen den einzelnen Probandengruppen ergeben. Diese vergrößern sich teilweise nach jedem weiteren Arbeitsschritt und führen im letzten Arbeitsschritt zu unterschiedlichen Gegenmaßnahmen. Die Unterschiedlichkeit der Gegenmaßnahmen führt wiederum zu einem unterschiedlichen Schutzniveau der verfahrenstechnischen Anlage.

#### **4.7 Fazit zur Studie mit Studierenden**

Die qualitative Studie hat gezeigt, dass das Brainstorming-Verfahren zu Abweichungen in den einzelnen Arbeitsschritten führt. Auch konnte im Rahmen der qualitativen Studie aufgezeigt werden, dass durch die Probandgruppen kein einheitliches Schutzniveau erreicht, sondern auch hier auf verschiedene Gegenmaßnahmen unterschiedlicher Qualität zurückgegriffen wurde.

Während die Probanden mit einem Grundwissen, einer umfangreichen Erklärung und Schulung und einer einfachen verfahrenstechnischen Anlage bereits zu Abweichungen in der Beurteilung kamen, wird sich dies nach Auffassung der Autorin bei den Experten in der betrieblichen Praxis mindestens in einem vergleichbaren Maße zeigen. Die Experten verfügen über deutlich mehr individuelle Praxiserfahrung und haben jeweils über kleine heuristischen Beurteilungsstrategien spezifische Lösungen und Herangehensweisen entwickelt. Auch die Komplexität der verfahrenstechnischen Anlagen ist in der Praxis in vielen Fällen deutlich höher und bewirkt aus Sicht der Autorin zusätzliche Abweichungen in der Bewertung. Im Rahmen der Expertenstudie sollen diese Erkenntnisse verifiziert und die Sicht der Experten aus der betrieblichen Praxis in die Beantwortung der Forschungsfragen aufgenommen werden.

## **5 Expertenstudie zur Untersuchung von Defiziten bei der Durchführung von HAZOP-Studien aus Sicht von Experten**

Die Durchführung der qualitativen Studie hat gezeigt, dass die Anwendung des HAZOP-Verfahrens zu Abweichungen innerhalb der Beurteilung führen und sich hieraus ein nicht einheitliches Schutzniveau ergeben kann. In diesem Kapitel erfolgt die Durchführung der Expertenstudie. Ziel der Expertenstudie ist es, die Perspektive der HAZOP-Experten aufzunehmen und zu überprüfen, ob sich die beschriebenen Abweichungen durch die Experten bestätigen lassen bzw. ob es bereits Maßnahmen der Experten gibt, um Abweichungen zu reduzieren. Auf Basis des Ergebnisses der qualitativen Studie und der Experteninterviews sollen am Ende dieses Kapitels die Hypothesen geprüft werden.

### **5.1 Durchführung von Experteninterviews**

Die Durchführung von Experteninterviews hat in den vergangenen Jahren zugenommen und erfreut sich in der Sozialforschung immer größerer Beliebtheit (Bogner et al., 2005). Die zunehmende Beliebtheit kann nach Bogner auf mehrere Ursachen zurückgeführt werden.

Die Identifikation einer Expertengruppe und die Gespräche mit Experten in der Explorationsphase eines Forschungsprojektes können dem Forscher gegenüber einer Datenerhebung im freien Feld lange Wege ersparen. Auch können durch Experteninterviews aufwändige Beobachtungsprozesse verkürzt werden, wenn über das Experteninterview als „Kristallisationspunkt“ praktisches Insiderwissen identifiziert werden kann. Ein weiterer Aspekt besteht darin, dass das Experteninterview aus methodischer Hinsicht eine besonders unproblematische Form der Befragung darstellt. Hierbei treffen zwei akademisch sozialisierte Gesprächspartner aufeinander, die sich über eine vergleichsweise symmetrische Kommunikationsbeziehung austauschen können. Methodische Überlegungen dazu, wie z. B. eine Beziehung zum Gesprächspartner aufgebaut werden kann oder wie zu Beginn der Befragung Distanzen zwischen den Beteiligten abgebaut werden können, müssen nur in geringem Maße angestellt werden (Bogner et al., 2005).

Durch die Veröffentlichungen von u. a. Meuser und Nagel (2002) zum Experteninterview hat sich eine Methodendebatte um die Durchführung von Experteninterviews ergeben. Diesbezüglich gilt nach Bogner et al. (2005) zunächst, dass die Erhebung von Informationen durch Experten kein methodisches Vorgehen darstellt, um objektive Informationen zu erheben. Auch die Ergebnisse von Experteninterviews machen eine inhaltliche und methodische Reflexion durch den Forschenden erforderlich (Bogner et al., 2005).

Das Experteninterview ist allerdings keine neue methodische Erhebungsform. Auch in mittlerweile klassischen Texten (Scheuch, 1967) ist das Experteninterview als Methodik unter den „Sonderformen der Befragungen“ bereits aufgeführt. Hierzu gehören alle Interviews, die nicht standardisiert oder quantitativ auswertbar sind. Bogner et al. (2005) stellen zudem heraus, dass das Experteninterview in den klassischen deutschen Texten zur Grundlegung der Befragung nicht mehr oder weniger Beachtung erhält als andere qualitative Interviewformen. Nach Bogner et al. (2005) ergibt sich ein weiterer Grund für die geringere Beachtung des Experteninterviews, nämlich seine gering ausgeprägte theoretisch-methodologische Fundierung gegenüber anderen Verfahren. Es gibt deutlich weniger Versuche, das Experteninterview systematisch zu begründen, als beispielsweise bei narrativen Interviews, welche seit mittlerweile über 40 Jahren Gegenstand intensiver und kritischer Diskussionen sind (Bogner et al., 2005).

Liebhold und Trinczek (2009) resümieren zur Diskussion um das Experteninterview als Methode, dass stillschweigender Konsens darüber herrsche, dass das Experteninterview ein Leitfadeninterview ist.

Bogner et al. (2005) halten für die Diskussion um das Experteninterview zudem fest, dass bei der Durchführung insbesondere eine methodische und methodologische Reflexion erfolgen muss.

Diese wird bei der Anwendung von Experteninterviews häufig außer Acht gelassen. Experteninterviews sind nach Bogner und Menz (2005) ein Beispiel dafür, dass die Alltagspraxis empirischer Sozialforschung und deren methodische Reflexion nicht immer parallel verlaufen. Die Anwendung der Methode eilt der theoretischen Durchdringung voraus.

Experteninterviews sind auf die Generierung bereichsspezifischer und objekttheoretischer Aussagen angelegt, nicht auf die Analyse von Basisregeln des sozialen Handelns bzw. auf universale Strukturen (Bogner et al., 2005). Bogner resümiert zur Diskussion um das Experteninterview, dass es auch für qualitative Interviews keinen einheitlichen methodischen Regelsatz gibt, sondern viele unterschiedliche Normen für verschiedene Formen des qualitativen Interviews zur Anwendung kommen.

## **5.2 Das Experteninterview nach Meuser und Nagel**

Das Experteninterview nach Meuser und Nagel (2002) unterscheidet zwei Typen. Es werden Forschungsdesigns differenziert, in denen die Experten entweder eine zentrale Stellung oder eine Randstellung innehaben. Eine Randstellung bedeutet, dass Experteninterviews zu explorativ-felderschließenden Zielen eingesetzt werden. In diesem Fall liefern die Experten zusätzliche Informationen wie Hintergrundwissen und Augenzeugenberichte.

Der Fokus der Arbeit von Meuser und Nagel (2002) liegt auf Experteninterviews, in denen die Experten im Zentrum stehen. In diesem Fall werden die folgenden Untersuchungsanlagen unterschieden:

1. Die Experten bilden die Zielgruppe der Untersuchung. Die Interviews sind darauf ausgelegt, dass die Experten Auskunft über ihr eigenes Handlungsfeld geben.
2. Die Experten repräsentieren eine Zielgruppe. Ziel der Interviews ist es, Informationen über Kontextbedingungen des Handelns einer Zielgruppe zu erhalten.

Im zweiten Fall bilden die Experten eine weitere Datenquelle neben zahlreichen weiteren. In diesem Fall sprechen Meuser und Nagel von der Erhebung von Kontextwissen, während im ersten Fall Betriebswissen generiert werden soll (Meuser & Nagel, 2002).

Bei der Ermittlung von Betriebswissen durch Experteninterviews wird das Ziel verfolgt, Strukturen und Strukturzusammenhänge des Expertenwissens zu analysieren. Im Vorfeld dieser Art der Erhebung steht häufig ein objekttheoretischer Fragen- und Aussagenkomplex, innerhalb dessen die Experteninterviews stattfinden (Meuser & Nagel, 2002). Zusammenfassend lässt sich das Ziel von Experteninterviews der ersten Kategorie dadurch beschreiben, dass Wissens- und Handlungsstrukturen, Einstellungen und Prinzipien theoretisch generalisiert sowie Aussagen über Eigenschaften, Konzepte und Kategorien getroffen werden sollen, die Anspruch auf Geltung haben bzw. einen theoretisch behaupteten Anspruch bestätigen oder falsifizieren (Meuser & Nagel, 2002).

Die im Rahmen dieser Dissertation durchgeführten Experteninterviews erfassen Betriebswissen auf Basis eines theoretisch erzeugten Konstruktes.

### **5.3 Methodisches Vorgehen bei der Erhebung und Auswertung nach Meuser und Nagel**

Die Erhebung und Auswertung der Experteninterviews wird nach dem Verfahren von Meuser und Nagel (2002) durchgeführt. Anders als bei einzelfallinteressierten Interpretationen orientiert sich die Auswertung von Experteninterviews an thematischen Einheiten, also inhaltlich zusammengehörigen Texten.

Die Schritte zur Erhebung und Auswertung nach Meuser und Nagel (2002) können der Abbildung 5-1 entnommen werden. Die Schritte werden in den nachfolgenden Unterkapiteln kurz erläutert.

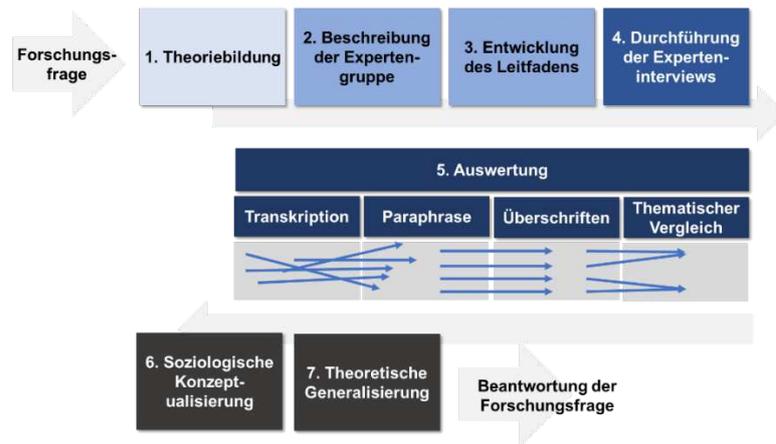


Abbildung 5-1: Methodisches Vorgehen Experteninterviews (eigene Abbildung nach Meuser und Nagel (2002))

### 5.3.1 Theoriebildung

Die Basis für die Theoriebildung stellen neben der umfassenden Literaturrecherche die Ergebnisse der methodischen Studie dar. Mit den Erkenntnissen beider methodischer Arbeitsschritte dieser Dissertation erfolgen die Beschreibung der Theorie sowie die Ableitung konkreter Hypothesen (Meuser & Nagel, 2002).

Die Anwendung des HAZOP-Verfahrens hat im Ergebnis der Studie zur Untersuchung der Methode gezeigt, dass es zu deutlichen Abweichungen im Betrachtungsweg und im Ergebnis der Analyse aufgrund des Brainstorming-Ansatzes kommen kann. Im Fokus dieser Studie steht die Anwendung des Verfahrens im betrieblichen Kontext durch ausgebildete Moderatoren.

Anhand der Experteninterviews sollen die nachfolgenden Hypothesen untersucht werden.

1. Die Anwendung des HAZOP-Verfahrens erfolgt im betrieblichen Kontext abweichend vom methodischen Normvorgehen in unterschiedlichen Ausprägungen.
2. Die Experten verfügen über das Wissen bzw. die Kompetenz sowie eine einheitliche Vorstellung zur Durchführung einer gut geleiteten Moderation (Social Skills, Moderationsfertigkeiten und -fähigkeiten).
3. Die Experten besitzen die Fähigkeit, den Einfluss der subjektiven Risikowahrnehmung auf die sicherheitstechnische Bewertung im HAZOP-Verfahren kritisch zu diskutieren.
4. Durch die Experten werden bei Abweichung vom methodischen Normvorgehen Zukunftsperspektiven und Verbesserungspotenziale für die Weiterentwicklung des HAZOP-Verfahrens aufgezeigt. Die Verbesserungsvorschläge beziehen sich hierbei insbesondere auf die Behebung ggf. vorhandener Defizite des Verfahrens und auf den Aspekt der digitalen Transformation.

### 5.3.1.1 Beschreibung und Auswahl der Experten (Moderatoren)

Eine HAZOP-Moderation wird unter Anleitung eines geübten und erfahrenen Moderators durchgeführt. Durch die Funktion des Moderators wird sichergestellt, dass eine umfassende Abdeckung des zu untersuchenden Systems stattfindet und die Methodik zur Anwendung des HAZOP-Verfahrens eingehalten wird.

Die Funktion des Moderators kann durch Beschäftigte des Unternehmens erfüllt werden. Dies ist häufig in größeren Unternehmen der Fall, in denen eigenständige Abteilungen zur Verfahrens- und Anlagensicherheit oder allgemein Health-, Safety- and Environment-Abteilungen (HSE) bestehen. In kleinen oder mittelständischen Unternehmen wird die Funktion des Moderators häufig von überbetrieblichen Diensten oder Institutionen, wie z. B. TÜV, Ingenieurbüros oder DEKRA, übernommen. Bei der Auswahl der Probanden wurde darauf geachtet, dass sowohl Moderatoren befragt werden, die im überbetrieblichen Dienst tätig sind, als auch unternehmensangehörige Moderatoren.

### 5.3.1.2 Entwicklung eines Leitfadens für das Experteninterview

Die Vergleichbarkeit von Experteninterviews wird über eine leitfadenorientierte Interviewführung gewährleistet. Die Entwicklung des Leitfadens erfolgt ausgehend von der Theorienbildung. Dabei wurde berücksichtigt, dass der Leitfaden nach Helfferich so offen wie möglich und so strukturiert wie nötig sein sollte (Helfferich, 2022). Im Vorfeld der Entwicklung des Leitfadens wurden die in Abbildung 5-2 dargestellten Kompetenzen identifiziert.



Abbildung 5-2: Methodisches Vorgehen Experteninterviews (eigene Abbildung)

Zu den jeweils identifizierten Wissens- und Kompetenzfeldern wurde im Vorfeld definiert, durch welche beschreibbaren Anforderungen und Merkmale das Wissen oder die Kompetenz konkretisiert werden kann. Diese Erarbeitung und Festlegung im Vorfeld hat das Ziel, die Ergebnisse der Experten abschließend möglichst objektiv zu bewerten, um so einen Ansatz zur Durchführung einer HAZOP-Analyse beschreiben zu können.

Die Merkmale der Themenfelder unterscheiden Wissen und Kompetenz. Kompetenzen sind die bei Individuen verfügbaren oder durch sie erlernten kognitiven Fähigkeiten und Fertigkeiten, um bestimmte

Probleme zu lösen, sowie die damit verbundenen motivationalen, volitionalen (willensmäßigen) und sozialen Bereitschaften und Fähigkeiten, um die Problemlösung in variablen Situationen erfolgreich und verantwortungsvoll nutzen zu können (Weinert, 2001). Die Wissens- und Kompetenzfelder werden nachfolgend aufgeführt und erläutert. Hierzu wurden zwei Themenbereiche festgelegt: Wissens- und Kompetenzfelder bei der Anwendung der Arbeitsschritte des HAZOP-Verfahrens sowie allgemeine verfahrensübergreifende Wissens- und Kompetenzfelder.

Tabelle 5-1: Wissens- und Kompetenzfelder der Experten bei der Anwendung des HAZOP-Verfahrens

	Wissen	Anwendung
<b>Prognose der Abweichungen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kennen die definierten Leitwörter des Verfahrens und deren Bedeutung</li> <li>- Kennen das Vorgehen zur Generierung einer Abweichung (Leitwort + physikalische Abweichung)</li> <li>- Kennen das Vorgehen zur Anwendung der Leitwörter (strenge Deklination aller Leitwörter und der relevanten Prozessparameter)</li> <li>- Kennen die Vor- und Nachteile der Leitwortdeklination</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Können die Leitwörter sachlogisch anwenden und Abweichungen generieren</li> <li>- Können das methodische Vorgehen (Brainstorming-Ansatz) anhand der vorliegenden Vor- und Nachteile des Verfahrens kritisch diskutieren.</li> </ul>
<b>Auffinden der Ursachen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kennen von Ursachenarten (technisch, organisatorisch)</li> <li>- Kennen der methodischen Vorgehensweise zur Identifikation von Ursachen (Überführung der hypothetischen Abweichungen in reale Abweichungen)</li> <li>- Kennen des Grundsatzes, dass vorhandene Gegenmaßnahmen (z. B. Überfüllsicherungen, Sicherheitsventile) bei der Ursachensystemidentifikation nicht berücksichtigt werden</li> <li>- Kennen von Kausalzusammenhängen zwischen mehreren Ursachen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Können die Schwierigkeit bzgl. eines angemessenen Detaillierungsgrades diskutieren</li> <li>- Können die Relevanz dieses methodischen Arbeitsschrittes und den Zusammenhang zwischen Qualität der Fragetechnik und Vollständigkeit der Analyse beschreiben</li> </ul>
<b>Beschreibung der Auswirkungen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kennen von Auswirkungsarten (materieller Schaden, Verfügbarkeitsrelevanz, Personenschaden, Umweltschaden, Reputationsschaden, Sachschäden)</li> <li>- Kennen von Auswirkungsdimensionen bezogen auf räumliche Faktoren (im Betrieb, außerhalb des Betriebs, außerhalb des Werkes)</li> <li>- Kennen von Auswirkungsgrößen bezogen auf die Schadenshöhe (Umweltschäden, Personenschäden, Sachschäden)</li> <li>- Kennen von Dominoeffekten sowohl verfahrensspezifisch als auch z. B. durch mehrere Betriebe</li> <li>- Kennen den Ansatz zur Quantifizierung des Risikos zur Abschätzung der Auswirkungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Können Auswirkungen am Anwendungsbeispiel abschätzen</li> <li>- Können die Schwierigkeit zur Abschätzung der Auswirkung im Hinblick auf die Detailtiefe diskutieren</li> <li>- Können die Schwierigkeit der Risikoquantifizierung (Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadensausmaß) im Rahmen des PAAAG-/HAZOP-Verfahrens diskutieren</li> </ul>
<b>Gegenmaßnahmen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kennen die allgemeine Gestaltungskonzeption im Arbeits- und Gesundheitsschutz und der Verfahrens- und Anlagensicherheit (Hersteller/Inverkehrbringer; Arbeitgeber/Benutzer)</li> <li>- Kennen die Arten von Gegenmaßnahmen (technisch, prozesstechnisch, organisatorisch, personenbezogen)</li> <li>- Kennen die Merkmale der Maßnahmenkategorien (technisch-konstruktiv, technisch-additiv, organisatorisch, willensabhängig, willensunabhängig, schadensbegrenzend, ereignisverhindernd)</li> <li>- Kennen Wirksamkeiten bzw. Höhen der Risikoreduzierung der Maßnahmenkategorien</li> <li>- Wissen, dass bereits vorhandene Gegenmaßnahmen an dieser Stelle berücksichtigt werden)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Können geeignete Gegenmaßnahmen für das Anwendungsbeispiel generieren</li> <li>- Können das betriebliche Spannungsfeld bei der Maßnahmengestaltung diskutieren (technisch → hohe Risikoreduzierung, aber teuer; organisatorisch → i. d. R. geringe Risikoreduzierung, aber günstig) diskutieren</li> </ul>

Die Prognose der Abweichung bildet den ersten Schritt des HAZOP-Verfahrens. Bei diesem Schritt ist die systematische Anwendung der Leitwörter entscheidend, um die betrieblichen Abweichungen ganzheitlich und vollständig erfassen zu können

Die Kompetenz zur normkonformen Anwendung dieses Schrittes erfordert Wissen über die Leitwörter, deren Bedeutung sowie das allgemeine Vorgehen bei der betrieblichen Anwendung. Weiterhin umfasst die Kompetenz die Fähigkeit, die Leitwörter sachlogisch anzuwenden und die daraus folgenden Abweichungen zu generieren. Den Brainstorming-Ansatz auf Basis seiner methodischen Vor- und Nachteile diskutieren zu können, wird ebenfalls unter die Kompetenz zur Prognose von Abweichungen subsumiert.

Das Auffinden der Ursachen stellt den zweiten Arbeitsschritt des HAZOP-Verfahrens dar. Das Ziel dieses Schrittes besteht darin, für eine zunächst hypothetisch angenommene Abweichung eine reale Ursache zu identifizieren. Eine hypothetische Abweichung wird durch diesen Schritt in eine reale Abweichung überführt. Die Kompetenz zum Auffinden von Ursachen erfordert u. a. das Wissen um mögliche Ursachenarten aufgrund von Erfahrungswerten und die methodische Vorgehensweise „Auffinden von Ursachen“. Das Können umfasst u. a. die Fähigkeit zur Diskussion relevanter Fragestellungen beim Auffinden von Ursachen.

Der dritte Schritt des HAZOP-Verfahrens stellt das Abschätzen der Auswirkungen dar. Für die zuvor ermittelten Abweichungen werden Auswirkungsszenarien beschrieben. Bei der Abschätzung von Auswirkungen ist essenziell, dass alle Auswirkungsarten berücksichtigt werden. Die Kompetenz zur Abschätzung von Auswirkungen umfasst daher das Wissen um Auswirkungsarten, Auswirkungsdimensionen sowie die Quantifizierung des Risikos zur Abschätzung der Auswirkungen.

Die Kompetenz zur Abschätzung von Auswirkungen beinhaltet das Können zur Abschätzung von Auswirkungen. Ergänzend beinhaltet die Kompetenz die Fähigkeit zur Diskussion diverser kritischer Fragestellungen zur Abschätzung von Auswirkungen, z. B. die Risikoquantifizierung innerhalb eines qualitativen Verfahrens sowie die Detailtiefe.

Der letzte Arbeitsschritt des HAZOP-Verfahrens ist die Gestaltung von Gegenmaßnahmen. Hierbei werden auf Basis der zuvor ermittelten Erkenntnisse und der technischen Realisierungsmöglichkeiten sowie in Abhängigkeit von der benötigten Risikoreduzierung Gegenmaßnahmen festgelegt. Die Kompetenz zur Beschreibung von Gegenmaßnahmen beinhaltet das Wissen um die allgemeine Gestaltungskonzeption, die Arten von Gegenmaßnahmen und deren Merkmale. Die Kompetenz subsumiert u. a. die Anwendung dieses Wissens sowohl auf die beispielhafte Auswahl geeigneter Gegenmaßnahmen als auch auf die kritische Diskussion des betrieblichen Spannungsfeldes bei der Maßnahmengestaltung.

Neben den Wissens- und Kompetenzfeldern der Arbeitsschritte des HAZOP-Verfahrens wurden verfahrenübergreifende Felder konkretisiert. Diese können der nachfolgenden Tabelle entnommen werden.

Tabelle 5-2: Verfahrensübergreifende Wissens- und Kompetenzfelder der Experten

	Wissen	Anwendung
<b>Risiko- wahrnehmung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Wissen, wie Risiken quantifiziert werden</li> <li>- Wissen, wie eine Eintrittswahrscheinlichkeit quantifiziert wird (Ereignismessung, statistische Ermittlung)</li> <li>- Wissen, wie ein Schadensausmaß quantifiziert wird (Tod – leichte Verletzungen, Größe von Umweltschäden, Höhe von Sachschäden)</li> <li>- Wissen, wie kulturelle und soziale Faktoren die Risikowahrnehmung beeinflussen (Hobbys, Erfahrungen, Erzählungen etc.)</li> <li>- Wissen, dass heuristische Prinzipien die Risikowahrnehmung und -bewertung beeinflussen (Ereignisse, die kognitiv verfügbar sind, werden als wahrscheinlicher eingeschätzt)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Können Eintrittswahrscheinlichkeiten einschätzen (z. B. Wahrscheinlichkeit Verkehrsunfall, Versagen menschlicher Routinehandgriffe, prozesstechnischer Bauteile und inhärent sicherer Konstruktionen)</li> <li>- Können heuristische Prinzipien erläutern und deren Einfluss auf die Risikobeurteilung an einem Beispiel darlegen</li> </ul>
<b>Allgemeine Kompetenz zur Anwendung des HAZOP-Verfahrens</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Wissen um die auf dem Markt vorhandenen und etablierten Vorgehen zur sicherheitstechnischen Beurteilung von Verfahren/Anlagen (Bow-Tie, Fehlerbaum; LOPA)</li> <li>- Kennen der Unterschiede zwischen den einzelnen Verfahren (qualitative, semiquantitative, quantitative)</li> <li>- Kennen der besonderen Verfahrensmerkmale des HAZOP-Verfahrens (Brainstorming-Ansatz, Teamarbeit mit Moderation)</li> <li>- Kennen des Zyklus der Betrachtungen (Aktualisierung der HAZOP-Studie)</li> <li>- Kennen der Herangehensweise zur Durchführung einer HAZOP-Studie bei Neuanlagen</li> <li>- Kennen des Teilnehmerkreises</li> <li>- Kennen des optimalen Zeitpunktes zur Durchführung einer HAZOP-Studie</li> <li>- Kennen des allgemeinen Vorgehens bzw. der Schritte zur Durchführung einer Studie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Können die Vorteile des HAZOP-Verfahrens darstellen und diskutieren</li> <li>- Können die Anwendung von mehreren Verfahren sowie deren Vor- und Nachteile gegenüberstellen und diskutieren</li> </ul>
<b>Zukunft des HAZOP-Verfahrens</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kennen der Merkmale der Digitalisierung</li> <li>- Wissen um mögliche Veränderungen des HAZOP-Verfahrens durch die Digitalisierungsprozesse (Künstliche Intelligenz, Internet der Dinge etc.)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Können eine Zukunftsvision für die Anwendung des HAZOP-Verfahrens skizzieren und diskutieren (keine HAZOP-Studien mehr erforderlich, da Bauteile bereits intelligent sind und Abweichungen melden etc.)</li> </ul>
<b>Methodische und soziale Kompetenz zur Moderation</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Wissen, wie eine Moderation durchgeführt wird (Einleitung, Verhaltensregeln, Zielkommunikation, Visualisierung, Maßnahmenzuordnung, -verteilung)</li> <li>- Wissen, welche Grundregeln beachtet werden müssen (respektvoller und wertschätzender Umgang, ausreden lassen, Redeanteile beachten, Moderation unterbrechen)</li> <li>- Wissen über die Herausforderungen bei der Moderation von Studiengruppen (Aktivierung leiser Teilnehmer, Regulierung starker aktiver Teilnehmer, Umgang mit Diskussionen und Meinungsverschiedenheiten)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Können Schwierigkeiten bei der Moderation von HAZOP-Studien aufzeigen und diese kritisch diskutieren.</li> </ul>

Die Risikowahrnehmung und -bewertung stellt eine entscheidende Kompetenz für die Durchführung von HAZOP-Studien dar. Dem Experten wird die Kompetenz zur Beurteilung von Risiken nach objektivierbaren Kriterien zugesprochen. Das HAZOP-Verfahren ist formal ein qualitatives Verfahren zur Beurteilung verfahrenstechnischer Anlagen. Es zeichnet sich insbesondere durch einen Brainstorming-Ansatz und die Durchführung der Beurteilung in Form der Moderation aus. Die Kompetenz eines Experten umfasst Wissen über die Methodik des HAZOP-Verfahrens, Wissen über Betrachtungszyklen und Wissen über Rahmenbedingungen zur Durchführung einer HAZOP-Studie.

Die zukünftige Entwicklung des HAZOP-Verfahrens wird u. a. durch den Prozess der Digitalisierung beeinflusst. Die Kompetenz des Experten in diesem Abschnitt umfasst das Kennen von Merkmalen der Digitalisierung sowie möglicher Veränderungen des HAZOP-Verfahrens. Der kompetente Experte sollte eine mögliche Zukunftsvision des HAZOP-Verfahrens skizzieren und diskutieren können.

Um ein bestmögliches Beurteilungsergebnis bei der Durchführung von HAZOP-Studien zu erzielen, ist eine gut strukturierte und motivierende Moderation und Anleitung der Studienteilnehmer erforderlich.

Aufbauend auf den Wissens- und Kompetenzbereichen wurden die Leitfragen formuliert und in einem Interviewleitfaden zusammengefasst. Der vollständige Interviewleitfaden kann dem Anhang XII entnommen werden.

### 5.3.2 Durchführung der Experteninterviews

Die Durchführung der Experteninterviews erfolgte digital. Jedes Interview beinhaltete folgende Bausteine:

1. Informationsphase
2. Aufwärm- und Einstiegsphase
3. Hauptphase
4. Ausklang- und Abschlussphase

Die Phasen werden herangezogen, um das Experteninterview zu strukturieren und einen Rahmen um die inhaltlichen Schwerpunkte zu setzen. Die Phasen werden nachfolgend kurz konkretisiert. Innerhalb der Informationsphase wird der Experte über den Anlass der Anfrage und die Zielsetzung der Erhebung informiert. Ergänzend wird der Interviewpartner darüber aufgeklärt, dass die Daten anonym ausgewertet werden, und es wird das Einverständnis zur Aufzeichnung des Interviews eingeholt.

Die Aufwärmphase wird herangezogen, um dem Experten und dem Moderator den Einstieg in die Interviewsituation und das Forschungsthema zu erleichtern (Misoch, 2019). Dies wird erreicht, indem zu Beginn durch Fragen zum beruflichen Werdegang und zur persönlichen Erfahrung mit dem HAZOP-

Verfahren möglichst offene und leicht beantwortbare Fragen gestellt werden. Der Interviewpartner hat so die Möglichkeit, in einen ersten Redefluss zu gelangen und in der Situation anzukommen.

Innerhalb der dritten Phase liegt der Fokus auf dem Forschungsthema. In der Hauptphase werden die eigentlich relevanten Themen im kommunikativen Austausch mit dem Experten erfragt. Das Forschungsthema wurde entsprechend den Wissens- und Kompetenzthemen strukturiert und über offene Leitfragen erfragt.

In der abschließenden Ausklang- und Abschlussphase wird das Ende des Interviews eingeläutet. Innerhalb dieser Phase wurde Raum gelassen, um dem Experten die Möglichkeit zu geben, Themen zu ergänzen und das Interview zu reflektieren. Für den Experten soll in der Ausklang- und Abschlussphase der Übergang von der Interviewdurchführung in die vorherige Situation geschaffen werden. Zum Abschluss wurde dem Experten das Angebot unterbreitet, über die Fertigstellung der Studie informiert zu werden.

Nach Entwicklung der Wissens- und Kompetenzfelder sowie des Leitfadens wurden im Rahmen von Testinterviews die erarbeiteten Dokumente überprüft. Erst nach Überprüfung und Anpassung der Leitdokumente erfolgte der Einstieg in die Durchführung der Experteninterviews.

Insgesamt wurden 16 Experteninterviews durchgeführt. Sie dauerten zwischen 35 und 90 Minuten. Die Perspektive der Durchführung, die berufliche Ausbildung, die Länge der Moderationstätigkeit sowie die Qualifizierung zum Moderator sind in der nachfolgenden Tabelle dargestellt.

*Tabelle 5-3: Merkmale der interviewten Experten*

Nr.	Geschlecht	Art d. Durchführung	Ausbildung	Dauer d. Tätigkeit	Ausbildung
1.	m	unternehmensintern	Handwerkliche Ausbildung	18	BG RCI, intern <sup>15</sup>
2.	m	unternehmensintern	Studium	2	BG RCI, intern
3.	w	unternehmensintern	Studium	3,5	BG RCI
4.	m	unternehmensintern	n.g.	2,5	BG RCI
5.	m	unternehmensintern	Studium	4,5	BG RCI, intern
6.	m	unternehmensintern	Studium	5	BG RCI, intern
7.	m	Dienstleister	Studium	1,5	
8.	m	Dienstleister	Studium	17	BG RCI, begleitend
9.	m	Dienstleister	Studium	2	BG RCI, begleitend
10.	m	Dienstleister	Studium	n.g.	n.g.
11.	m	n.g.	Studium	6	intern
12.	m	Dienstleister	Studium	4	intern
13.	w	unternehmensintern	Studium	4	BG RCI
14.	m	n.g.	Studium	5	intern
15.	m	unternehmensintern	Studium	15	intern
16.	m	Dienstleister	Studium	10	BG RCI, begleitend

<sup>15</sup> Intern bedeutet, dass die Ausbildung unternehmensintern stattgefunden hat.

Es wurden überwiegend männliche Moderatoren interviewt. Die Akquirierung der Interviewpartner erfolgte über zwei Aufrufe in Fachzeitschriften, angeschlossen an eine Publikation des Promotionsthemas. Ergänzend hierzu wurden Interviewpartner über die sozialen Netzwerke XING und LinkedIn akquiriert (vgl. Anschreiben im Anhang XI).

Etwa ein Drittel der Interviewpartner übt die Moderatorentätigkeit als Dienstleister aus. Die überwiegende Anzahl der Experten ist als Moderator im eigenen Unternehmen tätig. Im Durchschnitt verfügen die Experten über 6,6 Jahre Erfahrung bei der Durchführung von Moderationen. Etwa zwei Drittel der Experten haben eine Qualifikation bei der Berufsgenossenschaft erworben. Die meisten Experten wurden darüber hinaus im Unternehmen ergänzend qualifiziert. Ein Drittel der Experten verfügt über eine reine Unternehmensqualifikation.

### 5.3.3 Transkription

Die Transkription der aufgenommenen Experteninterviews wurde nach Meuser und Nagel (2002) durchgeführt (vgl. Anhang XIII). Hierbei werden im Gegensatz zu narrativen Interviews keine aufwendigen Notationssysteme herangezogen. Pausen, Stimmlagen sowie sonstige nonverbale und parasprachliche Elemente sind nicht Gegenstand der Interpretation. Die Transkription muss nicht vollständig erfolgen. Der Grad der Transkription ist u. a. abhängig vom Diskursverlauf des Interviews. Im Rahmen dieser Dissertation erfolgte zunächst die vollständige Transkription aller verbalen Inhalte. Auf die Transkription nonverbaler Inhalte wie Husten, veränderte Mimik oder Pausen wurde verzichtet.

### 5.3.4 Paraphrase

Der Schritt der Paraphrasierung bedeutet, die aufgenommenen und transkribierten Inhalte inhaltsgetreu, aber in gleichlautenden Worten des Auswerters wiederzugeben. Hierzu wird der transkribierte Text durchgegangen, in der Absicht, die Gesprächsinhalte der Reihe nach wiederzugeben und den Gehalt der Äußerungen zu einem Thema konkret zu beschreiben. Eine Auszug der Paraphrasierung kann dem Anhang XIV entnommen werden.

Die Paraphrasierung wurde in tabellarischer Form entsprechend der Abbildung 5-3 vorgenommen.

	Interviewpartner Nr. 1	Interviewpartner Nr. 2	Interviewpartner Nr. n
Risikowahrnehmung und -bewertung	Paraphrase Risikowahrnehmung und -bewertung des Interviewpartners Nr. 1	Paraphrase Risikowahrnehmung und -bewertung des Interviewpartner Nr. 2	Paraphrase Risikowahrnehmung und -bewertung des Interviewpartner Nr. 2
Prognose der Abweichung	Paraphrase Prognose der Abweichung des Interviewpartners Nr. 1	Paraphrase Prognose der Abweichung des Interviewpartners Nr. 2	Paraphrase Prognose der Abweichung des Interviewpartners Nr. 2
Auffinden der Ursachen	Paraphrase für Auffinden der Ursachen des Interviewpartners Nr. 1	Paraphrase für Auffinden der Ursachen des Interviewpartners Nr. 2	Paraphrase für Auffinden der Ursachen des Interviewpartners Nr. 2

Abbildung 5-3: Beispielhafte Darstellung der Paraphrasierung

### 5.3.5 Bildung von Überschriften

Das Bilden von Überschriften stellt den nächsten Schritt in der Verdichtung des Materials dar. Die Überschriften sind dabei textnah zu wählen, sodass die Terminologie des Interviewten aufgegriffen wird. Eine Passage kann auch mehreren Überschriften zugeordnet werden, sofern in diesen mehrere Themen angesprochen wurden. Das Aufteilen von Interviewsequenzen ist ebenfalls zulässig. Im Anschluss an das Verfassen von Überschriften werden die Passagen mit gleichen oder ähnlichen Themen zusammengestellt. Es wird eine Hauptüberschrift formuliert (Meuser & Nagel, 2002).

Die Hauptüberschriften ergeben sich bereits aus dem Interviewleitfaden bzw. der Gesprächsführung. In der Auswertung wurden für die jeweiligen Wissens- und Kompetenzfelder weitere Teilüberschriften ermittelt, die eine Clusterung der aufgenommenen Inhalte in der Auswertung ermöglichen. Für das Wissens- und Kompetenzfeld „Prognose der Abweichung“ wurden bspw. die folgenden Teilüberschriften ergänzt:

1. Leitwörter
2. Methodisches Vorgehen
3. Analysestart
4. Hilfsmittel (z. B. Checklisten)
5. Zwischenmenschliche und soziale Herausforderungen

Alle Teilüberschriften zu den Wissens- und Kompetenzfeldern können dem Anhang XV dieser Arbeit entnommen werden.

### 5.3.6 Thematischer Vergleich

In diesem Schritt erfolgt die Zusammenführung der einzeln ausgewerteten Interviews. Für den thematischen Vergleich werden vergleichbare Textpassagen aus den verschiedenen Interviews zusammengeführt, in denen jeweils die gleichen oder ähnliche Themen behandelt wurden (vgl. Anhang XVI). Die Überschriften werden in diesem Schritt falls erforderlich noch einmal vereinheitlicht. Im thematischen Vergleich wird herausgestellt, welche Gemeinsamkeiten, aber auch welche Unterschiede, Abweichungen und Widersprüche im Einzelnen bestehen (Wo decken sich die Angaben der Experten? Zu welchen Themen äußern sich alle Interviewten? Wo gibt es unterschiedliche Positionen?).

### 5.3.7 Soziologische Konzeptualisierung

In diesem methodischen Arbeitsschritt erfolgt die Ablösung vom Text und der Terminologie der Experten. Die entnommenen Inhalte (Begriffe und Überschriften) werden in den wissenschaftlich-soziologischen Kontext übersetzt, um eine anschließende Diskussion zu ermöglichen. Das Ziel der soziologischen

Konzeptualisierung ist die Systematisierung von Relevanz, Typisierung, Verallgemeinerung und Deutungsmuster.

### 5.3.8 Theoretische Generalisierung

Die theoretische Generalisierung beinhaltet die Darstellung der Ergebnisse. Es werden Sinnzusammenhänge zu Typologien und Theorien verknüpft. Aufbauend auf den Ergebnissen können die formulierte Theorie und die Forschungshypothesen falsifiziert oder bestätigt werden (Meuser & Nagel, 2002).

## 5.4 Thematischer Vergleich

Der thematische Vergleich wird innerhalb dieses Kapitels je definierter Überschrift durchgeführt. Zum Ende des Vergleichs eines Wissens- und Kompetenzfeldes erfolgt eine Zusammenfassung der Überschriften mit den wesentlichen Gemeinsamkeiten und Unterschieden.

### 5.4.1 Prognose der Abweichungen

Das Wissens- und Kompetenzfeld „Prognose der Abweichungen“ wurde in drei Überschriften ausgewertet. Innerhalb der ersten Überschrift wurden die Expertenaussagen zusammengetragen, bei denen die Art und die Auswahl der Leitwörter thematisiert wurden.

Zur Art und Auswahl der Leitwörter konnten 20 Expertenaussagen aufgenommen werden. Beim thematischen Vergleich der Expertenaussagen steht im Vordergrund, ob die Leitwörter in der betrieblichen Praxis entsprechend der Literatur verwendet oder betrieblich angepasst bzw. modifiziert werden. Von den 20 Expertenaussagen kann für 8 Aussagen auf eine Modifizierung bzw. auf eine Anpassung der Leitwörter geschlossen werden. In 7 Expertenaussagen wird die Verwendung der Leitwörter entsprechend der Literatur (siehe Kapitel 3.2.2.2.1) vorgenommen. In 3 weiteren aufgenommenen Expertenaussagen kann nicht abschließend differenziert werden, ob die Leitwörter angepasst wurden.

Die zweite Überschrift des Wissens- und Kompetenzfeldes „Prognose der Abweichungen“ subsumiert die Expertenaussagen zur methodischen Vorgehensweise. Beim thematischen Vergleich steht im Fokus, ob die Vorgehensweise entsprechend der Literatur erfolgt (siehe Kapitel xy) oder alternative Vorgehensweisen angewendet werden. Zur methodischen Vorgehensweise konnten 35 Expertenaussagen aufgenommen werden. 10 der 35 Expertenaussagen lassen auf ein methodisches Vorgehen entsprechend der Literatur schließen. In diesen Fällen werden die Leitwörter in Kombination mit dem physikalischen Parameter gemeinsam im Team kombiniert angewendet und diskutiert. Für 20 Expertenaussagen kann darauf geschlossen werden, dass eine alternative Vorgehensweise angewendet wird. Diese bezieht sich

insbesondere auf das Reduzieren des Brainstormings im Diskussionsteam. Den Expertenaussagen kann entnommen werden, dass die Prognose der Abweichung teilweise wie folgt stattfindet:

- Die Prognose der Abweichung ist vorbereitet.
- Die Prognose der Abweichung findet stark vereinfacht statt (Sammelabfragen).
- Die Prognose der Abweichung findet auf Basis vorausgefüllter HAZOP-Analysen, Templates oder Checklisten statt.

Die dritte Überschrift enthält Expertenaussagen zur Kompetenz des Moderators bezogen auf den Arbeitsschritt „Prognose der Abweichungen“. Die Expertenaussagen zeigen, dass sich die Vorgehensweisen je nach beruflicher Ausbildung unterscheiden. 2 Expertenaussagen beschreiben, dass die Experten bereits über viel Erfahrungswissen verfügen, dass sie in diesem Schritt nicht mehr „groß darüber nachdenken müssen“ bzw. über die Kompetenz verfügen, den Arbeitsschritt so vorzubereiten, dass eine Diskussion im Team nicht erfolgen muss.

Ergänzend wird festgestellt, dass die Schwierigkeit des Moderators darin besteht, die Teilnehmer so zu adressieren, dass das freie Brainstorming ohne bereits bestehende Gegenmaßnahmen erfolgt. Eine weitere Kompetenz, die in diesem Punkt durch einen Experten angebracht wurde, ist das „Gefühl dafür, wie lange man nachfragen muss, um eine qualifizierte Antwort zu erhalten“. Für einige Experten zeigt sich, dass es aufgrund der Betriebsblindheit der Teilnehmer mitunter schwierig ist, eine Diskussion in den Anfängen der HAZOP-Analyse anzustoßen.

### **Zusammenfassung des thematischen Vergleichs**

Für den Arbeitsschritt „Prognose der Abweichungen“ können folgende Erkenntnisse zusammengefasst werden:

#### **Art und Auswahl der Leitwörter**

In der betrieblichen Praxis kommt es sowohl zur Anwendung von modifizierten Leitwörtern und Leitwortkatalogen als auch zur ausschließlichen Anwendung der sieben definierten Leitwörter. Im Rahmen der durchgeführten Interviews ist der Anteil etwa gleich verteilt, gemessen an den Expertenaussagen zu diesem Merkmal.

#### **Methodische Vorgehensweise**

Bezogen auf die methodische Vorgehensweise kommt es in der betrieblichen Praxis zum Vorgehen entsprechend der Literatur (insbesondere Zulassen und Fördern eines Brainstormings im HAZOP-Team). Innerhalb der Expertenaussagen zeigt sich jedoch auch ein überwiegender Anteil, der von diesem methodischen Vorgehen abweicht. Die Abweichungen beziehen sich dabei insbesondere

auf die Vorbereitung dieses Arbeitsschrittes, um die HAZOP-Analyse im Diskussionsumfang zu kürzen und so zeitliche Ressourcen zu sparen.

### **Kompetenz des Moderators**

In zwei Expertenaussagen wird den Moderatoren durch die erworbene Berufserfahrung die Kompetenz zugesprochen, den Arbeitsschritt „Prognose der Abweichungen“ adäquat vorbereiten zu können. Weitere Expertenaussagen beziehen sich insbesondere auf die Kompetenz des Moderators, die Teilnehmer zu Beginn der HAZOP-Studie methodisch und fachlich einzubeziehen und eine zielführende Diskussion bzw. das Brainstorming zu initiieren.

#### 5.4.2 Auffinden der Ursachen

Das Wissens- und Kompetenzfeld „Auffinden der Ursachen“ wurde in drei thematischen Überschriften ausgewertet. Die Überschriften beinhalten die Expertenaussagen zur methodischen Vorgehensweise in diesem Arbeitsschritt, die Berücksichtigung von Dominoeffekten und wahrgenommene Herausforderungen beim Auffinden der Ursachen in der HAZOP-Analyse.

Zur methodischen Vorgehensweise konnten 30 Expertenaussagen aufgenommen werden. Von den 30 Expertenaussagen lassen 12 auf ein methodisches Vorgehen entsprechend der Literatur schließen. Dies umfasst sowohl eine vollständige Umsetzung nach dem Normvorgehen als auch das Vorgehen in den relevanten Ansätzen (z. B. Diskussion der Ursachen im Team, Initiierung der Diskussion). Für 12 weitere Expertenaussagen kann eine konkrete Identifizierung des methodischen Vorgehens nicht erfolgen. Es handelt sich hierbei um Expertenaussagen zu Rand- bzw. Rahmenbedingungen beim Auffinden der Ursachen oder um persönliche Bewertungen bzw. die persönliche Perspektive auf den Arbeitsschritt innerhalb des HAZOP-Verfahrens. So gibt es z. B. beim Auffinden der Ursachen nicht viele methodische Vorgehensweisen. Für den Moderator ist dieser Schritt mit wenig Arbeit und Aufwand verbunden und erfolgt nahezu von selbst oder die Ursachenidentifikation ergibt sich schlicht aus der Erfahrung des Moderators.

7 Expertenaussagen deuten darauf hin, dass das Auffinden der Ursachen nicht nach Normvorgaben, sondern über eine alternative Vorgehensweise erfolgt. Die Expertenaussagen skizzieren dabei den Fall von HAZOP-Analysen, die revalidiert werden und innerhalb derer die Ursachen bereits in der ersten Analyse ermittelt wurden, sodass ein erneutes Auffinden der Ursachen nicht möglich ist. In einigen Aussagen ist die Ursachenidentifikation bereits vorbereitet oder „im Kopf“ des Moderators oder der Teilnehmer abgespeichert, sodass keine Diskussion erforderlich ist.

Weitere 6 Expertenaussagen konnten zum Thema Betrachtung von Dominoeffekten bzw. mehreren Ursachen aufgenommen werden. Die Expertenaussagen beziehen sich dabei auf die Auswirkung von Fehlern bzw. Abweichungen. Diese müssen innerhalb der HAZOP-Analyse mit betrachtet bzw. berücksichtigt werden. Dies gilt insbesondere, wenn eine Analyse über mehrere Fließbilder verläuft. In einer weiteren Expertenaussage wurde das Thema „verschiedene Ursachen“ angebracht. Für mehrere Abweichungen kann unter Umständen eine Ursache verantwortlich sein. Die Expertenaussage macht deutlich, dass in der Analyse nur verschiedene Ursachen aufgelistet werden sollten, nicht aber Ursachen, die sich gegenseitig bedingen.

Die dritte Überschrift im Wissens- und Kompetenzfeld „Auffinden der Ursachen“ subsumiert Expertenaussagen zu den wahrgenommenen Herausforderungen beim Auffinden der Ursachen. Es konnten 30 Expertenaussagen aufgenommen werden, die wiederum in die Kategorien Herausforderungen bezüglich 1) Teilnehmer, 2) Moderation und 3) allgemeinem Vorgehen unterteilt wurden. Die durch die Experten beschriebenen Herausforderungen in den ersten Kategorien beziehen sich dabei auf die Zusammenstellung des Teams und die „Qualität“ der Teilnehmer. In Abhängigkeit von der Diskussionsfreude und der Erfahrung der Teilnehmer wird die Bearbeitung dieses Arbeitsschrittes als leichter oder schwieriger empfunden. In einer weiteren Aussage wiederholt sich ein Aspekt aus dem vorangegangenen Arbeitsschritt: Den Teilnehmern fällt es teilweise schwer, Szenarien gedanklich zuzulassen und Gegenmaßnahmen in der Betrachtung zunächst unberücksichtigt zu lassen.

Bezogen auf die Moderation wurden mehrere Herausforderungen aufgeführt. Einige Experten beschreiben das Anregen der Diskussion als eine Herausforderung in diesem Arbeitsschritt. Andere Expertenaussagen thematisieren die Detailtiefe und den Umfang der identifizierten Ursachen. Diese werden teilweise zu umfangreich aufgeführt, teilweise aber auch vergessen oder es erfolgt keine klare Abgrenzung der Ursachenkategorien (Mensch, Technik, Organisation).

Bei den Herausforderungen hinsichtlich der Moderation beschreiben die Experten ebenfalls die angemessene Detailtiefe. Eine weitere Herausforderung wird durch unvollständige Datenlagen (unvollständige Betriebskonzepte) wahrgenommen.

Für den Arbeitsschritt „Auffinden der Ursachen“ können folgende Beobachtungen zusammengefasst werden:

#### **Methodische Vorgehensweise**

Die methodische Vorgehensweise des Arbeitsschrittes „Auffinden der Ursachen“ wird durch die Experten gemessen an den anderen Arbeitsschritten eher unkonkret beschrieben. Einige

Expertenaussagen deuten darauf hin, dass dieser Arbeitsschritt in der betrieblichen Praxis mit dem Arbeitsschritt „Prognose der Abweichungen“ gemeinsam durchgeführt wird, wenig diskutiert wird oder bereits vorbereitet ist. Einige ergänzende Aussagen deuten darauf hin, dass sich das Auffinden der Ursachen in den HAZOP-Analysen im Wesentlichen durch die Erfahrung des Experten ergibt.

### **Dominoeffekte und Berücksichtigung mehrerer Ursachen**

Die Anzahl der Expertenaussagen zeigt gemessen an der Anzahl der Aussagen aus den anderen Arbeitsschritten, dass die Berücksichtigung von Dominoeffekten in der Analyse und im Bewusstsein der methodischen Vorgehensweise eine eher untergeordnete Rolle spielt.

### **Herausforderungen**

Die Expertenaussagen zeigen, dass die Moderatoren sich insbesondere mit der Herausforderung konfrontiert sehen, die Teilnehmer zu aktivieren und sie zur Diskussion anzuregen. In mehreren Aussagen skizzieren die Experten, dass der Umfang und die Qualität der Diskussion von der Qualität der Teilnehmer abhängen. Ein weiterer Schwerpunkt in den Expertenaussagen ist die Herausforderung der Durchführung von HAZOP-Analysen bei unvollständiger Datenlage sowie das Führen der Diskussion mit einer angemessenen Detailtiefe.

#### 5.4.3 Beschreibung der Auswirkungen

Das Wissens- und Kompetenzfeld „Beschreibung der Auswirkungen“ wurde in drei Überschriften ausgewertet. Die Überschriften clustern dabei Expertenaussagen zu den Themen Kategorien der Auswirkungen, methodische Vorgehensweise sowie Herausforderungen aus Sicht der Experten bei der Beschreibung der Auswirkungen.

Es konnten 24 Expertenaussagen aufgenommen werden, die das Thema Auswirkungskategorien umfassen. In 8 Expertenaussagen zeigt sich, dass in der betrieblichen Praxis hauptsächlich die Kategorien Personen- und Umweltgefährdung verwendet werden. In 2 Expertenaussagen wird ebenfalls eine Einstufung in verfügbarkeitsrelevant bzw. nicht verfügbarkeitsrelevant vorgenommen. Innerhalb der Expertenaussagen zeigt sich, dass die Einstufung materieller Schäden und der Reputation in der betrieblichen Praxis unterschiedlich erfolgt. In einigen Fällen wurde eine materielle Einstufung in der Vergangenheit vorgenommen und dann wieder unterlassen, um Personenschäden nicht mit finanziellen Mitteln zu bewerten. Ein Experte beschreibt, dass die Bewertung der Reputation insbesondere in anderen Ländern (Osteuropa) gängige betriebliche Praxis ist. In Deutschland wird diese Kategorie dagegen eher selten angewendet.

Innerhalb der Überschrift „Methodisches Vorgehen bei der Beschreibung der Auswirkungen“ konnten 34 Expertenaussagen aufgenommen werden. Gemessen an den ersten beiden Arbeitsschritten des HAZOP-Verfahrens und den dazu aufgenommenen Expertenaussagen kann hier zwischen einer methodischen Vorgehensweise nach Normvorgaben und einer alternativen Vorgehensweise nicht klar differenziert werden.

Die Nachfrage bei den Experten zur methodischen Vorgehensweise hat unterschiedliche Aussagen hervorgebracht. Einige Expertenaussagen beziehen sich auf die Art und den Umfang der Auswirkungsbeschreibung der Szenarien. In der betrieblichen Praxis kommt es sowohl zur Beschreibung der Auswirkungen auf Basis von Risikomatrizen, in denen bereits Szenarien und deren Auswirkungen aufgeführt sind, als auch zur detaillierten Beschreibung der Auswirkungen je Szenario. Einigen Expertenaussagen können insbesondere die Relevanz und der Umfang im Gesamtkontext der Analyse dieses Arbeitsschrittes entnommen werden. Diese beziehen sich u. a. auf die saubere Deklination des Szenarios, die Detailtiefe der Beschreibung sowie die Verwendung einheitlicher Formulierungen. Einige Expertenaussagen nehmen Bezug auf zu beachtende Anforderungen bei der Beschreibung der Auswirkungen, z. B. dass die Auswirkungsbeschreibung je Ursache erfolgt und ohne die Berücksichtigung von Gegenmaßnahmen stattfinden muss. In weiteren Expertenaussagen wird bereits Bezug zur Ableitung der Gegenmaßnahmen genommen. Im Vorgehen entsprechend der BG RCI bzw. DIN EN 61882 beinhaltet dieser Schritt lediglich die qualitative Beschreibung der Szenarien je ermittelter Abweichung bzw. Ursache. In der betrieblichen Praxis erfolgt in diesem Arbeitsschritt eine Einstufung der Eintrittswahrscheinlichkeit und des Schadensausmaßes des Szenarios.

Im Vergleich zu den zuvor durchgeführten Arbeitsschritten kann eine Vorbereitung durch den Moderator oder das Betriebspersonal nicht identifiziert werden. Dieser Schritt wird in der betrieblichen Praxis gemäß Expertenaussagen anhand der Diskussion im Team umgesetzt.

Die dritte Überschrift subsumiert Expertenaussagen zu Herausforderungen bei der Beschreibung der Auswirkungen. Es konnten 44 Expertenaussagen aufgenommen werden, innerhalb derer Herausforderungen hinsichtlich der Teilnehmer, der Moderation, der Risikomatrix sowie bereits bestehender Gegenmaßnahmen aufgeführt sind. Für die Teilnehmer stellt es nach Aussagen der Experten eine Schwierigkeit dar, bestehende Gegenmaßnahmen bei der Beschreibung der Auswirkungen unberücksichtigt zu lassen. Darüber hinaus haben die Teilnehmer Schwierigkeiten bei der Einstufung von Szenarien in die betrieblichen Risikokategorien sowie der Skizzierung von Szenarien. Bei der Einstufung in die jeweiligen Risikokategorien haben die Teilnehmer laut Experten Schwierigkeiten bei der Vorstellung der Eintrittswahrscheinlichkeit. Hier zeigen die Aussagen der Experten, dass diese in der betrieblichen Praxis gute Erfahrungen mit der Aufführung der qualitativen Merkmale der Risikokategorien gemacht

haben, da diese für die Betriebsangehörigen greif- und vorstellbarer sind. Der Umfang der in diesem Punkt geführten Diskussionen ist abhängig von der Art der Risikomatrix (3 x 3, 6 x 6).

Durch die Experten wurde ebenfalls aufgeführt, dass es in diesem Arbeitsschritt zu intensiven Diskussionen kommen kann. Dies bezieht sich u. a. darauf, dass Szenarien teilweise skizziert werden, um betriebliche Prozesse zu erleichtern, oder aufgrund von persönlichen Dispositionen zur Einschätzung von Risiken je nach gemachten Erfahrungen. Manche Teilnehmer verharmlosen Risiken, während andere Teilnehmer eher zum Worst-Case-Szenario tendieren. Auch wird angemerkt, dass die Einstufung der Szenarien in Abhängigkeit von der Betriebszugehörigkeit und Erfahrung unterschiedlich erfolgt.

Für das Wissens- und Kompetenzfeld „Beschreibung der Auswirkungen“ können folgende zusammenfassende Beobachtungen festgehalten werden:

#### **Auswirkungskategorien**

Die Expertenaussagen zeigen, dass in der betrieblichen Praxis im Wesentlichen die Kategorien Personen- und Umweltschäden angewendet werden. Verfügbarkeitsrelevante Schäden finden eher weniger oder nur auf Wunsch des jeweiligen Anlagenbetreibers statt. Die Berücksichtigung und Einstufung von Reputationsschäden findet national nicht statt, jedoch ist die Einstufung in anderen Ländern (USA und Osteuropa) nicht unüblich.

#### **Methodische Vorgehensweise**

Innerhalb der Überschrift „Methodische Vorgehensweise“ zeigten sich Unterschiede in der Detailtiefe der Auswirkungsbeschreibung sowie darin, womit die Experten die methodische Vorgehensweise bei der Beschreibung der Auswirkungen assoziieren. Die aufgenommenen Expertenaussagen sind thematisch unterschiedlich zuzuordnen. Entgegen den Arbeitsschritten zuvor kann keine klare Abgrenzung zwischen einem Vorgehen nach BG oder DIN und einer alternativen Vorgehensweise erfolgen. Aus den Expertenaussagen geht hervor, dass die Kategorisierung des Risikos in diesem Schritt erfolgt. Ergänzend zeigt sich, dass dieser Schritt nicht vorbereitet wird, sondern in der betrieblichen Praxis in der Diskussion im Team erarbeitet wird.

#### **Herausforderungen**

Die Expertenaussagen zeigen insbesondere im Punkt „Vorstellungskraft der Teilnehmer“ eine Herausforderung auf. Diese bezieht sich auf das Wegdenken der Gegenmaßnahmen sowohl bei der Beschreibung der Auswirkungen als auch bei der Anwendung der Risikomatrix. Die Teilnehmer haben Schwierigkeiten z. B. bezüglich der Einschätzung der Eintrittswahrscheinlichkeit sowie des

Schadensausmaßes, wenn im jeweiligen Betrieb bisher kein entsprechendes Ereignis eingetreten ist.

#### 5.4.4 Gegenmaßnahmen

Das Wissens- und Kompetenzfeld „Gegenmaßnahmen“ wurde ebenfalls in drei Überschriften ausgewertet. Die Expertenaussagen wurden in die Überschriften Kategorie der Maßnahmen und Gestaltungsrangfolge, methodisches Vorgehen bei der Beschreibung der Gegenmaßnahmen und Herausforderung in diesem Arbeitsschritt gegliedert.

Zu den Kategorien der Gegenmaßnahmen und Gestaltungsrangfolge konnten 27 Expertenaussagen aufgenommen werden. Die Expertenaussagen zeigen auf, dass in der betrieblichen Praxis unterschiedliche Kategorien zum Einsatz kommen. Neben der Kategorienbildung des Arbeitsschutzes (technisch, organisatorisch, personenbezogen) wurden weitere Kategorien beschrieben, darunter folgende: Unterscheidung in technische und prozessleittechnische, mitigierende Gegenmaßnahmen, administrative, technische mit SIL-Anforderung. In einigen Fällen beinhalten technische Maßnahmen auch Maßnahmen der Prozessleittechnik, während sie in anderen Fällen als weitere Kategorie aufgeführt werden.

Die Expertenaussagen hinsichtlich der Gestaltungsrangfolge bzw. der Wirksamkeit von Maßnahmenkategorien beinhalten die Position, dass technische und organisatorische Maßnahmen nicht gleichwertig sind. Auch wenn durch die Kombination organisatorischer Maßnahmen formal eine relativ hohe Verfügbarkeit erreicht werden kann (interne Regel), besitzt die technische Maßnahme eine höhere Zuverlässigkeit. Die Expertenaussagen zeigen auch auf, dass nicht jede Abweichung sinnvoll mit technischen Gegenmaßnahmen beherrschbar ist. Dies gilt auch für die anderen zur Verfügung stehenden Maßnahmenkategorien.

Aus den Expertenaussagen zur Kategorie der technischen Schutzmaßnahmen kann entnommen werden, dass für bestimmte Risikokategorien nur technische Maßnahmen herangezogen werden können, technische Maßnahmen grundsätzlich zu bevorzugen sind und dass bei Realisierungsherausforderungen technischer Maßnahmen eher auf eine Kombination aus technischen und organisatorischen Maßnahmen zurückgegriffen werden sollte als ausschließlich auf organisatorische Maßnahmen.

In Bezug auf organisatorische Maßnahmen verweisen die Experten darauf, dass diese in ihrer Wirksamkeit eingeschränkt sind und zur Wirksamkeit stets die Sensibilisierung der Beschäftigten erforderlich ist. Personenbezogenen Maßnahmen spielen in der HAZOP-Analyse eine eher untergeordnete Rolle. Sie werden im Rahmen der arbeitsplatzbezogenen Gefährdungsbeurteilung identifiziert und festgelegt.

Die Experten konkretisieren, dass sich die Verfügbarkeit bzw. Qualität der Maßnahmen aus der ermittelten Risikostufe ergibt. In einer Expertenaussagen wird darauf verwiesen, dass die Güte bzw. Qualität der Maßnahme eine abschließende Entscheidung des Betriebsleiters ist. Die Aufgabe des Moderators besteht darin, den Betriebsleiter zu befähigen, diese Entscheidung zu treffen.

Die zweite Überschrift beinhaltet die Expertenaussagen zur methodischen Vorgehensweise bei der Beschreibung der Gegenmaßnahmen. Zu diesem Thema konnten 25 Expertenaussagen aufgenommen werden. Innerhalb der Expertenaussagen wird aufgeführt, dass die bestehenden Gegenmaßnahmen bei der Dimensionierung an dieser Stelle mit einbezogen werden. In einigen Fällen werden zunächst alle vorhandenen Gegenmaßnahmen aufgelistet und anschließend ein Abgleich mit der erforderlichen Risikoreduzierung durchgeführt. Die Experten attestieren auch, dass zunächst ermittelt wird, ob nicht bereits bestehende Gegenmaßnahmen aufgewertet werden können, um die entsprechende Risikoreduzierung erreichen zu können. Die Expertenaussagen zeigen, dass in der betrieblichen Praxis die HAZOP-Analyse mit der Auflistung der Gegenmaßnahmen abgeschlossen wird und die Konkretisierung und Dimensionierung in einer Layers of Protection Analysis (LOPA) erfolgt. Es wird eine Kombination beider Verfahren angewendet.

Unter der dritten Überschrift werden die Expertenaussagen zu den Herausforderungen bei der Beschreibung der Gegenmaßnahmen subsumiert. Es wurden 55 Expertenaussagen aufgenommen. Durch die Experten werden bezogen auf die Teilnehmer das Vorgehen, die Moderation sowie die Wirtschaftlichkeit als Herausforderungen beschrieben. Bezogen auf die Teilnehmer verdeutlichen die Experten, dass der Diskussionsgrad abhängig von der Teamzusammensetzung ist. Auch die Kultur des Unternehmens spielt eine Rolle. Wenn innerhalb des Unternehmens Sicherheits- und Gesundheitsschutz eine hohe Priorität besitzen, dann finden im Arbeitsschritt „Beschreibung von Gegenmaßnahmen“ weniger kontroverse Diskussionen statt.

Die Experten erleben, dass bei einer sauberen und ausführlichen Beschreibung der Szenarien sowie Maßnahmen zur Risikoreduzierung die Diskussionen im Verhältnis zu einer anderen Vorgehensweise kürzer und weniger kontrovers ausfallen.

Die Experten führen als weitere Herausforderung auf, dass die Umsetzung organisatorischer Maßnahmen in einem ersten Schritt gegenüber technisch-konstruktiven Maßnahmen günstiger erscheint. Die Betriebsangehörigen haben ein Bewusstsein dafür, dass auch organisatorische Maßnahmen mit Kosten verbunden sind (Ressourcen, Mitarbeiter). Ergänzend wird aufgeführt, dass die Dichte der Beschäftigten innerhalb der Betrachtungsanlagen in den vergangenen Jahren abgenommen hat und die benötigten Ressourcen für die Umsetzung organisatorischer Maßnahmen nicht mehr zur Verfügung stehen. Vor dem Hintergrund dieser Entwicklung entscheiden sich Betriebsangehörige immer häufiger für die Umsetzung

technischer Maßnahmen. Dass bei der Maßnahmengestaltung in manchen Unternehmen auch die Kosten ein Entscheidungskriterium sind, wurde von den Experten ebenfalls aufgeführt.

Bei der Beurteilung neuer Anlagen gibt es eine weitere Herausforderung. Diese zeigt sich insbesondere dann, wenn der Hersteller der Anlage und der zukünftige Betreiber die HAZOP-Studie gemeinsam durchführen. In dieser Teilnehmerkonstellation wird diskutiert, wer die Kosten für ggf. ergänzend erforderliche Schutzmaßnahmen übernimmt. Die Experten ergänzen, dass die Beschreibung der Gegenmaßnahmen im Einverständnis aller Teilnehmer getroffen und beschrieben werden muss.

Für das Wissens- und Kompetenzfeld „Gegenmaßnahmen“ können folgende zusammenfassende Beobachtungen aufgenommen werden:

### **Gestaltungsrangfolge**

Die Expertenaussagen zeigen, dass die Gestaltungsrangfolge in der betrieblichen Praxis Anwendung findet. Das gilt auch für das Verständnis aller Teilnehmer für die unterschiedlichen Wirksamkeiten und die verschiedene Zuverlässigkeit von Maßnahmen sowie die daran orientierte Priorisierung der Maßnahmenwahl. Personenbezogene Maßnahmen werden innerhalb der HAZOP-Analyse kaum angewendet.

### **Methodisches Vorgehen**

Innerhalb der methodischen Vorgehensweise beschreiben die Experten, dass zunächst die bestehenden Gegenmaßnahmen aufgelistet werden. In einem Abgleich erfolgt sodann die Ermittlung des noch bestehenden Risikos. Kann eine ausreichende Risikoreduzierung durch das Aufwerten bestehender Gegenmaßnahmen erfolgen, wird diese Herangehensweise bevorzugt. Die Experten zeigen zudem, dass die HAZOP-Analyse mit der Auflistung der Gegenmaßnahmen beendet ist. In der betrieblichen Praxis werden Konkretisierung und Dimensionierung häufig im Rahmen einer sich anschließenden oder implementierten LOPA durchgeführt.

### **Herausforderung**

Die Expertenaussagen verdeutlichen, dass in der betrieblichen Praxis der Grad der Diskussion abhängig von der Unternehmenskultur und dem Teilnehmerkreis ist. Ergänzend wird deutlich, dass die Betriebsangehörigen ein Bewusstsein dafür haben, dass organisatorische Maßnahmen mit Kosten (personellen Ressourcen, zeitlichen Ressourcen) verbunden und somit langfristig nicht zwangsläufig günstiger als technisch-konstruktive Maßnahmen sind.

#### 5.4.5 Risikoquantifizierung (allgemein)

Das Wissens- und Kompetenzfeld „Risikowahrnehmung“ beinhaltet u. a. den Aspekt der Risikoquantifizierung. Innerhalb dieser Überschriften wurden die Expertenaussagen in den Überschriften „Kategorien zur Quantifizierung des Risikos“ und „Diskussionspunkte“ zusammengefasst.

Zu den zur Risikoquantifizierung verwendeten Kategorien konnten 15 Expertenaussagen aufgenommen werden. Die Expertenaussagen zeigen, dass in den meisten Anwendungsfällen der betrieblichen Praxis die Kategorien Schadensschwere und Eintrittswahrscheinlichkeit angewendet werden.

Diese Kategorien werden durch unternehmensinterne Beschreibungen und Beispiele konkretisiert. In einigen Unternehmen kommen auch rein qualitative Einstufungen zur Anwendung. Von einem Experten wurde eine weitere Dimension der Kategorie Eintrittswahrscheinlichkeit aufgeführt. Die Eintrittswahrscheinlichkeit ergibt sich in diesem Unternehmen aus der zu erwartenden Häufigkeit sowie der Erkennbarkeit des Ereignisses.

Innerhalb der Überschrift Diskussionspunkte werden durch die Experten sowohl Vor- als auch Nachteile der Risikoquantifizierung aufgeführt. So wird bspw. ausgesagt, dass durch die Risikoquantifizierung eine Vergleichbarkeit mehrerer Betrachtungen überhaupt erst möglich wird. Ein weiterer genannter Vorteil besteht darin, dass die Risikoquantifizierung einen Vergleich mit der Qualität der Maßnahmen ermöglicht.

Als Herausforderungen werden von den Experten Verständnis- und Vorstellungsschwierigkeiten innerhalb der einzelnen Kategorien aufgeführt. Dies bezieht sich insbesondere auf die Eintrittswahrscheinlichkeit und die damit verbundene Statistik. Die Experten ergänzen, dass innerhalb der Analyse die Anwendung der qualifizierten Merkmale die Diskussion zur Risikokategorie erleichtert. Eine weitere Herausforderung des Moderators besteht darin, sensibel mit den Teilnehmern umzugehen, insbesondere wenn es um die Einstufung von bereits erlebten Ereignissen geht. Für Revalidierungen wird eine weitere Herausforderung aufgeführt. Wenn es einmal zu einer Einschätzung gekommen ist, ist es im weiteren Verlauf des Revalidierungsprozesses erheblich schwieriger, dieses Risiko wieder hoch- bzw. herunterzustufen.

Für das Wissens- und Kompetenzfeld „Risikoquantifizierung“ können folgende zusammenfassende Expertenbeobachtungen aufgenommen werden:

##### **Kategorien der Risikoquantifizierung**

In der betrieblichen Praxis kommt es in den meisten befragten Unternehmen bzw. Moderationen zur Kategorisierung des Risikos. In den meisten Fällen wird das Risiko aus den Faktoren Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadensschwere bestimmt. Diese sind durch interne betriebliche Merkmale in ihren Kategorien oder Stufen detailliert beschrieben.

### Diskussionspunkte

Durch die Experten werden Vorteile und Herausforderungen der Risikoquantifizierung innerhalb des HAZOP-Verfahrens aufgezeigt. Die Vorteile bestehen insbesondere in einer Vergleichbarkeit mehrerer Beurteilungen. Die Herausforderung in diesem Arbeitsschritt besteht darin, das erforderliche Feingefühl für die Teilnehmer aufzubringen, insbesondere wenn es um das Verständnis der Statistik, die Kategorien sowie die Einstufung bereits erlebter Ereignisse geht.

#### 5.4.6 Weitere Verfahren

Innerhalb des Wissens- und Kompetenzfeldes „Allgemeine Kompetenz zur Anwendung des HAZOP-Verfahrens“ wurde erfragt, ob die Experten weitere Verfahren neben dem HAZOP-Verfahren kennen und anwenden. Es konnten 34 Expertenaussagen aufgenommen werden, wobei von den Experten 18 weitere Verfahren genannt wurden. Von diesen 18 Verfahren werden 16 aktuell oder wurden zu früheren Zeitpunkten durch die Experten angewendet. Folgende Verfahren wurden genannt (die Anzahl der Nennungen ist in Klammern ergänzt):

Gefahrenfeldanalyse (2), Bow-Tie (1), Risikograf (2), LOPA (5), Störungsbetrachtung (2), Checkliste (4), Fehler- und Ereignisbaumanalyse (2), Höchster Modell (1), Genndorfer Modell (1), HAZID (2), FMEA (2), Sicherheitsgespräch (1), Wacker-Analyse (1), Swift (1), What-if (1), Verfahren der Maschinenrichtlinie (1), Root-Cause-Analyse (0), ROGA (0).

Das LOPA-Verfahren und die Anwendung von Checklisten kommen am häufigsten zur Anwendung. Dabei wurde das Checklistenverfahren im Zusammenhang mit der Betrachtung kleinerer Standardanlagen genannt. Das LOPA-Verfahren wird von den Experten häufig in Kombination mit dem HAZOP-Verfahren verwendet.

#### 5.4.7 Zukunft des HAZOP-Verfahrens

Innerhalb des Wissens- und Kompetenzfeldes „Zukunft des HAZOP-Verfahrens“ wurden die Expertenaussagen ohne eine weitere Überschriftenuntergliederung ausgewertet. Für die Einschätzung der Expertenaussagen über die zukünftige Entwicklung des HAZOP-Verfahrens konnten 50 Expertenaussagen aufgenommen werden. 23 Expertenaussagen beschreiben, dass es in der Zukunft Veränderungen für das HAZOP-Verfahren geben wird. 11 Expertenaussagen implizieren, dass sich das Verfahren nicht wesentlich verändern wird. Weitere 15 Expertenaussagen enthalten Aussagen über die Entwicklung verwandter Parameter.

Der überwiegende Anteil der Expertenaussagen skizziert zukünftige Änderungen des HAZOP-Verfahrens. Diese Änderungen betreffen den Schwerpunkt der Digitalisierung, der Datenspeicherung und der

Datenbibliotheken sowie der Anwendung von Standardfällen. Einige Experten vertreten die Meinung, dass das HAZOP-Verfahren zukünftig deutlich stärker digitalisiert oder mit Unterstützung künstlicher Intelligenzen stattfinden und somit stärker automatisiert werden wird. Dies betrifft auch die Rohrleitungs- und Instrumentenschemata. Das HAZOP-Verfahren wird sich demnach immer stärker einem modularen Aufbau annähern, in dem zukünftig mehr Standardlösungen und Standardfälle abgebildet werden. Die Experten argumentieren u. a. damit, dass sich hierdurch auch Beurteilungsunterschiede zwischen unterschiedlichen Moderatoren reduzieren lassen. Eine weitere angesprochene Entwicklung ist die Arbeit mit Datenbanken. Die Datenbanken sollen sich dabei nicht nur auf das eigene Unternehmen beziehen, sondern global angelegt sein. Zwei zusätzliche zukünftige Entwicklungen wurden durch die Experten prognostiziert: Auf der einen Seite wird die Durchführung immer weiter in Richtung Anlagenplanung und -herstellung gehen. Auf der anderen Seite wird das HAZOP-Verfahren künftig eine deutlich stärkere Vernetzung mit anderen Verfahren erleben.

Die Experten, die sich gegen eine zukünftige Entwicklung geäußert haben, begründen ihre Meinung damit, dass das HAZOP-Verfahren bereits ausgereift ist. Insbesondere die angewendete Methodik hat sich über die Jahre bewährt und benötigt keine Änderungen. Demgegenüber ist innerhalb der HAZOP-Analyse die Diskussion mit den Teilnehmern der aufwändigste Teil der Methode. Die Experten erläutern, dass diese Diskussion auch zukünftig immer stattfinden muss, sodass eine Veränderung des HAZOP-Verfahrens nicht zu erwarten ist.

Neben diesen beiden Meinungsbildern konnten einige Aussagen aufgenommen werden, die keinem der beiden Extreme zugeordnet werden konnten. Einige Expertenaussagen betonen die Relevanz des HAZOP-Verfahrens. Die Anzahl an Analysen werde folglich in den kommenden Jahren weiter ansteigen, da Sicherheit eine immer größere Rolle spielt. Dabei werden andere Entwicklungsschwerpunkte gesehen, z. B. auf Seiten der Risikobewertung, des SIL-Assessments sowie innerhalb des Explosionsschutzes. In einer Expertenaussage wird der Wunsch aufgeführt, dass es zukünftig gesetzliche Vorgaben dazu gibt, bei welchem Risiko welche Maßnahme adäquat ist.

Für das Thema „Zukunft des HAZOP-Verfahrens“ können die folgenden Meinungsbilder zusammengefasst werden:

#### **Veränderung des HAZOP-Verfahrens**

Das HAZOP-Verfahren wird sich in Zukunft in Richtung einer digitalen und datenbankbasierten Lösung entwickeln. Darüber hinaus werden deutlich mehr Standardlösungen und -module zum Einsatz kommen. Eine Vernetzung mit anderen Verfahren wird durch die Experten prognostiziert.

#### **Keine zukünftige Veränderung des HAZOP-Verfahrens:**

Das HAZOP-Verfahren ist methodisch sehr gut ausgereift und wird sich in Zukunft nicht wesentlich verändern. Die Diskussion ist der zeitaufwändigste Teil und wird sich durch technische Lösungen nicht reduzieren lassen.

### **Vernetzung**

Das HAZOP-Verfahren wird zukünftig stärker in Kombination mit anderen Verfahren zum Einsatz kommen.

#### 5.4.8 Vor- und Nachteile des HAZOP-Verfahrens

Im Wissens- und Kompetenzfeld „Vor- und Nachteile des HAZOP-Verfahrens“ wurden die Expertenaussagen nach den geäußerten Vor- und Nachteilen ausgewertet.

Es konnten 42 Expertenaussagen zu Vorteilen des HAZOP-Verfahrens aufgenommen werden. Dem gegenüber stehen 30 Expertenaussagen, die Nachteile des HAZOP-Verfahrens beschreiben. Folgende Vorteile des HAZOP-Verfahrens wurden zusammenfassend aufgeführt:

- Ein Vorteil des HAZOP-Verfahrens ist die redundante Abfrage durch die konsequente Anwendung der Leitwörter. Die damit verbleibende Lücke von nicht berücksichtigten Beurteilungsaspekten ist daher eher gering.
- Ein Vorteil des HAZOP-Verfahrens ist die Methodik. Durch die angewendete Methodik werden die Teilnehmer zu kreativem Denken angeregt.
- Ein Vorteil des HAZOP-Verfahrens besteht darin, dass der Betreiber über den Prozess des HAZOP-Verfahrens seine Anlagen kennenlernt.
- Ein Vorteil des HAZOP-Verfahrens besteht in der strukturierten methodischen Vorgehensweise und der damit einhergehenden strukturierten Dokumentation. Ein weiterer Vorteil ist, dass die Unterlagen nach einer Analyse auf dem aktuellen Stand sind.
- Ein Vorteil des HAZOP-Verfahrens besteht in der Zusammensetzung des Teams. Durch die Diversität des Teams aus unterschiedlichen Fachabteilungen können Szenarien gut abgeschätzt werden.
- Ein Vorteil des HAZOP-Verfahrens besteht darin, dass auch für Teilnehmer, die noch keinen Kontakt zu vorherigen HAZOP-Analysen hatten, das Verfahren schnell verständlich ist.
- Ein Vorteil des HAZOP-Verfahrens ist die Transparenz über die vier Stufen, auf deren Grundlage ein Beurteilungsergebnis getroffen wurde.
- Ein Vorteil des HAZOP-Verfahrens ist, dass sich das Verfahren über das Rohrleitungs- und Instrumentenfließbild am tatsächlichen Prozessablauf orientiert.

Folgende Nachteile konnten innerhalb der Expertenaussagen zusammenfassend aufgenommen werden:

- Ein Nachteil des Verfahrens ist, dass es je nach Moderation und Tagesform des Moderators und der Gruppe Unterschiede im Beurteilungsergebnis gibt.
- Ein Nachteil des Verfahrens ist, dass die Methodik, „zum kreativen Denken anzuregen“, oftmals nicht stattfindet oder nicht funktioniert.
- Ein Nachteil des Verfahrens ist die konsequente Anwendung der Methodik, da diese sehr zeitaufwändig ist.
- Ein Nachteil des Verfahrens ist, dass die HAZOP-Analyse nur Leitplanken und einen Rahmen vorgibt. Dieser kann sehr unterschiedlich ausgefüllt werden und vieles bewegt sich somit im Graubereich.
- Ein Nachteil des Verfahrens ist, dass die HAZOP-Analyse nur eine Entscheidungshilfe darstellt und kein Expertentool ist.
- Ein Nachteil des Verfahrens besteht darin, dass die Anwendung des Verfahrens stark davon abhängig ist, ob alle erforderlichen Unterlagen vorliegen.
- Das Ergebnis des Verfahrens ist stark davon abhängig, wie gut die Sollfunktion formuliert wurde.
- Ein Nachteil des Verfahrens besteht darin, dass das Verfahren zu detailreich ist und dadurch auch viele Abweichungen betrachtet werden, die keine wesentliche Relevanz für die Sicherheit der Anlage haben.
- Ein Nachteil des Verfahrens besteht in den benötigten personellen und zeitlichen Ressourcen. Das Verfahren ist nicht effizient. Alle Experten gleichzeitig zusammenzubekommen, ist oftmals schwierig.

#### 5.4.9 Allgemeines Vorgehen zur HAZOP-Analyse

Das Wissens- und Kompetenzfeld „Allgemeines Vorgehen zur HAZOP-Analyse“ wurde ohne ergänzende Überschriften ausgewertet. Es wurden insgesamt 42 Expertenaussagen aufgenommen. Die Expertenaussagen beinhalten, dass im Vorfeld der HAZOP-Analyse die Unterlagen (Rohrleitungs- und Instrumentenschemata, sicherheitstechnische Kennzahlen etc.) vollständig vorliegen und korrekt sein müssen. Die Unterlagen sind jedoch entsprechend einigen Expertenaussagen mitunter nicht vorhanden, unvollständig oder fehlerhaft. Dieser Zustand führt wiederum zu einer längeren Dauer der eigentlichen Analyse.

Die Expertenaussagen skizzieren auch den Umfang der Vorbereitung. Einige Experten gehen mit bereits vollständig ausgefüllten Analysen in den Moderations- und Diskussionsprozess. Andere füllen die HAZOP-Analyse bis zum Schritt „Beschreibung der Auswirkung“ aus. Die Vorbereitung der Analysen erklären die Experten mit dem ansonsten benötigten zeitlichen Aufwand bei einer Moderation ohne

Vorbereitung. In einer Expertenaussage wird beschrieben, dass in der Vorbereitung die Aussagen eher provokant dokumentiert werden, um danach in der Moderation die Diskussion anzuregen. Einige Experten beschreiben, dass sich ihre Vorbereitung auf die Sichtung der Rohrleitungs- und Instrumentenschemata bezieht. Wenn bereits zu viel vorausgefüllt ist, nimmt die Motivation der Teilnehmer ab.

## 5.5 Soziologische Konzeptualisierung

Die Expertenstudie macht deutlich, dass es Unterschiede bei der Durchführung von HAZOP-Studien gibt. Dies gilt sowohl in Bezug auf die befragten Experten als auch im Abgleich mit dem normativen Vorgehen. Diese Unterschiede zeigen sich bereits ab dem ersten Schritt der HAZOP-Analyse. Ein Teil der Moderatoren bedient sich hier der Leitwörter der Norm. Ein weiterer Teil der Experten greift auf (unternehmens-)modifizierte Leitwörter zurück. Dies gilt im Weiteren auch für die grundsätzliche Herangehensweise der Moderatoren. Mehr als die Hälfte der Moderatoren weicht jedoch vom grundsätzlichen HAZOP-Vorgehen ab. Dieses Abweichen lässt darauf schließen, dass es zu weiteren möglich Abweichungen im Verlauf der Studie kommt.

Die befragten Experten gaben an, dass sie die HAZOP-Studie vorbereiten, um den Diskussionsumfang zu reduzieren und so zeitliche Ressourcen zu sparen. Dies begründen sie u. a. mit der vorhandenen und über viele Jahre erworbenen Kompetenz. Durch diesen Schritt geht ein für das HAZOP-Verfahren relevanter Arbeitsschritt verloren. Ziel des gelenkten Brainstormings ist es, durch kreatives Denken auch nicht offensichtliche Gefährdungen zu identifizieren und die unterschiedlichen Experten einer verfahrenstechnischen Anlage einzubeziehen. Nimmt der Moderator diesen Schritt vorweg, kann vermutet werden, dass Gefährdungen teilweise nicht erkannt oder nicht ausreichend diskutiert werden.

Dass Arbeitsschritte in der betrieblichen Praxis oft ineinander übergehen oder gemeinsam durchgeführt werden, lässt sich insbesondere beim Arbeitsschritt „Auffinden der Ursachen“ vermuten. Ein überwiegender Teil der Experten formulierte hier keine spezifische Vorgehensweise und deutete an, dass dieser Schritt gemeinsam mit dem Schritt „Identifizierung von Abweichungen“ erfolgt. Es lässt sich jedoch auch vermuten, dass in diesem Arbeitsschritt ebenfalls keine Diskussion im Sinne eines Brainstormings stattfindet. Auch hier deuten Aussagen der Experten darauf hin, dass deren Erfahrung diesen Schritt entscheidend gestaltet.

Die Vermutung, dass ein Brainstorming in der betrieblichen Praxis nicht im vorgesehenen Maße stattfindet, wird durch eine weitere Erkenntnis aus den Experteninterviews gestützt. Die Experten geben an, dass sie sich mit der Herausforderung konfrontiert sehen, die Teilnehmer zu aktivieren und sie zur Diskussion anzuregen. Die Herausforderung hängt nach Aussagen der Experten mit der Qualität der Teilnehmer zusammen. Bleiben die Diskussion und das Brainstorming aus, kann darauf geschlossen werden, dass das HAZOP-Verfahren abweichend von der normativen Vorgabe stattfindet und so die beschriebenen Vorteile,

wie z. B. die Interaktion und das kreative Denken zum Auffinden von Ursachen, nicht wirksam werden können. Dies wiederum kann dazu führen, dass Risiken und Gefährdungen unentdeckt bleiben und das Schutzziel nicht ausreichend gewährleistet ist.

Im Arbeitsschritt Auswirkungskategorien ergeben sich im Rahmen der Expertenbefragung Gemeinsamkeiten zwischen den Aussagen der Experten. Der überwiegende Teil der Experten und Unternehmen fokussiert sich auf die Kategorisierung von Personen- und Umweltschäden. Weitere Unterscheidungen, z. B. verfügbarkeitsrelevante Schäden, werden im nationalen Kontext derzeit nicht angewendet. Eine weitere Gemeinsamkeit besteht darin, dass die Kategorisierung eines Risikos in diesem Arbeitsschritt stattfindet. Normativ stellt dieser Schritt grundsätzlich keinen vorgegebenen Arbeitsschritt dar, wenngleich die Aussagen der Experten darauf hindeuten, dass sich dieses Vorgehen als betriebliche Praxis etabliert hat.

Hingegen kommt es nach Auswertung der Expertenaussagen bezüglich des Detaillierungsgrades der beschriebenen Auswirkungen zu Unterschieden. Vereinzelt reflektieren bereits einige Experten, dass die Beschreibung der Auswirkungen auch über die vorhandenen Assoziationen der Experten beeinflusst werden. Die Expertenstudie lässt vermuten, dass die Moderatoren auch innerhalb dieses Arbeitsschrittes eine Erleichterung des beschriebenen Vorgehens anstreben. Die Experten geben an, dass die Vorstellungskraft der Teilnehmer schwierig zu aktivieren ist. Dies bezieht sich nach Aussagen der Experten sowohl auf das Wegdenken von bestehenden Gegenmaßnahmen als auch auf die Einschätzung der Eintrittswahrscheinlichkeit und des Schadensausmaßes. Damit Diskussionen und Denkzeiten sich nicht in die Länge ziehen, kann auch hier vermutet werden, dass die Moderatoren diesen Schritt aktiv über die eigenen Erfahrungen beeinflussen.

Von einer gängigen und etablierten Praxis unter den befragten Experten kann im Arbeitsschritt zur Beschreibung der Gegenmaßnahmen gesprochen werden. Hier konnte die Expertenstudie zeigen, dass der überwiegende Teil sich der Gestaltungsrangfolge sowie der damit verbundenen Wirksamkeit und Zuverlässigkeit von Schutzmaßnahmen bewusst ist. Auch wird nach Aussagen der Experten überwiegend auf personenbezogene Maßnahmen verzichtet. Dies lässt im Gesamtkontext vermuten, dass technische Maßnahmen einen Vorrang gegenüber personenbezogenen Maßnahmen besitzen und heute dazu führen, dass greifende Schutzkonzepte in ihrer Wirksamkeit nicht in vollem Umfang willensabhängig sind. Teilweise wird nach Aussagen der Experten die HAZOP-Studie nicht mit der Auflistung der Gegenmaßnahmen beendet, sondern mit einer LOPA-Studie fortgeführt. Auch hier zeigt die Expertenstudie, dass es sich nicht um Einzelfälle handelt, sondern um ein etabliertes Vorgehen der befragten Experten.

Bei der Diskussion um die Art und Dimensionierung der Gegenmaßnahmen wurde von den Experten ein Spannungsfeld zwischen Sicherheit auf der einen Seite und finanzieller Investitionsbereitschaft auf der

anderen Seite beschrieben. Betriebe, die in ihrer Unternehmenskultur Sicherheit als einen primären Fokus etabliert haben, diskutieren weniger, wenn es um die Realisierung von kostenintensiven technisch-konstruktiven Maßnahmen geht. Dies beeinflusst die Diskussion entweder in eine förderliche oder eine hemmende Richtung, wenn durch das Unternehmen lieber auf organisatorische und damit kostengünstigere Maßnahmen zurückgegriffen wird.

Grundsätzlich beinhaltet das HAZOP-Verfahren keinen Schritt zur Quantifizierung des Risikos. Obwohl es sich normativ um ein rein qualitatives Verfahren handelt, zeigt die Expertenstudie, dass in fast allen Fällen der befragten Experten eine Risikoquantifizierung während des Verfahrens im Arbeitsschritt „Beschreibung der Auswirkungen“ stattfindet. Dies lässt vermuten, dass sich dieses vom üblichen Verfahren abweichende Vorgehen als gängige betriebliche Praxis etabliert hat. Zur Quantifizierung des Risikos werden von den Teilnehmern die Eintrittswahrscheinlichkeit und das Schadensausmaß eingeschätzt, wobei diese durch innerbetriebliche Beispiele konkretisierend beschrieben werden. Die Expertenstudie gibt auch einen Einblick in die damit verbundenen Herausforderungen. Seitens der Experten wird beschrieben, dass den Teilnehmern zur Einschätzung der Schadensschwere und Eintrittswahrscheinlichkeit das erforderliche Feingefühl fehlt. Dies zeigt sich vor allem, wenn es um das Verständnis von Statistiken und statistischen Größen sowie geht, sowie bei der Kategorisierung bereits erlebter Ereignissen. Dies lässt darauf schließen, dass sich in diesem Arbeitsschritt der Einfluss des Moderators auf das Diskussionsergebnis vergrößert.

Die bis hierin zusammengefassten Erkenntnisse zeigen deutlich, dass es zu Abweichungen bei der Durchführung des HAZOP-Verfahrens kommt. Es ist anzunehmen, dass diese Abweichungen auch in Zukunft bestehen bleiben, da sie laut einem Großteil der Experten bereits über mehrere Jahre Bestand haben. Diese Erkenntnis deckt sich mit der Veränderungsprognose zum HAZOP-Verfahren. Die Experten attestieren, dass sich das HAZOP-Verfahren zukünftig in eine digitale und datenbankbasierte Richtung entwickeln und mit weiteren Verfahren vernetzt eingesetzt werden wird. Diese Auffassung teilt der überwiegende Anteil der Experten. Dabei kann angenommen werden, dass durch eine deutlich stärkere Vernetzung mit anderen Verfahren und Standardlösungen Abweichungen im Vorgehen der HAZOP-Studie reduziert werden können.

Die Expertenstudie gibt darüber hinaus einen Einblick in die durch die Experten wahrgenommenen Vor- und Nachteile des Verfahrens. Die beschriebenen Nachteile liegen insbesondere im Umfang der Studie, sowohl hinsichtlich zeitlicher und personeller Ressourcen als auch mit Blick auf die detaillierte Durchführung. Dieser Aspekt erklärt auch, dass ein Teil der Experten angibt, dass die HAZOP-Studie bereits zu einem großen Teil vorbereitet ist und die Experten mit vollständig ausgefüllten Analysen in den Moderations- und Diskussionsprozess einsteigen. Hierdurch wird der Schritt „Prognose der Abweichungen“ im Brainstorming-Vorgehen deutlich reduziert bzw. das Brainstorming im

Teilnehmerkreis teilweise sogar ganz eingestellt. Damit geht ein bedeutsamer und charakteristischer Arbeitsschritt des HAZOP-Verfahrens verloren, was vermuten lässt, dass in der Folge Abweichungen teilweise nicht erkannt werden. Für nicht erkannte Abweichungen vom Sollzustand kann im nachfolgenden Schritt auch kein notwendiges Schutzkonzept beschrieben werden, sodass die Wahrscheinlichkeit für ein nicht ausreichendes Schutzniveau ansteigen könnte.

## 5.6 Prüfung der Hypothesen

In diesem Kapitel erfolgt die Prüfung der aufgestellten Hypothesen. Das Ziel der Expertenstudie bestand darin, einen Einblick in die betriebliche Praxis zur Anwendung des HAZOP-Verfahrens zu erlangen und auf dieser Basis mögliche Abweichungen vom normativen Vorgehen und den Umgang der Experten damit feststellen zu können. Die Forschungsthesen werden der Reihe nach geprüft und generalisiert.

### 1. Hypothese:

Die Anwendung des HAZOP-Verfahrens erfolgt im betrieblichen Kontext abweichend vom methodischen Normvorgehen in unterschiedlichen Ausprägungen.

Die erste Hypothese kann bestätigt werden. Die Expertenstudie zeigt auf, dass ein überwiegender Anteil der Experten Anpassungen des Verfahrens in der betrieblichen Praxis vornimmt. Die Anpassungen in der betrieblichen Praxis betreffen:

- die Auswahl der Leitwörter. Es werden unternehmensspezifische Leitwörter ergänzt und normative Leitwörter weggelassen.
- die Quantifizierung des Risikos: Es findet im Rahmen der HAZOP-Studie die Quantifizierung des Risikos anhand der Ermittlung der Eintrittswahrscheinlichkeit und des Schadensausmaßes statt.
- die Diskussion mit den Teilnehmern: Es finden keine Gruppendiskussionen oder Brainstormings statt, um die Teilnehmer zu kreativem und abstraktem Denken anzuregen.
- die Vorbereitung der Analyse: Teilweise gehen Experten mit bereits ausgefüllten Analysen in die HAZOP-Studie hinein, um zeitliche und personelle Ressourcen zu sparen.

Die Anzahl an Abweichungen bei der Durchführung des HAZOP-Verfahrens deutet darauf hin, dass sich je Moderator unterschiedliche Vorgehensweisen ergeben und dass hierdurch auch verschiedene Schutzniveaus der beurteilten Anlage möglich sind.

Es ist anzunehmen, dass sich dieses Bild nicht nur für die befragten Experten, sondern auch für eine deutlich größere Zahl an Experten ergibt. Es kann angenommen werden, dass das rein normative Vorgehen zur Durchführung von HAZOP-Studien eher die Ausnahme darstellt und die Experten über Jahre oder Jahrzehnte eigene persönliche oder unternehmensspezifische Ergänzungen vorgenommen haben. Diese

Ergänzungen sind jedoch nicht als Verfahrensanpassungen eingeflossen, sondern führen eher dazu, dass HAZOP-Studien weniger vergleichbar sind.

## **2. Hypothese:**

Die Experten verfügen über das Wissen bzw. die Kompetenz sowie eine einheitliche Vorstellung zur Durchführung einer gut geleiteten Moderation (Social Skills, Moderationsfertigkeiten und -fähigkeiten).

Die Hypothese kann nicht eindeutig bestätigt oder falsifiziert werden. Grundsätzlich ist den Experten ihre Aufgabe bewusst. Jedoch zeigt die Expertenstudie, dass es herausfordernd ist, die Teilnehmer zu aktivieren. Dies wurde sowohl im Arbeitsschritt „Prognose der Abweichungen“ als auch im Schritt „Gestaltung der Gegenmaßnahmen“ beschrieben. Aufgrund dessen kann angenommen werden, dass durch die aufkommenden Schwierigkeiten das HAZOP-Verfahren nicht in vollem Umfang durchgeführt wird. Dies lassen auch weitere Aussagen von Experten vermuten, die die HAZOP-Analyse weitestgehend oder in Teilen vorbereiten und damit das gelenkte Brainstorming überflüssig machen. Einen weiteren Aspekt scheint auch der grundsätzliche Umfang darzustellen, der zu einer Anpassung der Moderation führt. Die Experten wenden daher nicht immer die umfangreiche Deklination aller möglichen Abweichungen im Rahmen des Brainstormings an, sondern berufen sich auch auf ihre Erfahrung, um die Vollständigkeit abzuschätzen.

## **3. Hypothese:**

Die Experten besitzen die Fähigkeit, den Einfluss der subjektiven Risikowahrnehmung auf die sicherheitstechnische Bewertung im HAZOP-Verfahren kritisch zu diskutieren.

Die 3. Hypothese wird auf Basis der erhobenen Erkenntnisse falsifiziert. Die befragten Experten gaben an, dass die Teilnehmer teils Schwierigkeiten haben, Eintrittswahrscheinlichkeiten und mögliche Schadensausmaße zu kategorisieren. Eine Diskussion über die eigenen Präferenzen findet nicht statt. Hier liegt die Vermutung nahe, dass sich die Experten aufgrund unternehmensspezifischer Beispiele der jeweiligen Kategorien sowie der bisher gemachten Erfahrungen<sup>16</sup> verhältnismäßig sicher in ihrer Einschätzung fühlen. Eine differenzierte Betrachtung hinsichtlich der individuellen Risikowahrnehmung und -beurteilung findet nicht statt.

## **4. Hypothese:**

Von den Experten wurden bei Abweichung vom methodischen Normvorgehen Zukunftsperspektiven und Verbesserungspotenziale für die Weiterentwicklung des HAZOP-Verfahrens aufgezeigt. Die

---

<sup>16</sup> In den meisten Unternehmen kommt es sehr selten zu einem eintretenden Schadensereignis.

Verbesserungsvorschläge beziehen sich hierbei insbesondere auf die Behebung ggf. vorhandener Defizite des Verfahrens und auf den Aspekt der digitalen Transformation.

Die vierte Hypothese kann im Rahmen der Expertenstudien bestätigt werden. Die Experten sehen bereits heute Möglichkeiten und Potenzial zur Verbesserung des HAZOP-Verfahrens. Hierbei zielen die Verbesserungsvorschläge der Experten auf der einen Seite auf eine stärkere Standardisierung. Auf der anderen Seite diagnostizieren und wünschen sich die Experten eine deutlich stärkere Vernetzung einzelner Verfahren und damit einhergehend mehr Digitalisierung bei der Durchführung der HAZOP-Studien.

## 5.7 Fazit zur Expertenstudie

Das HAZOP-Verfahren ist ein etabliertes Verfahren in der chemischen und petrochemischen Industrie. Bereits seit den 1970er Jahren gibt es Leitlinien zur richtigen Durchführung des Verfahrens. Mittlerweile können Moderatoren auf zahlreiche Informationsleitlinien oder Broschüren öffentlicher oder privater Autoren und Institutionen zugreifen, um sich über die Vorgehensweise zur Durchführung des HAZOP-Verfahrens zu informieren.

Im Rahmen der Expertenstudie hat sich jedoch gezeigt, dass die Durchführung der HAZOP-Studien in den meisten Fällen von diesen Normvorgaben abweicht. Grundsätzlich haben alle Moderatoren eine Qualifizierung zur Durchführung von HAZOP-Studien erfolgreich abgeschlossen und kennen daher auch das Normvorgehen zur Durchführung und Moderation derselben. Auch waren Moderatoren Teil der Studie, die keine Fortbildung oder Qualifizierung zur Durchführung von HAZOP-Studien absolviert haben. Allgemein kann davon ausgegangen werden, dass Experten, die HAZOP-Studien durchführen, in der Regel über eine entsprechende Qualifizierung verfügen, obwohl es sich hierbei nicht um eine verpflichtende Voraussetzung handelt.

Obwohl alle Experten über eine Qualifizierung verfügen und wissen, wie die Methodik grundsätzlich aufgebaut ist, konnte die Befragung der Experten deutliche Abweichungen von diesem Vorgehen aufzeigen. Diese Abweichungen beziehen sich sowohl auf die methodisch-didaktische Durchführung als auch auf inhaltliche Aspekte des HAZOP-Verfahrens.

Insgesamt zeigte sich, dass die Idee des Brainstormings innerhalb der HAZOP-Methodik in der betrieblichen Praxis nicht im vorgesehenen Umfang umgesetzt wird. Dies ergibt sich auf der einen Seite durch zeitliche und personelle Ressourcenengpässe. Um Ressourcen nicht allzu lang binden zu müssen und die Zeit für HAZOP-Studien auf ein für die Unternehmen akzeptables Maß zu reduzieren, wird bspw. auf die strenge Deklination aller möglichen Leitwörter verzichtet. Ein Brainstorming, in dem alle Studienteilnehmer zum kreativen Denken angeregt werden, findet ebenfalls nicht statt.

Auf der anderen Seite vermittelt die Expertenstudie einen Eindruck davon, vor welchen didaktischen Herausforderungen die Moderatoren stehen. Das Anregen der Teilnehmer zu einer Diskussion und zur aktiven Beteiligung im Rahmen der HAZOP-Studie wird von den Moderatoren ebenfalls als Herausforderung angegeben. Die Kompetenz zur aktiven und zielgerichteten Moderation von HAZOP-Studien ist erforderlich, um ein gutes und ausgeglichenes Moderationsergebnis zu erreichen. Ist diese Kompetenz nicht ausreichend gegeben, ist die HAZOP-Studie schwerpunktmäßig von der Meinung des Moderators geprägt. Gemäß DIN EN ISO 61882 soll jedoch genau dies nicht der Fall sein. Der Moderator soll eigentlich kaum Berührungspunkte mit der Anlage haben und im verfahrenstechnischen Sinne kein Fachexperte sein. Dies wird in der betrieblichen Praxis nach Aussagen der Moderatoren allerdings anders

gehandhabt. Hierzu gehört bspw. auch, dass die Moderatoren teils mit vorausgefüllten Dokumenten die Analyse beginnen, um nur noch einen Abgleich mit den Teilnehmern vorzunehmen. Dieses Vorgehen erfüllt nicht die Anforderungen der DIN EN ISO 61882 und enthält nicht die charakteristischen Merkmale der HAZOP-Methodik.

In der Generalisierung ist davon auszugehen, dass diese Herausforderung der Aktivierung der Teilnehmer zur Diskussion nicht nur für die befragten Experten gilt, sondern gleichermaßen für einen überwiegenden Teil aller Moderatoren. Das fehlende Brainstorming kann jedoch im Sinne des Normvorgehens dazu führen, dass nicht alle Abweichungen vom Sollzustand erkannt werden, sodass ein gegebenes Risiko unterschätzt wird, ohne dass notwendige Gegenmaßnahmen entworfen werden.

Allgemein kann die Adaption des Verfahrens insbesondere hinsichtlich der Reduzierung des Brainstormings als gängige und etablierte Praxis beschrieben werden. Diese Erkenntnis wird auch dadurch bestärkt, dass es sich kein Unternehmen erlauben kann, wissentlich ein Risiko einzugehen und so möglicherweise einen Personen- oder Umweltschaden herbeizuführen. Die Unternehmen nehmen ebenfalls keine Veränderungen leichtfertig hin, die eine Auswirkung auf den Arbeits-, Umwelt- und Gesundheitsschutz haben könnten. Vielmehr wird sich die beschriebene Vorgehensweise in den Unternehmen über Jahre oder Jahrzehnte langsam entwickelt und bewährt haben. Das hierbei entstehende Delta zwischen Normvorgehen und Vorgehen in der betrieblichen Praxis konnte im Rahmen der Expertenstudien aufgezeigt werden und stellt eine reale Herausforderung dar. Aus Sicht der Autorin hat bisher keine Rückkopplung der Praxiserkenntnisse in die Normung oder Leitlinien stattgefunden, die die etablierten Adaptionen des Verfahrens beschreibt oder berücksichtigt. Dies wiederum bedingt, dass sich das Verfahren jeweils in den Unternehmen weiterentwickelt, jedoch Best-Practices-Lösungen zur Durchführung der HAZOP-Studien nicht systematisch geteilt werden.

Insgesamt konnte im Rahmen der Expertenstudie auch verdeutlicht werden, dass die Auseinandersetzung mit der individuellen Risikowahrnehmung und -beurteilung sowie der Wirkung von Heuristiken kein präsenes Thema darstellt. Die Moderatoren sehen hier die Risikomatrix als eine weitere Anpassung des HAZOP-Verfahrens, als gute und ausreichende Möglichkeit, Risiken weitestgehend objektiv einzuschätzen. Die Risikomatrizen unterscheiden sich jedoch nach Verfahren und Unternehmen, sodass es zu unterschiedlichen Beispielen und Kategorisierungen von eigentlich vergleichbaren Risiken kommt. Ein Vergleich ist so nur schwer möglich und eine Fehleinschätzung aufgrund reduzierter Informationen im eigenen Unternehmen wahrscheinlich. Mit einer erhöhten Sensibilität zur Bewertung von Risiken würde auch mehr Aufmerksamkeit auf diesen Arbeitsschritt gelegt. Würden im Sinne der Risikobewertung Unternehmen, Versicherer und Präventionsdienste zusammenarbeiten, stünden den Moderatoren bei Weitem mehr Optionen und Daten zur Verfügung, um eine möglichst objektive Einschätzung der

Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadensausmaße zu ermöglichen. Auch in diesem Punkt hatten die Moderatoren eher Schwierigkeiten, die Teilnehmer einzubinden und zur aktiven Diskussion zu ermutigen.

Insgesamt zeigt das Delta zwischen dem Normvorgehen und dem Vorgehen in der betrieblichen Praxis, dass die HAZOP-Methodik einer detaillierten Betrachtung bedarf. Hierbei sollte detailliert untersucht werden, welche Vorgehensweise sich im betrieblichen Alltag etabliert hat und bereits verändert in mehreren Unternehmen verwendet wird.

Daraus sollten anschließend Handlungsempfehlungen abgeleitet werden, die zu einer Verbesserung der derzeit bestehenden Herausforderungen des HAZOP-Verfahrens führen. Der Bedarf zur Anpassung des Verfahrens wird von der Autorin vor allem daraus abgeleitet, dass das HAZOP-Verfahren in der betrieblichen Praxis kaum so genutzt wird, wie es ursprünglich konzeptioniert ist. Dies konnte im Rahmen der Expertenstudien anhand mehrerer Anpassungen aufgezeigt werden. Mögliche Anpassungen ergeben sich nach Meinung der Experten u. a. im Hinblick auf die Digitalisierung und die Standardisierung von Betrachtungselementen.

## 6 Ableitung von Gestaltungsmaßnahmen

In diesem Kapitel werden die Erkenntnisse dieser Dissertation zusammengefasst. Anschließend erfolgt die Ableitung von Maßnahmen zur Reduzierung bestehender Herausforderungen anhand der ermittelten Erkenntnissen.

### 6.1 Zusammenfassende Diskussion

Das HAZOP-Verfahren hat sich in den vergangenen Jahrzehnten als etablierte Praxis in der chemischen und petrochemischen Industrie bewährt. Das zeigen u. a. neu verfasste Informationsbroschüren der entsprechenden Berufsgenossenschaft (BG RCI). Im Rahmen dieser Dissertation wurde eine Analyse und Bewertung der methodischen Vorgehensweisen des HAZOP-Verfahrens durchgeführt. Dabei wurden hemmende Einflussfaktoren identifiziert und deren Auswirkungen auf die Durchführung sowie das Ergebnis der HAZOP-Studie betrachtet. Es zeigt sich, dass eine Weiterentwicklung und Anpassung des HAZOP-Verfahrens möglich und sinnvoll ist.

In einem ersten Schritt wurde im Rahmen einer explorativen Literaturrecherche erarbeitet, dass dem Moderator im HAZOP-Verfahren eine elementare Rolle zukommt (vgl. Kapitel 2). Es konnten jedoch keine konkreten Anforderungen identifiziert werden, die die Ausübung dieser Tätigkeit unterstützen. Die Vermutung, dass die Studie oder das Studienergebnis stark durch die Moderatoren beeinflusst wird, konnte anhand dieser ersten Literaturrecherche bestärkt werden (vgl. DIN EN ISO 916221). Die erste Literaturrecherche zeigte auch, dass das Brainstorming als Methode einige didaktische Herausforderungen mit sich bringt, zu denen keine kritische Diskussion in der bis hierher gesichteten Literatur gefunden werden konnte. Die Vermutung, dass sich durch den Moderator und die angewendete Methodik hemmende Faktoren ergeben könnten, wurde für den zweiten methodischen Schritt übernommen und diente zur Eingrenzung des Betrachtungsfeldes dieser Dissertation.

Im zweiten Schritt wurde diese Annahme im Rahmen einer systematischen Literaturrecherche weiter bestätigt (vgl. Kapitel 3). Die Grundlage der systematischen Literaturrecherche bildeten dabei die drei Themenfelder Experte/Moderator, Risikowahrnehmung und -beurteilung sowie Methodik des HAZOP-Verfahrens. Innerhalb der Themenfelder erfolgte die schlagwortbasierte Literaturrecherche, die bestätigte, dass bei der Anwendung der HAZOP-Methodik hemmende Faktoren wirken, die die Durchführung und das Ergebnis der HAZOP-Studie beeinflussen. Dabei bestätigte sich u. a., dass es keine einheitlichen Qualifizierungen für die Rolle des Moderators gibt. Ein überwiegender Teil der zu einem späteren Zeitpunkt befragten Experten wurde durch die BG RCI qualifiziert. Es existieren aber darüber hinaus zahlreiche private Dienstleister, die eine Qualifizierung zur Moderation von HAZOP-Verfahren anbieten.

Durch die fehlende einheitliche Qualifizierung kann ein qualitativer Mindeststandard von einer öffentlich anerkannten Stelle nicht abschließend gewährleistet werden. Dass dieser Aspekt auch qualitative Auswirkungen haben kann, konnte im Rahmen der Expertenstudie bestärkt werden (vgl. Kapitel 5). Auch für regelmäßige Wiederholungsqualifizierungen gibt es bisher keinen einheitlichen Standard (Zeit und Inhalt). Durch die fehlende einheitliche Qualifizierung und nicht verpflichtende Wiederholungsschulungen kann es vorkommen, dass sich feste – auch eher hemmende – Arbeitsroutinen bei der Durchführung einschleichen und aufgrund des ausschließlichen Bezugsrahmens des eigenen Unternehmens unerkannt bleiben.

Im Rahmen der systematischen Literaturrecherche konnte bestätigt werden, dass die Risikowahrnehmung und -beurteilung sehr individuell stattfindet. Individuell wirkende Heuristiken beeinflussen die Sensibilität für Risiken und deren Bewertung im Hinblick auf zu ergreifende Schutzmaßnahmen. Ob und in welchem Umfang ein Risiko erkannt und bewertet wird, hängt dabei u. a. von bereits gemachten Erfahrungen ab. Auch beeinflusst die stattfindende Diskussion im Team das Ergebnis der Risikobewertung. Die Bewertung von Risiken ist immer ein Konstrukt und der Versuch, dieses so objektiv wie möglich darzustellen (vgl. u. a. Kapitel 3.2.5.5). Im Rahmen der HAZOP-Studien kann dies ebenfalls nur zu einem gewissen Grad gelingen. Der Grad der Objektivierung ist davon abhängig, inwieweit auf Daten, Datenbanken oder Erfahrungen des jeweiligen Moderators, aber auch anderer Experten zurückgegriffen wird. Da es nach Kenntnis der Autorin bisher keine öffentliche nationale Datenbank gibt, sind insbesondere kleinere und mittelständische Unternehmen lediglich von der Erfahrung des Moderators und des eigenen Unternehmens als Basis zur Risikobeurteilung abhängig. Dies führt zu einer einseitigen Bewertung des Risikos, welche die Gefahr birgt, ein Risiko zu übersehen oder als zu gering einzuschätzen. Durch einen besseren Aufbau von Daten und einen besseren Austausch der Unternehmen zum Zweck von Standardlösungen könnte der Grad der Objektivierung erhöht werden.

Auch im Themenfeld der Brainstorming-Methode konnten hemmende Einflussfaktoren identifiziert werden. Die schlagwortbasierte Literaturrecherche bestätigt, dass das Brainstorming durch die Anwender überschätzt wird und nicht unbedingt zu den besten Ergebnissen führt. Im Rahmen einer Studie mit Studierenden konnte gezeigt werden, dass Brainstorming die Kreativität eher hemmt als fördert und Diskussionen eher reduziert (vgl. Kapitel 4). Die Qualität und die Anzahl der Abweichungen innerhalb der HAZOP-Studien werden hiervon ebenfalls beeinflusst. Nimmt man die Ergebnisse der Brainstorming-Studie in den Fokus, bedeutet das für die Durchführung des HAZOP-Verfahrens, dass dessen Methodik eher nachteilig für eine offene und möglichst kreative Diskussion ist. Das kann dazu führen, dass Abweichungen unerkannt bleiben und erforderliche Gegenmaßnahmen nicht wirksam ermittelt werden können.

Die Herausforderung des Umgangs mit der Brainstorming-Methodik konnte sowohl in der qualitativen als auch in der Expertenstudie weiter bestätigt werden. Im Rahmen der qualitativen Studie mit Studierenden zeigte sich, dass sich trotz konsequenter Anwendung des Brainstorming-Verfahrens dennoch sehr unterschiedliche Abweichungen innerhalb der HAZOP-Studie wie auch bezogen auf das erreichte Schutzniveau ergaben. Dieses Ergebnis wurde von einer Probandengruppe erzielt, die darauf bedacht war, das methodische Vorgehen streng einzuhalten. In der betrieblichen Praxis ist anzunehmen, dass die Moderatoren deutlich ergebnis- und ressourcenorientierter handeln, sodass eine konsequente Anwendung der Leitwortdeklinatation fraglich ist. Neben den Abweichungen im Rahmen der Brainstorming-Methodik wurde in der qualitativen Studie der Umgang mit der Risikobewertung weiter untersucht. In einem ersten Schritt erfolgte die Erarbeitung der Möglichkeiten zur Risikobeurteilung. Hierbei wurde bereits deutlich, dass es sehr unterschiedliche Skalen und Risikokategorisierungen gibt. In den qualitativen Studien wurde bestätigt, dass die Kategorisierung von Risiken sehr unterschiedlich und individuell erfolgt und auch für die Probanden eine Herausforderung darstellt, sofern bspw. der eigene Bezugsrahmen zu Wahrscheinlichkeiten oder eine nachvollziehbare Skala fehlte. Dieses Ergebnis konnte im weiteren Verlaufe der Dissertation anhand der Expertenstudie bestätigt werden.

Im abschließenden Schritt erfolgten die Zusammenführung der Ergebnisse und die Bestätigung bereits angedeuteter Vermutungen (vgl. Kapitel 6). Mit einem Blick auf die Qualifizierung zeigt sich, dass zwar grundsätzlich alle befragten Experten eine Qualifizierung absolviert haben, diese aber häufig bereits mehrere Jahre zurückliegt. Die sehr unterschiedliche Herangehensweise bei der Durchführung der HAZOP-Methodik zeigt auch, dass es im Rahmen der Qualifizierung und regelmäßigen Weiterbildung Potenzial gibt, Verfahren und Vorgehen zu vereinheitlichen und Kompetenzen insbesondere im Bereich der Moderation zu stärken. Die Schwierigkeit, auch mit eher ruhigen Teilnehmern in einer HAZOP-Studie gute Ergebnisse zu erzielen, könnte hierdurch reduziert werden. Auch würden regelmäßige Qualifizierungen dazu führen, dass ein Expertenaustausch stattfindet, um eigene Wahrnehmungen und Beurteilungsmuster regelmäßig kritisch zu hinterfragen. Dies zeigt sich insbesondere bezogen auf die Risikowahrnehmung der Experten.

Die Expertenstudie bestätigte zudem, dass die Wahrnehmung, Bewertung und damit Objektivierung von Risiken eine Herausforderung in der betrieblichen Praxis darstellt. Die Experten der HAZOP-Studie setzen sich kaum mit der individuellen Risikowahrnehmung und -beurteilung sowie der Wirkung von Heuristiken auseinander. Sie sehen offenbar in der Risikomatrix eine ausreichende Erweiterung des Verfahrens zur Abschätzung von Risiken. Allerdings sind die Risikomatrizen je nach Unternehmen unterschiedlich aufgebaut und unterscheiden sich in Anzahl der Kategorien und Merkmalen. Sie sind dabei oft unternehmensspezifische Entwicklungen, die wiederum nur den eigenen Betrachtungsraum abbilden können. Die befragten Experten lassen vermuten, dass die Relevanz der individuellen Risikoabschätzung und der starken Beeinflussbarkeit einer Risikobewertung nicht als Risiko gesehen wird. Aus Sicht der

Autorin führt die fehlende kritische Auseinandersetzung mit der individuellen Risikowahrnehmung und -bewertung sowie den kognitiven Vorgängen zur Bewertung von Risiken dazu, dass Risiken fehlerhaft eingeschätzt und zu wenig kritisch diskutiert werden. Diese Annahme bestätigt auch die Expertenstudie mit Blick auf die Quantifizierung des Risikos mit den Teilnehmern.

Nach Aussagen der Moderatoren haben die Teilnehmer Schwierigkeiten damit, die Wahrscheinlichkeiten und teils auch Schadensausmaße von Risiken zu bewerten. Dies liegt u. a. an den unwahrscheinlichen Eintrittswahrscheinlichkeiten, aber auch daran, dass sie wenig bis keine Erfahrung, Wissen und Kompetenzen zur Bewertung von Risiken besitzen. Da eine Diskussion in der betrieblichen Praxis mit diesem Schritt endet, übernimmt der Moderator die Bewertung und übt damit wiederum einen stärkeren Einfluss auf die Durchführung und das Ergebnis der HAZOP-Studie aus. Aus Sicht der Autorin ist es daher sinnvoll, eine einheitliche Datenbank aufzubauen, in der allgemeine Risikobewertungen zu sog. Standards für alle Unternehmen abgelegt werden.

Weiterhin konnte die Expertenstudie bestätigen, dass das Brainstorming-Verfahren nicht wie in der Normung vorgesehen durchgeführt wird. Vielmehr haben sich die Moderatoren über Jahre und Jahrzehnte ein eigenes Praxisvorgehen aufgebaut. Die Experten wissen grundsätzlich, wie die HAZOP-Studie allgemein durchgeführt werden sollte. Mit dem Fokus auf Zeit- und Ressourceneinsatz wird die konsequente Deklination der Leitwörter jedoch nicht vorgenommen. Die Moderatoren bereiten die Studien teilweise vor und reduzieren damit die angestrebte Diskussion zur Identifizierung auch ungewöhnlicher Abweichungen. Die Entwicklung individueller Vorgehensweisen lässt sich auf der einen Seite durch die Zeit- und Ressourcenersparnis begründen. Auf der anderen Seite haben die Moderatoren teilweise Schwierigkeiten, ruhige Teilnehmergruppen zur Diskussion zu aktivieren. Aufgrund der umfangreichen Vorbereitung gleicht die Durchführung der HAZOP-Studie eher einem Abgleich. Die Anpassung des Verfahrens in der betrieblichen Praxis ist ebenfalls eine Bestätigung dafür, dass das Brainstorming innerhalb der HAZOP-Methodik nicht optimal und somit Verbesserungspotenzial gegeben ist.

Durch die intensive Vorbereitung der Analyse und die Außerkraftsetzung der Brainstorming-Diskussion erhöht sich wiederum der Einfluss des Moderators, sodass die Qualität der HAZOP-Studie zu einem großen Anteil von dessen Einschätzungen gestaltet und geprägt wird.

Zusammenfassend zeigt sich, dass bei der Anwendung der HAZOP-Methodik zahlreiche hemmende Einflüsse wirken, die wiederum zu einem geringeren Schutzniveau führen können. Auch in der betrieblichen Praxis ist ein Teil dieser hemmenden Einflussfaktoren spürbar, weshalb unternehmensspezifische Anpassungen erfolgt sind. Allgemein kann festgehalten werden, dass das HAZOP-Verfahren einen guten Ansatz darstellt, um verfahrenstechnische Anlagen zu beurteilen. Es wird allerdings nur in Einzelfällen so angewendet, wie es die Normung vorsieht. Damit eine einheitliche und qualitativ hochwertige Betrachtung verfahrenstechnischer Anlagen über viele Unternehmen stattfinden kann, ist eine detaillierte Überprüfung der Methodik einschließlich der Ableitung notwendiger Maßnahmen

erforderlich. Im Rahmen dieser Dissertation werden daher erste Handlungsmaßnahmen angedeutet, die zu einer Verbesserung der Schwachstellen des Verfahrens führen können.

## 6.2 Empfohlene Maßnahmen zur Reduzierung von Abweichungen

In diesem Kapitel erfolgt die Ableitung von Maßnahmen, um hemmende Einflussfaktoren bei der Durchführung des HAZOP-Verfahrens reduzieren zu können.

Die Ableitung von Maßnahmen gliedert sich in drei Kategorien der forschungsleitenden Fragen:

- HAZOP-Studie
- Moderator
- Risikobewertung

Für die drei Kategorien ergeben sich aus den Ergebnissen dieser Dissertation unterschiedliche Maßnahmen und Handlungsfelder. Diese sind zusammenfassend in Abbildung 6-1 dargestellt und werden nachfolgend detailliert erläutert.

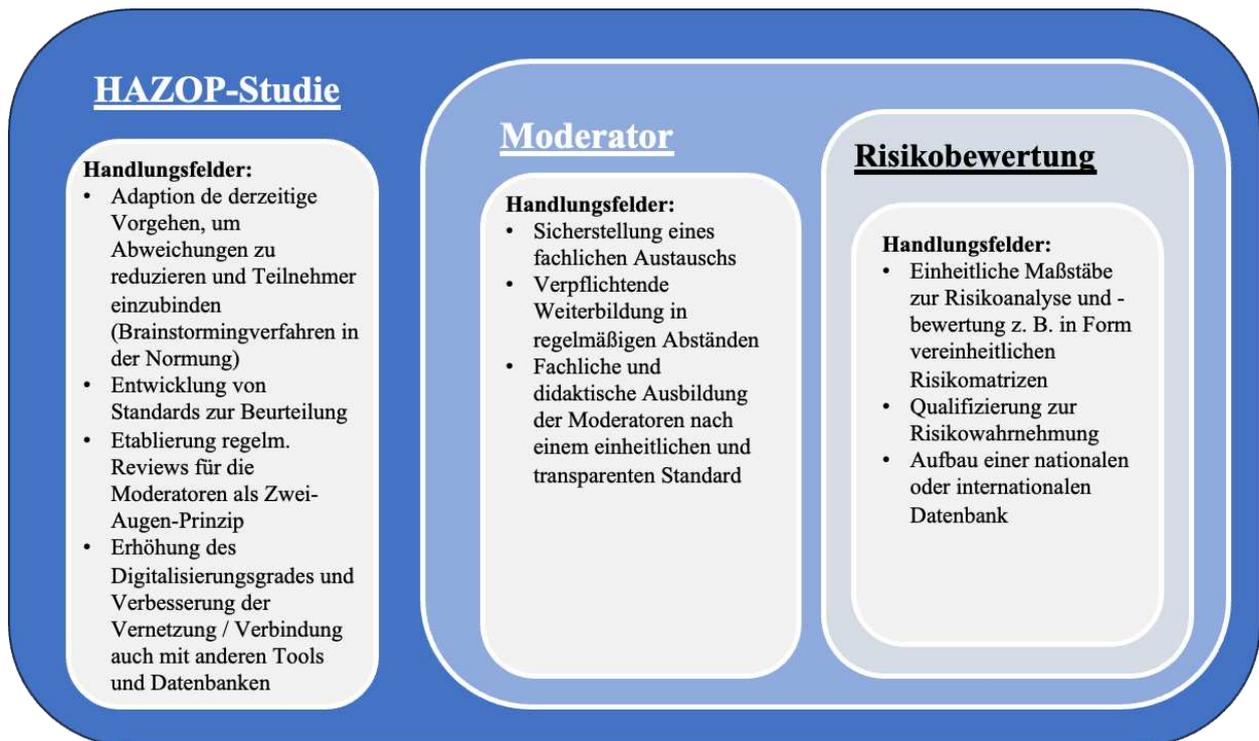


Abbildung 6-1: Maßnahmenkonzept zur Reduzierung von Abweichung bei HAZOP-Studien (eigene Abbildung)

### HAZOP-Studie

#### Adaption des derzeitigen Vorgehens

Derzeit sieht das HAZOP-Verfahren die Anwendung eines systematischen Brainstormings vor, um die Teilnehmer zu kreativem Denken anzuregen. Die Ergebnisse dieser Dissertation zeigen, dass das Brainstorming auf der einen Seite zu sehr unterschiedlichen Lösungen führen kann. Auf der anderen Seite zeigt sich in der betrieblichen Praxis, dass das Brainstorming-Verfahren nicht wie vorgesehen angewendet

wird. Dies liegt daran, dass die Teilnehmer sich teils nur schwer zur Teilnahme aktivieren lassen und die zur Verfügung stehenden Ressourcen begrenzt sind. Vor diesem Hintergrund ist die Empfehlung dieser Dissertation, das Brainstorming-Verfahren deutlich einzuschränken und zu überdenken.

Eine Möglichkeit zur Reduzierung des Brainstorming-Ansatzes ist die Entwicklung von Beurteilungsstandards. Mit Beurteilungsstandards von mehr oder weniger abgeschlossenen Arbeitsmitteln oder Verfahrensschritten (Pumpe zur Förderung von Wasser, Behälter 10 m<sup>3</sup> etc.) kann der Brainstorming-Anteil reduziert werden. Das führt dazu, dass nicht mehr jede Abweichung mit allen Leitwörtern konsequent durchdekliniert werden muss. In einem solchen Fall ist es die Aufgabe des HAZOP-Teams, eine Überprüfung der Anlagendaten anhand der Musterdaten sicherzustellen sowie die Diskussion der Abweichungen von der Vorlage und den Schnittstellen zum nächsten Beurteilungsobjekt zu führen. Um die Kreativität der Teilnehmer anzuregen, sollte hierbei allerdings nicht allein auf das bekannte Brainstorming-Verfahren zurückgegriffen werden. Das Brainstorming kann stattfinden, indem bspw. jeder Teilnehmer in einem ersten Schritt für sich brainstormt, bevor die verschiedenen Ideen zu Abweichungen, Ursachen, Auswirkungen und Gegenmaßnahmen zusammengetragen werden. Des Weiteren gilt es die Gedanken und Ideen der Teilnehmer, die auch im Nachgang der HAZOP-Studien noch aufkommen, in der darauffolgenden Sitzung zu berücksichtigen.

Bei diesem Vorgehen ist aus Sicht der Autorin zum einen Übung der Teilnehmer erforderlich. Zum anderen ist eine hohe Moderationskompetenz des Moderators vonnöten, um die Teilnehmer zu aktivieren, sich eigene Gedanken zu machen. Diese kurzen Brainstorming-Sessions sollten dabei je nach Fragestellung nur wenige Minuten dauern.

In jedem Fall empfiehlt es sich aus Sicht der Autorin, die normativen Vorgaben und Handlungsleitfäden so anzupassen, dass sie dem gängigen Vorgehen in der Praxis entsprechen und dennoch zu sicheren verfahrenstechnischen Anlagen führen. Diese Erkenntnis und die Empfehlung stützen die These von Paul Baybutt, der das Brainstorming-Verfahren ebenfalls als einen hemmenden Faktor identifiziert (Baybutt, 2015).

#### Entwicklung von Standards

Die Entwicklung von Standards stellt eine weitere Möglichkeit dar, um Abweichungen im Rahmen des HAZOP-Verfahrens zu reduzieren und dadurch gleichwertige Schutzniveaus zu erreichen. Derzeit bestehen diese teilweise in vereinzelt technischen Lösungen (Software) sowie in den einzelnen Unternehmen individuell. Durch eine öffentliche Stelle werden bisher keine inhaltlichen Unterstützungen oder Beurteilungshilfen zur Verfügung gestellt.

Mit dem Erschaffen einer Datenbank von Basissystemen und verfahrenstechnischen Komponenten können individuelle Abweichungen reduziert werden. Selbstverständlich müssen die Komponenten in den verfahrenstechnischen Systemen überprüft werden. Dennoch können die Moderatoren sowie die Teilnehmer auf eine bereits etablierte Beurteilungsgrundlage zurückgreifen. Auch diese Maßnahme führt

dazu, dass der Ressourceneinsatz verbessert werden kann. Die Beurteilungsstandards der einzelnen Komponenten müssen regelmäßig überprüft und aktualisiert werden.

#### Etablierung regelmäßiger Reviews

Im Rahmen der Dissertation konnte aufgezeigt werden, dass die Qualität der HAZOP-Studie sowie deren Ergebnis insbesondere vom Moderator beeinflusst werden. Darüber hinaus zeigte sich im Kapitel 3.2.5 zur Risikowahrnehmung und -beurteilungen, dass Menschen individuelle Heuristiken besitzen, nach denen sie (Risiko-)Beurteilungen durchführen. Um zu vermeiden, dass sich falsche Beurteilungsmuster etablieren und fest verankern, sollten regelmäßige Review-Beurteilungen oder Partner-Beurteilungen stattfinden. Zu deren Umsetzung existieren zwei Möglichkeiten:

- 1) Die Durchführung der HAZOP-Studie wird durch einen weiteren Moderator begleitet. Dabei werden unterschiedliche Betrachtungs- und Beurteilungsweisen besprochen.
- 2) Ein zweiter Moderator führt nach Fertigstellung oder parallel eine weitere HAZOP-Studie durch. Die Studien werden anschließend miteinander verglichen und kritische Abweichungen diskutiert.

Durch die Durchführung von Review- oder Partner-Beurteilungen (Vier-Augen-Prinzip) können fehlerhafte Beurteilungen schneller entdeckt werden und werden somit nicht in jeder Beurteilung weitergegeben.

#### Erhöhung des Digitalisierungsgrades einschließlich Schnittstellen

Viele der HAZOP-Beurteilungen finden heute in Excel oder Word statt. Dabei sind diese ebenfalls durch die Unternehmen selbst erstellt und auf die individuellen Bedürfnisse angepasst. Bei einer Excel- oder Word-Vorlage werden die einzelnen Beurteilungen der Komponenten oft einfach kopiert und angepasst. Mit einer Software, welche auch die entsprechenden Schnittstellen beinhaltet, können die HAZOP-Studien deutlich effizienter durchgeführt werden. Hierdurch können weitere Schnittstellen geschaffen werden, die derzeit nicht im HAZOP-Verfahren enthalten sind (z. B. Risikoanalyse mittels LOPA). Es gibt bereits einige Softwares, die dem Anwender hierzu zur Verfügung stehen. Deren Weiterentwicklung im Sinne der Nutzerfreundlichkeit und Kompatibilität mit anderen Systemen (SAP) sollte in den nächsten Jahren vorangetrieben werden.

### **Moderator**

#### Sicherstellen eines fachlichen Austauschs

Die Ergebnisse dieser Dissertation haben gezeigt, dass die Qualität und das Ergebnis der HAZOP-Studie stark vom Moderator abhängen. Dies bezieht sich nicht nur auf die Moderationskompetenz, sondern vor allem darauf, dass in der betrieblichen Praxis kein Brainstorming stattfindet. Der Moderator ist daher in vielen Analysen nicht nur moderierend tätig, sondern gestaltet durch die Vorbereitung und infolge des ausbleibenden Brainstormings einen großen Teil der Analyse aktiv mit. Die bei ihm wirkenden heuristischen Verhaltens- und Beurteilungsmuster führen dazu, dass eingefahrene Vorgehensweisen und

ggf. begrenzte Erfahrungen eine lückenhafte Beurteilung zur Folge haben. Ziel sollte es daher sein, dass ein fachlicher Austausch über die Methodik der Beurteilung und die Beurteilungsergebnisse regelmäßig stattfindet. Hierdurch können Erfahrungen aus anderen Unternehmen geteilt und damit der individuelle Beurteilungsbezugsrahmen erweitert werden.

#### Fachliche und didaktische Qualifizierung

Die Moderation von HAZOP-Analysen ist eine herausfordernde Tätigkeit, da sie nicht nur fachliche, sondern auch didaktische Kompetenz erfordert. Im Rahmen der Dissertationsergebnisse hat sich gezeigt, dass die Moderatoren Schwierigkeiten haben, die Teilnehmer zur aktiven Beteiligung zu motivieren. Es ist daher zielführend, die Ausbildung der Moderatoren nicht allein auf eine solide fachliche Basis zu fokussieren, sondern auch didaktische Kompetenzen zu vermitteln. Die Moderatoren sollten im Rahmen ihrer Ausbildung auch lernen, wie sie mit gehemmten, gelangweilten oder unmotivierten Teilnehmern umgehen und wie sie die Gruppe zur Diskussion anstoßen können. Darüber hinaus sollte bezogen auf die Inhalte ebenfalls ein Mindeststandard für die fachliche Qualifizierung bestehen. So kann eine einheitliche und hochwertige Ausbildung der Moderatoren sichergestellt werden.

#### Weiterbildung in regelmäßigen Abständen

Wie bereits aufgeführt, steuern individuelle heuristische Prinzipien auch Beurteilungsprozesse der Moderatoren im Rahmen des HAZOP-Verfahrens. Vor diesem Hintergrund sollten die Moderatoren nicht nur einmalig eine Qualifizierung absolvieren müssen, vielmehr sollten sie im Laufe der aktiven Moderationszeit regelmäßige Qualifizierungen durchlaufen. Bei anderen sicherheitskritischen Berufen ist dieses Vorgehen bekannt und etabliert. So müssen Piloten oder Ärzte eine Mindestanzahl an Fortbildungen und/oder Tests absolvieren, um ihre Lizenz zu erhalten. Die Rolle des Moderators ist im Sinne des Arbeits- und Umweltschutzes ebenfalls sehr bedeutsam. Aus Sicht der Autorin ist ein ähnliches Modell für die HAZOP-Moderatoren sinnvoll, um Beurteilungs-Bias zu reduzieren.

### **Risikobeurteilung**

#### Einheitliche Maßstäbe zur Risikobeurteilung

In den Unternehmen werden derzeit unterschiedliche Risikobeurteilungsverfahren angewendet. Dies ist nicht nur durch die unternehmensspezifischen Anforderungen begründet, sondern ergibt sich auch dadurch, dass das HAZOP-Verfahren derzeit keine Risikobeurteilung vorsieht. Die Weiterentwicklung des HAZOP-Verfahrens sollte daher auch die Risikobeurteilung einbeziehen. Es sollte überprüft werden, inwieweit diese in das Verfahren integriert werden kann und welcher Beurteilungsmaßstab in Form von Kategorien zu Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadensschwere herangezogen werden sollte.

#### Qualifizierung zur Risikowahrnehmung

Im Rahmen der Expertenstudie hat sich gezeigt, dass eine Auseinandersetzung mit dem Thema der Risikowahrnehmung und -beurteilung derzeit kaum stattfindet. Aus Sicht der Autorin ist das Bewusstsein

darüber, dass jeder Mensch eine individuelle Risikowahrnehmung besitzt, essenziell für die möglichst objektive Beurteilung von verfahrenstechnischen und sicherheitskritischen Anlagen. Daher sollten zukünftig im Rahmen der Qualifizierung Inhalte wie Merkmale der Risikobeurteilung, das Risikokonstrukt und heuristische Prinzipien vertreten sein. Selbstverständlich wird in der Qualifizierung auch die Durchführung der Risikobewertung im Rahmen der HAZOP-Studie besprochen und vermittelt.

#### Aufbau einer (inter-)nationalen Datenbank

Das Ziel der HAZOP-Studien ist es, eine möglichst objektive Beurteilung der bestehenden Risiken zu vorzunehmen und daraus wirksame Schutzmaßnahmen abzuleiten. Damit dies in möglichst großer Annäherung gelingen kann, bedarf es großer und zuverlässiger Datensätze. Deren Aufbau in einer nationalen oder auch internationalen Datenbank wird als zielführende Maßnahme angenommen, um die Abweichungen bei der Risikobeurteilung zu reduzieren und insbesondere kleineren Unternehmen mehr Daten zur Verfügung zu stellen. Diese Datenbank kann kontinuierlich erweitert werden und stattfindende Schadensszenarien in der Wahrscheinlichkeits- und Schadensausmaßermittlung berücksichtigen. Hierdurch ergibt sich der Vorteil, dass gerade kleinere Unternehmen nicht nur auf eigene Erfahrungswerte zurückgreifen müssen.

Mit der Umsetzung dieser Maßnahmen könnten hemmende Abweichungen bei der Durchführung der HAZOP-Analyse reduziert werden. Dabei tragen sowohl die Qualifizierung der Moderatoren als auch die Anpassung des HAZOP-Verfahrens hinsichtlich der Brainstorming-Methodik aus Sicht der Autorin dazu bei, dass sich das HAZOP-Verfahren in einem positiv-anwendungsorientierten Zusammenhang verbessern kann.

## 7 Fazit

Das HAZOP-Verfahren stellt ein etabliertes und häufig genutztes methodisches Vorgehen zur Beurteilung von verfahrenstechnischen Anlagen in der chemischen und petrochemischen Industrie dar. Seit vielen Jahrzehnten ist das Verfahren relativ unverändert im betrieblichen Einsatz. Es zeichnet sich insbesondere durch ein gelenktes Brainstorming aus, welches die Teilnehmer zum kreativen und abstrakten Denken anregen soll. Dies soll dazu führen, dass auch nicht offensichtliche Abweichungen systematisch erkannt werden. In vereinzelt Literaturquellen gibt es Hinweise darauf, dass dieses methodische Vorgehen auch Nachteile aufweist bzw. nicht zwangsläufig zu einem zuverlässigen Schutzniveau führt. So urteilt Baybutt (2015), dass das Brainstorming-Verfahren nicht das beste Verfahren zur Identifizierung aller Abweichungen sei, da sich durch das Brainstorming Teilnehmer gehemmt fühlen können, das Verfahren oft stark abgekürzt wird und Ideen der individuellen Reflexion nur schwer berücksichtigt werden können. Des Weiteren zeigt Baybutt (2015) auf, dass die HAZOP-Studie stark von individuellen Heuristiken und Erfahrungen beeinflusst wird und daher in einem hohen Maße vom Moderator und den Teilnehmern abhängt. Diese Erfahrung hat die Autorin in der betrieblichen Praxis ebenfalls gemacht. Dies legte zunächst die Vermutung nahe, dass durch unterschiedliche Moderatoren durchgeführte HAZOP-Studien an derselben Anlage zu einem unterschiedlichen Schutzniveau führen. Das Ziel dieser Dissertation bestand folglich darin, hemmende Einflussfaktoren zu identifizieren, die Abweichungen im Rahmen des HAZOP-Verfahrens begründen, diese hinsichtlich ihrer Wirkung zu bewerten sowie Gestaltungsmaßnahmen zur Reduzierung abzuleiten.

Um die Vermutung zu bestätigen, dass es innerhalb des HAZOP-Verfahrens zu Abweichungen kommen kann, und um das Forschungsthema einzugrenzen, wurde zunächst eine explorative Literaturrecherche durchgeführt. Die explorative Literaturrecherche umfasste dabei zwei Themenfelder: die Methodik des HAZOP-Verfahrens und den Moderator, und sollte zunächst einen Überblick über die Literatur geben. Im Vordergrund stand dabei, zu recherchieren, welche Aufmerksamkeit und Rolle dem Moderator (Einfluss von heuristischen Bewertungsmustern) zugesprochen wird, in welchem Umfang die methodische Herangehensweise beschrieben wird und ob Risiken, wie z. B. Abweichungen aufgrund des Brainstorming-Verfahrens und Chancen des Verfahrens, kritisch diskutiert werden.

Die explorative Literaturrecherche hat gezeigt, dass dem Moderator grundsätzlich eine essenzielle Rolle zukommt, da er die HAZOP-Studien leitet und lenkt. Es konnten jedoch keine konkreten Anforderungen identifiziert werden, die eine qualitativ hochwertige Moderation sicherstellen, sodass unklar blieb, welche Faktoren oder Rahmenbedingungen den Moderator bei der Ausführung seiner Tätigkeit unterstützen. Diese Erkenntnisse konnte im Rahmen der explorativen Literaturrecherche auch nicht für das HAZOP-Verfahren gewonnen werden. Die Methodik ist in den einschlägigen Publikationen grundsätzlich nur rudimentär

beschrieben. Auch wird keine Diskussion darüber geführt, in welchem Umfang das Brainstorming-Verfahren in der HAZOP-Studie zu Abweichungen führen kann. Die Vermutung, dass das HAZOP-Verfahren grundsätzlich Abweichungen nach sich ziehen kann, bleibt nach der explorativen Literaturrecherche bestehen. Welche Faktoren hierbei jedoch hemmend wirken und welche Maßnahmen ergriffen werden können, wurde innerhalb der hier gesichteten Fachliteratur nicht ersichtlich.

Auf Grundlage der explorativen Literaturrecherche wurden das methodische Vorgehen und die forschungsleitenden Fragen dieser Dissertation formuliert. Des Weiteren wurden daraus folgend die Suchbegriffe zur systematische Literaturrecherche definiert. In der systematischen Literaturrecherche wurden anschließend hemmende Faktoren ermittelt, die sich in Bezug zum Moderator, dem Brainstorming-Verfahren der HAZOP-Studie und der individuellen Risikowahrnehmung und -beurteilung ergeben. Dieser Schritt lieferte nicht nur detaillierte fachspezifische Informationen, sondern zeigte auch weitere Faktoren aus anderen Wissenschaftsbereichen auf, die einen hemmenden Einfluss haben können. Hierzu zählen z. B. die Brainstorming-Methodik losgelöst vom HAZOP-Verfahren und die Risikowahrnehmung und -beurteilung im Kontext der Sozialwissenschaften und der Psychologie. Die relevanten Faktoren wurden am Ende der systematischen Literaturrecherche hinsichtlich ihres hemmenden Einflusses bei der Durchführung von HAZOP-Studien gewichtet. So ergab sich bspw., dass der Moderator durch seine Rolle, seine individuellen Erfahrungen und seine Risikowahrnehmung und -einstellung die Durchführung der Studie sowie deren Ergebnis in einem hohen Maße mitbeeinflusst. Des Weiteren zeigte sich, dass die angewendete Brainstorming-Methodik in der Praxis nicht zu mehr Ideen führt, sondern die Ideengenerierung eher hemmt. Um die identifizierten hemmenden Einflussfaktoren in Auswahl weiter zu betrachten, wurden zwei qualitative Studien durchgeführt.

Die Studie mit Studierenden sollte Aufschluss darüber geben, zu welchem Ergebnis das Brainstorming-Verfahren mit seinen Grundprinzipien innerhalb der HAZOP-Studie führt. Des Weiteren sollte die Studie Erkenntnisse darüber generieren, ob durch die Teilnehmer vergleichbare Beurteilungsschritte erfolgen und ob durch unterschiedliche Teams ein vergleichbares Schutzniveau für die verfahrenstechnische Anlage erreicht wird. Im Ergebnis zeigte sich, dass sich sowohl hinsichtlich der Quantität als auch der Qualität Unterschiede bei der Beurteilung ergeben. Bereits im ersten methodischen Arbeitsschritt gab es teilweise Abweichungen. So konnte z. B. die Verkürzung des Verfahrens oder die Nichtnutzung von Leitwörtern beobachtet werden. Auch wurden teilweise Abweichungen und Auswirkungen nicht identifiziert und Gegenmaßnahmen unterschieden sich in ihrer Wirksamkeit. Die Einschätzung der Eintrittswahrscheinlichkeit erfolgte ebenfalls sehr unterschiedlich. Die Studie zur Untersuchung des Brainstorming-Vorgehens bestätigt somit, dass die Brainstorming-Methodik grundsätzlich Abweichungen fördert und damit mehrere hemmende Faktoren vereint, die die HAZOP-Studie sowie deren Ergebnis negativ beeinflussen.

Diese Erkenntnis wurde durch die angeschlossene Expertenstudie weiter gestützt. Im Rahmen der Expertenstudie sollten aktiv tätige Moderatoren durch ein leitfadenorientiertes Experteninterview befragt werden. Das Ziel der Expertenstudie bestand darin, zu ermitteln, wie der Einsatz der HAZOP-Studie in der betrieblichen Praxis verläuft und ob identifizierte hemmende Einflussfaktoren weiter bestätigt werden können.

Die Expertenstudie brachte hierzu weitere Erkenntnisse hervor. So zeigte sie auf, dass das HAZOP-Verfahren in der betrieblichen Praxis überwiegend von den Normvorgaben abweicht. Die Moderatoren haben über die Zeit Veränderungen vorgenommen, die sich je nach Unternehmen unterscheiden. Dabei werden von den Moderatoren sowohl methodisch-didaktische als auch fachlich-inhaltliche Änderungen aufgeführt. Besonders erwähnenswert ist die Erkenntnis, dass die systematische Deklination der Leitwörter und das daran angeschlossene Brainstorming in der betrieblichen Praxis aufgrund fehlender zeitlicher und damit auch personeller Ressourcen kaum stattfindet. Damit entfällt der wesentliche methodische Arbeitsschritt des HAZOP-Verfahrens in der Praxis oft. Des Weiteren zeigte die Expertenstudie, dass das erforderliche Engagement der Teilnehmer häufig nicht vorhanden ist, die Moderatoren teilweise Fachexperten für die zu beurteilenden Komponenten sind und HAZOP-Studien teils gut vorbereitet werden. Zusammenfassend zeigt sich, dass weder die Vorgaben der Normung im Sinne einer konstruktiven und fachlich bereichernden Diskussion berücksichtigt werden noch die Auseinandersetzung mit der persönlichen Beeinflussbarkeit oder Beeinflussung generell bzw. speziell im Hinblick auf die Beurteilung von Risiken erfolgt. Die Expertenstudie stützt damit die Vermutung, dass die Anwendung des Brainstorming-Verfahrens zu Abweichungen führt.

Aufbauend auf den identifizierten hemmenden Faktoren sowie den durchgeführten Studien erfolgte die Darstellung von Maßnahmen zur potenziellen Reduzierung der Abweichungen. Das HAZOP-Verfahren benötigt aus Sicht der Autorin eine methodische Überarbeitung. Hierzu gehört insbesondere der Angleich an die betriebliche Praxis und damit die Adaption des derzeit beschriebenen Brainstorming-Ansatzes.

Die ermittelten Erkenntnisse verdeutlichen auch, dass der Einfluss des Moderators in einem hohen Maße gegeben ist. Dies zeigt sich nicht nur innerhalb der Studien, sondern wird auch dadurch deutlich, dass die Moderatoren teils individuelle Änderungen am Verfahren vornehmen und diese in der HAZOP-Analyse umsetzen. Ein Abgleich mit anderen Unternehmen oder Ländern wird hierfür nicht zwangsläufig vorgenommen.

Die Auseinandersetzung mit der individuellen Risikowahrnehmung und -beurteilung hat aus Sicht der Autorin eine weitere bisher nicht oder nur wenig detailliert betrachtete Komponente ergänzt. Die Ausarbeitung der zahlreichen Prozesse, die bei der Einschätzung von Risiken Berücksichtigung finden, verdeutlicht die Wahrscheinlichkeit der Varianz unter den Moderatoren. Neben der Erfahrung in Form von Lebensjahren und Ereignissen wirken heuristische Bewertungsmuster wie z. B. die angegebene Skala bei

der Einschätzung der Risiken mit. Einen Austausch oder Standard gibt es derzeit häufig nur innerhalb der Unternehmen, jedoch nicht in Form eines nationalen oder internationalen Standards.

Um künftig gleich- und hochwertige HAZOP-Studien sicherzustellen, sollten an mehreren Verfahrensschritten und Voraussetzungen Änderungen vorgenommen werden. Neben den Veränderungen bezogen auf das methodische Vorgehen bietet die Vernetzung und Qualifizierung der Moderatoren eine erhebliche Chance. Derzeit fokussiert sich die Ausbildung der Moderatoren auf fachlich-inhaltliche Themen. Eine Erweiterung der Ausbildungsthemen um Fähigkeiten der Moderation, aber auch die Mechanismen der Risikowahrnehmung und -bewertung kann das Bewusstsein für Fehlbeurteilungen schärfen.

Ogleich die Beurteilung verfahrenstechnischer Anlagen eine bedeutsame Aufgabe mit teils gravierenden Auswirkungen im Falle von Fehlern darstellt (Großschadenslagen mit mehreren Todesopfern<sup>17</sup>), werden keine verbindlichen Ausbildungsinhalte, Qualifikationen oder Wiederholungsschulungen gefordert. Zieht man als Vergleich die Aus- und Fortbildung eines Piloten heran, kann festgestellt werden, dass die Qualifizierung der Moderatoren Potenzial zur Weiterentwicklung besitzt. Auch hier kann durch die berufsgenossenschaftliche Ausbildung, aber auch von privater oder öffentlicher Seite nachgefasst werden.

Diese Dissertation erhebt nicht den Anspruch, alle hemmenden Faktoren abschließend aufgelistet zu haben. Dennoch wurde gezeigt, in welchem Maße Abweichungen in der betrieblichen Praxis stattfinden. In den kommenden Jahren sollte dem HAZOP-Verfahren vermehrte Aufmerksamkeit zukommen. Auf der einen Seite sollten die Ergebnisse dieser Dissertation in der betrieblichen Praxis anhand begleiteter Beispiele validiert und bestätigt werden. Auf der anderen Seite sollten die Qualifikation der Moderatoren und die Methodik des HAZOP-Verfahrens im Anschluss daran überarbeitet werden. Nur so wird sichergestellt, dass ein kontinuierlicher Verbesserungsprozess nicht nur auf Unternehmens- oder Konzernebene für das HAZOP-Verfahren durchgeführt wird, sondern dass sich die Erkenntnisse zum Schutz von Menschen und Umwelt über alle Moderatoren und Unternehmen erstrecken. Diese Arbeit enthält erste Ansätze dazu, in welche Richtung eine Weiterentwicklung des Verfahrens gedacht werden sollte.

---

<sup>17</sup> Siehe hierzu auch das letzte Großschadensereignis eines Chemieparks in Leverkusen: <https://www.currenta-info-buerrig.de>

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1: Suchprotokoll der explorativen Literaturrecherche .....	14
Tabelle 2-2: Selektion der Literatur .....	15
Tabelle 3-1: Übersicht über die verwendeten Schlagwörter, die als Suchbegriffe bei der Recherche zum Thema Methodik des PAAG-/ HAZOP-Verfahrens dienten .....	24
Tabelle 3-2: Übersicht über die verwendeten Schlagwörter, die als Suchbegriffe bei der Recherche zur Rolle des Moderators dienten .....	25
Tabelle 3-3: Übersicht über die verwendeten Schlagwörter, die als Suchbegriffe bei der Recherche zur Risikowahrnehmung und -beurteilung dienten .....	25
Tabelle 3-4: Übersicht über die verwendeten Schlagwörter, die als Suchbegriffe bei der Recherche zum Thema Brainstorming-Methode dienten .....	26
Tabelle 3-5: Ergebnis der systematischen Literaturrecherche .....	27
Tabelle 3-6: Leitworte für eine HAZOP-Studie.....	37
Tabelle 3-7: Auswahl Prozessparameter bezogen auf die Zeit .....	37
Tabelle 3-8: Auswertung der betrachteten Stellenausschreibungen .....	48
Tabelle 3-9: Hemmende Faktoren bei der Durchführung von HAZOP-Studien .....	79
Tabelle 4-1: Sicherheitsintegritätslevel: mittlere Ausfallwahrscheinlichkeit bei Anforderung ( $PFD_{avg}$ und Risikominderung) (VDI/VDE, 2018).....	116
Tabelle 4-2: Kategorisierung 1. Entscheidungspunkt Abweichung.....	121
Tabelle 4-3:Kategorisierung 2. Entscheidungspunkt Ursache .....	122
Tabelle 4-4:Kategorisierung 3. Entscheidungspunkt Auswirkung .....	122
Tabelle 4-5: Kategorisierung 4. Entscheidungspunkt Gegenmaßnahmen .....	123
Tabelle 4-6: Kategorisierung 4. Entscheidungspunkt Gegenmaßnahmen .....	123
Tabelle 4-7: Bewertung von Gegenmaßnahmen am Beispiel „Bersten Behälter“ .....	124
Tabelle 4-8: Ergebnisse 1. Hypothese.....	125
Tabelle 4-9: Ergebnisse 2. Hypothese.....	127
Tabelle 4-10: Ergebnisse 2. Hypothese.....	129
Tabelle 4-11: Ergebnisse 3. Hypothese.....	131
Tabelle 4-12: Ergebnisse 4. Hypothese (Teil 1).....	133
Tabelle 4-13: Ergebnisse 4. Hypothese (Teil 2).....	134
Tabelle 4-14 Ergebnisse 5. Hypothese (Teil 1).....	134
Tabelle 4-15: Ergebnisse 5. Hypothese (Teil 2).....	136

Tabelle 4-16: Ergebnisse 6. und 7. Hypothese.....	138
Tabelle 4-17: Ergebnisse 8. und 9. Hypothese.....	140
Tabelle 4-18: Bewertung der Hypothesen.....	141
Tabelle 5-1: Wissens- und Kompetenzfelder der Experten bei der Anwendung des HAZOP-Verfahrens .....	151
Tabelle 5-2: Verfahrensübergreifende Wissens- und Kompetenzfelder der Experten .....	154
Tabelle 5-3: Merkmale der interviewten Experten .....	156

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1: Störfallentwicklung 2000-2022 Abbildungen (Umweltbundesamt, 2023) .....	9
Abbildung 1-2: Eingrenzung der Themenfelder zur Identifizierung hemmender Faktoren (eigene Darstellung).....	12
Abbildung 3-1: Eingrenzung der Themenfelder zur Identifizierung hemmender Faktoren (eigene Darstellung).....	22
Abbildung 3-2: Hazard-Expositions-Modell am Beispiel Gefahrstoffe .....	29
Abbildung 3-3: Begriffsmodell in der Arbeitssicherheit .....	30
Abbildung 3-4: Technisch-naturwissenschaftlicher und sozialwissenschaftlicher Risikoansatz (nach Fritzsche, 1986 und Wiedemann, 2012) .....	31
Abbildung 3-5: Arbeitsschritte HAZOP-Studie (in Anlehnung an Bogdanovska et al., 2016; Crawley et al., 2015; DIN EN ISO 61882-2016).....	33
Abbildung 3-6: Arbeitsschritte HAZOP-Studie in Anlehnung an (DIN EN ISO 61882-2016) (eigene Abbildung) .....	36
Abbildung 3-7: Arbeitsschritte HAZOP-Studie (eigene Abbildung).....	38
Abbildung 3-8: Arbeitsschritte HAZOP-Studie.....	39
Abbildung 3-9: Beschreibung der Auswirkungen (eigene Abbildung) .....	40
Abbildung 3-10: Gestaltungsrangfolge Schutzmaßnahmen inkl. STOP-Prinzip (eigene Abbildung) .....	41
Abbildung 3-11: Gestaltungsrangfolge Schutzmaßnahmen inkl. STOP-Prinzip (eigene Abbildung nach Kahl (2017)).....	42
Abbildung 3-12: Aktives und passives Schutzkonzept in Anlehnung an (Kappelmaier et al., 2002) .....	42
Abbildung 3-13: Herangehensweise von Laien und Experten (Hintzler, 2013).....	46
Abbildung 3-14: Experte im Moderationskontext des HAZOP-Verfahrens (eigene Abbildung) .....	50
Abbildung 3-15: Schematische Darstellung des Kommunikationsprozesses (Bromme et al., 2016).....	52
Abbildung 3-16: Risikowahrnehmung nach Gindi (2002).....	54
Abbildung 3-17: Phasen des Prozesses der Risikowahrnehmung nach Plapp (in Anlehnung an Kahl, 2017 und Plapp, 2004) .....	55
Abbildung 3-18: Erweitertes Modell der Risikobeurteilung nach Haller (2003) .....	55
Abbildung 3-19: Risikokonzept nach Jungermann und Slovic (1993) .....	56
Abbildung 3-20: Individuelle Risikoeinschätzung verschiedener Phänomene für deren Gefahrenumfang bzw. die Bedrohlichkeit (dunkelblau = stark bedroht; hellblau = (mäßig) bedroht; grau = nicht/kaum bedroht (Zwick et al., 2001).....	59

Abbildung 3-21:Mediale Berichterstattung zum Fukushima-Ereignis (Anzahl der Artikel/Beträge) (Wolling et al., 2014) .....	60
Abbildung 3-22: Beispiele für die Funktionsweisen der Systeme 1 und 2 (Kahneman, 2012) .....	61
Abbildung 3-23: Heuristiken und ihr Effekt auf die individuelle Risikowahrnehmung nach Plapp (2004), übernommen von Renn (1995).....	63
Abbildung 3-24: Affektheuristik (nach Slovic et al., 2005).....	67
Abbildung 3-25: Risikofaktoren „unbekanntes“ und „gefürchtetes“ und subsumierte Risikocharakteristiken in Anlehnung an Plapp (2004) .....	68
Abbildung 3-26: Übersicht über Risikomerkmale nach Renn (1989) und Montz et al. (2017).....	69
Abbildung 3-27: Grundbestandteile der Risikowahrnehmung von Experten und Laien nach Wiedemann et al. (2000) .....	72
Abbildung 4-1: Komponenten des Risk-Assessment (Rowe, 1983).....	97
Abbildung 4-2: Schematische Darstellung des Vorgehens zur Identifizierung von Risiken (Kates, 1978).....	99
Abbildung 4-3: Schematische Darstellung des Kausalzusammenhangs Ereignis und Schaden (Hauptmanns et al., 1987).....	101
Abbildung 4-4: Dosis-Risiko-Beziehung von Asbest im Niedrigdosisbereich und dem Lungenkrebsrisiko von Männern unter Annahme verschiedener Latenzzeiten (IPA, 2017).....	103
Abbildung 4-5: Kategorien Schadensausmaß (eigene Abbildung).....	105
Abbildung 4-6: Versicherungsrechtlich anerkannte Schadensarten von Beschäftigten (eigene Abbildung) .....	105
Abbildung 4-7: Versicherungsrechtlich anerkannte Schadensarten von Beschäftigten (DGUV, 2016) ..	106
Abbildung 4-8: Versicherungsrechtlich anerkannte Schadensarten von Beschäftigten (DGUV, 2016) ..	106
Abbildung 4-9: Kategorien der Verletzungsschwere unterschiedlicher Risikoabschätzungsmethoden...	108
Abbildung 4-10: Definition von Schadensarten aus dem Bereich Umwelt- und Störfallrecht (eigene Abbildung) .....	109
Abbildung 4-11: Definition von Schadensarten aus dem Bereich Umwelt- und Störfallrecht nach Störfallverordnung .....	110
Abbildung 4-12: Eintrittswahrscheinlichkeit des Todesrisikos für ausgewählte Schadensarten in Deutschland 2015 (Bundesamt, 2015) .....	111
Abbildung 4-13: Eintrittswahrscheinlichkeit für Todesrisiko bzw. Unfallrisiko (DGUV, 2016, 2017) ..	112
Abbildung 4-14: Kategorien der Eintrittswahrscheinlichkeiten unterschiedlicher Risikoabschätzungsmethoden .....	114
Abbildung 4-15: Nomenklaturen ausgewählter zuverlässigkeits- und sicherheitstechnischer Grundgrößen (Meyna et al., 2010) .....	116
Abbildung 4-16: Eintrittswahrscheinlichkeit des Auftretens menschlicher Fehler (Barry, 1994).....	117
Abbildung 4-17: Verfahrenstechnische Anlage der methodischen Studie (eigene Abbildung) .....	119

Abbildung 4-18: Risikomatrix der verfahrenstechnischen Anlage der methodischen Studie (eigene Abbildung) .....	119
Abbildung 4-19: Modell verfahrenstechnische Anlage der methodischen Studie (eigene Abbildung)....	120
Abbildung 4-20: Entscheidungswege der HAZOP-Studie (eigene Abbildung) .....	121
Abbildung 5-1: Methodisches Vorgehen Experteninterviews (eigene Abbildung nach Meuser und Nagel (2002)).....	148
Abbildung 5-2: Methodisches Vorgehen Experteninterviews (eigene Abbildung).....	149
Abbildung 5-3: Beispielhafte Darstellung der Paraphrasierung .....	157
Abbildung 6-1: Maßnahmenkonzept zur Reduzierung von Abweichung bei HAZOP-Studien (eigene Abbildung) .....	187

## Literaturverzeichnis

- Allport, G. (1937).** *Personality: A psychological interpretation*. New York: Holt.
- Arena, D., Criscione, F. & Trapani, N. (2018).** Risk assessment in a chemical plant with a CPN-HAZOP Tool. *IFAC-Papers Online*, 51(11), 939–944.
- Arena, D., Kiritsis, D. & Trapani, N. (2015).** A behavior model for risk assessment of complex systems based on HAZOP and Coloured Petri Nets. *IFIP International Conference on Advances in Production Management Systems*, 65–73.
- Asendorpf, J. B. & Neyer, F. J. (2012).** *Psychologie der Persönlichkeit*. Wiesbaden: Springer Verlag.
- Banse, G. & Bechmann, G. (1998).** *Interdisziplinäre Risikoforschung. Eine Bibliographie*. Opladen: Springer Verlag.
- Barrick, M. & Mount, M. K. (1991).** The big five personality dimensions and job performance: a meta analysis. *Personnel Psychology*, 4(1), 1–26.
- Barry, K. (1994).** *A Guide to practical human reliability assessment*. London: Taylor & Francis.
- Baybutt, P. (2015).** A critique of the Hazard and Operability (HAZOP) study. *Journal of Loss Prevention in The Process Industries*, 22(27), 33.
- Berufsgenossenschaft Holz & Metall. (2017).** *Gefahrstoffe 261/5/2011*. Abgerufen am 22. Juni 2022, von [https://www.bghm.de/fileadmin/user\\_upload/Arbeitsschuetzer/Praxishilfen/Schwerpunktthemen/261\\_Gefahrstoffe.pdf](https://www.bghm.de/fileadmin/user_upload/Arbeitsschuetzer/Praxishilfen/Schwerpunktthemen/261_Gefahrstoffe.pdf)
- Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie. (2004).** *Sicherheit, Gesundheit und Umweltschutz bei der Arbeit. Systematische Methoden zur Gefährdungsbeurteilung*. Berlin: Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie.
- Bogdanovska, G. & Pavlickova, M. (2016).** Hazard and operability study. *17th International Carpathian Control Conference (ICCC)*, 82–85.
- Bogner, A., Littig, B. & Menz, W. (2005).** *Das Experteninterview*. Berlin: Springer Verlag.
- Borkenau, P. & Ostendorf, F. (1993).** *NEO-Fünf-Faktoren Inventar (NEO-FFI) nach Costa und McCrae*. Göttingen: Hogrefe.

- Brem, A. & Brem, S. (2019).** *Die Kreativ-Toolbox für Unternehmen. Ideen generieren und innovatives Denken fördern.* Stuttgart: Schäffer Poeschel Verlag.
- Bromme, R. & Jucks, R. (2016).** *Experten-Laien-Kommunikation. Handbuch Proessionsentwicklung.* Münster: Waxmann.
- Bromme, R. & Jucks, R. (2003).** Wenn Experten und Laien sich nicht verstehen. *Psychologie*, 3(1), 20–26.
- Bromme, R., Jucks, R. & Rambow, R. (2004).** *Experten-Laien-Kommunikation. Wissensmanagement.* Karlsruhe: Karlsruhe Institute of Technology.
- Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin. (2014).** *Risikobezogenes Maßnahmenkonzept für Tätigkeiten mit krebserzeugenden Gefahrstoffen - TRGS 910.* Berlin: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin.
- Bundesvereinigung Deutscher Apothekerverbände e. V. (ABDA). (2016).** *Die Apotheke. Zahlen, Daten, Fakten 2016.* Abgerufen am 10. März 2022, von [https://www.abda.de/fileadmin/user\\_upload/assets/Pressetermine/2016/DAT\\_2016/PK/Apotheke\\_nklima-Index\\_2016\\_DAT\\_2016\\_Folien.pdf](https://www.abda.de/fileadmin/user_upload/assets/Pressetermine/2016/DAT_2016/PK/Apotheke_nklima-Index_2016_DAT_2016_Folien.pdf).
- Card, A. J., Ward, J. R. & Clarkson, P. (2012).** Beyond FMEA: The structured what-if technique (SWIFT). *Journal of Healthcare Risk Management*, 31(4), 23–29.
- Cattell, R. B. (1946).** *The description and measurement of personality.* New York: Sage.
- Clark, H. H. (1996).** *Using language.* Cambridge: Cambridge University Press.
- Clark, C. H. (1967).** *Brainstorming. Methoden der Zusammenarbeit und Ideenfindung.* Landsberg am Lech: Verlag Moderne Industrie.
- Conrad, A. & Kahl, A. (2017).** PAAG-Verfahren unter der Lupe. *Sicherheitsingenieur*, 7(3), 34–37.
- Conrad, A. & Kahl, A. (2017):** Sicherheitstechnische Beurteilung von Produktionsanlagen. *Technische Sicherheit*, Nr. 10 (2017), S.45-46
- Crawley, F., Preston, M. & Tyler, B. (2015).** *A Guide to best practice. Guidelines to best practice for the process and chemical industries.* Railway Terrace: Institution of Chemical Engineers.
- Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e. V. (DGUV). (2015a).** *Vision Zero. Eine Welt. Eine Vision. Jahrbuch Prävention.* Düsseldorf: DGUV.
- Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e. V. (DGUV). (2016a).** *DGUV-Statistiken für die Praxis.* Düsseldorf: DGUV.

- Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e. V. (DGUV). (2016b).** *Geschäftsbericht- und Rechnungsergebnisse der gewerblichen Berufsgenossenschaften und Unfallversicherung der öffentlichen Hand.* Düsseldorf: DGUV.
- Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e. V. (DGUV). (2017).** *Zahlen und Fakten.* Abgerufen am 15. Mai 2020, von <https://www.dguv.de/de/zahlen-fakten/index.jsp>
- Digman, J. (1989).** Five robust trait dimensions: Development, stability and utility. *Journal of Personality*, 57(2), 195–214.
- DIN EN ISO 61882. (2016).** *DIN EN ISO 621882 - HAZOP-Verfahren (HAZOP-Studien) - Anwendungsleitfaden Deutsche Fassung EN 61882-2016.* Berlin: Beuth Verlag.
- DIN ISO 12100. (2010).** *Sicherheit von Maschinen - Allgemeine Gestaltungsgrundsätze und Risikominimierung.* Berlin: Beuth Verlag.
- DIN25424-1:1981-09. (2011).** *Fehlerbaumanalyse; Methoden und Bildzeichen.* Berlin: Beuth Verlag.
- Douglas, M. & Wildavsky, A. (1983).** *Risk an culture: An essay on the selection of technological and environmental dangers.* Berkeley: University of California Press.
- Dudenredaktion. (o. D.).** In *Duden online.* Abgerufen am 15. August 2020, von <https://www.duden.de/rechtschreibung/Experte>
- Dunjó, J., Fthenakis, V., Vilchez, J. A. & Arnaldos, J. (2010).** Hazard and operability (HAZOP) analysis: A literature review. *Journal of Hazardous Materials*, 173(1), 19–32.
- EN ISO 12100:2010. (2010).** *Sicherheit von Maschinen - Allgemeine Gestaltungsgrundsätze und Risikominimierung.* Berlin: Beuth Verlag.
- European Chemicals Agency (ECHA). (2017).** *Registration Statistik.* Abgerufen am 30. September 2019, von [https://www.echa.europa.eu/documents/10162/5039569/registration\\_statistics\\_full\\_en.pdf/bfd4fb3a-668a-4e92-ae6a-ca99ed8d2057](https://www.echa.europa.eu/documents/10162/5039569/registration_statistics_full_en.pdf/bfd4fb3a-668a-4e92-ae6a-ca99ed8d2057).
- Expertenkommission für Sicherheit in der chemischen Industrie in der Schweiz (ESCIS). (1996).** *Einführung in die Risikoanalyse Systematik und Methoden.* Zürich: ETH Zürich.
- Finucane, M., Alhakami, A., Slovic, P. & Johnson, S. M. (2000).** The affect heuristic in judgments of risks and benefits. *Journal of Behavioral Decision Making*, 13(1), 1–17.
- Fischer, S. (2016).** Risiko und Risikokultur - Konzepte für die Beschreibung und Analyse des gesellschaftlichen Umgangs mit Unsicherheit. *Zeitschrift für Außen- und Sicherheitspolitik*, 9(2), 179–189.
- Fischhoff, B., Lichtenstein, S. & Derby, S. (1983).** *Acceptable risiko.* Cambridge: Cambridge University Press.

- Fritzsche, A. (1986).** *Wie sicher leben wir?: Risikobeurteilung und -bewältigung in unserer Gesellschaft.* Düsseldorf: Verlag TÜV Rheinland.
- Gerlitz, J.-Y. & Schupp, J. (2005).** Zur Erhebung der Big-Five-basierten Persönlichkeitsmerkmale im SOEP. *DIW-Research*, 4(2), 1–9.
- Geschka, H. (2006).** *Kreativitätstechniken und Methoden der Ideenbewertung. Innovationskultur und Ideenmanagement: Strategien und praktische Ansätze für mehr Wachstum.* Düsseldorf: Symposion Publishing.
- Gindi, G. (2002).** *Weitsicht durch Risiko. Über das Wahrnehmen und Kommunizieren von Risiken.* Hannover: Universität Hannover.
- Lippert, A. & Pilz, V. (1981).** Grundlagen der sicheren Chemieproduktion. *Chemie Ingenieur Technik*, 53(8), 587–591.
- Haller, L. (2003).** *Risikowahrnehmung und Risikoeinschätzung.* Hamburg: Verlag Dr. Kovac.
- Hauptmanns, U. (1985).** *Ermittlung der Kriterien für die Anwendung systematischer Methoden zur Durchführung von Sicherheitsanalysen in Chemieanlagen.* Köln: Gesellschaft für Reaktorsicherheit.
- Hauptmanns, U. (2013).** *Prozess- und Anlagensicherheit.* Berlin: Springer Verlag.
- Hauptmanns, U., Werner, W. & Hertrich, M. (1987).** *Technische Risiken - Ermittlung und Beurteilung.* Berlin: Springer Verlag.
- Helfferrich, C. (2022).** *Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung.* Berlin: Springer Verlag.
- Herrmann, S. (2012).** Warum Brainstorming nicht funktioniert. *Süddeutsche Zeitung*. Abgerufen am 12. Juli 2023, von <https://www.sueddeutsche.de/wissen/warum-brainstorming-nicht-funktioniert-windstille-im-kopf-1.1303668>.
- Hintzler, R. (2013).** *Expertenwissen: die institutionalisierte Kompetenz zur Konstruktion von Wirklichkeit.* Berlin: Springer Verlag.
- Huber, B. (2014).** *Öffentliche Experten: Über die Medienpräsenz von Fachleuten.* Berlin: Springer Verlag.
- Industries Imperial Chemical. (1977).** *A Guide to Hazard and Operability Studies.* Pennsylvania: Pennsylvania State University.
- Institut für Prävention und Arbeitsmedizin der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IPA). (2017).** *Herausforderungen an den Arbeitsschutz in der Arbeitswelt von morgen.* Bochum: Institut für Prävention und Arbeitsmedizin der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung.

- Internationale Vereinigung für Soziale Sicherheit (IVSS). (2020).** *Risikobeurteilung in der Anlagensicherheit Das PAAG-/HAZOP-Verfahren und weitere praxisbewährte Methoden.* Abgerufen am 01. November 2022, von [https://downloadcenter.bgrci.de/resource/downloadcenter/downloads/issa-01\\_Gesamtdokument.pdf](https://downloadcenter.bgrci.de/resource/downloadcenter/downloads/issa-01_Gesamtdokument.pdf)
- Japan Emergency Disaster Countermeasures Headquarters. (2016).** *Damage Situation and Police Countermeasures associated with 2011 Tohoku district off the Pacific Ocean Earthquake.* Abgerufen am 31. Juni 2019, von [http://www.npa.go.jp/archive/keibi/biki/higaijokyo\\_e.pdf](http://www.npa.go.jp/archive/keibi/biki/higaijokyo_e.pdf).
- Jensen, K. (1987).** *Petri nets: central models and their properties.* Berlin: Springer Verlag.
- Jungermann, H. & Slovic, P. (1993a).** Charakteristika individueller Risikowahrnehmung. Risiko ist ein Konstrukt. In G. Bechmann (Hrsg.), *Risiko und Gesellschaft* (S. 89–107). München: Bayerischen Rück.
- Jungermann, H. & Slovic, P. (1993b).** Die Psychologie der Kognition und Evaluation von Risiko. In G. Bechmann (Hrsg.), *Risiko und Gesellschaft* (S. 167–207). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaft.
- Körner, A., Geyer, M. & Brähler, E. (2002).** Das NEO-Fünf-Faktoren Inventar. *Diagnostica*, 48(1), 1–21.
- Kahl, A. (2009).** *Risikowahrnehmung und -kommunikation im Gesundheits- und Arbeitsschutz.* Saarbrücken: Südwestdeutscher Verlag für Hochschulschriften.
- Kahl, A. (2017).** *Grundlagen der Arbeitssicherheit.* Berlin: Erich Schmidt Verlag.
- Kahl, A. & Conrad, A. (2017).** PAAG-Verfahren unter der Lupe. *Sicherheitsingenieur*, 7(6), 45–46.
- Kahneman, D. (2012).** *Schnelles denken, langsames Denken.* München: Siedler Verlag.
- Kappelmaier, R., Müseler, F.-J. & Sommer, J. (2002).** *Das PAAG-Verfahren. Methodik. Anwendung. Beispiele.* Genf: Internationale Sektion der IVSS für die Verhütung von Arbeitsunfällen und Berufskrankheiten in der chemischen Industrie.
- Kates, R W. (1978).** *Risk Assessment of Environmental Hazards.* New York: Wiley.
- Kletz, T. A. (1997).** Hazop - past and future. *Reliability Engineering and System Safety*, 55(3), 262–266.
- Kletz, T. A. (1999).** *HAZOP and Hazan: Identifying and Assessing Process Industry Hazards.* Boca Raton: CRC Press.
- Kochanska, G., Friesenborg, A. E., Lange, L. A. & Martel, M. M. (2004).** Parents personality and infants temperament as contributors to their emerging relationship. *Journal of Personality and Social Psychology*, 86(5), 744–759.

- Kues, L., Laudénbacher, S. & Runte, A. (2017).** *Praktische Anwendung des Bow Tie Verfahrens im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung* (Studienarbeit). Wuppertal: Bergische Universität Wuppertal.
- Lawley, H. G. (1974).** *Operability Studies and Hazard Analysis*. Chemical Engineering Progress, 70(2)
- Liebhold, R. & Trinczek, R. (2009).** *Handbuch Methoden der Organisationsforschung*. Berlin: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Müsseler, J. & Rieger, M. (2002).** *Allgemeine Psychologie*. Berlin: Spektrum Akademischer Verlag.
- Märschel, S. (2010).** Lebensgefahr Asbest. Das ist eine immense Tragödie. *Süddeutsche*. Abgerufen am 05. Mai 2019, von [www.sueddeutsche.de/wirtschaft/lebensgefahr-asbest-das-ist-eine-immense-tragoedie-1.354934](http://www.sueddeutsche.de/wirtschaft/lebensgefahr-asbest-das-ist-eine-immense-tragoedie-1.354934)
- Mark, G. (2006).** *Attention Span: A Groundbreaking Way to Restore Balance, Happiness and Productivity*. New York: Hanover Square Press.
- McGrath, P. (1990).** Using qualitative methods to manage risk. *Reliability Engineering & System Safety*, 1(1), 199–202.
- Meuser, M. & Nagel, U. (2002).** *Experteninterviews - vielfach erprobt, wenig bedacht. Das Experteninterview*. Berlin: Springer Verlag.
- Meyna, A. & Pauli, B. (2010).** *Zuverlässigkeitstechnik. Quantitative Bewertungsverfahren*. Wien: Carl Hanser Verlag.
- Mieg, H. & Harald, A. (1994).** *Die Expertenrolle*. Zürich: Eidgenössische Technische Hochschule Zürich.
- Mieg, H. (2008).** *Expertisierung vs. Professionalisierung: relative und andere Experten aus Sicht der psychologischen Expertiseforschung*. Frankfurt am Main: Campus Verlag.
- Misoch, S. (2019).** *Qualitative Interviews*. Berlin: De Gruyter.
- Montz, B. E., Tobin, G. A. & Hagelmann, R. R. (2017).** *Natural Hazards. Explanation and Integration*. New York: Guilford.
- Myers, D. G., Grosser, C. & Hoppe-Graff, S. (2005).** *Psychologie*. Berlin: Springer Verlag.
- Nölke, M. (2020).** *Kreativitätstechniken*. Freiburg im Breisgau: Haufe.
- Otway, J. J. H. J. & Cohen, C. H. J. (1975).** Revealed Preferences: Comments on the Starr Benefit-Risk Relationships. *IIASA Research Memorandum*, 75(5), 1–19.
- Paul, S. (1992).** *Perception of Risk. Social Theory of Risk*. Los Angeles: Praeger.

- Pfadenhauer, M. (2018).** *Auf gleicher Augenhöhe reden*. ResearchGate. Abgerufen am 11. März 2020, von [https://www.researchgate.net/publication/301999228\\_Auf\\_gleicher\\_Augenhohe\\_reden](https://www.researchgate.net/publication/301999228_Auf_gleicher_Augenhohe_reden)
- Pfister, H.-R., Jungermann, H. & Fischer, K. (2017).** *Die Psychologie der Entscheidung*. Berlin: Springer Verlag.
- Pilz, V. (1985).** Sicherheitsanalysen zur systematischen Überprüfung von Verfahren und Anagen - Methoden, Nutzen und Grenzen. *Chemie Ingenieur Technik*, 57(4), 289–307.
- Plapp, T. (2004).** *Wahrnehmung von Risiken aus Naturkatastrophen: eine empirische Untersuchung in sechs gefährdeten Gebieten Süd- und Westdeutschland*. Karlsruhe: VVW.
- Preiss, R. (2009).** *Methoden der Risikoanalyse in der Technik. Systematische Analyse komplexer Systeme*. Wien: TÜV Austria.
- Proske, D. (2004).** *Katalog der Risiken. Risiken und ihre Darstellung*. Eigenverlag.
- Rauschenbach, A.-K. (2015).** *Wenn Brainstorming versagt: Kreativitätstechniken in der Mediation*. Frankfurt am Main: Wolfgang Metzner Verlag.
- Renn, O. (1984).** *Risikowahrnehmung der Kernenergie*. Frankfurt am Main: Campus Verlag.
- Renn, O. (1989).** *Risikowahrnehmung - Psychologie. Determinanten bei der intuitiven Erfassung und Bewertung von Risiken*. Berlin: Springer Verlag.
- Renn, O. (1995).** *Individual and social perception of risk. Ökologisches Handeln als sozialer Prozess*. Berlin: Springer Verlag.
- Renn, O. (2010).** *Sicherheit, Risiko und Vertrauen*. Berlin: Springer Verlag.
- Renn, O., Schweizer, P. J. & Klinke, J. (2007).** *Risiko über den gesellschaftlichen Umgang mit Unsicherheit*. München: Oekom-Verlag.
- Ritov, J. (1990).** Reluctance to vaccinate: omission bias and ambiguity. *Journal of Behavioral Decision Making*, 3(6), 17–28.
- Ross, M. & Sicoly, F. (1979).** Egocentric biases in availability and attribution. *Journal of Personality and Social Psychological*, 37(3), 322–336.
- Rowe, W. (1983).** *Ansätze und Methoden der Risikoforschung. Gesellschaft, Technik und Risikopolitik*. Berlin: Springer Verlag.
- Sandman, P., Weinstein, N. & Klotz, M. (1987).** Public response to the risk from geological radon. *Journal of Communication*, 37(3), 93–108.
- Saud, Y. & Israni, C. (2012).** Applications of cause-consequence diagrams in operational risk assessment. *ASSE Professional Development Conference and Exposition American Society of Safety Engineers*, 1–15.

- Schütz, H. & Wiedemann, P. M. (2003).** Risikowahrnehmung in der Gesellschaft. *Bundesgesundheitsblatt-Gesundheitsforschung-Gesundheitsschutz*, 46(7), 549–554.
- Semmler, R. (2012).** Gefahr erkannt, Gefahr gebannt? *sicher ist sicher - Arbeitsschutz aktuell*, 2(1), 511–512.
- Semmler, R. (2014).** Gefahrenanalyse: Die Zukunft der HAZOP-Analyse. *Betriebliche Prävention*, 2(1), 77–79.
- Signoret, J.-P. & Leroy, A. (2021).** *Hazard and Operability Study (HAZOP)*. Montreuil: Springer Nature.
- Sjöberg, L. (2000).** Factors in risk perception. *Risk Analysis*, 20(1), 1–12.
- Slovic, P. (1987).** Perception of Risk. *Science*, 236(4), 280–285.
- Slovic, P. & Peters, E. (2006).** Risk perception and affect. *Current Direction in Psychological Science*, 15(6), 23–35.
- Slovic, P., Finucane, M. & MacGregor, D. G. (2005).** Affect, risk, and decision making. *Health Psychology*, 24(4), 35–40.
- Slovic, P., Fischhoff, B. & Lichtenstein, S. (1985).** *Characterizing Perceived Risk*. New York: SSRN.
- Slovic, P., Fischhoff, B. & Lichtenstein, S. (2005).** Facts and Fears: Understanding Perceived Risk. *Policy and Practice in Health and Safety*, 39(1), 2–24.
- Sommer, J. (2017).** Mehr Prozesssicherheit mit Hazop und PAAG - Stetige Weiterentwicklung in der Praxis ist Voraussetzung einer langen Erfolgsgeschichte. *Technische Sicherheit*. Abgerufen am 10. April 2020, von <https://www.ingenieur.de/fachmedien/technischesicherheit/anlagensicherheit/hazop-und-paag-sind-tragende-saeulen-in-der-prozesssicherheit/>
- Sommer, J. (2020).** *Risikobeurteilung in der Anlagensicherheit: Das PAAG- / HAZOP-Verfahren und weitere praxisbewährte Methoden*. Heidelberg: IVSS Sektion Chemie.
- Starr, C. (1969).** Social Benefit versus Technological Risk. What is our society willing to pay for safety? *Science*, 165(3899), 1232–1238.
- Statistisches Bundesamt. (2015).** *Gesundheit. Todesursachen in Deutschland*. Abgerufen am 25. Oktober 2019, von <https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/Gesundheit/Todesursachen/Todesursachen.html>
- Stehr, N. & Grundmann, R. (2010).** *Expertenwissen. Die Kultur und die Macht von Experten, Beratern und Ratgebern*. Weilerswist: Vebrück.

- Sternberg, R.J. & Lubart, T.I. & Singer, J.L. (1999).** *The concept of creativity. Prospects and paradigms.* In R.J. Sternberg (Hrsg.): *Handbook of Creativity*, 3-15. Cambridge: University Press.
- Stroebe, W. & Nijstad, B. A. (2004).** Warum Brainstorming in Gruppen Kreativität vermindert. *Psychologische Rundschau*, 55(1), 1–14.
- Tennert, F. & Stiehler, H.-J. (2001).** *Interpretationsgefechte. Ursachenzuschreibungen am Wahlabend im Fernsehen.* Leipzig: Universitätsverlag.
- Tett, R. & Christiansen, N. (2008).** *Personality assessment in organizations. Personality measurement and assessment.* Eigenverlag.
- Timm, J., Ahrens, W. & Pigoet, I. (2003).** Methodische Aspekte der Risikoabschätzung. *Bundesgesundheitsblatt-Gesundheitsforschung-Gesundheitsschutz*, 46(7), 18–21.
- Tupes, E. T. & Christal, R. E. (1992).** Recurrent personality factors based on trait ratings. *Journal of Personality*, 60(2), 225–251.
- Tversky, A. & Kahneman, D. (1973).** Availability: A heuristic for judging frequency and probability. *Cognitive Psychology*, 5(2), 207–232.
- Tversky, A. & Kahneman, D. (1974).** Judgment under Unvertainty: Heuristics and Biases. *Science*, 185(4157), 1124–1131.
- Umweltbundesamt. (2023).** *Störfälle und sonstige meldepflichtige Betriebsstörungen.* Abgerufen am 11. November 2023, von <https://www.umweltbundesamt.de/daten/umwelt-wirtschaft/industrie/stoerfaelle-sonstige-meldepflichtige#meldepflichtige-ereignisse-in-etwa-1-prozent-aller-betriebsbereiche>
- Vaidhyanathan, R. & Venkatasubramanian, V. (1995).** Diagraph-based models for automated HAZOP analysis. *Reliability Engineering & System Safety*, 50(1), 33–49.
- Vaidhyanathan, R., Venkatusubramanian, V. & Dyke, F. (1990).** HZAOP-Expert: An expert system for automating HAZOP analysis. *Process Safety Progress*, 15(2), 80–89.
- Verband der Chemischen Industrie e. V. (VCI). (2017).** *Chemiewirtschaft in Zahlen 2017.* Frankfurt am Main: Verband der Chemischen Industrie e. V.
- Verband der Chemischen Industrie e. V. (VCI). (2019).** *Auf einen Blick. Chemische Industrie in Zahlen 2019.* Frankfurt am Main: Verband der Chemischen Industrie e. V.
- Verband der Chemischen Industrie e. V. (VCI). (2021).** *Jahrespressekonferenz des VCI. Chemie-Kennzahlen 2021.* Abgerufen am 19. Januar 2023, von <https://www.vci.de/ergaenzende-downloads/2021-12-15-chemie-kennzahlen-2021.pdf>.

- Verein Deutscher Ingenieure (VDI). (2017).** *4006 Blatt 2. Menschliche Zuverlässigkeit. Methoden zur quantitativen Bewertung menschlicher Zuverlässigkeit.* Düsseldorf: Verein Deutscher Ingenieure.
- Verein Deutscher Ingenieure (VDI). (2018).** *Entwurf - Funktionale Sicherheit in der Prozessindustrie.* Düsseldorf: Verein Deutscher Ingenieure.
- Venkatasubramanian, V. & Vaidhyanathan, R. (1994).** A knowledge-based framework for automating HAZOP analysis. *AIChE Journal*, 40(3), 1–7.
- Vu, T. D. (2015).** *Zwei-Phasen Brainstorming mit technischen Hilfsmitteln.* Berlin: Springer Verlag.
- Wiedemann, P., Carius, R., Henschel, C. & Kastenholz, H. (2000).** *Risikokommunikation für Unternehmen.* Düsseldorf: VDI Verlag.
- Wiedemann, P. (2012).** Wahrnehmungsmuster von technischen Risiken in der Gesellschaft. *Jahrbuch für christliche Sozialwissenschaft*, 37(2), 11–28.
- Wolling, J. & Arlt, D. (2014).** *Fukushima und die Folgen - Medienberichterstattung, Öffentliche Meinung, Politische Konsequenz.* Ilmenau: Universitätsverlag.
- Zhao, H. & Seibert, S. (2006).** The big five personality dimensions and entrepreneurial status: a meta-analytical review. *Journal of Applied Psychology*, 91(2), 259–271.
- Zwick, M. & Renn, O. (2001).** *Wahrnehmung und Bewertung von Risiken: Ergebnisse des Risikoservey Baden-Württemberg und der Universität Stuttgart. Arbeitsbericht der Akademie für Technikfolgeabschätzung.* Stuttgart: Universität Stuttgart.

# Anhang I - Ergebnisse explorative Literaturrecherche

Datenbank	Nr.	Titel	Autor	Einschluss / Ausschluss	Einschluss- / Ausschlusskriterium	Begriff
google	1	Gefahrenerkennung mit PAAG-Verfahren / HAZOP-Verfahren	Tiv Hessen	Ausschluss	keine Fachpublikation, Werbung des Dienstleisters	PAAG Verfahren
google	2	PAAG-Verfahren - Wikipedia	Wikipedia	Einschluss	Verwendung Schneeballverfahren - Recherche weiterer Quellen	PAAG Verfahren
google	3	PAAG-Verfahren   B.A.D GmbH	BAD GmbH	Ausschluss	keine Fachpublikation, Werbung des Dienstleisters	PAAG Verfahren
google	4	PAAG-Verfahren - TÜV SÜD	TÜV SÜD	Ausschluss	keine Fachpublikation, Werbung des Dienstleisters	PAAG Verfahren
google	5	PAAG/HAZOP - BG RCI	BG RCI	Einschluss	Verwendung Schneeballverfahren - Recherche weiterer Quellen	PAAG Verfahren
google	6	PAAG-Verfahren - DeWiki.de	DeWiki	Ausschluss	keine Fachpublikation, Werbung des Dienstleisters	PAAG Verfahren
google	7	HAZOP/PAAG - SGS TÜV SAAR	TÜV Saar	Ausschluss	keine Fachpublikation, Werbung des Dienstleisters	PAAG Verfahren
google	8	Mehr Prozesssicherheit mit HAZOP und PAAG - Ingenieur.de	Sommerr, Joachim	Einschluss	Verwendung Schneeballverfahren - Recherche weiterer Quellen	PAAG Verfahren
google	8.1	A Guide To Hazard and Operability Studies	Knowlton, E.	Einschluss	Primärquelle	PAAG Verfahren
google	8.2	Zwölfe Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes		Einschluss	keine Verwendung, Rechtlicher Rahmen	PAAG Verfahren
google		HAZOP and Hazan. 4. Aufl. Boca Raton: CRC Press 1999.				
google	8.3		Kletz, T.:	Einschluss	Primärquelle	PAAG Verfahren
google	9	Risikoanalyse nach HAZOP- / PAAG-Verfahren - weyer gruppe	Weyer Gruppe	Ausschluss	keine Fachpublikation, Werbung des Dienstleisters	PAAG Verfahren
google	10	Durchführung von PAAG-Verfahren - AREGUS Services	AREGUS	Ausschluss	keine Fachpublikation, Werbung des Dienstleisters	PAAG Verfahren
google	1	Hazard and operability study - Wikipedia	Wikipedia	Ausschluss	Dopplung	hazop operability study
google	2	Hazard and Operability (HAZOP) Studies - DEKRA	DEKRA	Ausschluss	keine Fachpublikation, Werbung des Dienstleisters	hazop operability study
google	3	What is HAZOP? Hazard and Operability Study - SafetyCulture	Safety Culture	Ausschluss	keine Fachpublikation, Werbung des Dienstleisters	hazop operability study
google	4	Hazard & Operability Analysis (HAZOP)	Manufacturing Technology Committee	Ausschluss	keine Fachpublikation, Werbung des Dienstleisters	hazop operability study
google	5	What Is HAZOP - Graphic Products	GRAPHIC PRODUCTS STAFF	Ausschluss	keine Fachpublikation, Werbung des Dienstleisters	hazop operability study
google	6	Hazard and operability study (HAZOP) procedure   TÜV SÜD	TÜV SÜD	Ausschluss	keine Fachpublikation, Werbung des Dienstleisters	hazop operability study
google	7	Risk Assessment 9. HAZOP - NTNU	Stem Haugen Marvin Rausand	Ausschluss	keine Fachpublikation, Werbung des Dienstleisters	hazop operability study
google	8	What Is a HAZOP?   Sphera	Sphera	Ausschluss	keine Fachpublikation, Werbung des Dienstleisters	hazop operability study
google scholar	1	Ein modifiziertes PAAG-Verfahren zur sicherheitstechnischen Analyse	M. Marx, Jun.-Prof. Dr.-Ing.	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht vollumfänglich dem Forschungsthema	PAAG Verfahren
google scholar	2	Sicherheitsanalyse zur systematischen Überprüfung von Verfahren	Pliz, Chemie Ingenieur Technik	Einschluss	Primärquelle	PAAG Verfahren
google scholar	3	Grundlagen der sicheren Chemieproduktion	A. Lippert, V. Pilz	Einschluss	Verwendung Schneeballverfahren - Recherche weiterer Quellen	PAAG Verfahren
google scholar	4	Risikoanalyse in Chemie-Anlagen: Der Process Safety Quick Check	R. Kirchner - CITplus, 2019 - Wiley Online Library	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht vollumfänglich dem Forschungsthema	PAAG Verfahren
google scholar	5	Mögliche Analysemethoden	Wolfgang J. Friedl	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht vollumfänglich dem Forschungsthema	PAAG Verfahren
google scholar	6	8.1 Risiko- und Sicherheitsanalysen im Überblick	Ulrich Hauptmanns	Einschluss	Primärquelle	PAAG Verfahren
google scholar	7	Qualitätssicherung bei der Verfahrensentwicklung	J. Krekel, R. Polke	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht vollumfänglich dem Forschungsthema	PAAG Verfahren
google scholar	1	Hazard and operability (HAZOP) analysis. A literature review	J. Dunjé, V. Fthenakis, JA Vilechez, J. Ar	Einschluss	Sekundärquelle	hazop operability study
google scholar	2	HAZOP analysis-based dynamic stimulation and its application in chemical process	W. Tian, T. Du, S. Mu	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht vollumfänglich dem Forschungsthema	hazop operability study
google scholar	3	HAZOP: Guide to best practice	F. Crawley, B. Tyler	Einschluss	Primärquelle	hazop operability study
google scholar	4	Intelligent systems for HAZOP analysis of complex process plants	V. Venkatasubramanian, J. Zhao, ...	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht vollumfänglich dem Forschungsthema	hazop operability study
google scholar	5	A knowledge-based framework for automating HAZOP analysis	V. Venkatasubramanian, R. Vaidhyanathan	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht vollumfänglich dem Forschungsthema	hazop operability study
google scholar	6	A functional HAZOP methodology	NL Rossing, M. Lind, N. Jensen	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht vollumfänglich dem Forschungsthema	hazop operability study
google scholar	7	SDG-based HAZOP analysis of operating mistakes for PVC process	H. Wang, B. Chen, X. He, Q. Tong, J. Zhang	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht vollumfänglich dem Forschungsthema	hazop operability study
google scholar	7	A critique of the Hazard and Operability (HAZOP) study	P. Baybutt	Einschluss	Primärquelle	hazop operability study
BG RCI	1	Das PAAG- / HAZOP-Verfahren und weitere praxisbewährte Methoden	IVSS	Einschluss	Primärquelle	PAAG Verfahren
Uni Bib	1	Das PAAG-Verfahren: Methodik, Anwendung, Beispiele	IVSS	Einschluss	Primärquelle	PAAG Verfahren
Uni Bib	2	Sicherheitstechnische Überprüfung einer verfahrenstechnischen Anlage	Ulrich Euteneuer	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht vollumfänglich dem Forschungsthema	PAAG Verfahren
Uni Bib		Decision Support Systems and Knowledge Management for Hazard and Operability Analysis				
Uni Bib	1	Sustainable Engineering	Tsagarakis, Konstantinos P	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht vollumfänglich dem Forschungsthema	PAAG Verfahren
Uni Bib	2	HAZOP: guide to best practice: guidelines to best practice for the process industries	Frank Crawley	Einschluss	Primärquelle - Dopplung	PAAG Verfahren
Uni Bib	3	Explosion hazards in the process industries	Rolf K. Eckhoff	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht vollumfänglich dem Forschungsthema	PAAG Verfahren
Uni Bib	4	Das PAAG-Verfahren: Methodik, Anwendung, Beispiele	Rudolf Kappelmaier	Einschluss	Primärquelle - Dopplung	PAAG Verfahren
DIN	1	DIN EN 61882:2017-02; VDE 0050-8:2017-02	DIN	Einschluss	Primärquelle	PAAG Verfahren
DIN	2	Hazard and operability studies (HAZOP studies)	DIN	Einschluss	Dopplung - andere Sprache	PAAG Verfahren

## Anhang II - Suchprotokolle systematische Literaturrecherche HAZOP-Verfahren

Suchmaschine/ Datenbank	Datum	Suchterm	Einschränkungen	Trefferzahl
Google Scholar	08.11.22	PAAG Verfahren	-	307
Google Scholar	08.11.22	Hazard and operability study	-	59.900
Google Scholar	08.11.22	HAZOP method	-	19.400
Google Scholar	08.11.22	Hazard and operability study methodology	-	35.500
Google Scholar	08.11.22	HAZOP study	-	22.000
Google Scholar	08.11.22	PAAG Verfahren Methode	-	238
Google Scholar	09.11.22	Hazard and operability analysis methodology	-	50.900
Google Scholar	09.11.22	PAAG Verfahren Vorgehen	-	115
Google Scholar	09.11.22	PAAG Verfahren Risikoanalyse AND Risikoanalyse	-	108
Google Scholar	09.11.22	Hazard and operability study AND Risk Analysis	-	48.400
Google Scholar	09.11.22	PAAG Verfahren AND Arbeitsschritte	-	47
Google Scholar	09.11.22	HAZOP Verfahren AND Arbeitsschritte	Abbruch, da keine neue Publikationen	95
Google Scholar	09.11.22	Verfahrenstechnische Risikobeurteilung AND PAAG	Abbruch, da keine neue Publikationen	75
Google Scholar	09.11.22	Verfahrenstechnische Risikobeurteilung AND HAZOP	Abbruch, da keine neue Publikationen	96
Uni-Bibliothek	09.11.22	HAZOP	Katalogsuche sowie Erweiterung Artikel & Mehr	4840
Uni Bibliothek	09.11.22	PAAG Verfahren	Katalogsuche sowie Erweiterung Artikel & Mehr	136
Uni Bibliothek	09.11.22	PAAG Verfahren Methode	Katalogsuche sowie Erweiterung Artikel & Mehr	54
Uni Bibliothek	09.11.22	Hazard and operability study	Katalogsuche sowie Erweiterung Artikel & Mehr	2085
Uni Bibliothek	09.11.22	Hazard and operability analysis	Katalogsuche sowie Erweiterung Artikel & Mehr	1506
Uni Bibliothek	09.11.22	PAAG Verfahren Methode	Katalogsuche sowie Erweiterung Artikel & Mehr	54
Uni Bibliothek	09.11.22	hazop operability analysis methodolgy	Katalogsuche sowie Erweiterung Artikel & Mehr	0
Uni Bibliothek	09.11.22	PAAG Verfahren Vorgehen	Katalogsuche sowie Erweiterung Artikel & Mehr	0
Uni Bibliothek	09.11.22	PAAG Verfahren Risikoanalyse AND Risikoanalyse	Katalogsuche sowie Erweiterung Artikel & Mehr	33
Uni Bibliothek	09.11.22	Hazard and operability study AND Risk Analysis	Katalogsuche sowie Erweiterung Artikel & Mehr	817
Uni Bibliothek	09.11.22	PAAG Verfahren AND Arbeitsschritte	Katalogsuche sowie Erweiterung Artikel & Mehr	2
Uni Bibliothek	09.11.22	PAAG Verfahren AND HAZOP	Katalogsuche sowie Erweiterung Artikel & Mehr	2
IEEE	09.11.22	PAAG Verfahren	Englisches Suchportal	0
IEEE	09.11.22	PAAG Verfahren Methode	Englisches Suchportal	0
IEEE	09.11.22	PAAG Verfahren Vorgehen	Englisches Suchportal	0
IEEE	09.11.22	PAAG Verfahren Risikoanalyse AND Risikoanalyse	Englisches Suchportal	0
IEEE	09.11.22	PAAG Verfahren AND Arbeitsschritte	Englisches Suchportal	0
IEEE	09.11.22	HAZOP Verfahren AND Arbeitsschritte	Englisches Suchportal	0
IEEE	09.11.22	Verfahrenstechnische Risikobeurteilung AND PAAG	Englisches Suchportal	0
IEEE	09.11.22	Verfahrenstechnische Risikobeurteilung AND HAZOP	Englisches Suchportal	0
IEEE	09.11.22	Hazard and operability study		62
IEEE	09.11.22	HAZOP method	Abbruch, da keine neue Publikationen	73
IEEE	09.11.22	Hazard and operability study methodology	Abbruch, da keine neue Publikationen	12
IEEE	09.11.22	HAZOP study	Abbruch, da keine neue Publikationen	70
IEEE	09.11.22	Hazard and operability analysis methodology	Abbruch, da keine neue Publikationen	12
IEEE	09.11.22	Hazard and operability study AND Risk Analysis	Abbruch, da keine neue Publikationen	25
ScienceDirect	09.11.22	PAAG Verfahren	Englisches Suchportal	0
ScienceDirect	09.11.22	PAAG Verfahren Methode	Englisches Suchportal	0
ScienceDirect	09.11.22	PAAG Verfahren Vorgehen	Englisches Suchportal	0
ScienceDirect	09.11.22	PAAG Verfahren Risikoanalyse AND Risikoanalyse	Englisches Suchportal	0
ScienceDirect	09.11.22	PAAG Verfahren AND Arbeitsschritte	Englisches Suchportal	0
ScienceDirect	09.11.22	HAZOP Verfahren AND Arbeitsschritte	Englisches Suchportal	0
ScienceDirect	09.11.22	Verfahrenstechnische Risikobeurteilung AND PAAG	Englisches Suchportal	0
ScienceDirect	09.11.22	Verfahrenstechnische Risikobeurteilung AND HAZOP	Englisches Suchportal	0
ScienceDirect	09.11.22	HAZOP		3714
ScienceDirect	09.11.22	Hazard and operability study		11489
ScienceDirect	09.11.22	HAZOP method		3292
ScienceDirect	09.11.22	Hazard and operability study methodology		4497
ScienceDirect	09.11.22	HAZOP study		3339
ScienceDirect	09.11.22	Hazard and operability analysis methodology		4585
ScienceDirect	09.11.22	Hazard and operability study AND Risk Analysis		8925
Technische Sicherheit	13.11.22	PAAG		11
Technische Sicherheit	13.11.22	PAAG Verfahren Methode		5
Technische Sicherheit	13.11.22	PAAG Verfahren Vorgehen		7
Technische Sicherheit	13.11.22	PAAG Verfahren Risikoanalyse AND Risikoanalyse		0
Technische Sicherheit	13.11.22	PAAG Verfahren AND Arbeitsschritte	Abbruch, da keine neue Publikationen	0
Technische Sicherheit	13.11.22	HAZOP Verfahren AND Arbeitsschritte	Abbruch, da keine neue Publikationen	0
Technische Sicherheit	13.11.22	Verfahrenstechnische Risikobeurteilung AND PAAG	Abbruch, da keine neue Publikationen	0
Technische Sicherheit	13.11.22	Verfahrenstechnische Risikobeurteilung AND HAZOP	Abbruch, da keine neue Publikationen	0
Technische Sicherheit	13.11.22	HAZOP		11
Technische Sicherheit	13.11.22	Hazard and operability study		2
Technische Sicherheit	13.11.22	HAZOP method		5
Technische Sicherheit	13.11.22	Hazard and operability study methodology		1
Technische Sicherheit	13.11.22	HAZOP study		3
Technische Sicherheit	13.11.22	Hazard and operability analysis methodology		1
Technische Sicherheit	13.11.22	Hazard and operability study AND Risk Analysis	Abbruch, da keine neue Publikationen	0
Arbeitsschutzdigital	13.11.22	PAAG		7
Arbeitsschutzdigital	13.11.22	PAAG Verfahren Methode		2
Arbeitsschutzdigital	13.11.22	PAAG Verfahren Vorgehen	Abbruch, da keine neue Publikationen	0
Arbeitsschutzdigital	13.11.22	PAAG Verfahren Risikoanalyse AND Risikoanalyse	Abbruch, da keine neue Publikationen	0
Arbeitsschutzdigital	13.11.22	PAAG Verfahren AND Arbeitsschritte	Abbruch, da keine neue Publikationen	0
Arbeitsschutzdigital	13.11.22	HAZOP Verfahren AND Arbeitsschritte	Abbruch, da keine neue Publikationen	0
Arbeitsschutzdigital	13.11.22	Verfahrenstechnische Risikobeurteilung AND PAAG	Abbruch, da keine neue Publikationen	0
Arbeitsschutzdigital	13.11.22	Verfahrenstechnische Risikobeurteilung AND HAZOP	Abbruch, da keine neue Publikationen	0
Arbeitsschutzdigital	13.11.22	HAZOP		9
Arbeitsschutzdigital	13.11.22	Hazard and operability study		2
Arbeitsschutzdigital	13.11.22	HAZOP method	Abbruch, da keine neue Publikationen	0
Arbeitsschutzdigital	13.11.22	Hazard and operability study methodology	Abbruch, da keine neue Publikationen	0
Arbeitsschutzdigital	13.11.22	HAZOP study	Abbruch, da keine neue Publikationen	0
Arbeitsschutzdigital	13.11.22	Hazard and operability analysis methodology	Abbruch, da keine neue Publikationen	0
Arbeitsschutzdigital	13.11.22	Hazard and operability study AND Risk Analysis	Abbruch, da keine neue Publikationen	0

Suchprotokoll systematische Literaturrecherche HAZOP-Verfahren – Google Scholar

Hd. Nr.	Datenbank	Nr.	Titel	Autor	Link	Einstichs / An	Einstichs / Auschlusskriterium	Suchterm	Datum
2	google scholar	2	Sicherheitsanalysen zur systematischen Überprüfung von Verfahren V. Pilz	A. Lippert, V. Pilz	<a href="https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/eqe.3105704004">https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/eqe.3105704004</a>	Einstichs	Primärquelle	PAAG Verfahren	08.11.22
3	google scholar	3	Grundlagen der sicheren Chemierproduktion	U. Hauptmann	<a href="https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/eqe.3105704002">https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/eqe.3105704002</a>	Einstichs	Verwendung Schichtverfahren - Recherche weiterer Quellen	PAAG Verfahren	08.11.22
6	google scholar	6.1	Risiko- und Sicherheitsanalysen im Überblick	J. Dupis, V. Phenakis, J. Vilchez, J. An	<a href="https://books.google.de/books?hl=de&amp;lr=&amp;id=XXMBAAQBAJ&amp;pg=PA1372">https://books.google.de/books?hl=de&amp;lr=&amp;id=XXMBAAQBAJ&amp;pg=PA1372</a>	Einstichs	Primärquelle	hazop operability study	08.11.22
9	google scholar	9	HAZOP: Guide to best practice	F. Crawley, B. Tyler	<a href="https://books.google.de/books?hl=de&amp;lr=&amp;id=XXMBAAQBAJ&amp;pg=PA1372">https://books.google.de/books?hl=de&amp;lr=&amp;id=XXMBAAQBAJ&amp;pg=PA1372</a>	Einstichs	Primärquelle	hazop operability study	08.11.22
15	google scholar	4	Grundlagen einer sicheren Chemierproduktion	A. Lippert, V. Pilz	<a href="https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/eqe.245520">https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/eqe.245520</a>	Einstichs	Primärquelle	PAAG Verfahren Methode	08.11.22
34	google scholar	3	Experimental methods in chemical engineering: Hazard and operability analysis	H. Berg, K. Eigenmann	<a href="https://www.research-collection.ethz.ch/bitstream/handle/20.500.1185/11851">https://www.research-collection.ethz.ch/bitstream/handle/20.500.1185/11851</a>	Einstichs	Sekundärquelle	hazop operability analysis metho	09.11.22
44	google scholar	5	[PDF] Einführung in die Risikoanalyse: Systematik und Methode J. Baechter, H. Berg, K. Eigenmann	J. Baechter, H. Berg, K. Eigenmann	<a href="https://www.research-collection.ethz.ch/bitstream/handle/20.500.1185/11851">https://www.research-collection.ethz.ch/bitstream/handle/20.500.1185/11851</a>	Einstichs	Sekundärquelle	Risikoanalyse PAAG Verfahren	09.11.22
46	google scholar	7	Methodik zur Durchführung einer Quantitativen Risikoanalyse in Y. Qureshi	Y. Qureshi	<a href="https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/eqe.2013.134.13">https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/eqe.2013.134.13</a>	Einstichs	Sekundärquelle	Risikoanalyse PAAG Verfahren	09.11.22
49	google scholar	2	The role of hazard and operability study in risk analysis of major A. Dreier	A. Dreier	<a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950423014001902">https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950423014001902</a>	Einstichs	Sekundärquelle	risk analysis hazard and operabili	09.11.22
53	google scholar	3	Sicherheitstechnik in der Verfahrenstechnik	P. Dietz, N. Beikheim, S. Böing	<a href="https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-95551-6_4">https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-95551-6_4</a>	Einstichs	Primärquelle	Arbeitschritte PAAG-Verfahren	09.11.22
54	google scholar	4	Die Bedeutung der Simulation für menschliche Zuverlässigkeit in B. Huber	B. Huber	<a href="https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-322-97844-2_14">https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-322-97844-2_14</a>	Einstichs	Sekundärquelle	Arbeitschritte PAAG-Verfahren	09.11.22
56	google scholar	6	Qualitative Systemanalyse und computerunterstützte Gefährdende E. Huber, G. Burgbacher, U. Biegert	E. Huber, G. Burgbacher, U. Biegert	<a href="https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/eqe.3106900721">https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/eqe.3106900721</a>	Einstichs	Sekundärquelle	Arbeitschritte PAAG-Verfahren	09.11.22
59	google scholar	3	HAZOP study with qualitative risk analysis for prioritization of c. L. Kotek, M. Tabas	c. L. Kotek, M. Tabas	<a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705812028805">https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705812028805</a>	Einstichs	Sekundärquelle	Arbeitschritte PAAG-Verfahren	09.11.22
61	google scholar	5	Experiences with the application of HAZOP to computer-based sy J. McDermaid, M. Nicholson	J. McDermaid, M. Nicholson	<a href="https://www.research-collection.ethz.ch/bitstream/document/521885/">https://www.research-collection.ethz.ch/bitstream/document/521885/</a>	Einstichs	Sekundärquelle	HAZOP method	09.11.22
62	google scholar	6	Hazard analysis using HAZOP: A case study M. Chudleigh	M. Chudleigh	<a href="https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4471-2061-2_11">https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4471-2061-2_11</a>	Einstichs	Sekundärquelle	HAZOP method	09.11.22
63	google scholar	1	OptHAZOP – an effective and optimum approach for HAZOP stu F. Khan, S. Abbasi	F. Khan, S. Abbasi	<a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950423014001903">https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950423014001903</a>	Einstichs	Sekundärquelle	HAZOP method	09.11.22
66	google scholar	3	HAZOP – an effective and optimum approach for prioritization of c. L. Kotek, M. Tabas	c. L. Kotek, M. Tabas	<a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705812028805">https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705812028805</a>	Einstichs	Sekundärquelle	HAZOP STUDY	09.11.22
67	google scholar	5	Operability studies and hazard analysis H.G. Lawley	H.G. Lawley	<a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950423014001903">https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950423014001903</a>	Einstichs	Sekundärquelle	HAZOP STUDY	09.11.22
71	google scholar	1	Hazard and operability (HAZOP) analysis. A literature review J. Dupis, V. Phenakis, J. Vilchez, J. An	J. Dupis, V. Phenakis, J. Vilchez, J. An	<a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950423014001903">https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950423014001903</a>	Einstichs	Primärquelle	hazop operability study methodol	08.11.22
25	google scholar	2	Sicherheitsanalysen zur systematischen Überprüfung von Verfahren V. Pilz	A. Lippert, V. Pilz	<a href="https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/eqe.3105704002">https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/eqe.3105704002</a>	Einstichs	Sekundärquelle	PAAG Verfahren Methode	08.11.22
29	google scholar	5	HAZOP: Guide to best practice	F. Crawley, B. Tyler	<a href="https://books.google.de/books?hl=de&amp;lr=&amp;id=XXMBAAQBAJ&amp;pg=PA1372">https://books.google.de/books?hl=de&amp;lr=&amp;id=XXMBAAQBAJ&amp;pg=PA1372</a>	Einstichs	Sekundärquelle	PAAG Verfahren Methode	08.11.22
30	google scholar	8.1	Risiko- und Sicherheitsanalysen im Überblick	D. von der Glöcke	<a href="https://books.google.de/books?hl=de&amp;lr=&amp;id=XXMBAAQBAJ&amp;pg=PA1372">https://books.google.de/books?hl=de&amp;lr=&amp;id=XXMBAAQBAJ&amp;pg=PA1372</a>	Einstichs	Sekundärquelle	PAAG Verfahren Methode	08.11.22
36	google scholar	5	A critique of the Hazard and Operability (HAZOP) study P. Baybutt	P. Baybutt	<a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950423014001903">https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950423014001903</a>	Einstichs	Sekundärquelle	hazop operability analysis metho	09.11.22
38	google scholar	1	Risikoanalyse in Chemie-Anlagen: Der Process Safety Quick Che R. Krebner	R. Krebner	<a href="https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/eqe.201901215">https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/eqe.201901215</a>	Einstichs	Sekundärquelle	hazop operability analysis metho	09.11.22
50	google scholar	6	Hazard and operability (HAZOP) analysis. A literature review J. Dupis, V. Phenakis, J. Vilchez, J. An	J. Dupis, V. Phenakis, J. Vilchez, J. An	<a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950423014001903">https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950423014001903</a>	Einstichs	Sekundärquelle	Risikoanalyse PAAG Verfahren	09.11.22
57	google scholar	1	A critique of the Hazard and Operability (HAZOP) study P. Baybutt	P. Baybutt	<a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950423014001903">https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950423014001903</a>	Einstichs	Sekundärquelle	risk analysis hazard and operabili	09.11.22
58	google scholar	2	HAZOP: Guide to best practice	F. Crawley, B. Tyler	<a href="https://books.google.de/books?hl=de&amp;lr=&amp;id=XXMBAAQBAJ&amp;pg=PA1372">https://books.google.de/books?hl=de&amp;lr=&amp;id=XXMBAAQBAJ&amp;pg=PA1372</a>	Einstichs	Primärquelle	HAZOP method	09.11.22
64	google scholar	2	A critique of the Hazard and Operability (HAZOP) study F. Crawley, B. Tyler	F. Crawley, B. Tyler	<a href="https://books.google.de/books?hl=de&amp;lr=&amp;id=XXMBAAQBAJ&amp;pg=PA1372">https://books.google.de/books?hl=de&amp;lr=&amp;id=XXMBAAQBAJ&amp;pg=PA1372</a>	Einstichs	Sekundärquelle	HAZOP STUDY	09.11.22
66	google scholar	4	HAZOP: Guide to best practice	F. Crawley, B. Tyler	<a href="https://books.google.de/books?hl=de&amp;lr=&amp;id=XXMBAAQBAJ&amp;pg=PA1372">https://books.google.de/books?hl=de&amp;lr=&amp;id=XXMBAAQBAJ&amp;pg=PA1372</a>	Einstichs	Sekundärquelle	HAZOP STUDY	09.11.22
1	google scholar	1	Risikoanalyse in Chemie-Anlagen: Der Process Safety Quick Che R. Krebner	R. Krebner	<a href="https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/eqe.201901215">https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/eqe.201901215</a>	Einstichs	Thema der Literatur entspricht nicht vollumfänglich dem Forschung PAAG Verfahren	HAZOP STUDY	08.11.22
5	google scholar	5	Mögliche Analysemethoden	W. J. Friedl	<a href="https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/eqe.201901215">https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/eqe.201901215</a>	Einstichs	Thema der Literatur entspricht nicht vollumfänglich dem Forschung PAAG Verfahren	HAZOP STUDY	08.11.22
7	google scholar	7	Qualitätsicherung bei der Verfahrensentwicklung	J. Kreckel, R. Polke	<a href="https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/eqe.310640009">https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/eqe.310640009</a>	Einstichs	Thema der Literatur entspricht nicht vollumfänglich dem Forschung PAAG Verfahren	HAZOP STUDY	08.11.22
1	google scholar	1	Application of Hazard and Operability Study (HAZOP) in Evalua I. Mohammadm, A. Sajedi, S. Mahme	I. Mohammadm, A. Sajedi, S. Mahme	<a href="https://link.springer.com/chapter/10.1002/eqe.310640009">https://link.springer.com/chapter/10.1002/eqe.310640009</a>	Einstichs	Thema der Literatur entspricht nicht vollumfänglich dem Forschung PAAG Verfahren	HAZOP STUDY	08.11.22
3	google scholar	3	A critique of the Hazard and Operability (HAZOP) study P. Baybutt	P. Baybutt	<a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950423014001903">https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950423014001903</a>	Einstichs	Thema der Literatur entspricht nicht vollumfänglich dem Forschung PAAG Verfahren	HAZOP STUDY	08.11.22
4	google scholar	4	Hazard and operability study using approximate reasoning in lig A. Guimarães, C. Lapa	A. Guimarães, C. Lapa	<a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950423014001903">https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950423014001903</a>	Einstichs	Thema der Literatur entspricht nicht vollumfänglich dem Forschung PAAG Verfahren	HAZOP STUDY	08.11.22
5	google scholar	5	Hazard and operability study in boiler system of the steam powe A. Mulyaris, H. Adiyanto	A. Mulyaris, H. Adiyanto	<a href="https://www.research-collection.ethz.ch/bitstream/handle/20.500.1185/11851">https://www.research-collection.ethz.ch/bitstream/handle/20.500.1185/11851</a>	Einstichs	Thema der Literatur entspricht nicht vollumfänglich dem Forschung PAAG Verfahren	HAZOP STUDY	08.11.22
6	google scholar	6	Hazard and operability study of gas exploration field located in F. S. Idrayanto, S. Jabien, S. Alro	F. S. Idrayanto, S. Jabien, S. Alro	<a href="https://www.research-collection.ethz.ch/bitstream/handle/20.500.1185/11851">https://www.research-collection.ethz.ch/bitstream/handle/20.500.1185/11851</a>	Einstichs	Thema der Literatur entspricht nicht vollumfänglich dem Forschung PAAG Verfahren	HAZOP STUDY	08.11.22
8	google scholar	8	HAZOP analysis-based dynamic simulation and its application in W. Tian, T. Dou, S. Mu	W. Tian, T. Dou, S. Mu	<a href="https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/eqe.201901215">https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/eqe.201901215</a>	Einstichs	Thema der Literatur entspricht nicht vollumfänglich dem Forschung PAAG Verfahren	HAZOP STUDY	08.11.22
10	google scholar	10	Intelligent systems for HAZOP analysis of complex process plan V. Venkatasubramanian, J. Zhao	V. Venkatasubramanian, J. Zhao	<a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950423014001903">https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950423014001903</a>	Einstichs	Thema der Literatur entspricht nicht vollumfänglich dem Forschung PAAG Verfahren	HAZOP STUDY	08.11.22
11	google scholar	11	A knowledge-based framework for automating HAZOP analysis V. Venkatasubramanian, R. Vaidyanath	V. Venkatasubramanian, R. Vaidyanath	<a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950423014001903">https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950423014001903</a>	Einstichs	Thema der Literatur entspricht nicht vollumfänglich dem Forschung PAAG Verfahren	HAZOP STUDY	08.11.22
12	google scholar	12	A functional HAZOP methodology N. Rossing, M. Lind, N. Jensen	N. Rossing, M. Lind, N. Jensen	<a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950423014001903">https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950423014001903</a>	Einstichs	Thema der Literatur entspricht nicht vollumfänglich dem Forschung PAAG Verfahren	HAZOP STUDY	08.11.22
13	google scholar	13	SDG-based HAZOP analysis of operating mistakes for PVC proces H. Wang, B. Chen, X. He, Q. Tong, J. Z	H. Wang, B. Chen, X. He, Q. Tong, J. Z	<a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950423014001903">https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950423014001903</a>	Einstichs	Thema der Literatur entspricht nicht vollumfänglich dem Forschung PAAG Verfahren	HAZOP STUDY	08.11.22
20	google scholar	20	Application of the Hazard and Operability (HAZOP) study P. Baybutt	P. Baybutt	<a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950423014001903">https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950423014001903</a>	Einstichs	Thema der Literatur entspricht nicht vollumfänglich dem Forschung PAAG Verfahren	HAZOP STUDY	08.11.22
3	google scholar	3	Application of Hazard and Operability Study (HAZOP) in Evalua I. Mohammadm, A. Sajedi, S. Mahme	I. Mohammadm, A. Sajedi, S. Mahme	<a href="https://link.springer.com/chapter/10.1002/eqe.310640009">https://link.springer.com/chapter/10.1002/eqe.310640009</a>	Einstichs	Thema der Literatur entspricht nicht vollumfänglich dem Forschung PAAG Verfahren	HAZOP STUDY	08.11.22
4	google scholar	4	Hazard and operability study using approximate reasoning in lig A. Guimarães, C. Lapa	A. Guimarães, C. Lapa	<a href="https://www.research-collection.ethz.ch/bitstream/handle/20.500.1185/11851">https://www.research-collection.ethz.ch/bitstream/handle/20.500.1185/11851</a>	Einstichs	Thema der Literatur entspricht nicht vollumfänglich dem Forschung PAAG Verfahren	HAZOP STUDY	08.11.22
5	google scholar	5	Integrated hazard and operability study using fuzzy linguistics M. Ilangumaran, P. Thumizhelvan	M. Ilangumaran, P. Thumizhelvan	<a href="https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/030567110110110">https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/030567110110110</a>	Einstichs	Thema der Literatur entspricht nicht vollumfänglich dem Forschung PAAG Verfahren	HAZOP STUDY	08.11.22
6	google scholar	6	A modified computer hazard and operability study procedure S. Schubach	S. Schubach	<a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950423014001903">https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950423014001903</a>	Einstichs	Thema der Literatur entspricht nicht vollumfänglich dem Forschung PAAG Verfahren	HAZOP STUDY	08.11.22
28	google scholar	3	Entwicklung einer PCR-orientierten, schnellen, sensitiven und Sp K. Dumon, V. Gorelov, W. Gross-Weg	K. Dumon, V. Gorelov, W. Gross-Weg	<a href="https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-80138-9_79">https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-80138-9_79</a>	Einstichs	Thema der Literatur entspricht nicht vollumfänglich dem Forschung PAAG Verfahren	HAZOP STUDY	08.11.22
31	google scholar	31	Sichere Automatismensysteme mit Hilfe qualitativer Modelle U. Biegert	U. Biegert	<a href="https://elib.uni-stuttgart.de/handle/11682/2478">https://elib.uni-stuttgart.de/handle/11682/2478</a>	Einstichs	Thema der Literatur entspricht nicht vollumfänglich dem Forschung PAAG Verfahren	HAZOP STUDY	08.11.22
3	google scholar	3	Text Mining of Hazard and Operability Analysis Reports Based o Z. Wang, B. Zhang, D. Gao	Z. Wang, B. Zhang, D. Gao	<a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950423014001903">https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950423014001903</a>	Einstichs	Thema der Literatur entspricht nicht vollumfänglich dem Forschung PAAG Verfahren	HAZOP STUDY	09.11.22
35	google scholar	4	A multi-criteria-based hazard and operability analysis for the prevention of F. Wang, J. Gan, K. Gao	F. Wang, J. Gan, K. Gao	<a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950423014001903">https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950423014001903</a>	Einstichs	Thema der Literatur entspricht nicht vollumfänglich dem Forschung PAAG Verfahren	HAZOP STUDY	09.11.22
6	google scholar	6	A hazard and operability analysis method for the prevention of F. Wang, J. Gan, K. Gao	F. Wang, J. Gan, K. Gao	<a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950423014001903">https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950423014001903</a>	Einstichs	Thema der Literatur entspricht nicht vollumfänglich dem Forschung PAAG Verfahren	HAZOP STUDY	09.11.22
3	google scholar	3	Risikoanalyse von Medizinprodukten Durchführung einer Risiko E. Aickelin, J. Makowski, U. Benwick	E. Aickelin, J. Makowski, U. Benwick	<a href="https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/bme.1997.48.2.8">https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/bme.1997.48.2.8</a>	Einstichs	Thema der Literatur entspricht nicht vollumfänglich dem Forschung PAAG Verfahren	HAZOP STUDY	09.11.22
40	google scholar	4	Entwicklung quantitativer Risikoanalyse-Erstellung quantitativer R. Schablin, Y. Dreweitz	R. Schablin, Y. Dreweitz	<a href="https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-88942-3_4">https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-88942-3_4</a>	Einstichs	Thema der Literatur entspricht nicht vollumfänglich dem Forschung PAAG Verfahren	HAZOP STUDY	09.11.22
41	google scholar	6	Mögliche Analysemethoden	W. Friedl	<a href="https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/eqe.201901215">https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/eqe.201901215</a>	Einstichs	Thema der Literatur entspricht nicht vollumfänglich dem Forschung PAAG Verfahren	HAZOP STUDY	09.11.22
1	google scholar	1	Application of Hazard and Operability Study (HAZOP) in Evalua I. Mohammadm, A. Sajedi, S. Mahme	I. Mohammadm, A. Sajedi, S. Mahme	<a href="https://link.springer.com/chapter/10.1002/eqe.310640009">https://link.springer.com/chapter/10.1002/eqe.310640009</a>	Einstichs	Thema der Literatur entspricht nicht vollumfänglich dem Forschung PAAG Verfahren	HAZOP STUDY	09.11.22
3	google scholar	3	Hazard and operability study using approximate reasoning in lig A. Guimarães	A. Guimarães	<a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950423014001903">https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950423014001903</a>	Einstichs	Thema der Literatur entspricht nicht vollumfänglich dem Forschung PAAG Verfahren	HAZOP STUDY	09.11.22
47	google scholar	47	Setsa Rekomendasi Perbaikan Dengan Metode Hazard and Opera B. Pojono, I. Tama, R. Efranto	B. Pojono, I. Tama, R. Efranto	<a href="https://www.research-collection.ethz.ch/bitstream/handle/20.500.1185/11851">https://www.research-collection.ethz.ch/bitstream/handle/20.500.1185/11851</a>	Einstichs	Thema der Literatur entspricht nicht vollumfänglich dem Forschung PAAG Verfahren	HAZOP STUDY	09.11.22
48	google scholar	5	Integrated hazard and operability study using fuzzy linguistics ap M. Ilangumaran, P. Thumizhelvan	M. Ilangumaran, P. Thumizhelvan	<a href="https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/030567110110110">https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/030567110110110</a>	Einstichs	Thema der Literatur entspricht nicht vollumfänglich dem Forschung PAAG Verfahren	HAZOP STUDY	09.11.22
51	google scholar	1	Risikoanalyse von Medizinprodukten Durchführung einer Risiko E. Aickelin, J. Makowski, U. Benwick	E. Aickelin, J. Makowski, U. Benwick	<a href="https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/bme.1997.48.2.8">https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/bme.1997.48.2.8</a>	Einstichs	Thema der Literatur entspricht nicht vollumfänglich dem Forschung PAAG Verfahren	HAZOP STUDY	09.11.22
55	google scholar	5	Unsicherheitsbetrachtungen und Fehlerfolgeplanung in quanti-U. Krause, S. Braske, B. Leht	U. Krause, S. Braske, B. Leht	<a href="https://www.research-collection.ethz.ch/bitstream/handle/20.500.1185/11851">https://www.research-collection.ethz.ch/bitstream/handle/20.500.1185/11851</a>	Einstichs	Thema der Literatur entspricht nicht vollumfänglich dem Forschung PAAG Verfahren	HAZOP STUDY	09.11.22
60	google scholar	4	A driller's HAZOP method	P. Comer, J. Fitt, R. Oestbo	<a href="https://www.research-collection.ethz.ch/bitstream/handle/20.500.1185/11851">https://www.research-collection.ethz.ch/bitstream/handle/20.500.1185/11851</a>	Einstichs	Thema der Literatur entspricht nicht vollumfänglich dem Forschung PAAG Verfahren	HAZOP STUDY	09.11.22

Suchprotokoll systematische Literaturrecherche HAZOP-Verfahren – Bibliothek Universität Wuppertal

Id. Nr.	Datenbank	Nr.	Titel	Autor	Link	Einschluss / Ausschluss	Einschluss- / Ausschlusskriterium	Suchterm	Datum
18	Bib Uni W-Tal	4	PAAG HAZOP: Analyzing common cause and system scenarios	E. Reche, W. Dupont	<a href="https://ub-wuppertal.digbib.net/search/katalog/list?q=al-hazon&amp;Lo=&amp;Lo=">https://ub-wuppertal.digbib.net/search/katalog/list?q=al-hazon&amp;Lo=&amp;Lo=</a>	Einschluss	PAAG Verfahren	09.11.22	
16	Bib Uni W-Tal	2	Die PAAG-Verfahren: Methodik, Anwendung, Beispiele	N.N.	<a href="https://ub-wuppertal.digbib.net/search/katalog/list?q=al-hazon&amp;Lo=&amp;Lo=">https://ub-wuppertal.digbib.net/search/katalog/list?q=al-hazon&amp;Lo=&amp;Lo=</a>	Einschluss	PAAG Verfahren	09.11.22	
17	Bib Uni W-Tal	3	Überprüfung von Anlagen	F. P. Lees, J.R. Roach	<a href="https://ub-wuppertal.digbib.net/search/katalog/list?q=al-hazon&amp;Lo=&amp;Lo=">https://ub-wuppertal.digbib.net/search/katalog/list?q=al-hazon&amp;Lo=&amp;Lo=</a>	Einschluss	PAAG Verfahren	09.11.22	
15	Bib Uni W-Tal	1	chemische Anlage	A. Kettitz, M. Neumeister	<a href="https://ub-wuppertal.digbib.net/search/katalog/list?q=al-hazon&amp;Lo=&amp;Lo=">https://ub-wuppertal.digbib.net/search/katalog/list?q=al-hazon&amp;Lo=&amp;Lo=</a>	Einschluss	PAAG Verfahren	09.11.22	
25	Bib Uni W-Tal	4	Hazard and Operability Study (HAZOP)	J.P. Signoret, A. Leroy	<a href="https://ub-wuppertal.digbib.net/search/katalog/list?q=al-hazon&amp;Lo=&amp;Lo=">https://ub-wuppertal.digbib.net/search/katalog/list?q=al-hazon&amp;Lo=&amp;Lo=</a>	Einschluss	hazard and operability study	09.11.22	
4	Bib Uni W-Tal	1	Qualitative Systemanalyse und computerunterstützte Gefahrenidentifikation	E. Huber, G. Burgbacher	<a href="https://ub-wuppertal.digbib.net/search/katalog/list?q=al-hazon&amp;Lo=&amp;Lo=">https://ub-wuppertal.digbib.net/search/katalog/list?q=al-hazon&amp;Lo=&amp;Lo=</a>	Einschluss	PAAG Verfahren AND Arbeitssch	09.11.22	
13	Bib Uni W-Tal	13	Representing Causal Structures in HAZOP Studies	A. Klose, F. Kessler	<a href="https://ub-wuppertal.digbib.net/search/katalog/list?q=al-hazon&amp;Lo=&amp;Lo=">https://ub-wuppertal.digbib.net/search/katalog/list?q=al-hazon&amp;Lo=&amp;Lo=</a>	Einschluss	HAZOP	09.11.22	
32	Bib Uni W-Tal	3	Visual HAZOP	D. P. Hatch, P. McCulloch	<a href="https://ub-wuppertal.digbib.net/search/katalog/list?q=al-hazon&amp;Lo=&amp;Lo=">https://ub-wuppertal.digbib.net/search/katalog/list?q=al-hazon&amp;Lo=&amp;Lo=</a>	Einschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v PAAG Verfahren Risikounalyse /	09.11.22	
14	Bib Uni W-Tal	A	Comprehensive Creation Method of Hardware and Software Combined Test Specifications for Industrial Product Controlled by Software using HAZOP	M. Takahashi	<a href="https://ub-wuppertal.digbib.net/search/katalog/list?q=al-hazon&amp;Lo=&amp;Lo=">https://ub-wuppertal.digbib.net/search/katalog/list?q=al-hazon&amp;Lo=&amp;Lo=</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v HAZOP	09.11.22	
28	Bib Uni W-Tal	3	A Hierarchical HAZOP-Like Safety Analysis for Learning-Enabled Systems	Y. Qi, P.R. Conny	<a href="https://ub-wuppertal.digbib.net/search/katalog/list?q=al-hazon&amp;Lo=&amp;Lo=">https://ub-wuppertal.digbib.net/search/katalog/list?q=al-hazon&amp;Lo=&amp;Lo=</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v hazard and operability analysis	09.11.22	
8	Bib Uni W-Tal	5	An extended HAZOP-study with fuzzy-AHP (XPA-HAZOP technique): Application in a sour crude-oil processing plant	P.K. Marhavilas, M. Filippidis	<a href="https://ub-wuppertal.digbib.net/search/katalog/list?q=al-hazon&amp;Lo=&amp;Lo=">https://ub-wuppertal.digbib.net/search/katalog/list?q=al-hazon&amp;Lo=&amp;Lo=</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v HAZOP	09.11.22	
5	Bib Uni W-Tal	8	An NLP framework for extracting causes, consequences, and hazards from occurrence / Application of hazard & operability study to safety evaluation of electrical design	S. Annamante, C. Chokpasasawan	<a href="https://ub-wuppertal.digbib.net/search/katalog/list?q=al-hazon&amp;Lo=&amp;Lo=">https://ub-wuppertal.digbib.net/search/katalog/list?q=al-hazon&amp;Lo=&amp;Lo=</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v hazard and operability study	09.11.22	
23	Bib Uni W-Tal	2	Application of multivariable process monitoring techniques to HAZOP studies of complex processes	R. Mokhtarname, A.A. Sifavi	<a href="https://ub-wuppertal.digbib.net/search/katalog/list?q=al-hazon&amp;Lo=&amp;Lo=">https://ub-wuppertal.digbib.net/search/katalog/list?q=al-hazon&amp;Lo=&amp;Lo=</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v HAZOP	09.11.22	
7	Bib Uni W-Tal	3	Ausbau des Fehlerdiagnosesystems für das Heizkraftwerk der TU München	R. Marr	<a href="https://ub-wuppertal.digbib.net/search/katalog/list?q=al-hazon&amp;Lo=&amp;Lo=">https://ub-wuppertal.digbib.net/search/katalog/list?q=al-hazon&amp;Lo=&amp;Lo=</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v PAAG Verfahren Methode	09.11.22	
21	Bib Uni W-Tal	1	Chinese Named Entity Recognition for Hazard And Operability Analysis Text Based on Albert	Z. Wang, B. Zhang	<a href="https://ub-wuppertal.digbib.net/search/katalog/list?q=al-hazon&amp;Lo=&amp;Lo=">https://ub-wuppertal.digbib.net/search/katalog/list?q=al-hazon&amp;Lo=&amp;Lo=</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v HAZOP	09.11.22	
26	Bib Uni W-Tal	2	Decision Support Systems and Knowledge Management for Sustainable Engineering	K. P. Tsagarakis, I. Nikolaou	<a href="https://ub-wuppertal.digbib.net/search/katalog/list?q=al-hazon&amp;Lo=&amp;Lo=">https://ub-wuppertal.digbib.net/search/katalog/list?q=al-hazon&amp;Lo=&amp;Lo=</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v HAZOP	09.11.22	
2	Bib Uni W-Tal	1	Identifikation von Sicherheitsrisiken in verfahrenstechnischen Prozessen unter Einsatz von Stuecherts in frühen Phasen der Anlagengestaltung	M. J. M. Gräber	<a href="https://ub-wuppertal.digbib.net/search/katalog/list?q=al-hazon&amp;Lo=&amp;Lo=">https://ub-wuppertal.digbib.net/search/katalog/list?q=al-hazon&amp;Lo=&amp;Lo=</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v HAZOP	09.11.22	
19	Bib Uni W-Tal	4	Experimental methods in chemical engineering: Hazard and operability analysis-HAZOP	P. Mecellin, J. De Tommaso	<a href="https://ub-wuppertal.digbib.net/search/katalog/list?q=al-hazon&amp;Lo=&amp;Lo=">https://ub-wuppertal.digbib.net/search/katalog/list?q=al-hazon&amp;Lo=&amp;Lo=</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v hazard and operability analysis	09.11.22	
29	Bib Uni W-Tal	4	Explosion hazards in the process industries	R. K. Eckhoff	<a href="https://ub-wuppertal.digbib.net/search/katalog/list?q=al-hazon&amp;Lo=&amp;Lo=">https://ub-wuppertal.digbib.net/search/katalog/list?q=al-hazon&amp;Lo=&amp;Lo=</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v HAZOP	09.11.22	
4	Bib Uni W-Tal	2	Fuzzy logic approach for identifying representative accident scenarios	S. A. Markowski, D. Suija	<a href="https://ub-wuppertal.digbib.net/search/katalog/list?q=al-hazon&amp;Lo=&amp;Lo=">https://ub-wuppertal.digbib.net/search/katalog/list?q=al-hazon&amp;Lo=&amp;Lo=</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v PAAG Verfahren Risikounalyse /	09.11.22	
31	Bib Uni W-Tal	2	Hazard & Operability Study and Determining Safety Integrity Level on Sulfur Purcace Unit: A Case Study in Fertilizer Industry	R. D. Noriyati, W. Rozaq	<a href="https://ub-wuppertal.digbib.net/search/katalog/list?q=al-hazon&amp;Lo=&amp;Lo=">https://ub-wuppertal.digbib.net/search/katalog/list?q=al-hazon&amp;Lo=&amp;Lo=</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v hazard and operability study	09.11.22	
24	Bib Uni W-Tal	34	HAZOP - Local approach in the Mexican oil & gas industry	M. Perce-Marin, M. A. Rodriguez-Toral	<a href="https://ub-wuppertal.digbib.net/search/katalog/list?q=al-hazon&amp;Lo=&amp;Lo=">https://ub-wuppertal.digbib.net/search/katalog/list?q=al-hazon&amp;Lo=&amp;Lo=</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v PAAG Verfahren Risikounalyse /	09.11.22	
34	Bib Uni W-Tal	9	HAZOP studies for engineering safe modular process plants	A. Pfeffer, L. Urbas	<a href="https://ub-wuppertal.digbib.net/search/katalog/list?q=al-hazon&amp;Lo=&amp;Lo=">https://ub-wuppertal.digbib.net/search/katalog/list?q=al-hazon&amp;Lo=&amp;Lo=</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v HAZOP	09.11.22	
9	Bib Uni W-Tal	1	Identification of implementation and understanding of health and work safety with hazard and operability study (Hazop) method at SMG Mahya Factory	T. Wisadawati, A. S. Wahyu	<a href="https://ub-wuppertal.digbib.net/search/katalog/list?q=al-hazon&amp;Lo=&amp;Lo=">https://ub-wuppertal.digbib.net/search/katalog/list?q=al-hazon&amp;Lo=&amp;Lo=</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v hazard and operability study	09.11.22	
22	Bib Uni W-Tal	4	Identifying new risks	K. Baiden	<a href="https://ub-wuppertal.digbib.net/search/katalog/list?q=al-hazon&amp;Lo=&amp;Lo=">https://ub-wuppertal.digbib.net/search/katalog/list?q=al-hazon&amp;Lo=&amp;Lo=</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v PAAG Verfahren Risikounalyse /	09.11.22	
33	Bib Uni W-Tal	6	Integration of Mathematical Modeling with HAZOP Study of a Polymerization Plant	R. Mokhtarname, A. A. Sifavi	<a href="https://ub-wuppertal.digbib.net/search/katalog/list?q=al-hazon&amp;Lo=&amp;Lo=">https://ub-wuppertal.digbib.net/search/katalog/list?q=al-hazon&amp;Lo=&amp;Lo=</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v HAZOP	09.11.22	
6	Bib Uni W-Tal	11	Ontology-based computer aid for the automation of HAZOP studies	J. I. Single, J. Schmidt	<a href="https://ub-wuppertal.digbib.net/search/katalog/list?q=al-hazon&amp;Lo=&amp;Lo=">https://ub-wuppertal.digbib.net/search/katalog/list?q=al-hazon&amp;Lo=&amp;Lo=</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v HAZOP	09.11.22	
11	Bib Uni W-Tal	2	P-HAZOP: A New Extended HAZOP (Hazard and Operability) Study for Risk Analysis of Pipelines	Z. Henna, K. Omid	<a href="https://ub-wuppertal.digbib.net/search/katalog/list?q=al-hazon&amp;Lo=&amp;Lo=">https://ub-wuppertal.digbib.net/search/katalog/list?q=al-hazon&amp;Lo=&amp;Lo=</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v Hazard and operability study AN	09.11.22	
36	Bib Uni W-Tal	5	P-HAZOP: A New Extended HAZOP (Hazard and Operability) Study for Risk Analysis of Pipelines	Z. Henna, K. Omid	<a href="https://ub-wuppertal.digbib.net/search/katalog/list?q=al-hazon&amp;Lo=&amp;Lo=">https://ub-wuppertal.digbib.net/search/katalog/list?q=al-hazon&amp;Lo=&amp;Lo=</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v Hazard and operability study AN	09.11.22	
39	Bib Uni W-Tal	3	Potential Hazards in the Loading and Unloading Process: Risk Analysis with Job Safety Analysis and Hazard Operability Study Methods	I. O. Ramisdar, H. Ibrahim	<a href="https://ub-wuppertal.digbib.net/search/katalog/list?q=al-hazon&amp;Lo=&amp;Lo=">https://ub-wuppertal.digbib.net/search/katalog/list?q=al-hazon&amp;Lo=&amp;Lo=</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v Hazard and operability study AN	09.11.22	
37	Bib Uni W-Tal	2	Risikoanalyse für Biogasanlagen, Teil 1	C. Schmidt, M. Schlaak	<a href="https://ub-wuppertal.digbib.net/search/katalog/list?q=al-hazon&amp;Lo=&amp;Lo=">https://ub-wuppertal.digbib.net/search/katalog/list?q=al-hazon&amp;Lo=&amp;Lo=</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v PAAG Verfahren Methode	09.11.22	
20	Bib Uni W-Tal	1	Risk analysis of high level radioactive waste storage tank based on HAZOP (HAZOP) Method in Biodesel Plant.	S. Zou, Y. Kuang	<a href="https://ub-wuppertal.digbib.net/search/katalog/list?q=al-hazon&amp;Lo=&amp;Lo=">https://ub-wuppertal.digbib.net/search/katalog/list?q=al-hazon&amp;Lo=&amp;Lo=</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v PAAG Verfahren Risikounalyse /	09.11.22	
30	Bib Uni W-Tal	4	Risk Analysis of Methanol Transfer Process by Hazard and Operability Study (HAZOP) Method in Biodesel Plant.	R. Krishanti, I. Setiawan	<a href="https://ub-wuppertal.digbib.net/search/katalog/list?q=al-hazon&amp;Lo=&amp;Lo=">https://ub-wuppertal.digbib.net/search/katalog/list?q=al-hazon&amp;Lo=&amp;Lo=</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v Hazard and operability study AN	09.11.22	
38	Bib Uni W-Tal	2	Safety-Critical System Modeling in Model-Based Testing with Hazard and Operability Analysis	C. Rao, J. Guo	<a href="https://ub-wuppertal.digbib.net/search/katalog/list?q=al-hazon&amp;Lo=&amp;Lo=">https://ub-wuppertal.digbib.net/search/katalog/list?q=al-hazon&amp;Lo=&amp;Lo=</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v hazard and operability analysis	09.11.22	
27	Bib Uni W-Tal	10	The integration of HAZOP study with risk-matrix and the analytical-hierarchy process for identifying critical control-points and prioritizing risks in industry - A case study	P. K. Marhavilas, M. Filippidis	<a href="https://ub-wuppertal.digbib.net/search/katalog/list?q=al-hazon&amp;Lo=&amp;Lo=">https://ub-wuppertal.digbib.net/search/katalog/list?q=al-hazon&amp;Lo=&amp;Lo=</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v HAZOP	09.11.22	
10	Bib Uni W-Tal	12	occurrence reports to validate a HAZOP study	J. Ricketts, J. Pelham	<a href="https://ub-wuppertal.digbib.net/search/katalog/list?q=al-hazon&amp;Lo=&amp;Lo=">https://ub-wuppertal.digbib.net/search/katalog/list?q=al-hazon&amp;Lo=&amp;Lo=</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v HAZOP	09.11.22	
12	Bib Uni W-Tal	1	HAZOP: guide to best practice: guidelines to best practice for the process and job	R. Kappelmair	<a href="https://ub-wuppertal.digbib.net/search/katalog/list?q=al-hazon&amp;Lo=&amp;Lo=">https://ub-wuppertal.digbib.net/search/katalog/list?q=al-hazon&amp;Lo=&amp;Lo=</a>	Einschluss	HAZOP	09.11.22	
3	Bib Uni W-Tal	6	Potential Hazards in the Loading and Unloading Process: Risk Analysis with Job Safety Analysis and Hazard Operability Study Methods	F. Crawley, B. Tyler	<a href="https://ub-wuppertal.digbib.net/search/katalog/list?q=al-hazon&amp;Lo=&amp;Lo=">https://ub-wuppertal.digbib.net/search/katalog/list?q=al-hazon&amp;Lo=&amp;Lo=</a>	Einschluss	HAZOP	09.11.22	
1	Bib Uni W-Tal	40	Safety Analysis and Hazard Operability Study Methods	I. O. Ramisdar, H. Ibrahim	<a href="https://ub-wuppertal.digbib.net/search/katalog/list?q=al-hazon&amp;Lo=&amp;Lo=">https://ub-wuppertal.digbib.net/search/katalog/list?q=al-hazon&amp;Lo=&amp;Lo=</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v Hazard and operability study AN	09.11.22	
40	Bib Uni W-Tal	1	The integration of HAZOP study with risk-matrix and the analytical-hierarchy process for identifying critical control-points and prioritizing risks in industry - A case study	P. K. Marhavilas, M. Filippidis	<a href="https://ub-wuppertal.digbib.net/search/katalog/list?q=al-hazon&amp;Lo=&amp;Lo=">https://ub-wuppertal.digbib.net/search/katalog/list?q=al-hazon&amp;Lo=&amp;Lo=</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v Hazard and operability study AN	09.11.22	
35	Bib Uni W-Tal	1	The integration of HAZOP study with risk-matrix and the analytical-hierarchy process for identifying critical control-points and prioritizing risks in industry - A case study	P. K. Marhavilas, M. Filippidis	<a href="https://ub-wuppertal.digbib.net/search/katalog/list?q=al-hazon&amp;Lo=&amp;Lo=">https://ub-wuppertal.digbib.net/search/katalog/list?q=al-hazon&amp;Lo=&amp;Lo=</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v Hazard and operability study AN	09.11.22	

## Suchprotokoll systematische Literaturrecherche HAZOP-Verfahren – ScienceDirect

lfd. nr	Datenbank	Nr.	Titel	Autor	Link	Einschluss / Ausschluss	Einschluss- / Ausschlusskriterium	Suchterm	Datum
1	ScienceDirect		1 HAZOP: Guide to Best Practice (Third Edition)	F. Crawley, B. Tyler	<a href="https://www.sciencedirect.com/book/9780323394604/haa">https://www.sciencedirect.com/book/9780323394604/haa</a>	Einschluss	Primärliteratur	HAZOP	09.11.22
2	ScienceDirect		2 The HAZOP Leader's Handbook	P. Eames	<a href="https://www.sciencedirect.com/book/9780323917261/haa">https://www.sciencedirect.com/book/9780323917261/haa</a>	Einschluss	Primärliteratur	HAZOP	09.11.22
3	ScienceDirect		3 Practical Hazops, Trips and Alarms	D. Macdonald, S. Mackay	<a href="https://www.sciencedirect.com/book/9780750662741/haa">https://www.sciencedirect.com/book/9780750662741/haa</a>	Einschluss	Sekundärliteratur	HAZOP	09.11.22
4	ScienceDirect		4 Intelligent HAZOP analysis method based on data mining	F. Wang, W. Gu	<a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095047">https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095047</a>	Einschluss	Sekundärliteratur	HAZOP	09.11.22
5	ScienceDirect		5 Identification of critical operational hazards in a biogas upgrading	J. C. Alfredo, S. Victor	<a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004566">https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004566</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v HAZOP		09.11.22
6	ScienceDirect		6 Safety-assessment by hybridizing the MCDM/AHP & HAZOP-DMF	P. K. Marhavilas, M. Filippidis, G. Koull	<a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S111001">https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S111001</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v HAZOP		09.11.22
7	ScienceDirect		1 A critique of the Hazard and Operability (HAZOP) study	F. Crawley	<a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095047">https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095047</a>	Einschluss	Primärliteratur	Hazard and o	09.11.22
8	ScienceDirect		2 A critique of the Hazard and Operability (HAZOP) study	P. Baybutt	<a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095047">https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095047</a>	Einschluss	Primärliteratur	Hazard and o	09.11.22
9	ScienceDirect		3 A computer tool for batch hazard and operability studies	C. Palmer, P. W. H. Chung	<a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S235197">https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S235197</a>	Ausschluss	Sekundärliteratur		09.11.22
10	ScienceDirect		4 Hazard & Operability Study and Determining Safety Integrity	Leve R. Noriyati, W. Rozaq, A. Soepriyanto	<a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095047">https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095047</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v Hazard and o		09.11.22
11	ScienceDirect		5 The application of hazard and operability studies to real time struct	B. D. Hebborn, P. Penelon	<a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095047">https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095047</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v Hazard and o		09.11.22
12	ScienceDirect		1 Application of multivariable process monitoring techniques to HAZ	R. Mokharrame, A. Akbar, S. Harasi	<a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095047">https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095047</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v HAZOP study		09.11.22
13	ScienceDirect		2 Ontology-based computer aid for the automation of HAZOP studies	J. I. Single, J. Schmidt, J. Denecke	<a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095047">https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095047</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v HAZOP study		09.11.22
14	ScienceDirect		3 An expanded HAZOP-study with fuzzy-AHP (XPA-HAZOP technic)	P. K. Marhavilas, M. Filippidis, D. E. Ke	<a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092577">https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092577</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v HAZOP study		09.11.22
15	ScienceDirect		4 The integration of HAZOP study with risk-matrix and the analytical	P. K. Marhavilas, M. Filippidis, G. Koull	<a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095047">https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095047</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v HAZOP study		09.11.22
16	ScienceDirect		5 State of research on the automation of HAZOP studies	J. I. Single, J. Schmidt, J. Denecke	<a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095047">https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095047</a>	Ausschluss	Sekundärliteratur	HAZOP study	09.11.22
17	ScienceDirect		6 Beyond-compliance uses of HAZOP/LOPA studies	R. Johnson	<a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095047">https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095047</a>	Einschluss	Sekundärliteratur	HAZOP study	09.11.22
18	ScienceDirect		7 HAZOP study training from the 1970s to today	B. J. Tyler	<a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095047">https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095047</a>	Einschluss	Sekundärliteratur	HAZOP study	09.11.22
19	ScienceDirect		8 HAZOP Study with Qualitative Risk Analysis for Prioritization of	C. L. Kotek, M. Tabas	<a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S187771">https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S187771</a>	Einschluss	Sekundärliteratur	HAZOP study	09.11.22
20	ScienceDirect		9 Automating HAZOP studies using D-higraphis	B. Martinez, M. Rodriguez, I. Diaz	<a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095047">https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095047</a>	Einschluss	Sekundärliteratur	HAZOP study	09.11.22
21	google scholar		Hazop—past and future	T. A. Kletz	<a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S09518320960011007">https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S09518320960011007</a>	Einschluss	Primärliteratur	HAZOP	09.11.22

Suchprotokoll systematische Literaturrecherche HAZOP-Verfahren – Technische Sicherheit

lfd. nr.	Datenbank	Nr.	Titel	Autor	Link	Einschluss / Ausschluss	Einschluss-/ Ausschlusskriterium	Suchterm	Datum
14	Technische Sicherheit	6	HAZOP und PAAG sind tragende Säulen in der Prozesssicherheit Stetige Weiterentwicklung in der Praxis ist Voraussetzung	J. Sommer	<a href="https://e-paaper.vdi-fachmedien.de/webreader/1703/media/%7E">https://e-paaper.vdi-fachmedien.de/webreader/1703/media/%7E</a>	Einschluss	Sekundärliteratur	PAAG	13.11.22
17	Technische Sicherheit	3	Management von „kleinen“ Änderungen Dr. Joachim Sommer, Heidelbergliteratur	J. Sommer	<a href="https://e-paaper.vdi-fachmedien.de/webreader/1709/media/%7E">https://e-paaper.vdi-fachmedien.de/webreader/1709/media/%7E</a>	Einschluss	Sekundärliteratur	PAAG	13.11.22
13	Technische Sicherheit	2	Methoden zur Risikoanalyse und -bewertung in verfahrenstechnischen Anlagen	J. Sommer	<a href="https://e-paaper.vdi-fachmedien.de/webreader/1713/media/%7E">https://e-paaper.vdi-fachmedien.de/webreader/1713/media/%7E</a>	Einschluss	Sekundärliteratur	PAAG	13.11.22
1	Technische Sicherheit	1	Methoden zur Risikoanalyse und -bewertung in verfahrenstechnischen Anlagen	J. Sommer	<a href="https://so.vdi-verlag.de/login/?clientId=tiaps_fm">https://so.vdi-verlag.de/login/?clientId=tiaps_fm</a>	Einschluss	Sekundärliteratur	HAZOP	13.11.22
9	Technische Sicherheit	9	Sicherheitstechnische Beurteilung von Produktionsanlagen Promotionsvorhaben im Fachgebiet Sicherheitstechnik/Arbeitsmittel	A. Conrad	<a href="https://e-paaper.vdi-fachmedien.de/webreader/2111/media/%7E">https://e-paaper.vdi-fachmedien.de/webreader/2111/media/%7E</a>	Einschluss	Sekundärliteratur	HAZOP	13.11.22
12	Technische Sicherheit	10	Woher braucht man noch die Anlagensicherheit? Die Gefährdungsbeurteilung macht bereits der Arbeitsschutz!	J. Sommer	<a href="https://e-paaper.vdi-fachmedien.de/webreader/1717/media/%7E">https://e-paaper.vdi-fachmedien.de/webreader/1717/media/%7E</a>	Einschluss	Sekundärliteratur	PAAG	13.11.22
10	Technische Sicherheit	11	Essener Explosionschutztag Seminar: Explosionschutz durch Eigensicherheit 3. Jahrestagung „Process Safety Excellence“	N.N.	<a href="https://e-paaper.vdi-fachmedien.de/webreader/2113/media/%7E">https://e-paaper.vdi-fachmedien.de/webreader/2113/media/%7E</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v HAZOP	PAAG	13.11.22
8	Technische Sicherheit	8	Blitzschutz bei Biogasanlagen Praxisaspekt des „PRIVISION“-Demonstrators PAAG-Verfahren und Normung	N.N.	<a href="https://e-paaper.vdi-fachmedien.de/webreader/2111/media/%7E">https://e-paaper.vdi-fachmedien.de/webreader/2111/media/%7E</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v HAZOP	PAAG	13.11.22
11	Technische Sicherheit	11	Der „Duktus“ zur Explosionsgefährdungsbewertung Ein methodisches Werkzeug zur Unterstützung dieser Herausforderung	K. Maiwald	<a href="https://e-paaper.vdi-fachmedien.de/webreader/2113/media/%7E">https://e-paaper.vdi-fachmedien.de/webreader/2113/media/%7E</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v HAZOP	PAAG	13.11.22
5	Technische Sicherheit	5	Editorial Gewässerschutz Sicherheitstechnik Blitzschutz Gefährdungstransport Prozesssicherheit Marktüberwachung Messtechnik	N.N.	<a href="https://e-paaper.vdi-fachmedien.de/webreader/1703/media/%7E">https://e-paaper.vdi-fachmedien.de/webreader/1703/media/%7E</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v HAZOP	PAAG	13.11.22
16	Technische Sicherheit	5	Editorial Gewässerschutz Sicherheitstechnik Blitzschutz Gefährdungstransport Prozesssicherheit Marktüberwachung Messtechnik	N.N.	<a href="https://e-paaper.vdi-fachmedien.de/webreader/1703/media/%7E">https://e-paaper.vdi-fachmedien.de/webreader/1703/media/%7E</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v HAZOP	PAAG	13.11.22
3	Technische Sicherheit	3	Editorial Störfallverordnung und Anlagensicherheit Explosionsschutz Rohrleitungen Arbeits- und Gesundheitsschutz Rubrik N.N.	N.N.	<a href="https://e-paaper.vdi-fachmedien.de/webreader/2035/media/%7E">https://e-paaper.vdi-fachmedien.de/webreader/2035/media/%7E</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v HAZOP	PAAG	13.11.22
15	Technische Sicherheit	4	Erfahrungen mit PTL-Schutzmaßnahmen bei Störfallinspektionen aus Behördenacht	H. Wolfänger	<a href="https://e-paaper.vdi-fachmedien.de/webreader/2035/media/%7E">https://e-paaper.vdi-fachmedien.de/webreader/2035/media/%7E</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v HAZOP	PAAG	13.11.22
4	Technische Sicherheit	4	HAZOP 1 Fußnote 1 - Studie für eine Offshore-Anlage zur Munitionsbeseitigung	U. Weber, L.	<a href="https://e-paaper.vdi-fachmedien.de/webreader/2035/media/%7E">https://e-paaper.vdi-fachmedien.de/webreader/2035/media/%7E</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v HAZOP	PAAG	13.11.22
6	Technische Sicherheit	6	HAZOP und PAAG sind tragende Säulen in der Prozesssicherheit Stetige Weiterentwicklung in der Praxis ist Voraussetzung	J. Sommer	<a href="https://e-paaper.vdi-fachmedien.de/webreader/1703/media/%7E">https://e-paaper.vdi-fachmedien.de/webreader/1703/media/%7E</a>	Einschluss	Sekundärliteratur	HAZOP	13.11.22
2	Technische Sicherheit	2	Management von „kleinen“ Änderungen	J. Sommer	<a href="https://e-paaper.vdi-fachmedien.de/webreader/1709/media/%7E">https://e-paaper.vdi-fachmedien.de/webreader/1709/media/%7E</a>	Einschluss	Sekundärliteratur	HAZOP	13.11.22
7	Technische Sicherheit	7	Seminar: Explosionschutz im Anlagenbau 33. Münchner Gefahrstoff- und Sicherheits-Tage 2017 3. Jahrestagung „Process N.N.“	N.N.	<a href="https://e-paaper.vdi-fachmedien.de/webreader/2111/media/%7E">https://e-paaper.vdi-fachmedien.de/webreader/2111/media/%7E</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v HAZOP	HAZOP	13.11.22

## Suchprotokoll systematische Literaturrecherche HAZOP-Verfahren – Arbeitsschutz Digital

Idf. Nr.	Datenbank	Nr.	Titel	Inhalt	Titel	Autoren	Link	Einschluss / Ausschluss	Einschluss- / Ausschlusskriterium	Suchterm	Datum
1	AS-digital	1	21937 – FBRCI-009 „Gefährdungsbeurteilung und Sicherheitsbetrachtung bei chemischen Reaktionen“	D. Berthold	DGVV	<a href="https://www.arbeitsschutzdigital.de/Auschluss">https://www.arbeitsschutzdigital.de/Auschluss</a>	Ausschluss	Sekundärquelle	PAAG	13.11.22	
2	AS-digital	2	Gefährdungsbeurteilung im Explosionsschutz	D. Berthold	DGVV	<a href="https://www.arbeitsschutzdigital.de/Auschluss">https://www.arbeitsschutzdigital.de/Auschluss</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v PAAG	PAAG	13.11.22	
3	AS-digital	3	KAS-9 K – Bericht Auswertung der Erfahrungsberichte über Prüfungen der Sachverständigen nach BAuA	B. A. A.	BAuA	<a href="https://www.arbeitsschutzdigital.de/Auschluss">https://www.arbeitsschutzdigital.de/Auschluss</a>	Ausschluss	Sekundärquelle	PAAG	13.11.22	
4	AS-digital	4	TRGS 725 – Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre – Mess-, Steuer- und Regelrichtungen im BauA	G. Lehder, R. Skiba	BAuA	<a href="https://www.arbeitsschutzdigital.de/Auschluss">https://www.arbeitsschutzdigital.de/Auschluss</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v PAAG	PAAG	13.11.22	
5	AS-digital	5	Methodisches Vorgehen in der Arbeitssicherheit	R. Semmler	BAuA	<a href="https://www.arbeitsschutzdigital.de/Auschluss">https://www.arbeitsschutzdigital.de/Auschluss</a>	Ausschluss	Sekundärquelle	HAZOP	13.11.22	
6	AS-digital	1	Gefahrenanalyse: Die Zukunft der HAZOP-Analyse	R. Semmler	BAuA	<a href="https://www.arbeitsschutzdigital.de/Auschluss">https://www.arbeitsschutzdigital.de/Auschluss</a>	Ausschluss	Sekundärquelle	HAZOP	13.11.22	
7	AS-digital	2	Gefahr erkannt, Gefahr gebannt?	R. Semmler	BAuA	<a href="https://www.arbeitsschutzdigital.de/Auschluss">https://www.arbeitsschutzdigital.de/Auschluss</a>	Ausschluss	Sekundärquelle	HAZOP	13.11.22	
8	AS-digital	3	Mit HAZOP-Analysen auch gegen neue Risiken wappnen	R. Semmler	BAuA	<a href="https://www.arbeitsschutzdigital.de/Auschluss">https://www.arbeitsschutzdigital.de/Auschluss</a>	Ausschluss	Sekundärquelle	HAZOP	13.11.22	
9	AS-digital	4	Editorial	C. Kickum	BAuA	<a href="https://www.arbeitsschutzdigital.de/Auschluss">https://www.arbeitsschutzdigital.de/Auschluss</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v HAZOP	HAZOP	13.11.22	
10	AS-digital	5	EmpfBS 1115 – Umgang mit Risiken durch Angriffe auf die Cyber-Sicherheit von sicherheitsrelevanten BauA	C. Kickum	BAuA	<a href="https://www.arbeitsschutzdigital.de/Auschluss">https://www.arbeitsschutzdigital.de/Auschluss</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v HAZOP	HAZOP	13.11.22	
11	AS-digital	6	EmpfBS 1115 – Umgang mit Risiken durch Angriffe auf die Cyber-Sicherheit von sicherheitsrelevanten BauA	C. Kickum	BAuA	<a href="https://www.arbeitsschutzdigital.de/Auschluss">https://www.arbeitsschutzdigital.de/Auschluss</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v HAZOP	HAZOP	13.11.22	
12	AS-digital	7	TRGS 725 – Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre – Mess-, Steuer- und Regelrichtungen im BauA	P. Wengler, J. Huck,	BAuA	<a href="https://www.arbeitsschutzdigital.de/Auschluss">https://www.arbeitsschutzdigital.de/Auschluss</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v HAZOP	HAZOP	13.11.22	
13	AS-digital	8	Hochschulen – ein Spezialfall im Arbeitsschutz?	P. Wengler, J. Huck,	BAuA	<a href="https://www.arbeitsschutzdigital.de/Auschluss">https://www.arbeitsschutzdigital.de/Auschluss</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v HAZOP	HAZOP	13.11.22	
14	AS-digital	9	KAS-29 – Leitfaden Besondere Anforderungen an Sicherheitstechnik und Sicherheitsorganisation zu BauA	P. Wengler, J. Huck,	BAuA	<a href="https://www.arbeitsschutzdigital.de/Auschluss">https://www.arbeitsschutzdigital.de/Auschluss</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v HAZOP	HAZOP	13.11.22	
15	AS-digital	1	Risikoermittlung und technische Umsetzung bei der funktionellen Sicherheit	H.-J. Paulick	DGVV	<a href="https://www.arbeitsschutzdigital.de/Auschluss">https://www.arbeitsschutzdigital.de/Auschluss</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v hazard and or	über Schmeeb	13.11.22	
16	DGVV	1	chemischen Reaktionen	DGVV	DGVV	<a href="https://publikationen.dguv.de/w/Auschluss">https://publikationen.dguv.de/w/Auschluss</a>	Ausschluss	Sekundärquelle	über Schmeeb	13.11.22	

Suchprotokoll systematische Literaturrecherche HAZOP-Verfahren – Gesamtübersicht

Hd. Nr.	Datenbank	Nr.	Titel	Autor	Link	Einschluss / Ausschlusskriterium	Suchterm	Datum	Kriterium 2
1	AS-digital	1	21937 – FBRCl-009 „Gefährdungsbeurteilung und Sicherheitsbewertung bei der BG RCI		<a href="https://www.g">https://www.g</a>	Einschluss	PAAG	13.11.22	Ausschluss
2	google scholar	2	Sicherheitsanalysen zur systematischen Überprüfung von Verfahren und Anlage V. Pilz		<a href="https://online">https://online</a>	Einschluss	PAAG Verfah	08.11.22	Einschluss
3	ScienceDirect	3	The HAZOP Leader's Handbook	P. Eames	<a href="https://www.s">https://www.s</a>	Einschluss	HAZOP	09.11.22	Einschluss
3	google scholar	3	Grundlagen der sicheren Chemieproduktion	A. Lippert, V. Pilz	<a href="https://online">https://online</a>	Einschluss	Verwendung Schneeballverfahren - R PAAG Verfah	08.11.22	Einschluss
3	AS-digital	3	KAS-9 K – Bericht Auswertung der Erfahrungsberichte über Prüfungen der Saef Kommission für Anlagensicherheit (P		<a href="https://www.g">https://www.g</a>	Einschluss	PAAG	13.11.22	Ausschluss
3	ScienceDirect	3	Practical Hazops, Trips and Alarms	D. Macdonald, S. Mackay	<a href="https://www.s">https://www.s</a>	Einschluss	HAZOP	09.11.22	Ausschluss
4	ScienceDirect	4	Intelligent HAZOP analysis method based on data mining	F. Wang, W. Gu	<a href="https://www.s">https://www.s</a>	Einschluss	HAZOP	09.11.22	Ausschluss
5	AS-digital	5	Methodisches Vorgehen in der Arbeitssicherheit	G. Lehder, R. Skiba	<a href="https://www.g">https://www.g</a>	Einschluss	PAAG	13.11.22	Einschluss
6	google scholar	6	8.1 Risiko- und Sicherheitsanalysen im Überblick	U. Hauptmanns	<a href="https://books">https://books</a>	Einschluss	PAAG Verfah	08.11.22	Einschluss
6	AS-digital	6	Gefahrenanalyse: Die Zukunft der HAZOP-Analyse	R. Semmler	<a href="https://www.g">https://www.g</a>	Einschluss	HAZOP	13.11.22	Einschluss
7	ScienceDirect	7	1 4: Hazard and operability study (HAZOP)	F. Crawley	<a href="https://www.g">https://www.g</a>	Einschluss	Hazard and o	09.11.22	Einschluss
7	AS-digital	7	Gefahr erkannt, Gefahr gebannt?	R. Semmler	<a href="https://www.g">https://www.g</a>	Einschluss	HAZOP	13.11.22	Einschluss
8	AS-digital	8	Mit HAZOP-Analysen auch gegen neue Risiken wappnen	R. Semmler	<a href="https://www.g">https://www.g</a>	Einschluss	HAZOP	13.11.22	Einschluss
8	ScienceDirect	2	A critique of the Hazard and Operability (HAZOP) study	P. Boyutt	<a href="https://www.g">https://www.g</a>	Einschluss	Hazard and o	09.11.22	Einschluss
9	Technische Stel	9	Sicherheitstechnische Beurteilung von Produktionsanlagen Promotionsvorhaben A. Conrad, A. Kahl		<a href="https://e-pang">https://e-pang</a>	Einschluss	HAZOP	13.11.22	Einschluss
9	google scholar	2	Hazard and operability (HAZOP) analysis. A literature review	J. Dunj6, V. Fihemakis, J. Vilchez, J.	<a href="https://www.s">https://www.s</a>	Einschluss	hazop operab	08.11.22	Einschluss
12	Technische Stel	1	Wozu braucht man noch die Anlagensicherheit? Die Gefährdungsbeurteilung mit J. Sommer		<a href="https://e-pang">https://e-pang</a>	Einschluss	PAAG	13.11.22	Einschluss
13	AS-digital	8	Hochschulen – ein Spezialfall im Arbeitsschutz?	P. Wengler, J. Huck, L. Draack	<a href="https://www.g">https://www.g</a>	Einschluss	HAZOP	13.11.22	Ausschluss
13	Bib Uni W-Tal	13	Representing Causal Structures in HAZOP Studies	A. Klose, F. Kessler	<a href="https://www.g">https://www.g</a>	Einschluss	HAZOP	09.11.22	Ausschluss
13	Technische Stel	2	Methoden zur Risikoanalyse und -bewertung in verfahrenstechnischen Anlagen J. Sommer		<a href="https://e-pang">https://e-pang</a>	Einschluss	PAAG	13.11.22	Einschluss
14	Technische Stel	3	Management von „kleinen“ Änderungen Dr. Joachim Sommer, Heideberg Liter J. Sommer		<a href="https://e-pang">https://e-pang</a>	Einschluss	PAAG	13.11.22	Ausschluss
15	google scholar	9	HAZOP: Guide to best practise	F. Crawley, B. Tyler	<a href="https://books">https://books</a>	Einschluss	hazop operab	08.11.22	Einschluss
15	Bib Uni W-Tal	1	Ein modifiziertes PAAG-Verfahren zur sicherheitstechnischen Analyse einer						
16	Bib Uni W-Tal	1	chemischen Anlage	A. Kretzitz, M. Neumeister		Einschluss	PAAG Verfah	09.11.22	Ausschluss
16	Bib Uni W-Tal	2	Das PAAG-Verfahren : Methodik, Anwendung, Beispiele	N. N.		Einschluss	PAAG Verfah	09.11.22	Einschluss
16	ScienceDirect	5	State of research on the automation of HAZOP studies	J. I. Single, J. Schmidt, J. Denecke	<a href="https://www.s">https://www.s</a>	Einschluss	HAZOP study	09.11.22	Ausschluss
16	DGUV	1	Gefährdungsbeurteilung und Sicherheitsbewertung bei		<a href="https://publik">https://publik</a>	Einschluss	über Schneeb	13.11.22	Ausschluss
17	Technische Stel	6	HAZOP und PAAG sind tragende Säulen in der Prozesssicherheit Stietge Weitere J. Sommer		<a href="https://e-pang">https://e-pang</a>	Einschluss	PAAG	13.11.22	Einschluss
17	ScienceDirect	6	Beyond-compliance uses of HAZOP/LOPA studies	R. W. Johnson	<a href="https://www.s">https://www.s</a>	Einschluss	HAZOP study	09.11.22	Ausschluss
17	Bib Uni W-Tal	3	Die Grundzüge des PAAG-Verfahrens und ergänzende Arbeiten bei der						
18	Bib Uni W-Tal	4	Überprüfung von Anlagen	F. P. Lees, J. R. Roach	kein Link ver	Einschluss	PAAG Verfah	09.11.22	Ausschluss
18	Bib Uni W-Tal	4	Beyond HAZOP: Analyzing common cause and system scenarios	E. Roche, W. Dupont	kein Link ver	Einschluss	PAAG Verfah	09.11.22	Einschluss
18	ScienceDirect	7	HAZOP study training from the 1970s to today	B. J. Tyler	<a href="https://www.s">https://www.s</a>	Einschluss	HAZOP study	09.11.22	Einschluss
19	ScienceDirect	8	HAZOP Study with Qualitative Risk Analysis for Prioritization of Corrective and L. Konek, M. Tabas		<a href="https://www.s">https://www.s</a>	Einschluss	HAZOP study	09.11.22	Ausschluss
20	ScienceDirect	9	Automating HAZOP studies using D-bigraphs	B. Martinez, M. Rodriguez, I. Diaz	<a href="https://www.s">https://www.s</a>	Einschluss	HAZOP study	09.11.22	Ausschluss
21	google scholar	9	Hazop—past and future	T. Kletz	<a href="https://www.s">https://www.s</a>	Einschluss	HAZOP	09.11.22	Einschluss
25	Bib Uni W-Tal	4	Hazard and Operability Study (HAZOP)	J.-P. Signoret, A. Leroy	kein Link ver	Einschluss	hazard and or	09.11.22	Einschluss
32	Bib Uni W-Tal	3	Visual HAZOP	D. Hatch, P. McCulloch	kein Link ver	Einschluss	PAAG Verfah	09.11.22	Ausschluss
34	google scholar	3	Experimental methods in chemical engineering: Hazard and operability analysis- P. Mocellin, J. Tommaso, C. Vianello		<a href="https://online">https://online</a>	Einschluss	hazop operab	09.11.22	Ausschluss
41	Bib Uni W-Tal	1	(HAZOP)	E. Huber, G. Burgbacher		Einschluss	PAAG Verfah	09.11.22	Ausschluss
42	google scholar	5	[PDF] Einführung in die Risikoanalyse: Systematik und Methoden	J. Bachstiger, H. Burg, K. Eigenmann	<a href="https://www.r">https://www.r</a>	Einschluss	Risikoanalyse	09.11.22	Einschluss
44	google scholar	7	Methodik zur Durchführung einer Quantitativen Risikoanalyse unter Berücksich Y. Drezwit		<a href="http://www.dl">http://www.dl</a>	Einschluss	Risikoanalyse	09.11.22	Ausschluss
46	google scholar	2	The role of hazard and operability study in risk analysis of major hazard plant	A. Qureshi	<a href="https://www.s">https://www.s</a>	Einschluss	risk analysis h	09.11.22	Ausschluss
52	google scholar	3	Sicherheitstechnik in der Verfahrenstechnik	P. Dietz, N. Betsheim, S. Böning	<a href="https://link.g">https://link.g</a>	Einschluss	Arbeitschritt	09.11.22	Ausschluss
53	google scholar	3	Darstellung und Bewertung von Analyseinstrumenten zur Gefährdungsbeurteilu O. Fischer		<a href="https://books">https://books</a>	Einschluss	Arbeitschritt	09.11.22	Ausschluss
54	google scholar	4	Die Bedeutung der Simulation für menschliche Zuverlässigkeit im Umgang mit r B. Ludborz		<a href="https://link.g">https://link.g</a>	Einschluss	Arbeitschritt	09.11.22	Ausschluss
59	google scholar	3	HAZOP study with qualitative risk analysis for prioritization of corrective and pr L. Konek, M. Tabas		<a href="https://www.s">https://www.s</a>	Einschluss	HAZOP meth	09.11.22	Ausschluss
61	google scholar	5	Experience with the application of HAZOP to computer-based systems	J. McDermaid, M. Nicholson	<a href="https://eiccp">https://eiccp</a>	Einschluss	HAZOP meth	09.11.22	Ausschluss
62	google scholar	6	Hazard analysis using HAZOP: A case study	M. Chudleigh	<a href="https://link.g">https://link.g</a>	Einschluss	HAZOP meth	09.11.22	Ausschluss
63	google scholar	1	OptiHAZOP—an effective and optimum approach for HAZOP study	F. Khan, S. Abbasi	<a href="https://www.s">https://www.s</a>	Einschluss	HAZOP STUI	09.11.22	Ausschluss
65	google scholar	3	HAZOP study with qualitative risk analysis for prioritization of corrective and pr L. Konek, M. Tabas		<a href="https://www.s">https://www.s</a>	Einschluss	HAZOP STUI	09.11.22	Ausschluss
67	google scholar	5	Operability studies and hazard analysis	H.G. Lawley	<a href="https://www.s">https://www.s</a>	Einschluss	HAZOP STUI	09.11.22	Einschluss

## Anhang III - Suchprotokolle systematische Literaturrecherche Risikowahrnehmung

Suchmaschine/ Datenbank	Datum	Suchterm	Einschränkungen	Trefferzahl
Google Scholar	15.11.22	Risikowahrnehmung	-	10.200
Google Scholar	15.11.22	Gefahrenwahrnehmung	Abbruch, da keine neue fachspezifische Publikati	891
Google Scholar	15.11.22	Subjektive Risikowahrnehmung		5.200
Google Scholar	15.11.22	risk perception		6.890.000
Google Scholar	15.11.22	subjektive Risikoanalyse	Abbruch, da keine neue fachspezifische Publikati	11.300
Google Scholar	15.11.22	subjektive Risikobewertung		15.500
Google Scholar	15.11.22	Risikoakzeptanz		2.190
Google Scholar	15.11.22	subjektive Risikoakzeptanz	Abbruch, da ausschließlich Dopplungen	1.510
Google Scholar	15.11.22	Risikobeurteilung	Abbruch, da ausschließlich Dopplungen	11.200
Google Scholar	15.11.22	Risk assessment	Abbruch, da keine neue fachspezifische Publikati	6.560.000
Google Scholar	15.11.22	Risikobeurteilung Experte		15.700
Google Scholar	15.11.22	Risikowahrnehmung Experte		4.670
Google Scholar	15.11.22	Experte	Literatur bereits im Teil "Experte" betrachtet	228.000
Google Scholar	15.11.22	Expertentum Risikowahrnehmung	Abbruch, da keine neue fachspezifische Publikati	99
Google Scholar	15.11.22	Experte Wahrnehmung Risiko	Abbruch, da keine neue fachspezifische Publikati	43
Google Scholar	15.11.22	Gefahren einschätzung	Abbruch, da keine neue fachspezifische Publikati	1.020
Google Scholar	15.11.22	Risikoforschung		5.730
Google Scholar	15.11.22	risk psychometric	Ableitung aus "Risk Assessment" im Schneeball	1.120.000
Universitäts Bibliothek Wuppertal	15.11.22	Risikowahrnehmung		2720
Universitäts Bibliothek Wuppertal	15.11.22	Gefahrenwahrnehmung	Abbruch, da keine neue fachspezifische Publikati	150
Universitäts Bibliothek Wuppertal	15.11.22	Subjektive Risikowahrnehmung		216
Universitäts Bibliothek Wuppertal	15.11.22	risk perception	Abbruch, da keine neue fachspezifische Publikati	501.469
Universitäts Bibliothek Wuppertal	15.11.22	subjektive Risikoanalyse	Abbruch, da keine neue fachspezifische Publikati	81
Universitäts Bibliothek Wuppertal	15.11.22	subjektive Risikobewertung		83
Universitäts Bibliothek Wuppertal	15.11.22	Risikoakzeptanz		247
Universitäts Bibliothek Wuppertal	15.11.22	subjektive Risikoakzeptanz		18
Universitäts Bibliothek Wuppertal	15.11.22	Risikobeurteilung	Abbruch, da keine neue fachspezifische Publikati	2124
Universitäts Bibliothek Wuppertal	15.11.22	Risk assessment	Abbruch, da keine neue fachspezifische Publikati	3.022.335
Universitäts Bibliothek Wuppertal	15.11.22	Risikobeurteilung Experte	Abbruch, da keine neue fachspezifische Publikati	18
Universitäts Bibliothek Wuppertal	15.11.22	Risikowahrnehmung Experte		46
Universitäts Bibliothek Wuppertal	15.11.22	Risikowahrnehmung Sachkundiger		0
Universitäts Bibliothek Wuppertal	15.11.22	Expertentum Risikowahrnehmung		0
Universitäts Bibliothek Wuppertal	15.11.22	Experte Wahrnehmung Risiko	Abbruch, da ausschließlich Dopplungen	135
Universitäts Bibliothek Wuppertal	15.11.22	Gefahren einschätzung	Abbruch, da keine neue fachspezifische Publikati	64
Universitäts Bibliothek Wuppertal	15.11.22	Risikoforschung		1347
Universitäts Bibliothek Wuppertal	15.11.22	risk psychometric	Abbruch, da keine neue fachspezifische Publikati	61.319
Sciencedirect	15.11.22	Risikowahrnehmung		53
Sciencedirect	15.11.22	Gefahrenwahrnehmung	Abbruch, da keine neue fachspezifische Publikati	4
Sciencedirect	15.11.22	Subjektive Risikowahrnehmung		18
Sciencedirect	15.11.22	risk perception		488.833
Sciencedirect	15.11.22	subjektive Risikoanalyse	Abbruch, da keine neue fachspezifische Publikati	27
Sciencedirect	15.11.22	subjektive Risikobewertung	Abbruch, da keine neue fachspezifische Publikati	57
Sciencedirect	15.11.22	Risikoakzeptanz	Abbruch, da keine neue fachspezifische Publikati	6
Sciencedirect	15.11.22	subjektive Risikoakzeptanz	Abbruch, da keine neue fachspezifische Publikati	1
Sciencedirect	15.11.22	Risikobeurteilung	Abbruch, da keine neue fachspezifische Publikati	206
Sciencedirect	15.11.22	Risk assessment	Abbruch, da keine neue fachspezifische Publikati	1.000.000
Sciencedirect	15.11.22	Risikobeurteilung Experte	Abbruch, da keine neue fachspezifische Publikati	2
Sciencedirect	15.11.22	Risikowahrnehmung Experte	Abbruch, da keine neue fachspezifische Publikati	1
Sciencedirect	15.11.22	Risikowahrnehmung Sachkundiger		0
Sciencedirect	15.11.22	Expertentum Risikowahrnehmung		0
Sciencedirect	15.11.22	Experte Wahrnehmung Risiko		54
Sciencedirect	15.11.22	Gefahren einschätzung		18
Sciencedirect	15.11.22	Risikoforschung		19
Sciencedirect	15.11.22	risk psychometric		69.467
Psyndex Pubpsych	15.11.22	Risikowahrnehmung		1175
Psyndex Pubpsych	15.11.22	Gefahrenwahrnehmung		36
Psyndex Pubpsych	15.11.22	Subjektive Risikowahrnehmung		36
Psyndex Pubpsych	15.11.22	risk perception		2136
Psyndex Pubpsych	15.11.22	subjektive Risikoanalyse	Abbruch, da keine neue fachspezifische Publikati	2
Psyndex Pubpsych	15.11.22	subjektive Risikobewertung	Abbruch, da keine neue fachspezifische Publikati	3
Psyndex Pubpsych	15.11.22	Risikoakzeptanz	Abbruch, da keine neue fachspezifische Publikati	25
Psyndex Pubpsych	15.11.22	subjektive Risikoakzeptanz		3
Psyndex Pubpsych	15.11.22	Risikobeurteilung		57
Psyndex Pubpsych	15.11.22	Risk assessment		3990
Psyndex Pubpsych	15.11.22	Risikobeurteilung Experte	Abbruch, da keine neue fachspezifische Publikati	57
Psyndex Pubpsych	15.11.22	Risikowahrnehmung Experte		0
Psyndex Pubpsych	15.11.22	Risikowahrnehmung Sachkundiger		0
Psyndex Pubpsych	15.11.22	Expertentum Risikowahrnehmung		0
Psyndex Pubpsych	15.11.22	Experte Wahrnehmung Risiko		0
Psyndex Pubpsych	15.11.22	Gefahren einschätzung		0
Psyndex Pubpsych	15.11.22	Risikoforschung		53
Psyndex Pubpsych	15.11.22	risk psychometric		348

Suchprotokolle systematische Literaturrecherche Risikowahrnehmung – Google Scholar

lfd. Nr.	Datenbank	Nr.	Titel	Autor	Link	Einschluss / Ausschluss	Einschlusskriterium	Suchterm	Datum
1	google scholar	1	Risikowahrnehmung	B Renner	<a href="https://kops.uni-konstanz.de/bitstream/30117/9222/619-431f-9f1b-360">https://kops.uni-konstanz.de/bitstream/30117/9222/619-431f-9f1b-360</a>	Einschluss	Primärquelle	Risikowahrnehmung	15.11.22
2	google scholar	8	Weitsicht mit Risiko	G Gindl	<a href="https://www.branche.de/du/pub/publikation/30117/9222/619-431f-9f1b-360">https://www.branche.de/du/pub/publikation/30117/9222/619-431f-9f1b-360</a>	Einschluss	Primärquelle	Risikowahrnehmung	15.11.22
3	google scholar	3	Risikowahrnehmung in der Kernenergie	O Renn	<a href="https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:59-54107">https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:59-54107</a>	Einschluss	Primärquelle	Risikowahrnehmung	15.11.22
4	google scholar	3	Risikowahrnehmung und Risikowahrnehmung	B Renner	<a href="https://kops.uni-konstanz.de/handle/10.1007/978-3-658-37083-1_4">https://kops.uni-konstanz.de/handle/10.1007/978-3-658-37083-1_4</a>	Einschluss	Primärquelle	Risikowahrnehmung	15.11.22
5	google scholar	4	Risikowahrnehmung in Chemie-Anlagen: Der Process Safety Quick Check S Klapper, M Odenwald, B Rockstroh		<a href="https://pub.wuppertal-univ.de/handle/11682/7865">https://pub.wuppertal-univ.de/handle/11682/7865</a>	Einschluss	Primärquelle	Risikowahrnehmung	15.11.22
6	google scholar	4	Die Blindheit der Gesellschaft: Filler der Risikowahrnehmung	H Luthmann	<a href="https://pub.wuppertal-univ.de/handle/11682/7865">https://pub.wuppertal-univ.de/handle/11682/7865</a>	Einschluss	Primärquelle	Risikowahrnehmung	15.11.22
7	google scholar	8	Risikowahrnehmung und Risikobewertung: soziale Perzeption und O Renn		<a href="https://books.google.de/books?id=68l8r-8d-6g&amp;oi=fnd&amp;pg=PA113&amp;dq=risikowahrnehmung+und+der+G+U+U+frage">https://books.google.de/books?id=68l8r-8d-6g&amp;oi=fnd&amp;pg=PA113&amp;dq=risikowahrnehmung+und+der+G+U+U+frage</a>	Einschluss	Primärquelle	Risikowahrnehmung	15.11.22
8	google scholar	10	Survivability-Psychologie der Gefahrenwahrnehmung und der G U U Frage		<a href="https://books.google.de/books?id=68l8r-8d-6g&amp;oi=fnd&amp;pg=PA113&amp;dq=risikowahrnehmung+und+der+G+U+U+frage">https://books.google.de/books?id=68l8r-8d-6g&amp;oi=fnd&amp;pg=PA113&amp;dq=risikowahrnehmung+und+der+G+U+U+frage</a>	Einschluss	Primärquelle	Risikowahrnehmung	15.11.22
9	google scholar	2	Gefahrenwahrnehmung und Expertise- Möglichkeiten der Erfassung A Biemann		<a href="https://books.google.de/books?id=68l8r-8d-6g&amp;oi=fnd&amp;pg=PA113&amp;dq=risikowahrnehmung+und+der+G+U+U+frage">https://books.google.de/books?id=68l8r-8d-6g&amp;oi=fnd&amp;pg=PA113&amp;dq=risikowahrnehmung+und+der+G+U+U+frage</a>	Einschluss	Primärquelle	Risikowahrnehmung	15.11.22
10	google scholar	13	Risikogenese: Prozess gesellschaftlicher Gefahrenwahrnehmung: S Bösch		<a href="https://books.google.de/books?id=68l8r-8d-6g&amp;oi=fnd&amp;pg=PA113&amp;dq=risikowahrnehmung+und+der+G+U+U+frage">https://books.google.de/books?id=68l8r-8d-6g&amp;oi=fnd&amp;pg=PA113&amp;dq=risikowahrnehmung+und+der+G+U+U+frage</a>	Einschluss	Primärquelle	Risikowahrnehmung	15.11.22
11	google scholar	2	Risikowahrnehmung und Risikowahrnehmung	B Renner	<a href="https://kops.uni-konstanz.de/handle/10.1024/0093-5911/a000457">https://kops.uni-konstanz.de/handle/10.1024/0093-5911/a000457</a>	Einschluss	Primärquelle	Risikowahrnehmung	15.11.22
12	google scholar	2	Risikowahrnehmung und Risikowahrnehmung	B Renner	<a href="https://kops.uni-konstanz.de/handle/10.1024/0093-5911/a000457">https://kops.uni-konstanz.de/handle/10.1024/0093-5911/a000457</a>	Einschluss	Primärquelle	Risikowahrnehmung	15.11.22
13	google scholar	3	Gesundheit: Selbstschädigendes Handeln trotz Wissen	S Klapper, M Odenwald, B Rockstroh	<a href="https://www.thieme-connect.com/products/journals/epidemiol/10.1055/s-0004570">https://www.thieme-connect.com/products/journals/epidemiol/10.1055/s-0004570</a>	Einschluss	Primärquelle	Risikowahrnehmung	15.11.22
14	google scholar	4	Risikowahrnehmung und Risikowahrnehmung	B Schwerner	<a href="https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-658-37071-8_2">https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-658-37071-8_2</a>	Einschluss	Primärquelle	Risikowahrnehmung	15.11.22
15	google scholar	4	Risikowahrnehmung und Risikowahrnehmung	H Müller-Peters	<a href="https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-658-37071-8_2">https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-658-37071-8_2</a>	Einschluss	Primärquelle	Risikowahrnehmung	15.11.22
16	google scholar	5	Subjektive Risikobewertung	D Proske	<a href="https://scholar.google.de/scholar?hl=de&amp;as_srl=9%2C%26%20Risikowahrnehmung">https://scholar.google.de/scholar?hl=de&amp;as_srl=9%2C%26%20Risikowahrnehmung</a>	Einschluss	Primärquelle	Risikowahrnehmung	15.11.22
17	google scholar	18	Risikowahrnehmung und Risikobewertung	L Haller	<a href="https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.springer-9f672679-a">https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.springer-9f672679-a</a>	Einschluss	Primärquelle	Risikowahrnehmung	15.11.22
18	google scholar	19	Risikowahrnehmung in der Gesellschaft	H Schütz PM Wiedemann	<a href="https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.springer-9f672679-a">https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.springer-9f672679-a</a>	Einschluss	Primärquelle	Risikowahrnehmung	15.11.22
19	google scholar	7	Risikowahrnehmung und Kommunikation	B Fischhoff, A Bostrom	<a href="https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.springer-9f672679-a">https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.springer-9f672679-a</a>	Einschluss	Primärquelle	Risikowahrnehmung	15.11.22
20	google scholar	2	Risk and risk perception: A literature review	L Boerlind, N Mazur - Kingstrom	<a href="https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.springer-9f672679-a">https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.springer-9f672679-a</a>	Einschluss	Primärquelle	Risikowahrnehmung	15.11.22
21	google scholar	2	Risk and risk perception: A literature review	R. Ferrer, WMP Klein	<a href="https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.springer-9f672679-a">https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.springer-9f672679-a</a>	Einschluss	Primärquelle	Risikowahrnehmung	15.11.22
22	google scholar	3	Risk perceptions and health behavior	P Slovic, B Fischhoff, S Lichtenstein	<a href="https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.springer-9f672679-a">https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.springer-9f672679-a</a>	Einschluss	Primärquelle	Risikowahrnehmung	15.11.22
23	google scholar	4	Risk perception	P Slovic, B Fischhoff, S Lichtenstein	<a href="https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.springer-9f672679-a">https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.springer-9f672679-a</a>	Einschluss	Primärquelle	Risikowahrnehmung	15.11.22
24	google scholar	5	Why study risk perception?	P Slovic, B Fischhoff, S Lichtenstein	<a href="https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.springer-9f672679-a">https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.springer-9f672679-a</a>	Einschluss	Primärquelle	Risikowahrnehmung	15.11.22
25	google scholar	6	Risk perception and risk management	O Renn	<a href="https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.springer-9f672679-a">https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.springer-9f672679-a</a>	Einschluss	Primärquelle	Risikowahrnehmung	15.11.22
26	google scholar	7	The role of risk perception for risk management	O Renn	<a href="https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.springer-9f672679-a">https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.springer-9f672679-a</a>	Einschluss	Primärquelle	Risikowahrnehmung	15.11.22
27	google scholar	8	Explaining risk perception	L Sjöberg	<a href="https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.springer-9f672679-a">https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.springer-9f672679-a</a>	Einschluss	Primärquelle	Risikowahrnehmung	15.11.22
28	google scholar	9	Risk perception and affect	P Slovic, E Peters	<a href="https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.springer-9f672679-a">https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.springer-9f672679-a</a>	Einschluss	Primärquelle	Risikowahrnehmung	15.11.22
29	google scholar	10	Reluctance to vaccinate: Omission bias and ambiguity	Ilana Ritov, Jonathan Baron	<a href="https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.springer-9f672679-a">https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.springer-9f672679-a</a>	Einschluss	Primärquelle	Risikowahrnehmung	15.11.22
30	google scholar	1	Der Einfluss von Risikowahrnehmung auf den (Subjektiven) Anteil B Kromschöder		<a href="https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.springer-9f672679-a">https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.springer-9f672679-a</a>	Einschluss	Primärquelle	Risikowahrnehmung	15.11.22
31	google scholar	2	Unsicherheit bei der Realisierung von Bauprojekten-Grenzen & Zimmermann, W Eber, S Tilke		<a href="https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.springer-9f672679-a">https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.springer-9f672679-a</a>	Einschluss	Primärquelle	Risikowahrnehmung	15.11.22
32	google scholar	3	Die subjektive Wahrnehmung technischer Risiken	O Renn	<a href="https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.springer-9f672679-a">https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.springer-9f672679-a</a>	Einschluss	Primärquelle	Risikowahrnehmung	15.11.22
33	google scholar	1	Subjektive Risikobewertung junger Fahrer	G Rüdiger, H Holle	<a href="https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.springer-9f672679-a">https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.springer-9f672679-a</a>	Einschluss	Primärquelle	Risikowahrnehmung	15.11.22
34	google scholar	2	Subjektive Risikobewertung	D Proske	<a href="https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.springer-9f672679-a">https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.springer-9f672679-a</a>	Einschluss	Primärquelle	Risikowahrnehmung	15.11.22
35	google scholar	3	Subjektive Risikobewertung-Über Datenhebung und Opinion P R Raus, J Wachter, S Schauer, S König		<a href="https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.springer-9f672679-a">https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.springer-9f672679-a</a>	Einschluss	Primärquelle	Risikowahrnehmung	15.11.22
36	google scholar	4	Wie gefährlich ist COVID-19? Die subjektive Risikoeinschätzung R Herwig, S Liebig		<a href="https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.springer-9f672679-a">https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.springer-9f672679-a</a>	Einschluss	Primärquelle	Risikowahrnehmung	15.11.22
37	google scholar	1	Risikoakzeptanz und Gefahrenverhalten	MM Zwick	<a href="https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.springer-9f672679-a">https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.springer-9f672679-a</a>	Einschluss	Primärquelle	Risikowahrnehmung	15.11.22
38	google scholar	2	Risikoakzeptanz als individuelle Entscheidung: zur Integration de M Slaby, D Urban		<a href="https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.springer-9f672679-a">https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.springer-9f672679-a</a>	Einschluss	Primärquelle	Risikowahrnehmung	15.11.22
39	google scholar	3	Vertrauen und Risikoakzeptanz: zur Relevanz von Vertrauen bei M Slaby		<a href="https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.springer-9f672679-a">https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.springer-9f672679-a</a>	Einschluss	Primärquelle	Risikowahrnehmung	15.11.22
40	google scholar	4	Risiko und Risikoakzeptanz	H Schaefer	<a href="https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.springer-9f672679-a">https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.springer-9f672679-a</a>	Einschluss	Primärquelle	Risikowahrnehmung	15.11.22
41	google scholar	1	Subjektive Risikobewertung-Über Datenhebung und Opinion P R Raus, J Wachter		<a href="https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.springer-9f672679-a">https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.springer-9f672679-a</a>	Einschluss	Primärquelle	Risikowahrnehmung	15.11.22
42	google scholar	2	Subjektive Risikobewertung junger Fahrer	G Rüdiger, H Holle	<a href="https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.springer-9f672679-a">https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.springer-9f672679-a</a>	Einschluss	Primärquelle	Risikowahrnehmung	15.11.22
43	google scholar	3	Subjektive Risikobewertung	D Proske	<a href="https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.springer-9f672679-a">https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.springer-9f672679-a</a>	Einschluss	Primärquelle	Risikowahrnehmung	15.11.22
44	google scholar	1	Kognitive Kompetenz zur Risikobewertung als Vorbedingung de M Rüdiger		<a href="https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.springer-9f672679-a">https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.springer-9f672679-a</a>	Einschluss	Primärquelle	Risikowahrnehmung	15.11.22
45	google scholar	2	ergiebte Risikobewertung: Konzepte, Probleme und Anwendung H Schütz, W Hemmings		<a href="https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.springer-9f672679-a">https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.springer-9f672679-a</a>	Einschluss	Primärquelle	Risikowahrnehmung	15.11.22
46	google scholar	3	Risikoaversion als relevanter Faktor der Risikobewertung von Na TM Plattner		<a href="https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.springer-9f672679-a">https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.springer-9f672679-a</a>	Einschluss	Primärquelle	Risikowahrnehmung	15.11.22
47	google scholar	4	Subjektive Risikobewertung-Über Datenhebung und Opinion P R Raus, J Wachter, S Schauer, S König		<a href="https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.springer-9f672679-a">https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.springer-9f672679-a</a>	Einschluss	Primärquelle	Risikowahrnehmung	15.11.22
48	google scholar	5	Über den Umgang mit Expertendissens Risikobewertung elektr PM Wiedemann		<a href="https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.springer-9f672679-a">https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.springer-9f672679-a</a>	Einschluss	Primärquelle	Risikowahrnehmung	15.11.22
49	google scholar	1	Risikowahrnehmung	B Renner	<a href="https://kops.uni-konstanz.de/bitstream/30117/9222/619-431f-9f1b-360">https://kops.uni-konstanz.de/bitstream/30117/9222/619-431f-9f1b-360</a>	Einschluss	Primärquelle	Risikowahrnehmung	15.11.22
50	google scholar	2	Risikoeinstellung und Risikowahrnehmung von Milchproduzenten M Schärmer, S Pechtrager		<a href="https://kops.uni-konstanz.de/bitstream/30117/9222/619-431f-9f1b-360">https://kops.uni-konstanz.de/bitstream/30117/9222/619-431f-9f1b-360</a>	Einschluss	Primärquelle	Risikowahrnehmung	15.11.22
51	google scholar	3	Wissen und Moral: Studien der Risikowahrnehmung	O Renn	<a href="https://kops.uni-konstanz.de/bitstream/30117/9222/619-431f-9f1b-360">https://kops.uni-konstanz.de/bitstream/30117/9222/619-431f-9f1b-360</a>	Einschluss	Primärquelle	Risikowahrnehmung	15.11.22
52	google scholar	4	Anmerkungen zu „Wahrnehmungen zur Risikowahrnehmung“ J Siegel		<a href="https://kops.uni-konstanz.de/bitstream/30117/9222/619-431f-9f1b-360">https://kops.uni-konstanz.de/bitstream/30117/9222/619-431f-9f1b-360</a>	Einschluss	Primärquelle	Risikowahrnehmung	15.11.22
53	google scholar	5	Motive und Risikowahrnehmung im Risikosport: eine Analyse von F C Stöckli		<a href="https://kops.uni-konstanz.de/bitstream/30117/9222/619-431f-9f1b-360">https://kops.uni-konstanz.de/bitstream/30117/9222/619-431f-9f1b-360</a>	Einschluss	Primärquelle	Risikowahrnehmung	15.11.22
54	google scholar	6	Befunde der Forschung zur Risikowahrnehmung	P Wiedemann	<a href="https://kops.uni-konstanz.de/bitstream/30117/9222/619-431f-9f1b-360">https://kops.uni-konstanz.de/bitstream/30117/9222/619-431f-9f1b-360</a>	Einschluss	Primärquelle	Risikowahrnehmung	15.11.22
55	google scholar	1	Interdisziplinäre Risikoforschung	Gerhard Banse, Gunthard Bechmann	<a href="https://kops.uni-konstanz.de/bitstream/30117/9222/619-431f-9f1b-360">https://kops.uni-konstanz.de/bitstream/30117/9222/619-431f-9f1b-360</a>	Einschluss	Primärquelle	Risikowahrnehmung	15.11.22
56	google scholar	2	Risikoforschung	G Krieken, J Weyer	<a href="https://kops.uni-konstanz.de/bitstream/30117/9222/619-431f-9f1b-360">https://kops.uni-konstanz.de/bitstream/30117/9222/619-431f-9f1b-360</a>	Einschluss	Primärquelle	Risikoforschung	15.11.22

57	google scholar	3 Sozialpsychologische Risikoforschung	P Wiedemann, J Mertens	<a href="https://www.tutop.de/index.php/batup/article/download/3567/6443">https://www.tutop.de/index.php/batup/article/download/3567/6443</a>	Einschluss	Risikoforschung	15.11.22
58	google scholar	4 Unsicherheit und Gesellschaft—Argumente für eine soziologische W Bontl	P Wiedemann, J Mertens	<a href="https://www.tutop.de/index.php/batup/article/download/3567/6443">https://www.tutop.de/index.php/batup/article/download/3567/6443</a>	Ausschluss	Risikoforschung	15.11.22
59	google scholar	5 Risiko und Gesellschaft: Grundlagen und Ergebnisse interdisziplinär G Bechm	H Eger, A Pott	<a href="https://www.jstor.org/stable/40877673">https://www.jstor.org/stable/40877673</a>	Einschluss	Risiko forschung	15.11.22
60	google scholar	6 Geographische Risikoforschung	H Eger, A Pott	<a href="https://ebooks-fachzeitsunen-de.ciando.com/ime/books/extract/35150">https://ebooks-fachzeitsunen-de.ciando.com/ime/books/extract/35150</a>	Ausschluss	Risiko forschung	15.11.22
61	google scholar	1 Mental models in risk assessment: Informing people about drugs H Jungermann	K Suche	<a href="https://online.library.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1539-6924.1988.tb00">https://online.library.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1539-6924.1988.tb00</a>	Ausschluss	risk assessment	15.11.22
62	google scholar	2 Investment risk—The perspective of individual investors	H Jungermann	<a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167487011001">https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167487011001</a>	Ausschluss	risk assessment	15.11.22
63	google scholar	3 Credibility, information preferences, and information interests	H Jungermann	<a href="https://online.library.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1539-6924.1996.tb00">https://online.library.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1539-6924.1996.tb00</a>	Einschluss	risk assessment	15.11.22
64	google scholar	4 Themes and tasks of risk communication	H Jungermann, RE Kasperson	<a href="https://inis.iaea.org/search/search.aspx?orig_q=RN:20066447">https://inis.iaea.org/search/search.aspx?orig_q=RN:20066447</a>	Einschluss	risk assessment	15.11.22
65	google scholar	1 Perception of risk: Reflections on the psychometric paradigm	P Slovic	<a href="https://scholarbank.uoregon.edu/xmlui/bitstream/handle/1794/22510/">https://scholarbank.uoregon.edu/xmlui/bitstream/handle/1794/22510/</a>	Einschluss	risk psychometric	15.11.22
66	google scholar	2 The psychometric study of risk perception	P Slovic	<a href="https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4613-2103-3_1">https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4613-2103-3_1</a>	Einschluss	risk psychometric	15.11.22
67	google scholar	3 Psychometric and pragmatic properties of social risk screening to NB Henrikson, PR Blasi, CN Dorsey, KI	P Slovic	<a href="https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.4324/9780429304873">https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.4324/9780429304873</a>	Einschluss	Schneeballverfahren	15.11.22
68	google scholar	4 How safe is safe enough? A psychometric study of attitudes toward B Fischhoff, P Slovic, S Lichtenstein, S	C Starr, R Rudman, C Whipple	<a href="https://link.springer.com/article/10.1007/BF00143739">https://link.springer.com/article/10.1007/BF00143739</a>	Einschluss	Schneeballverfahren	15.11.22
69	google scholar	1 Philosophical basis for risk analysis	C Starr, C Whipple	<a href="https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.4324/9780429304873">https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.4324/9780429304873</a>	Einschluss	Schneeballverfahren	15.11.22
70	google scholar	2 Risks of risk decisions	C Starr, C Whipple	<a href="https://nrc.ca/aiid/epint/511/">https://nrc.ca/aiid/epint/511/</a>	Einschluss	Schneeballverfahren	15.11.22
71	google scholar	3 Revealed preferences: Comments on the Starr benefit-risk relation Oway, H.J. & Cohen, J.J	C Starr, C Whipple	<a href="https://nrc.ca/aiid/epint/511/">https://nrc.ca/aiid/epint/511/</a>	Einschluss	Schneeballverfahren	15.11.22
72	google scholar	1 Wies sicher leben wir?: Risikobewertung und -bewältigung in unser AF Fritzsche	PM Sandman, ND Weinstein, Ml Klotz	<a href="https://er.nli.ac.jp/er/1130000797269145472">https://er.nli.ac.jp/er/1130000797269145472</a>	Einschluss	Schneeballverfahren	15.11.22
73	google scholar	2 Public response to the risk from geological radon.	David G. Myers	<a href="https://psycnet.apa.org/record/1988-34481-001">https://psycnet.apa.org/record/1988-34481-001</a>	Einschluss	Schneeballverfahren	15.11.22
74	google scholar	3 Psychologie	A Tversky, D Kahneman	<a href="https://books.google.de/books?id=eR-B6AAQBAJ&amp;dq=advances+psychologi">https://books.google.de/books?id=eR-B6AAQBAJ&amp;dq=advances+psychologi</a>	Einschluss	Schneeballverfahren	15.11.22
75	google scholar	4 Judgment under Uncertainty: Heuristics and Biases: Biases in	A Tversky, D Kahneman	<a href="https://www.science.org/doi/abs/10.1126/science.185.4157.1124">https://www.science.org/doi/abs/10.1126/science.185.4157.1124</a>	Einschluss	Schneeballverfahren	15.11.22
76	google scholar	5 Availability: A heuristic for judging frequency and probability, Cogn A Tversky, D Kahneman	H Jungermann, HR Pfister, K Fischer	<a href="https://www.science.org/doi/abs/10.1126/science.185.4157.1124">https://www.science.org/doi/abs/10.1126/science.185.4157.1124</a>	Einschluss	Schneeballverfahren	15.11.22
77	google scholar	6 Die psychologie der entscheidung	M Ross, F Sicoly	<a href="https://doi.org/10.1126/science.185.4157.1124">https://doi.org/10.1126/science.185.4157.1124</a>	Einschluss	Schneeballverfahren	15.11.22
78	google scholar	7 Egocentric biases in availability and attribution.	M Ross, F Sicoly	<a href="https://psycnet.apa.org/record/1980-23237-001">https://psycnet.apa.org/record/1980-23237-001</a>	Einschluss	Schneeballverfahren	15.11.22
79	google scholar	8 The affect heuristic in judgments of risks and benefits	ML Finucane, A Alhakami, P Slovic	<a href="https://online.library.wiley.com/doi/abs/10.1002/(sici)1099-0771(2000">https://online.library.wiley.com/doi/abs/10.1002/(sici)1099-0771(2000</a>	Einschluss	Schneeballverfahren	15.11.22
80	google scholar	9 Acceptable risk: A conceptual proposal	B Fischhoff	<a href="https://heionline.org/hol/cgi-bin/get_pdf.cgi?handl=hein.1ourna1s/ris">https://heionline.org/hol/cgi-bin/get_pdf.cgi?handl=hein.1ourna1s/ris</a>	Einschluss	Schneeballverfahren	15.11.22
81	google scholar	10 Factors in risk perception	S Lennart Sjöberg	<a href="https://scholar.google.de/scholar?hl=de&amp;as_sdt=0%2C5&amp;q=slöberteris">https://scholar.google.de/scholar?hl=de&amp;as_sdt=0%2C5&amp;q=slöberteris</a>	Einschluss	Schneeballverfahren	15.11.22

Suchprotokolle systematische Literaturrecherche Risikowahrnehmung – Bibliothek Uni Wuppertal

Idf. Datenbank	Nr.	Titel	Autor	Link	Einschluss / Ausschluss	Einschlusskriterium	Suchterm	Datum
1	Uni Bbb	1 Risikoprofiling mit Anlegern: Kundenprofile treffend analysieren und in der Beratung nutzen	O. Everling	<a href="https://ab-wuppertal.diglibb.net/search/katalog/record/IDE-6053H">https://ab-wuppertal.diglibb.net/search/katalog/record/IDE-6053H</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v Risikowahrnehmung	Risikowahrnehmung	14.11.22
2	Uni Bbb	2 Risikowahrnehmung und -kommunikation im Gesundheits- und Arbeitsschutz: eine soziologisch	A. Kahl	<a href="https://ab-wuppertal.diglibb.net/search/katalog/record/IDE-6053H">https://ab-wuppertal.diglibb.net/search/katalog/record/IDE-6053H</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v Risikowahrnehmung	Risikowahrnehmung	15.11.22
3	Uni Bbb	3 Risikowahrnehmung bezüglich der Infektionsgefahr von Covid-19; Untersuchung zum unrealistischen	P. Erbel	<a href="https://ab-wuppertal.diglibb.net/search/katalog/record/IDE-6053H">https://ab-wuppertal.diglibb.net/search/katalog/record/IDE-6053H</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v Risikowahrnehmung	Risikowahrnehmung	15.11.22
4	Uni Bbb	4 Risikowahrnehmung und Risikobewältigung in Bildungsprozessen	F. Erling	<a href="https://ab-wuppertal.diglibb.net/search/katalog/record/IDE-6053H">https://ab-wuppertal.diglibb.net/search/katalog/record/IDE-6053H</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v Risikowahrnehmung	Risikowahrnehmung	15.11.22
5	Uni Bbb	5 Gesundheit, Risikowahrnehmung und Vorsorgeverhalten: Untersuchungen am Beispiel der HIV-	J. Bengel	<a href="https://ab-wuppertal.diglibb.net/search/katalog/record/IDE-6053H">https://ab-wuppertal.diglibb.net/search/katalog/record/IDE-6053H</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v Risikowahrnehmung	Risikowahrnehmung	15.11.22
6	Uni Bbb	6 Risikokommunikation	P. Wiedemann	<a href="https://ab-wuppertal.diglibb.net/search/katalog/record/IDE-6053H">https://ab-wuppertal.diglibb.net/search/katalog/record/IDE-6053H</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v Risikowahrnehmung	Risikowahrnehmung	15.11.22
7	Uni Bbb	7 Risikowahrnehmung der Kernenergie	O. Renn	<a href="https://ab-wuppertal.diglibb.net/search/katalog/record/IDE-6053H">https://ab-wuppertal.diglibb.net/search/katalog/record/IDE-6053H</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v Risikowahrnehmung	Risikowahrnehmung	15.11.22
8	Uni Bbb	8 Risikowahrnehmung und Risiko einschätzung	L. Haller	<a href="https://ab-wuppertal.diglibb.net/search/katalog/record/IDE-6053H">https://ab-wuppertal.diglibb.net/search/katalog/record/IDE-6053H</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v Risikowahrnehmung	Risikowahrnehmung	15.11.22
9	Uni Bbb	9 Risiko ist ein Konstrukt: Wahrnehmungen zur Risikowahrnehmung	U. Becker	<a href="https://ab-wuppertal.diglibb.net/search/katalog/record/IDE-6053H">https://ab-wuppertal.diglibb.net/search/katalog/record/IDE-6053H</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v Risikowahrnehmung	Risikowahrnehmung	15.11.22
10	Uni Bbb	10 Crash ist ein Konstrukt: Wahrnehmungen zur Risikowahrnehmung	R. Stülpnagel, L. Jonas	<a href="https://ab-wuppertal.diglibb.net/search/katalog/record/IDE-6053H">https://ab-wuppertal.diglibb.net/search/katalog/record/IDE-6053H</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v Risikowahrnehmung	Risikowahrnehmung	15.11.22
11	Uni Bbb	11 Kardiovaskuläre Risikobewertung bei jüngeren Patienten: Einfluss der Darstellungform auf die	C. Adarkwah	<a href="https://ab-wuppertal.diglibb.net/search/katalog/record/IDE-6053H">https://ab-wuppertal.diglibb.net/search/katalog/record/IDE-6053H</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v Risikowahrnehmung	Risikowahrnehmung	15.11.22
12	Uni Bbb	12 Verhaltenspsychologisch orientierte Infektionsprävention. Welchen Einfluss hat die subjektive Risikowahr-	B. Lutze	<a href="https://ab-wuppertal.diglibb.net/search/katalog/record/IDE-6053H">https://ab-wuppertal.diglibb.net/search/katalog/record/IDE-6053H</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v Risikowahrnehmung	Risikowahrnehmung	15.11.22
13	Uni Bbb	13 Disaster Risk Reduction and Climate Change Adaptation: An Interdisciplinary Approach	M. Ishiwatari, S. Daisuke	<a href="https://ab-wuppertal.diglibb.net/search/katalog/record/IDE-6053H">https://ab-wuppertal.diglibb.net/search/katalog/record/IDE-6053H</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v Risikowahrnehmung	Risikowahrnehmung	15.11.22
14	Uni Bbb	14 COVID-19: Current Status and Future Prospects	P. Leggat, J. Frean	<a href="https://ab-wuppertal.diglibb.net/search/katalog/record/IDE-6053H">https://ab-wuppertal.diglibb.net/search/katalog/record/IDE-6053H</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v Risikowahrnehmung	Risikowahrnehmung	15.11.22
15	Uni Bbb	15 Data Knowledge-Driven Behaviour Analysis for Maritime Autonomous Surface Ships	Y. Wen, A. Hahn	<a href="https://ab-wuppertal.diglibb.net/search/katalog/record/IDE-6053H">https://ab-wuppertal.diglibb.net/search/katalog/record/IDE-6053H</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v Risikowahrnehmung	Risikowahrnehmung	15.11.22
16	Uni Bbb	16 Disaster Risk Reduction and Climate Change Adaptation	M. Shiwatari, S. Daisuke	<a href="https://ab-wuppertal.diglibb.net/search/katalog/record/IDE-6053H">https://ab-wuppertal.diglibb.net/search/katalog/record/IDE-6053H</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v Risikowahrnehmung	Risikowahrnehmung	15.11.22
17	Uni Bbb	17 Detalansicht für Treffer 1 öffnen	N.N.	<a href="https://ab-wuppertal.diglibb.net/search/katalog/record/IDE-6053H">https://ab-wuppertal.diglibb.net/search/katalog/record/IDE-6053H</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v Risikowahrnehmung	Risikowahrnehmung	15.11.22
18	Uni Bbb	18 Geldwäsche im erbrechtlichen Mandat	A. Breikreutz, J. Jan-David	<a href="https://ab-wuppertal.diglibb.net/search/katalog/record/IDE-6053H">https://ab-wuppertal.diglibb.net/search/katalog/record/IDE-6053H</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v Risikowahrnehmung	Risikowahrnehmung	15.11.22
19	Uni Bbb	19 An ergonomic expert system for risk assessment of work-related musculo-skeletal disorders	S. Pavlović-Veselinović, A. Heide	<a href="https://ab-wuppertal.diglibb.net/search/katalog/record/IDE-6053H">https://ab-wuppertal.diglibb.net/search/katalog/record/IDE-6053H</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v Risikowahrnehmung	Risikowahrnehmung	15.11.22
20	Uni Bbb	20 Katalog der Risiken: Risiken und ihre Darstellung	D. Prose	<a href="https://ab-wuppertal.diglibb.net/search/katalog/record/IDE-6053H">https://ab-wuppertal.diglibb.net/search/katalog/record/IDE-6053H</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v Risikowahrnehmung	Risikowahrnehmung	15.11.22
21	Uni Bbb	21 Children of Mentally III Parents at Risk Evaluation (COMPARE): Design and methods of a randomized	H. Christiansen, C. Reck	<a href="https://ab-wuppertal.diglibb.net/search/katalog/record/IDE-6053H">https://ab-wuppertal.diglibb.net/search/katalog/record/IDE-6053H</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v Risikowahrnehmung	Risikowahrnehmung	15.11.22
22	Uni Bbb	22 Perceived burdensomeness and suicide ideation in adult outpatients receiving exposure therapy for	U. Körner, K. Müller-Thur	<a href="https://ab-wuppertal.diglibb.net/search/katalog/record/IDE-6053H">https://ab-wuppertal.diglibb.net/search/katalog/record/IDE-6053H</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v Risikowahrnehmung	Risikowahrnehmung	15.11.22
23	Uni Bbb	23 Handeln unter Risiko im Umweltsaat	C. Gehmann, M. Kloepfer	<a href="https://ab-wuppertal.diglibb.net/search/katalog/record/IDE-6053H">https://ab-wuppertal.diglibb.net/search/katalog/record/IDE-6053H</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v Risikowahrnehmung	Risikowahrnehmung	15.11.22
24	Uni Bbb	24 Katalog der Risiken: Risiken und ihre Darstellung	D. Prose	<a href="https://ab-wuppertal.diglibb.net/search/katalog/record/IDE-6053H">https://ab-wuppertal.diglibb.net/search/katalog/record/IDE-6053H</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v Risikowahrnehmung	Risikowahrnehmung	15.11.22
25	Uni Bbb	25 Risikoakzeptanz: Mensch und Technik im Strassenverkehr ; 5. GIS-Seminar 12. u. 13. April 1984	U. Undeutsch	<a href="https://ab-wuppertal.diglibb.net/search/katalog/record/IDE-6053H">https://ab-wuppertal.diglibb.net/search/katalog/record/IDE-6053H</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v Risikowahrnehmung	Risikowahrnehmung	15.11.22
26	Uni Bbb	26 Wahrnehmung und Akzeptanz technischer Risiken. 1. Zur Theorie der Risikoakzeptanz -	O. Renn	<a href="https://ab-wuppertal.diglibb.net/search/katalog/record/IDE-6053H">https://ab-wuppertal.diglibb.net/search/katalog/record/IDE-6053H</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v Risikowahrnehmung	Risikowahrnehmung	15.11.22
27	Uni Bbb	27 Wie viel Risiko darf es sein? Der Einfluss von Risikowahrnehmung und Risikoakzeptanz auf den Reisetest	A. Schnell, J. Mayer	<a href="https://ab-wuppertal.diglibb.net/search/katalog/record/IDE-6053H">https://ab-wuppertal.diglibb.net/search/katalog/record/IDE-6053H</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v Risikowahrnehmung	Risikowahrnehmung	15.11.22
28	Uni Bbb	28 Giving everything for athletic success? - Sports-specific risk acceptance of elite adolescent athletes	D. Schulte-Brader	<a href="https://ab-wuppertal.diglibb.net/search/katalog/record/IDE-6053H">https://ab-wuppertal.diglibb.net/search/katalog/record/IDE-6053H</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v Risikowahrnehmung	Risikowahrnehmung	15.11.22
29	Uni Bbb	29 Risikoakzeptanz als individuelle Entscheidung: zur Integration der Risikoanalyse in die	M. Slaby, D. Urban	<a href="https://ab-wuppertal.diglibb.net/search/katalog/record/IDE-6053H">https://ab-wuppertal.diglibb.net/search/katalog/record/IDE-6053H</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v Risikowahrnehmung	Risikowahrnehmung	15.11.22
30	Uni Bbb	30 (Subjektive) Risikowahrnehmung und (objektive) Risikobewertung : Risiko, Risikoakzeptanz,	P. Wiedemann	<a href="https://ab-wuppertal.diglibb.net/search/katalog/record/IDE-6053H">https://ab-wuppertal.diglibb.net/search/katalog/record/IDE-6053H</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v Risikowahrnehmung	Risikowahrnehmung	15.11.22
31	Uni Bbb	31 Vertrauen und Risikoakzeptanz: zur Relevanz von Vertrauen bei der Bewertung neuer Technologien	M. Slaby, D. Urban	<a href="https://ab-wuppertal.diglibb.net/search/katalog/record/IDE-6053H">https://ab-wuppertal.diglibb.net/search/katalog/record/IDE-6053H</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v Risikowahrnehmung	Risikowahrnehmung	15.11.22
32	Uni Bbb	32 Vertrauen und Risikoakzeptanz: zur Relevanz von Vertrauen bei der Bewertung neuer Technologien	M. Slaby, D. Urban	<a href="https://ab-wuppertal.diglibb.net/search/katalog/record/IDE-6053H">https://ab-wuppertal.diglibb.net/search/katalog/record/IDE-6053H</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v Risikowahrnehmung	Risikowahrnehmung	15.11.22
33	Uni Bbb	33 Vertrauen und Risikoakzeptanz: zur Relevanz von Vertrauen bei der Bewertung neuer Technologien	M. Slaby, D. Urban	<a href="https://ab-wuppertal.diglibb.net/search/katalog/record/IDE-6053H">https://ab-wuppertal.diglibb.net/search/katalog/record/IDE-6053H</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v Risikowahrnehmung	Risikowahrnehmung	15.11.22
34	Uni Bbb	34 Risikoakzeptanz und Kernenergie - eine Berechnung	S. Brejtra	<a href="https://ab-wuppertal.diglibb.net/search/katalog/record/IDE-6053H">https://ab-wuppertal.diglibb.net/search/katalog/record/IDE-6053H</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v Risikowahrnehmung	Risikowahrnehmung	15.11.22
35	Uni Bbb	35 Psychologische Bedingungen der Risikoakzeptanz	U. Undeutsch	<a href="https://ab-wuppertal.diglibb.net/search/katalog/record/IDE-6053H">https://ab-wuppertal.diglibb.net/search/katalog/record/IDE-6053H</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v Risikowahrnehmung	Risikowahrnehmung	15.11.22
36	Uni Bbb	36 Risikowahrnehmung geburshilflicher Fachpersonen: Einflussfaktor auf die peripartale Gesundheit?	N. Peterwerth	<a href="https://ab-wuppertal.diglibb.net/search/katalog/record/IDE-6053H">https://ab-wuppertal.diglibb.net/search/katalog/record/IDE-6053H</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v Risikowahrnehmung	Risikowahrnehmung	15.11.22
37	Uni Bbb	37 Gefühle Risiken: Unterscheidet sich die Risikowahrnehmung von Experten und Laien?	S. Bösch	<a href="https://ab-wuppertal.diglibb.net/search/katalog/record/IDE-6053H">https://ab-wuppertal.diglibb.net/search/katalog/record/IDE-6053H</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v Risikowahrnehmung	Risikowahrnehmung	15.11.22
38	Uni Bbb	38 Risikowahrnehmung von Kleinanlegern und Experten : das log-lineare Bradley-Terry Modell für	C. Feichter, I. Pescha	<a href="https://ab-wuppertal.diglibb.net/search/katalog/record/IDE-6053H">https://ab-wuppertal.diglibb.net/search/katalog/record/IDE-6053H</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v Risikowahrnehmung	Risikowahrnehmung	15.11.22
39	Uni Bbb	39 Risikowahrnehmung von Kleinanlegern und Experten : das log-lineare Bradley-Terry Modell für	H. Egner, A. Pott	<a href="https://ab-wuppertal.diglibb.net/search/katalog/record/IDE-6053H">https://ab-wuppertal.diglibb.net/search/katalog/record/IDE-6053H</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v Risikowahrnehmung	Risikowahrnehmung	15.11.22
40	Uni Bbb	40 Geographische Risikoforschung. - Topos und Stellenwissen	G. Banse, G. Bechmann	<a href="https://ab-wuppertal.diglibb.net/search/katalog/record/IDE-6053H">https://ab-wuppertal.diglibb.net/search/katalog/record/IDE-6053H</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v Risikowahrnehmung	Risikowahrnehmung	15.11.22
41	Uni Bbb	41 Die klinische Risikoforschung. - Topos und Stellenwissen	H. Gerards	<a href="https://ab-wuppertal.diglibb.net/search/katalog/record/IDE-6053H">https://ab-wuppertal.diglibb.net/search/katalog/record/IDE-6053H</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v Risikowahrnehmung	Risikowahrnehmung	15.11.22
42	Uni Bbb	42 Risikowahrnehmung und Risikoakzeptanz: Zur Konstruktion verlässlicher Risiken und Sicherheiten	D. Kaiser	<a href="https://ab-wuppertal.diglibb.net/search/katalog/record/IDE-6053H">https://ab-wuppertal.diglibb.net/search/katalog/record/IDE-6053H</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v Risikowahrnehmung	Risikowahrnehmung	15.11.22
43	Uni Bbb	43 Die klinische Risikoforschung. - Topos und Stellenwissen	H. Gerards	<a href="https://ab-wuppertal.diglibb.net/search/katalog/record/IDE-6053H">https://ab-wuppertal.diglibb.net/search/katalog/record/IDE-6053H</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v Risikowahrnehmung	Risikowahrnehmung	15.11.22
44	Uni Bbb	44 Schmelles denken, langsame Denken	D. Kaiser	<a href="https://ab-wuppertal.diglibb.net/search/katalog/record/IDE-6053H">https://ab-wuppertal.diglibb.net/search/katalog/record/IDE-6053H</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v Risikowahrnehmung	Risikowahrnehmung	15.11.22
45	Uni Bbb	45 Schmelles denken, langsame Denken	D. Kaiser	<a href="https://ab-wuppertal.diglibb.net/search/katalog/record/IDE-6053H">https://ab-wuppertal.diglibb.net/search/katalog/record/IDE-6053H</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v Risikowahrnehmung	Risikowahrnehmung	15.11.22
46	Uni Bbb	46 Wahrnehmungsmuster von technischen Risiken in der Gesellschaft	P. Wiedemann	<a href="https://ab-wuppertal.diglibb.net/search/katalog/record/IDE-6053H">https://ab-wuppertal.diglibb.net/search/katalog/record/IDE-6053H</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v Risikowahrnehmung	Schneeballverfahren	15.11.22

Suchprotokolle systematische Literaturrecherche Risikowahrnehmung – Science Direct und PSYINDEX

Id. nr	Datenbank	Nr.	Titel	Autor	Link	Einschluss / Ausschluss	Einschlusskriterium	Suchterm	Datum
1	ScienceDirect	1	COVID-19: Wissensstand, Risikowahrnehmung und Umgang mit A. Führer, T. Frese, R. Mikolaj, H. Hense	<a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S151122">https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S151122</a>	Thema der Literatur entspricht nicht v. Risikowahrn				15.11.22
2	ScienceDirect	2	Pflicht zur Erhaltung und Förderung der Gesundheit ... ?	H. Hense	<a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S151122">https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S151122</a>	Ausschluss			15.11.22
3	ScienceDirect	3	Die wahre Gesundheit - Einige Anmerkungen zum Thema Laienin H. Wetzler	H. Wetzler	<a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S151122">https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S151122</a>	Ausschluss			15.11.22
4	ScienceDirect	1	Do companies' risk perceptions affect investor confidence? Eviden Y., Feng, J., Li, G., Li	Y. Feng, J. Li, G. Li	<a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S151122">https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S151122</a>	Ausschluss			15.11.22
5	ScienceDirect	2	The role of pandemic risk communication and perception on pro-e J. Zhang, F. Quoquab, J. Mohar	J. Zhang, F. Quoquab, J. Mohar	<a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S151122">https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S151122</a>	Ausschluss			15.11.22
6	ScienceDirect	3	Effects of risk perception on commuters' mode choice behavior dt. T. Xiang, J. Li, X. Ye	T. Xiang, J. Li, X. Ye	<a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S151122">https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S151122</a>	Ausschluss			15.11.22

Id. nr.	Datenbank	Nr.	Titel	Autor	Link	Einschluss / Ausschluss	Einschlusskriterium	Suchterm	Datum
1	PSYINDEX	1	Risikowahrnehmung und Risikoeinschätzung	L. Häfeler	<a href="https://openstuf.lhbz-zrzv.de">https://openstuf.lhbz-zrzv.de</a>	Einschluss	Primärliteratur	Risikowahrne	15.11.22
2	PSYINDEX	2	Genetische Diagnostik bei familiärem Mamma- und Ovarialkarzinom. Risikowahrnehmung, Früherkenn U. Worringer	U. Worringer	<a href="https://pubpsych.zpid.de/pubpsych/Search.act?l">https://pubpsych.zpid.de/pubpsych/Search.act?l</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v. Risikowahrne		15.11.22
3	PSYINDEX	3	Risikowahrnehmung im Alltag und im Strafvollzug	H. Fiedler	<a href="https://pubpsych.zpid.de/pubpsych/Search.act?l">https://pubpsych.zpid.de/pubpsych/Search.act?l</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v. Risikowahrne		15.11.22
4	PSYINDEX	1	Survivability: Die Psychologie der Gefahrenwahrnehmung und der Gefahrenbewältigung	U. Füllgrabe	<a href="https://pubpsych.zpid.de/pubpsych/Search.act?l">https://pubpsych.zpid.de/pubpsych/Search.act?l</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v. Gefahrenwahi		15.11.22
5	PSYINDEX	2	Tagesszeit, Müdigkeit und Gefahrenwahrnehmung	R. Höger, N. Marquardt, W	<a href="https://pubpsych.zpid.de/pubpsych/Search.act?l">https://pubpsych.zpid.de/pubpsych/Search.act?l</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v. Gefahrenwahi		15.11.22
6	PSYINDEX	3	Gefahrenwahrnehmung - ein Modell zur Anforderungsanalyse für die verhaltensabhängige Kontrolle v. F. Rappert	F. Rappert	<a href="https://pubpsych.zpid.de/pubpsych/Search.act?l">https://pubpsych.zpid.de/pubpsych/Search.act?l</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v. Gefahrenwahi		15.11.22
7	PSYINDEX	1	Charakteristika individueller Risikowahrnehmung	H. Jangermann, P. Slovic	<a href="https://pubpsych.zpid.de/pubpsych/Search.act?l">https://pubpsych.zpid.de/pubpsych/Search.act?l</a>	Einschluss	Primärliteratur	Subjektive Ri	15.11.22
8	PSYINDEX	2	Quantitative Analysen zur HIV-Risikowahrnehmung und -verarbeitung	M. Beitz-Merk, J. Bengel, B.	<a href="https://pubpsych.zpid.de/pubpsych/Search.act?l">https://pubpsych.zpid.de/pubpsych/Search.act?l</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v. Subjektive Ri		15.11.22
9	PSYINDEX	1	Mindsets affect risk perception and risk-taking behavior: Illusory optimism and the BART. Illusory opti L. Keller, P. Gollwitzer	L. Keller, P. Gollwitzer	<a href="https://pubpsych.zpid.de/pubpsych/Search.act?l">https://pubpsych.zpid.de/pubpsych/Search.act?l</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v. Riak Perceptio		15.11.22
10	PSYINDEX	2	Variations in subjective breast cancer risk estimations when using different measurements for assessing I.F. Libner, J. Barth, A. Helm	I.F. Libner, J. Barth, A. Helm	<a href="https://pubpsych.zpid.de/pubpsych/Search.act?l">https://pubpsych.zpid.de/pubpsych/Search.act?l</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v. Riak Perceptio		15.11.22
11	PSYINDEX	3	Introduction risk perception and risk communication	P. Wiedemann	<a href="https://pubpsych.zpid.de/pubpsych/Search.act?l">https://pubpsych.zpid.de/pubpsych/Search.act?l</a>	Einschluss	Primärliteratur	Risik Perceptio	15.11.22
12	PSYINDEX	4	Maternal anxiety about a child's diabetes risk in the TEDDY study: The potential role of life stress, postn R. Roth, K. Lynch, B. Lerno	R. Roth, K. Lynch, B. Lerno	<a href="https://pubpsych.zpid.de/pubpsych/Search.act?l">https://pubpsych.zpid.de/pubpsych/Search.act?l</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v. Riak Perceptio		15.11.22
13	PSYINDEX	1	Psychologische Bedingungen der Risikoakzeptanz. Stand der psychologischen Forschung zur Risikoak U. Uebeusch	U. Uebeusch	<a href="https://pubpsych.zpid.de/pubpsych/Search.act?l">https://pubpsych.zpid.de/pubpsych/Search.act?l</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v. subjektive Ri		15.11.22
14	PSYINDEX	2	Psychologie der Steuerhinterziehung	E. Kirchner	<a href="https://pubpsych.zpid.de/pubpsych/Search.act?l">https://pubpsych.zpid.de/pubpsych/Search.act?l</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v. Risikoakzeptza		15.11.22
15	PSYINDEX	3	Risikoeinschätzung und Risikoverhalten in einer simulierten Straßenverkehrssituation	R. Schäffer, K. Stupf, P. Mc	<a href="https://pubpsych.zpid.de/pubpsych/Search.act?l">https://pubpsych.zpid.de/pubpsych/Search.act?l</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v. Risikoakzeptza		15.11.22
16	PSYINDEX	1	Strategien psychologischer Risikoforschung	G. Böhm, H. Henning	<a href="https://pubpsych.zpid.de/pubpsych/Search.act?l">https://pubpsych.zpid.de/pubpsych/Search.act?l</a>	Einschluss	Primärliteratur	Risikoforsch	15.11.22
17	PSYINDEX	2	Was kann psychologische Risikoforschung für den sicheren Umgang mit medizinischer Technologie lei G. Hanke	G. Hanke	<a href="https://pubpsych.zpid.de/pubpsych/Search.act?l">https://pubpsych.zpid.de/pubpsych/Search.act?l</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v. Risikoforsch		15.11.22
18	PSYINDEX	3	Psychologische Risikoforschung	W. Katterer, H. Spada	<a href="https://pubpsych.zpid.de/pubpsych/Search.act?l">https://pubpsych.zpid.de/pubpsych/Search.act?l</a>	Einschluss	Primärliteratur	Risikoforsch	15.11.22
19	PSYINDEX	4	Technologische Risiken zwischen Wahrnehmung, Konstruktion und Reflexion. Grundpositionen sozial A. Günther	A. Günther	<a href="https://pubpsych.zpid.de/pubpsych/Search.act?l">https://pubpsych.zpid.de/pubpsych/Search.act?l</a>	Einschluss	Primärliteratur	Risikoforsch	15.11.22
20	PSYINDEX	5	Risiko und Gesellschaft. Grundlagen und Ergebnisse interdisziplinärer Risikoforschung	B. Gøthard	<a href="https://pubpsych.zpid.de/pubpsych/Search.act?l">https://pubpsych.zpid.de/pubpsych/Search.act?l</a>	Einschluss	Primärliteratur	Risikoforsch	15.11.22
21	PSYINDEX	6	Gesellschaft, Technik und Risikopolitik	C. Jobst	<a href="https://pubpsych.zpid.de/pubpsych/Search.act?l">https://pubpsych.zpid.de/pubpsych/Search.act?l</a>	Einschluss	Sekundärliteratur	Risikoforsch	15.11.22

## Suchprotokolle systematische Literaturrecherche Risikowahrnehmung – Gesamtübersicht

Id. Nr.	Datenbank	Nr.	Titel	Autor	Link	Einschluss / Ausschluss	Einschluss- / Ausschlusskrite	Suchterm	Datum
48	google scholar	3	Wissen und Moral: Studien der Risikowahrnehmung	O. Renn	<a href="https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-7091-1300-0_797269">https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-7091-1300-0_797269</a>	Einschluss	Primärquelle	Risikowahrnehmung I	15.11.22
69	google scholar	1	Wie sicher leben wir?: Risikobewertung und -bewältigung in u.A. Fritzsche	O. Renn	<a href="https://siv.nli.ac.il/record/130000797269">https://siv.nli.ac.il/record/130000797269</a>	Einschluss	Primärquelle	Schneeballverfahren	15.11.22
1	google scholar	8	Weitsicht mit Risiko	G. Gindi	<a href="https://www.brainguide.de/upload/publi">https://www.brainguide.de/upload/publi</a>	Einschluss	Primärquelle	Risikowahrnehmung	15.11.22
26	Uni Bb	2	Theorie der Risikoakzeptanz - Forschungsansätze und Modelle	O. Renn	<a href="https://ub-wuppertal.digibib.net/search">https://ub-wuppertal.digibib.net/search</a>	Einschluss	Primärquelle	Risikoakzeptanz	15.11.22
6	Uni Bb	6	Risikokommunikation	P. Wiedemann	<a href="https://ub-wuppertal.digibib.net/search">https://ub-wuppertal.digibib.net/search</a>	Einschluss	Primärquelle	Risikowahrnehmung	15.11.22
45	google scholar	5	Über den Umgang mit Expertendissensen Risikobewertung elek P. Wiedemann	P. Wiedemann	<a href="https://www.informa.pl/resource/bwmeta">https://www.informa.pl/resource/bwmeta</a>	Einschluss	Primärquelle	Risikobewertung Exp	15.11.22
61	google scholar	4	Themes and tasks of risk communication	H. Jungermann; B. Kaaperson	<a href="https://link.springer.com/lookup/10.1007/978-3-7091-1300-0_797269">https://link.springer.com/lookup/10.1007/978-3-7091-1300-0_797269</a>	Einschluss	Primärquelle	risk assessment	15.11.22
24	google scholar	7	The role of risk perception for risk management	O. Renn	<a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950268805000000">https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950268805000000</a>	Einschluss	Primärquelle	risk perception	15.11.22
63	google scholar	2	The psychometric study of risk perception	P. Slovic	<a href="https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-7091-1300-0_797269">https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-7091-1300-0_797269</a>	Einschluss	Primärquelle	risk psychometric	15.11.22
15	google scholar	5	Subjektive Risikobewertung	D. Proske	<a href="https://www.annualreviews.org/doi/pdf/10.1146/annurev.psych.55.02.01">https://www.annualreviews.org/doi/pdf/10.1146/annurev.psych.55.02.01</a>	Einschluss	Primärquelle	Subjektive Risikowahr	15.11.22
18	google scholar	1	Risk perception and communication	B. Fischhoff, A. Bostrom	<a href="https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1080/01448750210000000000000000000000">https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1080/01448750210000000000000000000000</a>	Einschluss	Primärquelle	risk perception	15.11.22
26	google scholar	9	Risk perception and affect	P. Slovic, E. Peters	<a href="https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-7091-1300-0_797269">https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-7091-1300-0_797269</a>	Einschluss	Primärquelle	risk perception	15.11.22
21	google scholar	4	Risk perception	P. Slovic	<a href="https://elib.uni-stuttgart.de/handle/11682/11682">https://elib.uni-stuttgart.de/handle/11682/11682</a>	Einschluss	Primärquelle	Risikowahrnehmung	15.11.22
5	google scholar	5	Risikowahrnehmung-Psychologische Determinanten bei der	int O. Renn	<a href="https://openurl.org/hbz-nrv.de">https://openurl.org/hbz-nrv.de</a>	Einschluss	Primärliteratur	Risikowahrnehmung	15.11.22
1	PSYNDEX	1	Risikowahrnehmung und Risikoinschätzung	L. Haller	<a href="http://elib.uni-stuttgart.de/handle/11682/11682">http://elib.uni-stuttgart.de/handle/11682/11682</a>	Einschluss	Sekundärquelle	Risikowahrnehmung	15.11.22
7	google scholar	7	Risikowahrnehmung und Risikobewertung: soziale	Perzeption u O. Renn	<a href="https://www.informa.pl/resource/bwmeta">https://www.informa.pl/resource/bwmeta</a>	Einschluss	Primärquelle	Subjektive Risikowahr	15.11.22
17	google scholar	7	Risikowahrnehmung in der Gesellschaft	H. Schütz, P. Wiedemann	<a href="https://www.informa.pl/resource/bwmeta">https://www.informa.pl/resource/bwmeta</a>	Einschluss	Primärquelle	Subjektive Risikowahr	15.11.22
34	google scholar	1	Risikoakzeptanz und Gefahrenverhalten	M. Zwick	<a href="https://www.nomos-elibrary.de/10.5771/9783708915111">https://www.nomos-elibrary.de/10.5771/9783708915111</a>	Einschluss	Primärquelle	Risikoakzeptanz	15.11.22
68	google scholar	3	Revealed preferences: Comments on the Starr benefit-risk	relatit H. J. O'way, J.I. Cohen	<a href="https://pure.iiasa.ac.at/id/eprint/5111/">https://pure.iiasa.ac.at/id/eprint/5111/</a>	Einschluss	Primärquelle	Schneeballverfahren	15.11.22
20	Uni Bb	4	Katalog der Risiken: Risiken und ihre Darstellung	D. Proske	<a href="https://ub-wuppertal.digibib.net/search">https://ub-wuppertal.digibib.net/search</a>	Einschluss	Primärliteratur	subjektive Risikobewe	15.11.22
40	Uni Bb	2	Interdisziplinäre Risikoforschung — Topics und	Sichtweisen	<a href="https://ub-wuppertal.digibib.net/search">https://ub-wuppertal.digibib.net/search</a>	Einschluss	Primärliteratur	Risikoforschung	15.11.22
65	google scholar	4	How safe is safe enough? A psychometric study of	attitudes tow B. Fischhoff, P. Slovic, S. Lichtenstein	<a href="https://link.springer.com/article/10.1007/978-3-7091-1300-0_797269">https://link.springer.com/article/10.1007/978-3-7091-1300-0_797269</a>	Einschluss	Primärquelle	Schneeballverfahren	15.11.22
29	google scholar	3	Die subjektive Wahrnehmung technischer Risiken	O. Renn	<a href="https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-7091-1300-0_797269">https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-7091-1300-0_797269</a>	Einschluss	Primärquelle	Risikobewertung	15.11.22
60	google scholar	3	Credibility, information preferences, and information	interests	<a href="https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/9781118151111.ch11">https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/9781118151111.ch11</a>	Einschluss	Primärquelle	risk assessment	15.11.22
7	PSYNDEX	1	Charakteristika individueller Risikowahrnehmung	H. Jungermann, P. Slovic	<a href="https://pubpsych.zpid.de/pubpsych/Searc">https://pubpsych.zpid.de/pubpsych/Searc</a>	Einschluss	Primärquelle	Subjektive Risikowahr	15.11.22
42	Uni Bb	4	Allgemeine Psychologie	J. Müsseler	<a href="https://ub-wuppertal.digibib.net/search">https://ub-wuppertal.digibib.net/search</a>	Einschluss	Primärquelle	Risikowahrnehmung	15.11.22
8	google scholar	8	Wahrnehmung von Risiken aus Naturkatastrophen: eine	empiris T. Plapp	<a href="https://books.google.de/books?hl=de&amp;lr">https://books.google.de/books?hl=de&amp;lr</a>	Einschluss	Primärquelle	Risikowahrnehmung	15.11.22
28	google scholar	10	Reluctance to vaccinate: Omission bias and ambiguity	I. Ritov, J. Baron	<a href="https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1468-2431.2011.02444.x">https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1468-2431.2011.02444.x</a>	Einschluss	Sekundärquelle	risk perception	15.11.22
72	google scholar	2	Public response to the risk from geological radon.	P. Sandman, N. Weinstein, M. Klotz	<a href="https://msvnet.apa.org/record/1988-344">https://msvnet.apa.org/record/1988-344</a>	Einschluss	Sekundärquelle	Schneeballverfahren	15.11.22
43	Uni Bb	5	Schnelles denken, langsames Denken	D. Kahneman	<a href="https://ub-wuppertal.digibib.net/search">https://ub-wuppertal.digibib.net/search</a>	Einschluss	Primärquelle	Schneeballverfahren	15.11.22
73	google scholar	3	Psychologie	D. G. Myers	<a href="https://books.google.de/books?id=ekE">https://books.google.de/books?id=ekE</a>	Einschluss	Primärquelle	Schneeballverfahren	15.11.22
31	Uni Bb	1	Risikobewertung : Risiko, Risikoakzeptanz, Risiko-	management P. Wiedemann	<a href="https://ub-wuppertal.digibib.net/search">https://ub-wuppertal.digibib.net/search</a>	Einschluss	Primärquelle	subjektive Risikoakzept	15.11.22

31	Uni Bbb google scholar	1 Risikobewertung : Risiko-, Risikoakzeptanz, Risikomanagement P. Wiedemann judgments reveal some heuristics of thinking under	A. Tversky, D. Kahneman	<a href="https://ab-wuppertal.digibib.net/search/Einschluss">https://ab-wuppertal.digibib.net/search/Einschluss</a>	Primärquelle	subjektive Risikoakzept	15.11.22
75	google scholar	5 Availability: A heuristic for judging frequency and probability.	A. Tversky, D. Kahneman	<a href="https://www.science.org/doi/abs/10.1126/Einschluss">https://www.science.org/doi/abs/10.1126/Einschluss</a>	Primärquelle	Schneeballverfahren	15.11.22
76	google scholar	6 Die psychologie der entscheidung	H. Jungermann, H. Pfister, K. Fischer	<a href="https://doc1.bibliothek.li/aa/F1MFO214/Einschluss">https://doc1.bibliothek.li/aa/F1MFO214/Einschluss</a>	Primärquelle	Schneeballverfahren	15.11.22
77	google scholar	7 Egocentric biases in availability and attribution.	M. Ross, F. Sicoly	<a href="https://psycnet.apa.org/record/1980-232/Einschluss">https://psycnet.apa.org/record/1980-232/Einschluss</a>	Sekundärquelle	Schneeballverfahren	15.11.22
78	google scholar	8 The affect heuristic in judgments of risks and benefits	M. Finucane, A. Alhakami, P. Slovic	<a href="https://online.library.wiley.com/doi/abs/1/Einschluss">https://online.library.wiley.com/doi/abs/1/Einschluss</a>	Sekundärquelle	Schneeballverfahren	15.11.22
79	google scholar	9 Acceptable risk : A conceptual proposal	B. Fischhoff	<a href="https://scholar.google.de/scholar?hl=de&amp;Einschluss">https://scholar.google.de/scholar?hl=de&amp;Einschluss</a>	Primärquelle	Schneeballverfahren	15.11.22
80	google scholar	10 Factors in risk perception	S. Lennart, J. Sjöberg	<a href="https://ab-wuppertal.digibib.net/search/Einschluss">https://ab-wuppertal.digibib.net/search/Einschluss</a>	Primärliteratur	Schneeballverfahren	15.11.22
44	Uni Bbb	6 Gesellschaft	P. Wiedemann	<a href="https://ab-wuppertal.digibib.net/search/Einschluss">https://ab-wuppertal.digibib.net/search/Einschluss</a>	Primärquelle	risk perception	15.11.22
22	google scholar	5 Why study risk perception?	P. Slovic, B. Fischhoff, S. Lichtenstein	<a href="https://online.library.wiley.com/doi/abs/1/Einschluss">https://online.library.wiley.com/doi/abs/1/Einschluss</a>	Primärquelle	subjektive Risikoakzept	15.11.22
32	Uni Bbb	2 bei der Bewertung neuer Technologien	M. Slaby, D. Urban	<a href="https://ab-wuppertal.digibib.net/search/Einschluss">https://ab-wuppertal.digibib.net/search/Einschluss</a>	Primärquelle	subjektive Risikoakzept	15.11.22
33	Uni Bbb	3 bei der Bewertung neuer Technologien ; Trust and risk	M. Slaby, D. Urban	<a href="https://ab-wuppertal.digibib.net/search/Einschluss">https://ab-wuppertal.digibib.net/search/Einschluss</a>	Primärquelle	Risikoforschung	15.11.22
19	PSYINDEX	4 Technologische Risiken zwischen Wahrnehmung, Konstruktion A. Günther	G. Böhm, H. Henning	<a href="https://pubpsych.zpid.de/pubpsych/Seart/Einschluss">https://pubpsych.zpid.de/pubpsych/Seart/Einschluss</a>	Primärquelle	Risikoforschung	15.11.22
16	PSYINDEX	1 Strategien psychologischer Risikoforschung	P. Wiedemann, J. Mertens	<a href="https://pubpsych.zpid.de/pubpsych/Seart/Einschluss">https://pubpsych.zpid.de/pubpsych/Seart/Einschluss</a>	Primärquelle	Risikoforschung	15.11.22
54	google scholar	3 Sozialpsychologische Risikoforschung	P. Wiedemann, J. Mertens	<a href="https://www.tatun.de/index.php/atum/art/Einschluss">https://www.tatun.de/index.php/atum/art/Einschluss</a>	Primärquelle	Schneeballverfahren	15.11.22
67	google scholar	2 Risks of risk decisions	C. Starr, C. Whipple	<a href="https://www.lawforfrancis.com/chapters/Einschluss">https://www.lawforfrancis.com/chapters/Einschluss</a>	Primärquelle	risk perception	15.11.22
20	google scholar	3 Risk perceptions and health behavior	R. Ferrer, W. Klein	<a href="https://www.sciencedirect.com/science/Einschluss">https://www.sciencedirect.com/science/Einschluss</a>	Primärquelle	risk perception	15.11.22
23	google scholar	6 Risk perception and risk management	O. Renn	<a href="http://elib.uni-stuttgart.de/handle/11682/Einschluss">http://elib.uni-stuttgart.de/handle/11682/Einschluss</a>	Primärquelle	risk perception	15.11.22
19	google scholar	2 Risk and risk perception: A literature review	L. Botterill, N. Mazur	<a href="https://agrifutures.com.au/wp-content/Einschluss">https://agrifutures.com.au/wp-content/Einschluss</a>	Primärquelle	risk perception	15.11.22
14	google scholar	4 Risikowahrnehmung und Risikowirklichkeit	H. Müller-Peters	<a href="https://link.springer.com/chapter/10.100/Einschluss">https://link.springer.com/chapter/10.100/Einschluss</a>	Sekundärliteratur	Subjektive Risikowahr	15.11.22
2	Uni Bbb	2 und Arbeitsschutz: eine soziologisch orientierte Betrachtung	A. Kahl	<a href="https://ab-wuppertal.digibib.net/search/Einschluss">https://ab-wuppertal.digibib.net/search/Einschluss</a>	Sekundärliteratur	Risikowahrnehmung	15.11.22
7	Uni Bbb	7 Risikowahrnehmung der Kernenergie	O. Renn	<a href="https://kops.uni-konstanz.de/bitstreams/Einschluss">https://kops.uni-konstanz.de/bitstreams/Einschluss</a>	Primärquelle	Risikowahrnehmung	15.11.22
1	google scholar	1 Risikowahrnehmung	B. Renner	<a href="https://kops.uni-konstanz.de/handle/123/Einschluss">https://kops.uni-konstanz.de/handle/123/Einschluss</a>	Primärquelle	Subjektive Risikowahr	15.11.22
11	google scholar	1 Risikokommunikation und Risikowahrnehmung	G. Renner	<a href="http://29.217.131.68:8080/handle/200/Einschluss">http://29.217.131.68:8080/handle/200/Einschluss</a>	Primärquelle	Risikoforschung	15.11.22
53	google scholar	2 Risikoforschung	G. Krücken, J. Weyer	<a href="https://www.research-collection.ethz.ch/Einschluss">https://www.research-collection.ethz.ch/Einschluss</a>	Primärquelle	Risikoforschung	15.11.22
43	google scholar	3 Risikoaversion als relevanter Faktor der Risikobewertung von N. T. Plattner	U. Becker	<a href="https://ab-wuppertal.digibib.net/search/Einschluss">https://ab-wuppertal.digibib.net/search/Einschluss</a>	Primärquelle	Risikobewertung Exp	15.11.22
34	Uni Bbb	4 Risikoakzeptanz und Kernenergie - eine Betrachtung	S. Brejora	<a href="https://ab-wuppertal.digibib.net/search/Einschluss">https://ab-wuppertal.digibib.net/search/Einschluss</a>	Primärquelle	subjektive Risikoakzept	15.11.22
35	google scholar	2 Risikoakzeptanz als individuelle Entscheidung: zur Integration	M. Slaby, D. Urban	<a href="http://elib.uni-stuttgart.de/handle/11682/Einschluss">http://elib.uni-stuttgart.de/handle/11682/Einschluss</a>	Primärquelle	Risikoakzeptanz	15.11.22
30	Uni Bbb	6 der Risikoanalyse in die nutzenethische Entscheidungs-	M. Slaby, D. Urban	<a href="https://ab-wuppertal.digibib.net/search/Einschluss">https://ab-wuppertal.digibib.net/search/Einschluss</a>	Primärquelle	Risikoakzeptanz	15.11.22
37	google scholar	4 Risiko und Risikoakzeptanz	H. Schaefer	<a href="https://link.springer.com/chapter/10.100/Einschluss">https://link.springer.com/chapter/10.100/Einschluss</a>	Primärquelle	Risikoakzeptanz	15.11.22
20	PSYINDEX	5 Risiko und Gesellschaft, Grundlagen und Ergebnisse interdisziplinär G. Bechmann Risiko ist ein Konstrukt: Wahrnehmungen zur	G. Bechmann	<a href="https://pubpsych.zpid.de/pubpsych/Seart/Einschluss">https://pubpsych.zpid.de/pubpsych/Seart/Einschluss</a>	Primärquelle	Risikoforschung	15.11.22
9	Uni Bbb	9 Risikowahrnehmung	U. Becker	<a href="https://ab-wuppertal.digibib.net/search/Einschluss">https://ab-wuppertal.digibib.net/search/Einschluss</a>	Primärquelle	Risikowahrnehmung	15.11.22
64	google scholar	3 Psychometric and pragmatic properties of social risk screening	t N. Henrikson, P. Blasi, C. Dorsey, K. Ketterer, Werner, Spada, Hans.	<a href="https://www.sciencedirect.com/science/Einschluss">https://www.sciencedirect.com/science/Einschluss</a>	Primärquelle	risk psychometric	15.11.22
18	PSYINDEX	3 Psychologische Risikoforschung	U. Undeutsch	<a href="https://pubpsych.zpid.de/pubpsych/Seart/Einschluss">https://pubpsych.zpid.de/pubpsych/Seart/Einschluss</a>	Primärquelle	Risikoforschung	15.11.22
35	Uni Bbb	5 Psychologische Bedingungen der Risikoakzeptanz	C. Starr, R. Rudman, C. Whipple	<a href="https://ab-wuppertal.digibib.net/search/Einschluss">https://ab-wuppertal.digibib.net/search/Einschluss</a>	Primärquelle	subjektive Risikoakzept	15.11.22
66	google scholar	1 Philosophical basis for risk analysis	C. Starr, R. Rudman, C. Whipple	<a href="https://www.annualreviews.org/doi/pdf/Einschluss">https://www.annualreviews.org/doi/pdf/Einschluss</a>	Primärquelle	Schneeballverfahren	15.11.22
62	google scholar	1 Perception of risk: Reflections on the psychometric paradigm	P. Slovic	<a href="https://scholarbank.uoregon.edu/xmlui/Einschluss">https://scholarbank.uoregon.edu/xmlui/Einschluss</a>	Primärquelle	risk psychometric	15.11.22
41	google scholar	1 Kognitive Kompetenz zur Risikobewertung als Vorbedingung	d M. Riddat	<a href="http://elib.uni-stuttgart.de/handle/11682/Einschluss">http://elib.uni-stuttgart.de/handle/11682/Einschluss</a>	Primärquelle	Risikobewertung Exp	15.11.22
11	PSYINDEX	3 Introduction risk perception and risk communication	P. Wiedemann	<a href="https://pubpsych.zpid.de/pubpsych/Seart/Einschluss">https://pubpsych.zpid.de/pubpsych/Seart/Einschluss</a>	Primärquelle	Risk Perception	15.11.22
21	PSYINDEX	6 Gesellschaft, Technik und Risikopolitik	C. Jobst	<a href="https://pubpsych.zpid.de/pubpsych/Seart/Einschluss">https://pubpsych.zpid.de/pubpsych/Seart/Einschluss</a>	Primärquelle	Risikoforschung	15.11.22
29	Uni Bbb	5 Geringe Risikoakzeptanz	D. Schulte-Bruder	<a href="https://ab-wuppertal.digibib.net/search/Einschluss">https://ab-wuppertal.digibib.net/search/Einschluss</a>	Primärquelle	Risikoakzeptanz	15.11.22
37	Uni Bbb	2 von Experten und Laien?	S. Bösch	<a href="https://ab-wuppertal.digibib.net/search/Einschluss">https://ab-wuppertal.digibib.net/search/Einschluss</a>	Primärquelle	Risikowahrnehmung I	15.11.22
25	google scholar	8 Explaining risk perception	L. Sjöberg	<a href="https://www.researchgate.net/profile/Einschluss">https://www.researchgate.net/profile/Einschluss</a>	Primärquelle	risk perception	15.11.22
42	google scholar	2 ergeflende Risikobewertung: Konzepte, Probleme und Anwer	H. H. Schütz, M. Clauberg, W. Hennings	<a href="https://user.fz-juelich.de/record/37623/Einschluss">https://user.fz-juelich.de/record/37623/Einschluss</a>	Primärquelle	Risikobewertung Exp	15.11.22
6	google scholar	6 Die Blindheit der Gesellschaft: Filter der Risikowahrnehmung	H. Luhmann	<a href="https://pub.wuppertal.digibib.net/search/Einschluss">https://pub.wuppertal.digibib.net/search/Einschluss</a>	Primärquelle	Risikowahrnehmung	15.11.22
51	google scholar	6 Befunde der Forschung zur Risikowahrnehmung	P. Wiedemann	<a href="https://link.springer.com/chapter/10.100/Einschluss">https://link.springer.com/chapter/10.100/Einschluss</a>	Primärquelle	Risikowahrnehmung I	15.11.22
49	google scholar	4 Anmerkungen zu „Wahrnehmungen zur Risikowahrnehmung“ J. Riege	P. Wiedemann	<a href="https://ab-wuppertal.digibib.net/search/Einschluss">https://ab-wuppertal.digibib.net/search/Einschluss</a>	Primärquelle	Risikowahrnehmung I	15.11.22

## Anhang IV - Suchprotokolle systematische Literaturrecherche Experte

Suchmaschine/ Datenbank	Datum	Suchterm	Einschränkungen	Trefferzahl
Google Scholar	13.11.22	Experte	-	189.000
Google Scholar	13.11.22	Experte AND Rolle	-	111.000
Google Scholar	13.11.22	Experte AND Status		92.100
Bib Uni-Wtal	15.11.22	Experte		93.727
Bib Uni-Wtal	15.11.22	Experte AND Status	Abbruch, da keine relevanten Publikationen	1.224
Bib Uni-Wtal	15.11.22	Experte AND Rolle	Abbruch, da keine relevanten Publikationen	4.967
ResearchGate	15.11.22	Experte		30.100
ResearchGate	15.11.22	Experte AND Status		112
ResearchGate	15.11.22	Experte AND Rolle		112

## Suchprotokolle systematische Literaturrecherche Experte – Google Scholar

lfd. Nr.	Datenbank	Nr.	Titel	Autor	Link	Einschluss / Ausschluss	Einschluss / Ausschluss	Suchterm	Datum
1	google scholar		1 Wer ist ein Experte? Wissenssoziologische Grundlage	A. Bognner, B. Bromme	<a href="https://link.springer.com">https://link.springer.com</a>	Einschluss	Primärquelle	Experte	13.11.22
2	google scholar		2 Der Lehrer als Experte: Zur Psychologie des Professi	R. Bromme	<a href="https://books.google.com">https://books.google.com</a>	Einschluss	Primärquelle	Experte	13.11.22
6	google scholar		6 Wissen und Wesen des Experten	R. Hitzler	<a href="https://link.springer.com">https://link.springer.com</a>	Einschluss	Primärquelle	Experte	13.11.22
7	google scholar		7 Experten-Laien-Kommunikation als Gegenstand der	R. Bromme, J. Bognner	<a href="https://akomm.ekt.uni-wuerzburg.de">https://akomm.ekt.uni-wuerzburg.de</a>	Einschluss	Primärquelle	Experte	13.11.22
8	google scholar		8 Expertenwissen und Forschungspraxis: Die modernis	A. Bognner, W. Huber	<a href="https://link.springer.com">https://link.springer.com</a>	Einschluss	Primärquelle	Experte	13.11.22
9	google scholar		9 Interviews mit Experten: eine praxisorientierte Ein	ful A. Bognner, B. Bromme	<a href="https://books.google.com">https://books.google.com</a>	Einschluss	Primärquelle	Experte	13.11.22
10	google scholar		10 Experten-Laien-Kommunikation im Wissensmanager	R. Bromme, J. Bognner	<a href="https://ams-forschung.uni-wuerzburg.de">https://ams-forschung.uni-wuerzburg.de</a>	Einschluss	Primärquelle	Experte	13.11.22
11	google scholar		1 Die Expertenrolle	H. Mieg	<a href="https://www.researchgate.net">https://www.researchgate.net</a>	Einschluss	Primärquelle	Expertenrolle	13.11.22
16	google scholar		1 Die Expertenrolle	H. Mieg	<a href="https://www.researchgate.net">https://www.researchgate.net</a>	Einschluss	Primärquelle	Experte AND Rolle	13.11.22
20	google scholar		5 Expertenwissen: Die Kultur und die Macht von Exp	n N. Stehr, R. C. Hirschi	<a href="https://research.astro.uni-wuerzburg.de">https://research.astro.uni-wuerzburg.de</a>	Einschluss	Sekundärquelle	Experte AND Rolle	13.11.22
22	google scholar		7 Expertise in der Krise. Zur Totalisierung der Exp	rte C. Hirschi	<a href="https://www.alexandria.de">https://www.alexandria.de</a>	Einschluss	Sekundärquelle	Experte AND Rolle	13.11.22
25	google scholar		2 Expertenwissen und Forschungspraxis: Die modernis	A. Bognner, W. Huber	<a href="https://link.springer.com">https://link.springer.com</a>	Einschluss	Sekundärquelle	Experte AND Rolle	13.11.22
27	google scholar		4 Wissen und Wesen des Experten	R. Hitzler	<a href="https://link.springer.com">https://link.springer.com</a>	Einschluss	Primärquelle	Experte AND Status	13.11.22
28	google scholar		5 Leitfaden- und experteninterviews	C. Helfferich	<a href="https://link.springer.com">https://link.springer.com</a>	Einschluss	Sekundärquelle	Experte AND Status	13.11.22
29	google scholar		6 Das Experteninterview—konzeptionelle Grundlagen	M. Meuser, U. H. H. Mieg	<a href="https://link.springer.com">https://link.springer.com</a>	Einschluss	Primärquelle	Experte AND Status	13.11.22
30	google scholar		7 Das theoretisierende Experteninterview	A. Bognner, W. Huber	<a href="https://link.springer.com">https://link.springer.com</a>	Einschluss	Sekundärquelle	Experte AND Status	13.11.22
31	google scholar		8 Experteninterview	R. Liebold, R. C. Hirschi	<a href="https://link.springer.com">https://link.springer.com</a>	Einschluss	Primärquelle	Experte AND Status	13.11.22
32	google scholar		9 Auf gleicher Augenhöhe reden	M. Pfadenhan	<a href="https://link.springer.com">https://link.springer.com</a>	Einschluss	Sekundärquelle	Experte AND Status	13.11.22
32	google scholar		11 Öffentliche Experten Über die Medienpräsenz von	B. Huber	<a href="https://link.springer.com">https://link.springer.com</a>	Einschluss	Sekundärquelle	Experte	13.11.22
32	google scholar		12 Experteninterviews - vielfach erprobt und wenig	verwendet M. Meuser, U. H. H. Mieg	<a href="https://vpp.uni-wuerzburg.de">https://vpp.uni-wuerzburg.de</a>	Einschluss	Sekundärquelle	Experte AND Status	13.11.22
3	google scholar		3 Der Stamm der Experten	T. Hüskens	<a href="https://www.degruyter.com">https://www.degruyter.com</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v	Experte	13.11.22
4	google scholar		4 Experten- und Laienwortschätze	S. Wichter	<a href="https://www.degruyter.com">https://www.degruyter.com</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v	Experte	13.11.22
5	google scholar		5 Expertenwissen: Die Kultur und die Macht von Exp	n N. Stehr, R. C. Hirschi	<a href="https://research.astro.uni-wuerzburg.de">https://research.astro.uni-wuerzburg.de</a>	Einschluss	Sekundärquelle	Experte	13.11.22
12	google scholar		2 Politikberatung und Wandel der Expertenrolle oder	: H. Tenorh	<a href="https://www.pedocs.de">https://www.pedocs.de</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v	Expertenrolle	13.11.22
13	google scholar		3 Expertise in der Krise. Zur Totalisierung der Exp	rte C. Hirschi	<a href="https://www.alexandria.de">https://www.alexandria.de</a>	Ausschluss	Sekundärquelle	Expertenrolle	13.11.22
14	google scholar		4 Wahrnehmung der sportpsychologischen Experte	n T. Leber	<a href="https://archiv.ub.uni-wuerzburg.de">https://archiv.ub.uni-wuerzburg.de</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v	Expertenrolle	13.11.22
15	google scholar		5 Fragebogen-Recovery	n.n.	<a href="https://www.thieme.de">https://www.thieme.de</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v	Expertenrolle	13.11.22
17	google scholar		2 Politikberatung und Wandel der Expertenrolle oder	: H. Tenorh	<a href="https://www.pedocs.de">https://www.pedocs.de</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v	Expertenrolle	13.11.22
18	google scholar		3 Evidenz und Expertise im vorparlamentarischen Ges	S. Lederer	<a href="https://online.library.uni-wuerzburg.de">https://online.library.uni-wuerzburg.de</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v	Experte AND Rolle	13.11.22
19	google scholar		4 Objektives Wissen als politische Ressource: Experte	n W. van den D. Bromme	<a href="https://www.researchgate.net">https://www.researchgate.net</a>	Ausschluss	Sekundärquelle	Experte AND Rolle	13.11.22
21	google scholar		6 Verfahren der Veranschaulichung in der Experte	n-L. G. Brünner, J. Bognner	<a href="http://home.edo.tu-wuerzburg.de">http://home.edo.tu-wuerzburg.de</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v	Experte AND Rolle	13.11.22
23	google scholar		8 „Öffentlichkeit“-Laien“-Experten“-: Strukturwan	B. Bock, G. A. Bognner	<a href="https://www.degruyter.com">https://www.degruyter.com</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v	Experte AND Rolle	13.11.22
24	google scholar		1 Physical status: The use of and interpretation of an	thr WHO	<a href="https://apps.who.int">https://apps.who.int</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v	Experte AND Status	13.11.22
26	google scholar		3 Status of automatic calibration for hydrologic mod	els H. Gupta, S. S. Bognner	<a href="https://www.researchgate.net">https://www.researchgate.net</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht v	Experte AND Status	13.11.22

## Suchprotokolle systematische Literaturrecherche Experte – Bibliothek Uni Wuppertal und Research

lfd. Nr.	Datenbank	Nr.	Titel	Autor	Link	Einschluss / Ausschluss	Einschluss- / Ausschlusskriterium	Suchterm	Datum
1	Bib Uni W-Tal		1 Was sind Experten?: Eine begriffliche Grundlegung	C. Quast	<a href="https://ub-wuppertal.digibib.i">https://ub-wuppertal.digibib.i</a>	Einschluss	Primärliteratur	Experte	15.11.22
2	Bib Uni W-Tal		2 Strategische Experten : Die imperialpolitische Rolle von ausländischer K. Meißner		<a href="https://ub-wuppertal.digibib.i">https://ub-wuppertal.digibib.i</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht	Experte	15.11.22
3	Bib Uni W-Tal		3 Experten führen : Modelle, Ideen und Praktiken für die Organisations P. Kels, S. Kaudela-Ba		<a href="https://ub-wuppertal.digibib.i">https://ub-wuppertal.digibib.i</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht	Experte	15.11.22
4	Bib Uni W-Tal		4 Öffentliche Experten : Über die Medienpräsenz von Fachleuten	B. Huber	<a href="https://ub-wuppertal.digibib.i">https://ub-wuppertal.digibib.i</a>	Einschluss	Sekundärliteratur	Experte	15.11.22
5	Bib Uni W-Tal		5 Der Stamm der Experten : Rhetorik und Praxis des Interkulturellen t. Hüskens		<a href="https://ub-wuppertal.digibib.i">https://ub-wuppertal.digibib.i</a>	Ausschluss	Thema der Literatur entspricht nicht	Experte	15.11.22

Lfd. Nr.	Datenbank	Nr.	Titel	Autor	Link	Einschluss / Ausschluss	Einschluss- / Ausschlusskriterium	Suchterm	Datum
1	Research		1 Was sind Experten? Eine begriffliche Grundlegung (engl.)	C. Quast	<a href="https://www.researchgate.net/publication">https://www.researchgate.net/publication</a>	Einschluss	Primärliteratur	Experte	15.11.22
2	Research		2 Experte ist jeder, alle sind Laien - BBaW	P. Weingart	<a href="https://www.researchgate.net/profile/Pat">https://www.researchgate.net/profile/Pat</a>	Einschluss	Sekundärliteratur	Experte	15.11.22
3	Research		3 Wer ist ein Experte? Wissenssoziologische Grundlagen des	A. Bognner	<a href="https://www.researchgate.net/publication">https://www.researchgate.net/publication</a>	Einschluss	Sekundärliteratur	Experte	15.11.22
4	Research		4 Experten als Untersuchungsgegenstand: Definitionen und ...	B. Huber	<a href="https://www.researchgate.net/publicatio">https://www.researchgate.net/publicatio</a>	Einschluss	Sekundärliteratur	Experte	15.11.22
5	Research		5 Das Experteninterview	Menz	<a href="https://www.researchgate.net/profile/W">https://www.researchgate.net/profile/W</a>	Einschluss	Sekundärliteratur	Experte	15.11.22
6	Research		6 Auf gleicher Augenhöhe reden. Das Experteninterview	M. Pfadenhauer	<a href="https://www.researchgate.net/publicatio">https://www.researchgate.net/publicatio</a>	Einschluss	Sekundärliteratur	Experte	15.11.22
7	Research		7 Kein Experte ist wie der andere: vom Umgang mit Missionaren	K. Martens	<a href="https://www.researchgate.net/publicatio">https://www.researchgate.net/publicatio</a>	Einschluss	Sekundärliteratur	Experte	15.11.22
8	Research		8 Der Lehrer als Experte. Zur Psychologie des professionellen	R. Bromme	<a href="https://www.researchgate.net/publicatio">https://www.researchgate.net/publicatio</a>	Einschluss	Sekundärliteratur	Experte	15.11.22

## Suchprotokolle systematische Literaturrecherche Experte – Gesamtübersicht

Hfd. Nr.	Datenbank	Nr.	Titel	Autor	Link	Einschluss / Ausschluss	Einschluss- / Ausschluss	Suchterm	Datum
16	google scholar		1 Die Expertenrolle	H. Mieg	<a href="https://www.research-collection.ethz.ch/bit">https://www.research-collection.ethz.ch/bit</a>	Einschluss	Primärquelle	Experte AND	13.11.22
20	google scholar		5 Expertenwissen: Die Kultur und die Macht von N. Stehr, R. Grundin		<a href="https://research.aston.ac.uk/en/publications/">https://research.aston.ac.uk/en/publications/</a>	Einschluss	Sekundärquelle	Experte AND	13.11.22
32	google scholar		9 Auf gleicher Augenhöhe reden	M. Pfadenhauer	<a href="https://link.springer.com/chapter/10.1007/978">https://link.springer.com/chapter/10.1007/978</a>	Einschluss	Sekundärquelle	Experte AND	13.11.22
29	google scholar		6 Das Experteninterview—konzeptionelle Grundl	M. Meuser, U. Nagel	<a href="https://link.springer.com/chapter/10.1007/978">https://link.springer.com/chapter/10.1007/978</a>	Einschluss	Primärquelle	Experte AND	13.11.22
30	google scholar		7 Das theoretisierende Experteninterview	A. Bognner, W. Menz	<a href="https://link.springer.com/chapter/10.1007/978">https://link.springer.com/chapter/10.1007/978</a>	Einschluss	Sekundärquelle	Experte AND	13.11.22
2	google scholar		2 Der Lehrer als Experte: Zur Psychologie des pro R. Bromme		<a href="https://books.google.com/books?hl=de&amp;lr=">https://books.google.com/books?hl=de&amp;lr=</a>	Einschluss	Primärquelle	Experte	13.11.22
11	google scholar		1 Die Expertenrolle	H. Mieg	<a href="https://www.research-collection.ethz.ch/bit">https://www.research-collection.ethz.ch/bit</a>	Einschluss	Primärquelle	Expertenrolle	13.11.22
7	google scholar		7 Experten-Laien-Kommunikation als Gegenstand R. Bromme, R. Raun		<a href="https://akomm.ekut.kit.edu/downloads/2001">https://akomm.ekut.kit.edu/downloads/2001</a>	Einschluss	Primärquelle	Experte	13.11.22
31	google scholar		8 Experteninterview	R. Liebhold, R. Trinecz	<a href="https://link.springer.com/chapter/10.1007/978">https://link.springer.com/chapter/10.1007/978</a>	Einschluss	Primärquelle	Experte AND	13.11.22
8	google scholar		8 Expertenwissen und Forschungspraxis: Die mox A. Bognner, W. Menz		<a href="https://link.springer.com/chapter/10.1007/978">https://link.springer.com/chapter/10.1007/978</a>	Einschluss	Primärquelle	Experte	13.11.22
32	google scholar		12 Experteninterviews - vielfach erprobt und we M. Meuser, U. Nagel		<a href="https://nyn.uni-wuppertal.de/+CSCO+lh75">https://nyn.uni-wuppertal.de/+CSCO+lh75</a>	Einschluss	Sekundärquelle	Experte AND	13.11.22
9	google scholar		9 Interviews mit Experten: eine praxisorientierte E. A. Bognner, B. Lüttig,		<a href="https://books.google.com/books?hl=de&amp;lr=">https://books.google.com/books?hl=de&amp;lr=</a>	Einschluss	Primärquelle	Experte	13.11.22
28	google scholar		5 Leitfaden-und Experteninterviews	C. Helfferich	<a href="https://link.springer.com/chapter/10.1007/978">https://link.springer.com/chapter/10.1007/978</a>	Einschluss	Sekundärquelle	Experte AND	13.11.22
32	google scholar		11 Öffentliche Experten Über die Medienpräsenz	B. Huber	<a href="https://link.springer.com/book/10.1007/978">https://link.springer.com/book/10.1007/978</a>	Einschluss	Sekundärquelle	Experte	13.11.22
1	google scholar		1 Wer ist ein Experte? Wissenssoziologische Grur A. Bognner, B. Lüttig,		<a href="https://link.springer.com/chapter/10.1007/978">https://link.springer.com/chapter/10.1007/978</a>	Einschluss	Primärquelle	Experte	13.11.22
6	google scholar		6 Wissen und Wesen des Experten	R. Hitzler	<a href="https://link.springer.com/chapter/10.1007/978">https://link.springer.com/chapter/10.1007/978</a>	Einschluss	Primärquelle	Experte	13.11.22
6	Research		6 Auf gleicher Augenhöhe reden. Das Expertenint M. Pfadenhauer		<a href="https://www.researchgate.net/publication/25">https://www.researchgate.net/publication/25</a>	Einschluss	Sekundärliteratur	Experte	15.11.22
5	Research		5 Das Experteninterview	B. Lüttig, W. Menz	<a href="https://www.researchgate.net/profile/Wolfg">https://www.researchgate.net/profile/Wolfg</a>	Einschluss	Sekundärliteratur	Experte	15.11.22
8	Research		8 Der Lehrer als Experte. Zur Psychologie des pro R. Bromme		<a href="https://www.researchgate.net/publication/24">https://www.researchgate.net/publication/24</a>	Einschluss	Sekundärliteratur	Experte	15.11.22
2	Research		2 Experte ist jeder, alle sind Laien - BBAW	P. Weingart	<a href="https://www.researchgate.net/profile/Peter-3">https://www.researchgate.net/profile/Peter-3</a>	Einschluss	Sekundärliteratur	Experte	15.11.22
4	Research		4 Experten als Untersuchungsgegenstand: Definitio B. Huber		<a href="https://www.researchgate.net/publication/33">https://www.researchgate.net/publication/33</a>	Einschluss	Sekundärliteratur	Experte	15.11.22
7	Research		7 Kein Experte ist wie der andere: vom Umgang n K. Martens		<a href="https://www.researchgate.net/publication/44">https://www.researchgate.net/publication/44</a>	Einschluss	Sekundärliteratur	Experte	15.11.22
4	Bib Uni W-Tal		4 Öffentliche Experten : Über die Medienpräsenz' B. Huber		<a href="https://lib-wuppertal.digibib.net/search/eds/">https://lib-wuppertal.digibib.net/search/eds/</a>	Einschluss	Sekundärliteratur	Experte	15.11.22
1	Bib Uni W-Tal		1 Was sind Experten? : Eine begriffliche Grundleg C. Quast		<a href="https://lib-wuppertal.digibib.net/search/eds/">https://lib-wuppertal.digibib.net/search/eds/</a>	Einschluss	Primärliteratur	Experte	15.11.22

## Anhang V - Laborausschreibung HAZOP-Studie



BERGISCHE  
UNIVERSITÄT  
WUPPERTAL

Fachgebiet Sicherheitstechnik/Arbeitssicherheit

Fakultät für Maschinenbau und Sicherheitstechnik  
Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Anke Kahl

### Laborausschreibung WS 16/17

#### Sicherheitstechnische Beurteilung von verfahrenstechnischen Anlagen

Im Rahmen des Labors erfolgt die Anwendung einer Methode zur sicherheitstechnischen Beurteilung von verfahrenstechnischen Anlagen. Das Labor setzt sich aus einer Vorlesungseinheit sowie einem Praxisteil zusammen und erfolgt im Rahmen eines Forschungsvorhabens. Die Durchführung umfasst Videoaufzeichnungen und Befragungen und wird voraussichtlich im Dezember stattfinden. Die vollständige Teilnahme am Labor wird mit einem Leistungspunkt (1 LP) bewertet.

##### Teilnahmevoraussetzungen:

Die Teilnahme am Labor ist nur möglich, wenn die nachfolgenden Klausuren bestanden sind:

- Physik für Sicherheitsingenieure I
- Chemie für Sicherheitsingenieure I
- Grundlagen der Sicherheitstechnik
- Umweltsicherheit
- Arbeitssicherheit
- Ingenieurgrundlagen A

Die Anmeldung kann bis einschließlich 16.11.2016 bei Frau Anna Conrad ([aconrad@uni-wuppertal.de](mailto:aconrad@uni-wuppertal.de)) erfolgen.

Nach Ihrer Anmeldung erhalten Sie weitere Informationen.

## Anhang VI – Anschreiben Studierende

Anna Conrad  
FG Sicherheitstechnik / Arbeitssicherheit



Sehr geehrter Teilnehmer,

das Masterlabor im Modul „Erwerb wiss. Fertigkeiten“ wird in diesem Semester in zwei Laborteile aufgliedert. Im Rahmen des ersten Laborleistungspunktes erfolgt die Anwendung einer Methodik zur sicherheitstechnischen Beurteilung von Verfahren und Anlagen. Hierbei soll im Rahmen eines Promotionsvorhabens der Einfluss der individuellen Risikowahrnehmung auf die Beurteilung von sicherheitstechnischen Problemstellungen untersucht werden.

Der **erste Laborleistungspunkt** setzt sich aus einer Befragung, einer Vorlesungseinheit sowie einem praktischen Versuchsteil (ca. 2 - 2,5 Stunden) zusammen. Die Anwendung des Verfahrens im praktischen Teil erfolgt in 2er-Gruppen. Diese werden in Abhängigkeit von dem Befragungsergebnis definiert und Ihnen im Vorfeld des praktischen Teils mitgeteilt.

Die Befragung können Sie zu den nachfolgenden Terminen in S.11.17 durchführen.

03.11.2016 10:00 – 11:00 Uhr und 16:30 bis 17:00 Uhr

04.11.2016 08:30 – 11:00 Uhr und 16:30 bis 17:00 Uhr

07.11.2016 08:30 – 11:00 Uhr und 16:30 bis 17:00 Uhr

08.11.2016 08:30 – 11:00 Uhr und 16:30 bis 17:00 Uhr

14.11.2016 08:30 – 11:00 Uhr und 16:30 bis 17:00 Uhr

Die Vorlesungseinheit wird am **02.12.2016** von **14:00 – 16:00 Uhr** in **HS 23** stattfinden.

Die Termine für den praktischen Laborteil können im Anschluss an die Befragung individuell abgestimmt werden. Die Bearbeitung des **zweiten Laborleistungspunktes** erfolgt anschließend und umfasst die schriftliche Ausarbeitung einer themenverwandten Fragestellung, welche in der 2er-Gruppe zu bearbeiten ist.

Ich freue mich auf ein etwas anderes Labor mit Ihnen und bedanke mich im Vorfeld für eine rege und konstruktive Mit- und Zusammenarbeit.

Freundliche Grüße

Anna Conrad

### Ergänzung:

Die Durchführung des Labors umfasst eine Befragung sowie einen praktischen Versuchsteils der mit einer Datenerfassung und Video- bzw. Tonaufnahmen einhergeht. Diese werden selbstverständlich nur intern und für wissenschaftliche Zwecke verwendet. Sollten Sie hiermit nicht einverstanden sein, geben Sie mir bitte eine Rückmeldung und Sie erhalten ein alternatives Laborthema von Hr. Windhövel.

# Anhang VII – Vorlesungseinheit Studierende

**Erwerb wiss. Fertigkeiten  
„Labor“  
FG Sicherheitstechnik / Arbeitssicherheit**

Anna Conrad

WS 2016/2017 2 LP

Sicherheitstechnische Beurteilung von Verfahren und Anlagen  
Anna Conrad 1

MScS – Laborveranstaltung im Modul „Erwerb wiss. Fertigkeiten“

Labor „Sicherheitstechnische Beurteilung von Verfahren und Anlagen“

- I Einführung
- II Rechtliche Grundlagen
- III PAAG-Verfahren | Grundlagen
- IV PAAG-Verfahren | Praxis
- V PAAG-Verfahren | Beispielhafte Anwendung

Sicherheitstechnische Beurteilung von Verfahren und Anlagen  
Anna Conrad 2

MScS – Laborveranstaltung im Modul „Erwerb wiss. Fertigkeiten“

Labor „Sicherheitstechnische Beurteilung von Verfahren und Anlagen“

- I Einführung**
- II Rechtliche Grundlagen
- III PAAG-Verfahren | Grundlagen
- IV PAAG-Verfahren | Praxis
- V PAAG-Verfahren | Beispielhafte Anwendung

Sicherheitstechnische Beurteilung von Verfahren und Anlagen  
Anna Conrad 3

I Einführung

1999 Wuppertal Bayer: Explosion und daraus resultierendes Feuer



Sicherheitstechnische Beurteilung von Verfahren und Anlagen  
Anna Conrad 4

I Einführung

2008 Institute (USA): Unkontrollierte chemische Zersetzung führte zu zwei Todesfällen



Quelle: <http://www.dgrnetwerk.org/2421.html>

Sicherheitstechnische Beurteilung von Verfahren und Anlagen  
Anna Conrad 5

I Einführung

2008 Köln INEOS: Leck in Ethylen Hauptrohrleitung



Quelle: <http://www.zp-online.de/nw/staetde/foermagen/punktuale-beleutung-a01-1.175604>

Sicherheitstechnische Beurteilung von Verfahren und Anlagen  
Anna Conrad 6

I Einführung

2016 Deutschland BASF: 3 Tote



Quelle: Einzelreport Südbessen

Sicherheitstechnische Beurteilung von Verfahren und Anlagen  
Anna Conrad 7

I Einführung

**Hauptursachen von Ereignissen / Störfällen**

- Austritt einer entzündlichen Flüssigkeit oder entzündlicher Gase
  - entstehen einer Gaswolke, Zündung, Explosion
  - Entzünden der Flüssigkeit, Feuer
- durchgehende Reaktion nicht unter Kontrolle / unkontrollierte chemische Reaktion
- Verwechslung von Einsatzstoffen

**Allgemeine Erkenntnisse aus Ereignissen**

- häufig nicht nur ein Fehler
- mehrere Ursache führen zu selten Ereignis, es kommen immer mehrere Faktoren zusammen

Sicherheitstechnische Beurteilung von Verfahren und Anlagen  
Anna Conrad 8

**I Einführung**

Wie lassen sich solche Ereignisse / Störfälle verhindern? Wie können komplexe Verfahren und Anlagen sicher errichtet und betrieben werden?



<http://blog.janwax.com/2013/12/Use-The-Right-Detailing-Tools-Accessories-For-The-Job.html>

Sicherheitstechnische Beurteilung von Verfahren und Anlagen  
Anna Conrad

9



**MScS – Laborveranstaltung im Modul „Erwerb wiss. Fertigkeiten“**

Labor „Sicherheitstechnische Beurteilung von Verfahren und Anlagen“

- I Einführung
- II **Rechtliche Grundlagen**
- III PAAG-Verfahren | Grundlagen
- IV PAAG-Verfahren | Praxis
- V PAAG-Verfahren | Beispielhafte Anwendung

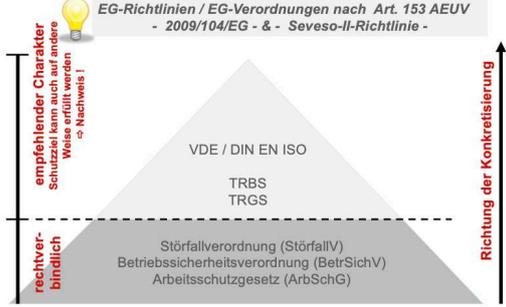
Sicherheitstechnische Beurteilung von Verfahren und Anlagen  
Anna Conrad

10



**II Rechtliche Grundlagen**

EG-Richtlinien / EG-Verordnungen nach Art. 153 AEUV - 2009/104/EG - & - Seveso-II-Richtlinie -



VDE / DIN EN ISO  
TRBS  
TRGS

Störfallverordnung (StörfallV)  
Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV)  
Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG)

Sicherheitstechnische Beurteilung von Verfahren und Anlagen  
Anna Conrad

11



**II Rechtliche Grundlagen**

**Inhalte der Störfall-Verordnung - 12. BImSchV**

**§ 3 Allgemeine Betreiberpflichten (Abs. 1)**

- der Betreiber hat die nach Art und Ausmaß der möglichen Gefahren erforderlichen Vorkehrungen zu treffen, um Störfälle zu verhindern [...]

**§ 4 Anforderungen zur Verhinderung von Störfällen**

- Maßnahmen zu treffen, damit Brände und Explosionen [...] innerhalb des Betriebsbereichs vermieden werden [...]
- den Betriebsbereich mit ausreichenden Warn-, Alarm- und Sicherheitseinrichtungen auszurüsten,
- die Anlagen des Betriebsbereichs mit zuverlässigen Messeinrichtungen und Steuer- oder Regeleinrichtungen auszustatten [...]

Sicherheitstechnische Beurteilung von Verfahren und Anlagen  
Anna Conrad

12



**II Rechtliche Grundlagen**

**Inhalte der Störfall-Verordnung - 12. BImSchV**

**§ 5 Anforderung zur Begrenzung von Störfallauswirkungen**

- der Betreiber hat [...] Maßnahmen zu treffen, Fundamente und tragenden Gebäudeteile bei Störfällen keine zusätzlichen Gefährdung hervorrufen
- die Anlage mit den erforderlichen sicherheitstechnischen Einrichtungen ausgerüstet ist [...]

**§ 6 Ergänzende Anforderungen**

- die Errichtung und der Betrieb der sicherheitsrelevanten Anlagenteile sind zu prüfen sowie [...] ständig zu überwachen und regelmäßig zu warten
- Wartungs- und Reparaturarbeiten sind nach dem Stand der Technik durchzuführen
- Maßnahmen zur Vermeidung von Fehlbedienung und Fehlverhalten treffen

Sicherheitstechnische Beurteilung von Verfahren und Anlagen  
Anna Conrad

13



**II Rechtliche Grundlagen**

**Inhalte der BetrSichV**

**§ 1 Anwendungsbereich und Zielsetzung**

- Ziel dieser Verordnung ist es, die Sicherheit und den Schutz der Gesundheit von Beschäftigten bei der Verwendung von Arbeitsmitteln zu gewährleisten [...]

**§ 3 Gefährdungsbeurteilung**

- der Arbeitgeber hat [...] die auftretenden Gefährdungen zu beurteilen und darauf notwendige und geeignete Schutzmaßnahmen abzuleiten [...]

**Regelung für Überwachungsbedürftige Anlagen, wie z.B.**

- Dampfkesselanlagen / Druckbehälteranlagen
- Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen etc.

Sicherheitstechnische Beurteilung von Verfahren und Anlagen  
Anna Conrad

14



**MScS – Laborveranstaltung im Modul „Erwerb wiss. Fertigkeiten“**

Labor „Sicherheitstechnische Beurteilung von Verfahren und Anlagen“

- I Einführung
- II Rechtliche Grundlagen
- III **PAAG-Verfahren | Grundlagen**
- IV PAAG-Verfahren | Praxis
- V PAAG-Verfahren | Beispielhafte Anwendung

Sicherheitstechnische Beurteilung von Verfahren und Anlagen  
Anna Conrad

15



**II PAAG-Verfahren Grundlagen**

Allg. Schritte der Beurteilung von Gefährdungen

1. Analyse und Bewertung der auftretenden Gefährdung
2. Ableiten von Schutzmaßnahmen (ereignisverhindernd / auswirkungsbegrenzend)
3. Wirksamkeitsüberprüfung der Schutzmaßnahmen (Prüfung, Wartung, Instandhaltung)

- Methoden zur tätigkeitsspezifische Beurteilung sind bekannt
- Methode für die Beurteilung von Verfahren und Anlagen folgen...

Sicherheitstechnische Beurteilung von Verfahren und Anlagen  
Anna Conrad

16



**II PAAG-Verfahren Grundlagen**

- erstmalig in Großbritannien als **Hazard and Operability**-Verfahren (HAZOP-Verfahren) entwickelt
- im deutschsprachigen Raum als **PAAG**-Verfahren erstmals 1978 veröffentlicht

<b>P</b>	Prognose der Störung
<b>A</b>	Auffinden der Ursachen
<b>A</b>	Abschätzen der Auswirkung
<b>G</b>	Gegenmaßnahmen

Sicherheitstechnische Beurteilung von Verfahren und Anlagen  
Anna Conrad 17

**II PAAG-Verfahren Grundlagen**

- die PAAG-Analyse behandelt Risiken / Gefährdungen, die durch irreguläre und unerwünschte Prozesszustände hervor gerufen werden
- können nachteilige Auswirkungen haben auf:



**Umwelt**



**Sachvermögen**



**Gesundheit**

Sicherheitstechnische Beurteilung von Verfahren und Anlagen  
Anna Conrad 18

**II PAAG-Verfahren Grundlagen**

**Grundgedanke PAAG-Analysen**

- systematische Vorgehensweise zum Auffinden von Gefahrenquellen durch methodisch gelenktes Brainstorming in einer Gruppe
- durch Anregung der Vorstellungskraft der Teammitglieder sollen alle möglichen Abweichungen vom bestimmungsgemäßen Betrieb erkannt werden
- Aufstellung der möglichen Abweichung dient als Ansatzpunkt für das Abschätzen der Auswirkungen und das Festlegen angemessener Gegenmaßnahmen

Sicherheitstechnische Beurteilung von Verfahren und Anlagen  
Anna Conrad 19

**II PAAG-Verfahren Grundlagen**

**Verfahrensschritte**

- 1. Prognose der Störung**  
Systematisches „Erzeugen“ hypothetischer Abweichungen vom bestimmungsgemäßen Betriebszustand
- 2. Auffinden der Ursachen**  
Übertragung der hypothetischen Abweichung auf das untersuchte System und Ermittlung realer Ursachen
- 3. Abschätzen der Auswirkung**  
Ermittlung der logischen Folgen der Abweichung basierend auf dem Sachverstand der Teammitglieder
- 4. Gegenmaßnahmen**  
Bewertung vorhandener Maßnahmen und Entscheiden über angemessene weitere Gegenmaßnahmen

Sicherheitstechnische Beurteilung von Verfahren und Anlagen  
Anna Conrad 20

**II PAAG-Verfahren Grundlagen**

**1. Prognose der Störung - Vorgehensweise**

- Zergliedern des Systems in überschaubare Funktionseinheiten bzw. Handlungssequenzen
- Formulieren von zugehörigen **SOLLFUNKTIONEN**
- Anwendung der **LEITWÖRTE**



Basierend auf PAAG-Verfahren

Umkehrung	mehr	weniger
nein / nicht	sowohl als auch	teilweise
		anders als

Sicherheitstechnische Beurteilung von Verfahren und Anlagen  
Anna Conrad 21

**II PAAG-Verfahren Grundlagen**

**1. Prognose der Störung - Vorgehensweise**

nein / nicht	Verneinung der Sollfunktion oder einzelnen Aspekte der Sollfunktion	Die Sollfunktion oder einzelnen Aspekte davon sind nicht gegeben, z.B. Funktion wird nicht erfüllt oder Komponente ist nicht vorhanden.
mehr	quantitative Zunahme	Quantitative Größen der Sollfunktion nehmen zu z.B. mehr Menge, größerer Mengenstrom, höherer Druck etc.
weniger	quantitative Abnahme	Quantitative Größen der Sollfunktion nehmen ab z.B. weniger Menge, kleinerer Mengenstrom, tieferer Druck etc.

Sicherheitstechnische Beurteilung von Verfahren und Anlagen  
Anna Conrad 22

**II PAAG-Verfahren Grundlagen**

**1. Prognose der Störung - Vorgehensweise**

sowohl als auch	qualitative Zunahme	Die Sollfunktion wird erreicht, zusätzlich geschieht <b>auch</b> etwas anderes, z.B. mehr Komponenten, Verunreinigungen, mehr Wege etc.
teilweise	qualitative Abnahme	Teile der Sollfunktion werden nur <b>unvollständig</b> erreicht, z.B. mehrstufige chem. Reaktion verläuft unvollständig, Komponente fehlt im Stoffgemisch etc.

Sicherheitstechnische Beurteilung von Verfahren und Anlagen  
Anna Conrad 23

**II PAAG-Verfahren Grundlagen**

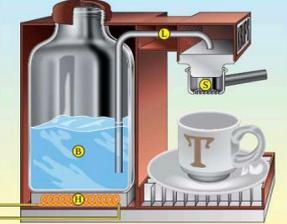
**1. Prognose der Störung - Vorgehensweise**

Umkehrung	entgegengesetzter Ablauf / Zustand	Teile der Sollfunktion geschehen in umgekehrter Richtung, z.B. entgegengesetzte Fließrichtung, entgegengesetzte Bewegung, Überdruck statt Unterdruck, sauer statt basisch etc.
anders als	„Sammelbecken“ für weitere Abweichungen	Teile der Sollfunktion werden ausgetauscht z.B. anderer Stoff (Lösungsmittel, Katalysator), anderer Zustand (Aggregatzustand, Reinheit), anderer Zeitpunkt (zu früh/zu spät), andere Betriebsweise (Fehlbedienung)

Sicherheitstechnische Beurteilung von Verfahren und Anlagen  
Anna Conrad 24

### II PAAG-Verfahren Grundlagen

**Beispiel für die Anwendung des PAAG-Verfahrens**



**Sollfunktion**

1. Befülle den Behälter mit 100 ml Wasser und verschließe den Deckel.
2. Befülle das Espressosieb mit 7g gemahlene Espressobohnen und schiebe es an den Ausfluss.
3. Erhitze das Wasser auf Siedetemperatur durch Einschalten der Heizung.
4. Drücke erhitztes Wasser mittels eigenem Dampfdruck durch die Verbindungsleitung und durch das Espressopulver in die Tasse.

(B) Wasserbehälter (S) Sieb  
(H) elektrische Heizung (T) Tasse  
(L) Verbindungsleitung

Sicherheitstechnische Beurteilung von Verfahren und Anlagen  
Anna Conrad 25

### II PAAG-Verfahren Grundlagen

**1. Prognose der Störung - Vorgehensweise**

- Zergliedern des Systems in überschaubare Funktionseinheiten bzw. Handlungssequenzen



Sicherheitstechnische Beurteilung von Verfahren und Anlagen  
Anna Conrad 26

### II PAAG-Verfahren Grundlagen

**1. Prognose der Störung - Vorgehensweise**

- Formulieren von zugehörigen SOLLFUNKTIONEN
- Sollfunktionen sollten überschaubar und abgeschlossen sein und der Komplexität der zu untersuchenden Funktionseinheit angemessen sein

**Beispiel 1** Koche Espresso

zu wenig Informationsgehalt

**Beispiel 2**

1. Öffne den Deckel des Wasserbehälters
2. Befülle den Wasserbehälter mit 100 ml Wasser
3. Verschließe den Deckel des Wasserbehälters
4. ...
5. ...
6. ...
7. ...
8. Erhitze das Wasser im Wasserbehälter
9. ...

Machbar, erzeugt aber mehr Formalismus

Sicherheitstechnische Beurteilung von Verfahren und Anlagen  
Anna Conrad 27

### II PAAG-Verfahren Grundlagen

**1. Prognose der Störung - Vorgehensweise**

- Formulieren von zugehörigen SOLLFUNKTIONEN
- Anwendung der LEITWÖRTE

**Leitwort + Sollfunktion = Abweichung**

**mehr + Temperatur = mehr Temperatur**

... weniger Druck  
...etwas anderes als Kaffee

- Anwendung jedes Leitwort auf alle relevanten Teile der Sollfunktion jeder Funktionseinheit
- konsequente Anwendung von Leitworten kann zu Redundanzen in der Betrachtung führen

Sicherheitstechnische Beurteilung von Verfahren und Anlagen  
Anna Conrad 28

### II PAAG-Verfahren Grundlagen

**2. Auffinden der Ursachen**

Übertragung der hypothetischen Abweichung auf das untersuchte System und Ermitteln realer Ursachen

- für hypothetisch beschriebene Abweichungen sollen in diesem Schritt **reale Ursachen** ermittelt werden
- Primäre Ursachen können im Bereich
  - „Versagen von technischen Einrichtung“
  - „Ausfall von Energien“
  - „menschliche Fehlhandlung“ liegen
- Ursachenfindung kann dazu führen, dass
  - keine realen Ursachen für hypoth. Abweichungen denkbar sind
  - potenzielle Ursache ist bereits in einer anderen Abweichung besprochen

Sicherheitstechnische Beurteilung von Verfahren und Anlagen  
Anna Conrad 29

### II PAAG-Verfahren Grundlagen

**2. Auffinden der Ursachen**

Übertragung der hypothetischen Abweichung auf das untersuchte System und Ermitteln realer Ursachen

- für ein ganzheitliches Sicherheitskonzept sollten auch externe Gefahrenquellen berücksichtigt werden
- hierzu zählen u.a.
  - Sonneneinstrahlung
  - Frost
  - Starkregen
  - Erdbeben
  - Hochwasser
  - Flugzeugabsturz
  - Eingriffe Unbefugter

Sicherheitstechnische Beurteilung von Verfahren und Anlagen  
Anna Conrad 30

### II PAAG-Verfahren Grundlagen

**3. Abschätzen der Auswirkung**

Ermittlung der logischen Folgen der Abweichung auf das basierend auf dem Sachverstand der Teammitglieder

- Abschätzung der Auswirkung erfolgt ohne die Berücksichtigung von bereits bestehenden Schutzmaßnahmen
- Auswirkungen können die Sicherheit, die Umwelt oder die Qualität / Verfügbarkeit betreffen
- Auswirkungen von Abweichungen sollten in ihrer ganzen Tragweite / Dimension schrittweise beschrieben werden

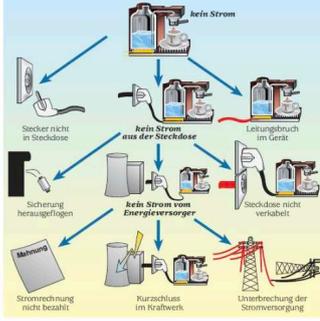
Sicherheitstechnische Beurteilung von Verfahren und Anlagen  
Anna Conrad 31

### II PAAG-Verfahren Grundlagen

**3. Abschätzen der Auswirkung**

Ermittlung der logischen Folgen der Abweichung auf das basierend auf dem Sachverstand der Teammitglieder

z.B. kein Strom



Sicherheitstechnische Beurteilung von Verfahren und Anlagen  
Anna Conrad 32



### III PAAG-Verfahren Lehrbeispiel

nein / nicht

Abweichung	Ursache	Auswirkung	Gegenmaßnahme
...nicht durch die Leitung	1) Leitung oder Espresso Sieb ist verstopft (verkalkt) 2) Leitung hat ein Leck	1) ggf. unzulässiger Druckanstieg im System 2) Dampfaustritt im Bereich der Leitung, Verbrühungsgefahr	1) Druckbegrenzung vorsehen, Hinweis „Gerät alle 6 Monate entkalken“ in BA 2) Hinweis „Defektes Gerät nicht weiter betreiben“ in BA
...nicht durch Espresso pulver	1) Kein Espresso pulver eingefüllt 2) Sieb nicht angeschraubt	1+2) nur Heißwasser in Tassen, keine Überhitzung, da fehlender Gegendruck. Nicht sicherheitsrelevant	keine Gegenmaßnahmen

Sicherheitsrechtliche Beurteilung von Verfahren und Anlagen  
Anna Conrad 41

### MScS – Laborveranstaltung im Modul „Erwerb wiss. Fertigkeiten“

#### Labor „Sicherheitstechnische Beurteilung von Verfahren und Anlagen“

- I Einführung
- II Rechtliche Grundlagen
- III PAAG-Verfahren | Grundlagen
- IV PAAG-Verfahren | Praxis**
- V PAAG-Verfahren | Beispielhafte Anwendung

Sicherheitsrechtliche Beurteilung von Verfahren und Anlagen  
Anna Conrad 47

### IV PAAG-Verfahren | Praxis

#### Vorbereitung der PAAG-Analyse

- Zusammenstellung des Teams (Moderator, Schriftführer und Teammitglieder)
- Zeitplan und Räumlichkeiten der Sitzung (realistische Planung hinsichtlich Stunden / personellen Kapazitäten)
- Verantwortlichkeiten der Implementierung der Schutzmaßnahmen festlegen
- Organisation und Bereitstellung der erforderlichen und **aktuellen** Unterlagen



Sicherheitsrechtliche Beurteilung von Verfahren und Anlagen  
Anna Conrad 48

### IV PAAG-Verfahren | Praxis

#### Vorbereitung der PAAG-Analyse

##### Erforderliche Unterlagen

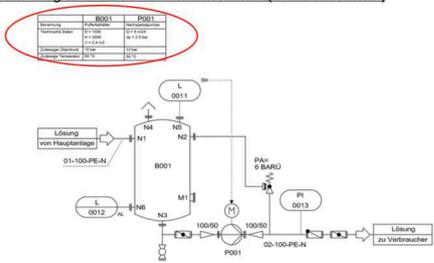
- Rohrleitungs- und Instrumentenfließschema (R&I-Fließschema)
- Prozess- bzw. Anlagenbeschreibung
- Aufstellpläne
- technische Daten der Anlagenteile
- Funktionspläne PLT
- ggf. sicherheitsrelevante Daten
- zusätzliche Unterlagen (Genehmigungsunterlagen, Brandschutzkonzept, Explosionsschutzkonzept, etc.)

Sicherheitsrechtliche Beurteilung von Verfahren und Anlagen  
Anna Conrad 49

### IV PAAG-Verfahren | Praxis

#### Vorbereitung der PAAG-Analyse

##### Rohrleitungs- und Instrumentenfließschema (R&I-Fließschema)



Bezeichnung	B001	B002
Symbol		
Bezeichnung	Druckbehälter	Druckbehälter
Material	St 304	St 304
Druck	10 bar	10 bar
Temperatur	120 °C	120 °C
Fließrichtung	von links nach rechts	von links nach rechts

Sicherheitsrechtliche Beurteilung von Verfahren und Anlagen  
Anna Conrad 50

### IV PAAG-Verfahren | Praxis

#### Vorbereitung der PAAG-Analyse

##### Rohrleitungs- und Instrumentenfließschema (R&I-Fließschema)

	Pumpe (allgemein)		Absperrarmatur / Schieber
	Druckbehälter (allgemein)		Kontroll- / Regelventil
	Wärmeübertrager		manuelles Ventil
	Kompressor/Verdichter		Absperrklappe
	Filter (allgemein)		

Sicherheitsrechtliche Beurteilung von Verfahren und Anlagen  
Anna Conrad 51

### IV PAAG-Verfahren | Praxis

#### Vorbereitung der PAAG-Analyse

##### Rohrleitungs- und Instrumentenfließschema (R&I-Fließschema)

- Mess-, Steuer- und Regelungseinrichtungen sind ebenfalls im R&I-Fließschema abzubilden

PI  
0013

Angabe der physikalischen Messgrößen

- P → Druck (pressure)
- F → Durchfluss (flow)
- L → Füllstand (level)
- Y → Stellventil
- T → Temperatur (temperature)

Sind durchnummeriert und mit einer betrieblichen Kennzeichnung versehen

Sicherheitsrechtliche Beurteilung von Verfahren und Anlagen  
Anna Conrad 52

### IV PAAG-Verfahren | Praxis

#### Vorbereitung der PAAG-Analyse

##### Rohrleitungs- und Instrumentenfließschema (R&I-Fließschema)

- Zusätzliche Informationen müssen ebenfalls angegeben werden. Hierzu wird ein Folgebuchstabe verwendet.

<input type="checkbox"/> A Alarm, Meldung (Alarming)	A+/A-
<input type="checkbox"/> S Schaltpunkt	S+/S-
<input type="checkbox"/> I Analoganzeige (Indicating)	

Durchflussmessung  
FS-A-

Standmessung  
LIS+A+

Sicherheitsrechtliche Beurteilung von Verfahren und Anlagen  
Anna Conrad 53

**IV PAAG-Verfahren | Praxis**

**Vorbereitung der PAAG-Analyse**

**Rohrleitungs- und Instrumentenfließschema (R&I-Fließschema)**

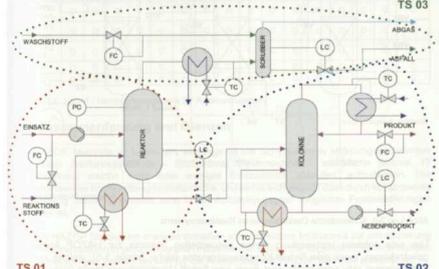
- Fließrichtung i.d.R. von links nach rechts
- aus dem R&I-Fließschemata müssen folgende Inhalte hervorgehen:
  - Art und Bezeichnung der Apparate und/ oder Maschinen
  - Fließweg und Fließrichtung der Ein- und Ausgangsstoffe und Energien
  - Durchflüsse bzw. Mengen der Ein- und Ausgangsstoffe
  - Charakteristische Betriebsbedingungen und Zusatzinformationen
  - Rohrleitungen, Armaturen mit Nennweiten, Druckstufen, Werkstoffen in der Apparateleiste
  - Durchflüsse bzw. Menge von Energien bzw. Energieträgern
  - Angaben über Messen- und Regeltechnik

Sicherheitsrechtliche Beurteilung von Verfahren und Anlagen  
 Anna Conrad 54 

**IV PAAG-Verfahren | Praxis**

**Vorbereitung der PAAG-Analyse**

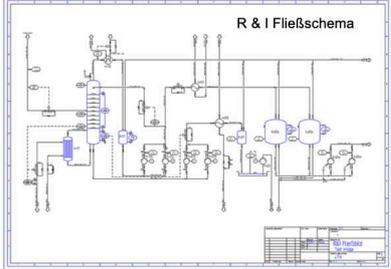
**Beispiel**



Sicherheitsrechtliche Beurteilung von Verfahren und Anlagen  
 Anna Conrad 55 

**IV PAAG-Verfahren | Praxis**

**Vorbereitung der PAAG-Analyse**



erforderliche Unterlagen



START  
PAAG-ANALYSE

Sicherheitsrechtliche Beurteilung von Verfahren und Anlagen  
 Anna Conrad 56 

**IV PAAG-Verfahren | Praxis**

**Anwendung der Verfahrensschritte auf jede definierte Funktionseinheit**

- 1. Prognose der Störung**  
Systematisches „Erzeugen“ hypothetischer Abweichungen vom bestimmungsgemäßen Betriebszustand
- 2. Auffinden der Ursachen**  
Übertragung der hypothetischen Abweichung auf das untersuchte System und Ermitteln realer Ursachen
- 3. Abschätzen der Auswirkung**  
Ermittlung der logischen Folgen der Abweichung auf das basierend auf dem Sachverstand der Teammitglieder
- 4. Gegenmaßnahmen**  
Bewertung vorhandener Maßnahmen und Entscheiden über angemessene weitere Gegenmaßnahmen

Sicherheitsrechtliche Beurteilung von Verfahren und Anlagen  
 Anna Conrad 57 

**IV PAAG-Verfahren | Praxis**

**Toleranz und Akzeptanz von Risiken**



Sicherheitsrechtliche Beurteilung von Verfahren und Anlagen  
 Anna Conrad 58 

**IV PAAG-Verfahren | Praxis**

**Toleranz und Akzeptanz von Risiken**

Wenn Sie per Flugzeug reisen ... wie sicher sollte es sein?



**Natürlich. Absolut sicher, 100 % nur mit zusätzlichem Fallschirm**

Sicherheitsrechtliche Beurteilung von Verfahren und Anlagen  
 Anna Conrad 59 

**IV PAAG-Verfahren | Praxis**

**Toleranz und Akzeptanz von Risiken**

Selbstbestimmtes Risiko



Sicherheitsrechtliche Beurteilung von Verfahren und Anlagen  
 Anna Conrad 60 

**IV PAAG-Verfahren | Praxis**

**Toleranz und Akzeptanz von Risiken**

- Unterschiede bei fremd- und selbstbestimmten Risiko



**Fremdbestimmtes Risiko**

- wir erwarten 100 % Sicherheit
- Wie können wir das Risiko „messen“ und bewerten?
- Welches Risiko ist tolerabel und akzeptabel bei der Tätigkeit?

**Selbstbestimmtes Risiko**

- wir akzeptieren ein sehr viel höheres Risiko

Sicherheitsrechtliche Beurteilung von Verfahren und Anlagen  
 Anna Conrad 61 

**IV PAAG-Verfahren | Praxis**

**Praxisorientierte Erweiterung des Verfahrens**

Die prognostizierte Abweichung und die damit verbundenen Auswirkungen werden mit einem **Risiko** bewertet.

**Definition von Risiko**

**R = H x S**

R Risiko  
H Häufigkeit  
S Schadensausmaß



EXKURS Risikobewertung

Sicherheitsrechtliche Beurteilung von Verfahren und Anlagen  
Anna Conrad 62

**IV PAAG-Verfahren | Praxis**

**Praxisorientierte Erweiterung des Verfahrens**

Die prognostizierte Abweichung und die damit verbundenen Auswirkungen werden mit einem **Risiko** bewertet.

**Schwierigkeiten bei der Definition von Risiko**

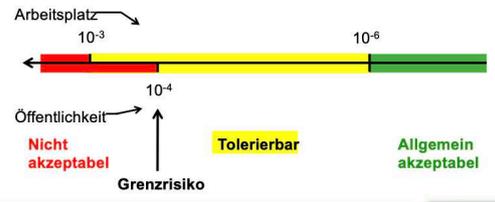
- Risiko hat keine Endpunkte, sondern ist nach oben und unten offen
- Es gibt keine Garantie für sichere Zeitspanne, selbst der unwahrscheinlichste Fall kann jederzeit eintreten (z.B. Lottogewinn)
- ein „Nullrisiko“ ist im Bereich der Sicherheit von Verfahren und Anlagen nicht möglich (siehe auch Beispiel vom Anfang)

Sicherheitsrechtliche Beurteilung von Verfahren und Anlagen  
Anna Conrad 63

**IV PAAG-Verfahren | Praxis**

**Risiko-Akzeptanzgrenzen**

- typische Maßzahl ist Tote pro Jahr.
- häufig verwendete Akzeptanzkriterien liegen zwischen  $10^{-3}$  und  $10^{-6}$  Tote pro Jahr
- die britische Regierung verwendet z.B. folgende Kriterien:

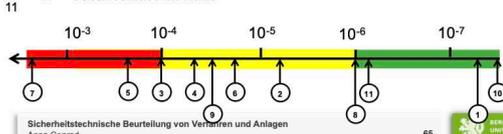


Sicherheitsrechtliche Beurteilung von Verfahren und Anlagen  
Anna Conrad 64

**IV PAAG-Verfahren | Praxis**

**Risiko von tägliche Ereignisse**

- Blitzschlag in UK
- BG-Chemie
- Tauchen
- Bergsteigen
- Hängegleiter
- Kanufahren
- Krebs
- Blitzschlag in Brasilien
- Teilnahme am Straßenverkehr in Deutschland
- Hin- und Rückflug in den Urlaub
- Gasanschluss im Haus



Sicherheitsrechtliche Beurteilung von Verfahren und Anlagen  
Anna Conrad 65

**IV PAAG-Verfahren | Praxis**

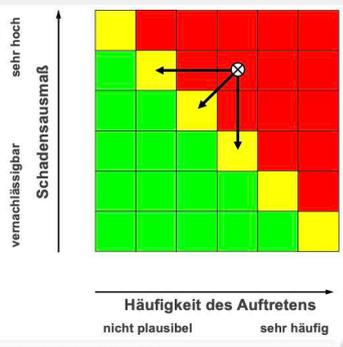
**Objektivität von Risiken**

- Risikoeinschätzungen sind stets subjektiv
- positives Feedback kann Risikowahrnehmung kompensieren z.B. Rauchen (Krebs)
- freiwillige Risiken werden eher akzeptiert als aufgezwungene Risiken (Sport)
- seltene Großereignisse werden stärker wahrgenommen als häufigere kleinere Ereignisse (Beispiel Auto gegen Bahn oder Flugzeug)
- um Risiko nach vergleichbaren Maßstäben zu bewerten → Anwendung von Risikomatrizen

Sicherheitsrechtliche Beurteilung von Verfahren und Anlagen  
Anna Conrad 66

**IV PAAG-Verfahren | Praxis**

**Risikomatrix**



Sicherheitsrechtliche Beurteilung von Verfahren und Anlagen  
Anna Conrad 67

**IV PAAG-Verfahren | Praxis**

**Quantifizierung des Risikos mittels Risikomatrix**

- Einstufung des Schadensausmaß
  - Personengefährdung
  - Umweltgefährdung
  - Anlagengefährdung (Verfügbarkeitsrelevant)
- Einstufung der Eintrittswahrscheinlichkeit
- Ermittlung des Maßnahmenbedarfs entsprechend des Risikos
- Risikoreduzierung

Sicherheitsrechtliche Beurteilung von Verfahren und Anlagen  
Anna Conrad 68

**IV PAAG-Verfahren | Praxis**

**Schadensausmaß Personengefährdung / Umweltschäden / Verfügbarkeitsrelevant**

Ereignisschwere	Leitwort
S0	sehr hoch
S1	hoch
S2	erheblich
S3	mittel
S4	gering
S5	sehr gering

Dies ist ein Mustertitel  
Prof. Dr. Maria Mustermann 69 von 23

**IV PAAG-Verfahren | Praxis**

**Eintrittswahrscheinlichkeit**

Kategorie der Eintrittshäufigkeit	Leitwort
F0	sehr wahrscheinlich
F1	wahrscheinlich
F2	möglich
F3	selten
F4	unwahrscheinlich
F5	nicht plausibel

Sicherheitstechnische Beurteilung von Verfahren und Anlagen  
 Anna Conrad 70 

**IV PAAG-Verfahren | Praxis**

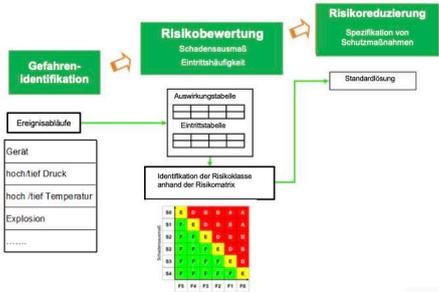
**Risikomatrix mit Kategorien für Schadensausmaß und Eintrittswahrscheinlichkeit**

Schadensausmaß	S0	E	D	B	B	A	A
	S1	F	E	D	B	B	A
	S2	F	F	E	D	B	B
	S3	F	F	F	E	D	B
	S4	F	F	F	F	E	D
	S5	F	F	F	F	F	E
		F5	F4	F3	F2	F1	F0

Sicherheitstechnische Beurteilung von Verfahren und Anlagen  
 Anna Conrad 71 

**IV PAAG-Verfahren | Praxis**

**Prozess zur Risikoreduzierung**



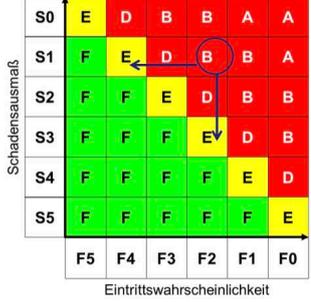
Sicherheitstechnische Beurteilung von Verfahren und Anlagen  
 Anna Conrad 72 

**IV PAAG-Verfahren | Praxis**

**Risikoreduzierung**

1. Reduzierung der Eintrittswahrscheinlichkeit
2. Reduzierung des Schadensausmaßes

oder



Sicherheitstechnische Beurteilung von Verfahren und Anlagen  
 Anna Conrad 73 

**IV PAAG-Verfahren | Praxis**

Herstellen / IVB von Produkten	Benutzen / Betreiben von Produkten
<ul style="list-style-type: none"> <li>~ Konstruktiver Primärschutz</li> <li>~ Konstruktiver Sekundärschutz</li> <li>~ Produktspezifischer Tertiärschutz</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>~ Additiver Primärschutz</li> <li>~ Additiver Sekundärschutz</li> <li>~ Ergänzender Tertiärschutz</li> </ul>

Sicherheitstechnische Beurteilung von Verfahren und Anlagen  
 Anna Conrad 74 

**IV PAAG-Verfahren | Praxis**

**Benutzen / Betreiben von Produkten**

- ~ **Additiver Primärschutz: Auswahl der Produktionskomponenten**
  - Substitution von Gefahrstoffen
  - Inhärent sichere Konstruktion von Anlagen und Verfahren
  - Korrektur von Betriebsparametern (Druck, Temperatur, etc.)
- ~ **Additiver Sekundärschutz: Technische Maßnahmen**
  - ereignisverhindernd: Einbau von Sensoren und zusätzlichen Aktoren
  - schadensbegrenzend: Rückhaltebecken, Löscheinrichtungen
  - Inertisierung
- ~ **Ergänzender Tertiärschutz: Kollektive und individuelle Maßnahmen**
  - Kennzeichnung von Gefährdungsbereichen
  - vier-Augen-Prinzip / Checklisten
  - Auswahl von geeigneter PSA
  - Unterweisung
  - Betriebsanweisung

Sicherheitstechnische Beurteilung von Verfahren und Anlagen  
 Anna Conrad 75 

**IV PAAG-Verfahren | Praxis**

**Benutzen / Betreiben von Produkten**

- ~ **Additiver Sekundärschutz: Technische Maßnahmen**
  - ereignisverhindernd: Einbau von Sensoren und zusätzlichen Aktoren
  - schadensbegrenzend: Rückhaltebecken, Löscheinrichtungen
  - Inertisierung

**Beispiel Sensoren / Aktoren als ereignisverhindernde Maßnahme**

- Füllstandsensor → Schaltet eine Pumpe ab um die weitere Befüllung zu verhindern
- Temperatursensor → schaltet eine Heizung ab
- Drucksensor → öffnet eine Armatur oder ein Ventil
- ...

Sicherheitstechnische Beurteilung von Verfahren und Anlagen  
 Anna Conrad 76 

**IV PAAG-Verfahren | Praxis**

**praktisches Beispiel**

Abweichung	Ursache	Auswirkung	S	H	R	Gegenmaßnahme

Sicherheitstechnische Beurteilung von Verfahren und Anlagen  
 Anna Conrad 77 

**MScS – Laborveranstaltung im Modul „Erwerb wiss. Fertigkeiten“**

**Labor „Sicherheitstechnische Beurteilung von Verfahren und Anlagen“**

- I Einführung
- II Rechtliche Grundlagen
- III PAAG-Verfahren | Grundlagen
- IV PAAG-Verfahren | Praxis
- V PAAG-Verfahren | Beispielhafte Anwendung**

Sicherheitstechnische Beurteilung von Verfahren und Anlagen  
Anna Conrad

78 

**V PAAG-Verfahren | Beispielhafte Anwendung**



**Funktionsprinzip:**  
Befüllen der Flasche mit Flüssigkeit. Bei Betätigen des Hebels kommt die Flüssigkeit zerstäubt oder als Strahl wieder heraus.

Durch den Druck des Hebels wird ein Druckunterschied im Mechanismus erzeugt. Im Kopf der Flasche befindet sich ein Einwegventil, sodass die Flüssigkeit nur durch die Düse austreten kann.

Ein Metallfeder sorgt beim Loslassen dafür, dass der Mechanismus sich wieder zurück bewegt und neue Flüssigkeit aus dem Behälter angesaugt werden kann.

**Sollfunktion:**  
Gießen von Blumen.

Sicherheitstechnische Beurteilung von Verfahren und Anlagen  
Anna Conrad

79 

**V PAAG-Verfahren | Beispielhafte Anwendung**

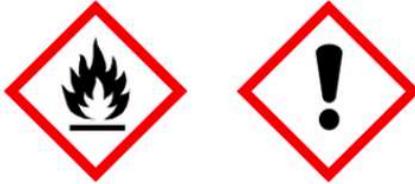
Leitwort	Abweichung	Ursache	Auswirkung	S	H	R	Gegenmaßnahme
Keine	Keine Flüssigkeitsaustritt	(1) Keine Inhalt im Behälter	Gießen der Blumen nicht möglich				(1) Behälter befüllen
		(2) Zu wenig Inhalt					(2) Mehr Flüssigkeit einfüllen
Kein	Druckaufbau	(3) Zufuhrschlauch verstopft					(3) Zufuhrschlauch spülen oder Austauschen
		(1) Behälter offen / kein geschlossenes System	(1) Flüssigkeit wird nicht nach oben gefördert				(1) Behälter verschließen mit Kopf richtig verschließen
		(2) Schlauch zu kurz / defekt					(2) Schlauch austauschen oder Flüssigkeitsspiegel erhöhen
Sowohl als auch	Sowohl Flüssigkeit als auch andere Flüssigkeiten	(3) Dichtung kaputt					(3) Dichtung oder Gerät austauschen
		(1) Unachtsamkeit beim Einfüllen (2) Ablösung von Produktbestandteile n / Prozesse in der Flüssigkeit	Verunreinigung in der Flüssigkeit				(1) Richtige Flüssigkeit einfüllen
Anders als	Flüssigkeit läuft anders als vorgegeben	Einwegventil defekt	Gießen der Blumen nicht möglich				Austausch des Ventils oder der Sprüflasche

## Anhang VIII – Aufgabenbeschreibung HAZOP-Studie

<b>Aufgabenbeschreibung PAAG-Analyse</b>	
 <b>BERGISCHE UNIVERSITÄT WUPPERTAL</b>	
<b>Aufgabe: Befülle Tank B1 mittels Pumpe P1 innerhalb 1 Stunde mit 22 m<sup>3</sup> Ethylbenzol (Temperatur 25 °C ± 20°C) von der Ethylbenzolübernahme</b>	
<b>Randbedingungen und Information über die Anlage</b>	
Die Übernahme des Ethylbenzols ist geprüft und in Ordnung. Alle Schläuche sind mit einem Lecktest geprüft worden und in Ordnung. Das Ethylbenzol wird über einen Tankwagen (nicht abgebildet) zugeführt. Der zuführende Tankwagen muss im Rahmen dieser Analyse nicht betrachtet werden. Ethylbenzol wird mit der <b>Pumpe P1</b> von der Ethylbenzolübernahme in den <b>Tank B1</b> überführt. Im zuführenden Tankwagen wird der Druckausgleich mit Stickstoff gewährleistet. Nach der Entladung wird die <b>Pumpe P1</b> ausgeschaltet. Danach wird das <b>Handventil V1</b> geschlossen und der Tankwagen abgetrennt. Das <b>Ventil V3</b> bleibt geöffnet, das <b>Ventil V2</b> ist für Reinigungszwecke gedacht. Das <b>Ventil V5</b> ermöglicht die Entleerung des <b>Tanks</b>	
<b>Pumpe P1</b>	
Normale Fördermenge: $Q_N = 10 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$	Maximale Druck (Gehäuse): $p_{\min} = -0,02 \text{ bar}_{\bar{u}}$ ; $p_{\max} = 6 \text{ bar}_{\bar{u}}^1$
Nullförderhöhe <sup>2</sup> : $H_0 = 90 \text{ m}$ Flüssigkeitssäule (9 bar <sub>ü</sub> )	Betriebsdruck: 1,5 bar
max. Fördermenge: $Q_{\max} = 20 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$	Werkstoff (Gehäuse): Grauguss
<b>Weitere Information:</b> Die Kreiselpumpe steht auf einem Betonsockel. Pumpe wird vor Ort ein- bzw. ausgeschaltet. Bei Unterschreitung des Grenzwertes schaltet die Durchflussüberwachung FS-A- die <b>Pumpe P1</b> aus (Trockenlaufschutz) und meldet einen Alarm.	
<b>Tank B1</b>	
Höhe: $H = 3,6 \text{ m}$	Durchmesser: $d = 3 \text{ m}$
Volumen: $V = 25 \text{ m}^3$	min. / max. zulässiger Druck: $p_{\min} = -0,02 \text{ bar}_{\bar{u}}$ $p_{\max} = + 2,0 \text{ bar}_{\bar{u}}$
Werkstoff: Schwarzstahl	
<b>Weiter Informationen:</b> Der Tankstand wird durch die Standmessung LIS+A+ angezeigt. Bei Erreichen des Grenzwertes (90 % Füllstand) schaltet die Standmessung die <b>Pumpe P1</b> aus und schließt das <b>Ventil V1</b> .	
<b>Belüftung</b>	
<b>Tank B1</b> wird drucklos betrieben. Während der Befüllung wird die Atmosphäre aus <b>Tank B1</b> verdrängt und über <b>Ventil V4</b> einem Wäscher (hier nicht abgebildet) zugeführt.	
<b>Tanktasse</b>	
Der <b>Tank B1</b> und die Pumpe P1 sind innerhalb der mit einer hinreichend chemikalien-beständigen Bodenbelag ausgestatteten Tanktasse platziert. Die Aufkantung der Tanktasse beträgt 1 m. Das Rückhaltevolumen ist entsprechend der örtlich geltenden Gesetze und Bestimmungen ausgelegt.	
<b>Rohrleitungen</b>	
Werkstoff: Edelstahl	min. / max. zulässiger Druck: $p_{\min} = -0,1 \text{ bar}_{\bar{u}}$ $p_{\max} = + 6 \text{ bar}_{\bar{u}}$
min / max. zulässige Temperatur: $T_{\min} = -20^\circ\text{C}$ $T_{\max} = +120^\circ\text{C}$	
<p><sup>1</sup> bar<sub>ü</sub> = Überdruck, als Druck über dem atmosphärischen Druck (<math>p_{\text{amb}} = 1,0325 \text{ bar}</math>)</p> <p><sup>2</sup> Die Nullförderhöhe für eine Pumpe gibt an, wie viel Druck notwendig ist, damit in einem an der Pumpe angeschlossenen senkrechten Rohr bei eingeschalteter Pumpe der Förderstrom gleich Null wird.</p>	



## Stoffinformationen Ethylbenzol



**Signalwort:** Gefahr

Flüssigkeit und Dampf leicht entzündbar (H225)

Gesundheitsschädlich beim Einatmen (H332)

Von Hitze / Funken / offener Flamme / heißen Oberflächen fernhalten (P210)

Behälter dicht verschlossen halten (P233)

Explosionsschutz elektrische Betriebsmittel gegen verwenden (P241)

Vorbeugende Maßnahmen gegen elektrostatische Aufladung treffen (P243)

Einatmen von Dampf / Nebel vermeiden (P261)

Schutzhandschuhe / Augenschutz tragen (P280)

**Siedepunkt:** 136 °C

**Flammpunkt:** 23 °C

**Zündtemperatur:** 430 °C

**Untere Explosionsgrenze:** 1,0 Vol.-% bzw. 43 g/m<sup>3</sup>

**Obere Explosionsgrenze:** 7,8 Vol.-% bzw. 340 g/m<sup>3</sup>

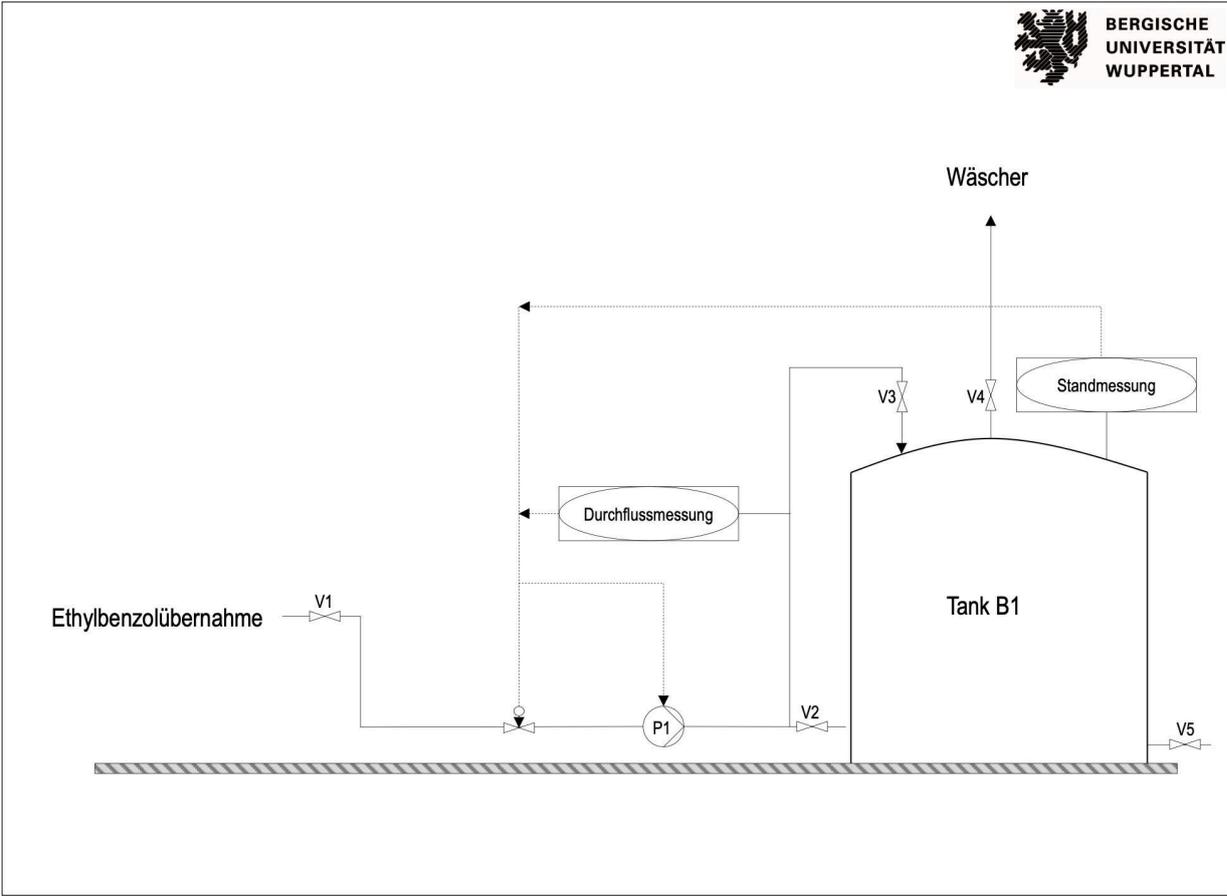
Dämpfe sind schwerer als Luft und bilden mit Luft explosionsfähige Atmosphäre. Bei Vorhandensein von Zündquellen, wie heißen Oberflächen, offenen Flammen, mechanisch erzeugten Funken, elektrischen Geräten, elektrostatische Aufladungen und Blitzschlag, ist mit erhöhter Explosionsgefahr zu rechnen. Mit elektrostatischer Aufladung ist rechnen beim Ausschütten, beim Tragen isolierender Schuhe und bei fehlender Erdverbindung ableitfähiger und leitfähiger Gegenstände.

**Arbeitsplatzgrenzwert (AGW):** 440 mg/m<sup>3</sup> bzw. 100 ml/m<sup>3</sup> (ppm)

Gefahr der Hautresorption (H)

Einatmen oder Verschlucken kann zu Gesundheitsschäden führen. Kann Atemwege, Auen, Magen-Darm-Trakt und Haut reizen. Vorübergehende Beschwerden wie Kopfschmerzen, Schwindel, Übelkeit, Konzentrationsstörungen können auftreten.

**WGK:** 1 (schwach wassergefährdend)



**Kategorisierung der Ereignisschwere**

<b>Kategorie der Ereignisschwere</b>	<b>Leitwort</b>
<b>S0</b>	sehr hoch
<b>S1</b>	hoch
<b>S2</b>	erheblich
<b>S3</b>	mittel
<b>S4</b>	gering
<b>S5</b>	sehr gering

**Kategorisierung der Eintrittshäufigkeit**

<b>Kategorie der Eintrittshäufigkeit</b>	<b>Leitwort</b>
<b>F0</b>	sehr wahrscheinlich
<b>F1</b>	wahrscheinlich
<b>F2</b>	möglich
<b>F3</b>	selten
<b>F4</b>	unwahrscheinlich
<b>F5</b>	nicht plausibel

**Risikomatrix**

Schadensausmaß	<b>S0</b>	E	D	B	B	A	A
	<b>S1</b>	F	E	D	B	B	A
	<b>S2</b>	F	F	E	D	B	B
	<b>S3</b>	F	F	F	E	D	B
	<b>S4</b>	F	F	F	F	E	D
	<b>S5</b>	F	F	F	F	F	E
		<b>F5</b>	<b>F4</b>	<b>F3</b>	<b>F2</b>	<b>F1</b>	<b>F0</b>
		Eintrittswahrscheinlichkeit					

**Leitwörter PAAG Analyse****nein / nicht****mehr****weniger****Umkehrung****teilweise****sowohl als auch****anders als**





## Anhang XI – Anschreiben Experten

Anna Conrad  
FG Sicherheitstechnik / Arbeitssicherheit



Sehr geehrter Herr / Frau xx,

mein Name ist Anna Conrad und ich verfolge derzeit eine Promotion im Fachgebiet Sicherheitstechnik / Arbeitssicherheit an der Bergischen Universität Wuppertal. Gegenstand meines Promotionsvorhabens ist das PAAG-/ bzw. HAZOP-Verfahren. Das PAAG-/HAZOP-Verfahren hat sich in der chemischen Industrie als systematische Analyse zur sicherheitstechnischen Beurteilung von Verfahren und Anlagen in den letzten Jahrzehnten bewährt. Der im Verfahren enthaltene Brainstormingansatz deutet aber auch darauf hin, dass es in der betrieblichen Praxis zu Unterschieden in der Beurteilung von Gefährdungen und der Kategorisierung von Risiken kommt. An diesem Punkt setzt mein Promotionsvorhaben an. Ziel dessen ist es, entstehende Varianzen bei der Gefährdungsidentifikation, der Risikobewertung sowie der Gestaltung von Gegenmaßnahmen aufzudecken, differenziert zu beschreiben und die Ursachen hierfür zu untersuchen.

Praktische Erfahrungen mit der Problematik konnte ich bereits bei meiner parallelen Industrietätigkeit in der Verfahrens- und Anlagensicherheit bei der CURRENTA GmbH & Co. OHG sammeln.

Eine erste Studie wurde mit Studierenden der Sicherheitstechnik (Bachelor und Master) an der Bergischen Universität Wuppertal durchgeführt. Im folgenden Schritt möchte ich qualifizierte und aktiv-tätige Moderatoren in einen aufbauenden Studienteil einfließen lassen.

**Optional:**

Ihr Team setzt sich aus erfahrenen, hoch qualifizierten Moderatoren zusammen, welche über eine breite Berufspraxis und eine hohe Kompetenz bei der Anwendung des PAAG-/ HAZOP-Verfahrens verfügen. Gerne würde ich Moderatoren mit diesen optimalen Voraussetzungen in meine Expertenstudie einfließen lassen. Besteht die Möglichkeit, dass ich Ihre Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in mein Promotionsvorhaben involvieren kann?

**Optional:**

Sie sind ein erfahrener und qualifizierter Moderator, welcher über Berufspraxis und Kompetenz bei der Anwendung des PAAG-/ HAZOP-Verfahrens verfügt. Gerne würde ich Sie mit diesen optimalen Voraussetzungen in meine Expertenstudie einfließen lassen. Besteht die Möglichkeit, dass ich Sie in mein Promotionsvorhaben involvieren kann?

Das Promotionsvorhaben und die geplante Expertenstudie sowie den damit verbundenen zeitlichen Umfang würde ich Ihnen gerne persönlich vorstellen.

Ich freue mich auf Ihre Rückmeldung und verbleibe

mit freundlichen Grüßen

Anna Conrad

## Anhang XII – Leitfaden Experteninterview

<b>1.</b>	<b>Informationsphase</b>
ERK <sup>18</sup>	<i>Innerhalb der Informationsphase wird der Experten über die Studie und deren Zielsetzung in Kenntnis gesetzt. Es werden formale Bedingungen, wie z. B. Datenschutz erläutert.</i>
AUS <sup>19</sup>	<p><b>Hallo und Herzlich Willkommen</b></p> <p>Ich freue mich, heute bei Ihnen sein zu kommen.</p> <p>Im Rahmen der Studien möchte ich unterschiedliche Meinungen von Experten untersuchen. Die Studie findet im Rahmen einer Promotion statt. Die Daten werden nicht personifiziert veröffentlicht, sondern nur über das Ergebnis der Studie bzw. Gesamtstudien Daten</p> <p>Das Interview wird etwa eine Stunde dauern.</p> <p>Mir ist wichtig, dass Sie ihre Meinung aufführen und erläutern. Es gibt kein richtig oder falsch.</p> <p>Wenn es für Sie ok ist, nehme ich das Interview mittels Mikrofons auf, um dieses nachher gut auswerten zu können.</p> <p>Gibt es noch etwas, was Sie wissen möchten?</p>
<b>2.</b>	<b>Aufwärmphase</b>
ERK.	<i>Die Aufwärmphase wird herangezogene, um dem Experten den Einstieg in die Interviewsituation und das Forschungsthema zu erleichtern (Misoch, 2019). Dies wird erreicht, in dem zu Beginn eine möglichst offene und breite Frage gestellt wird, sodass der Experten die Möglichkeit hat ins Erzählen zu kommen.<sup>20</sup></i>
AUS	<p><b>Dank für die Interviewbereitschaft</b></p> <p>Sie führen seit vielen Jahren als Studienleiter / Moderator für die Durchführung von PAAG-/HAZOP Studien durch und ich freue mich, dass Sie sich die Zeit nehmen.</p> <p>Um dieses Interview nicht zu beeinflussen, habe ich bewusst keine Vorinformationen über Sie und ihre derzeitige Ausrichtung oder Schwerpunkt eingeholt. Deshalb möchte ich zunächst fragen, ob Sie ausführen können, wie ihr bisheriger Werdegang bis zu dieser beruflichen Tätigkeit verlaufen ist.</p>
<b>3.</b>	<b>Hauptphase</b>
ERK.	<i>In der Hauptphase werden die eigentlichen relevanten Themen im kommunikativen Austausch mit dem Experten erfragt. Die Forschungsthemen sollten auch innerhalb der Hauptphase nochmal strukturiert sein.</i>

<sup>18</sup> Erklärung

<sup>19</sup> Ausführung

<sup>20</sup> „The first minutes of an interview are decisive. The interviewees will want to have a grasp of the interviewer before they allow themselves to talk freely and expose their experiences and feelings to a stranger“ (Kvale, 2012, S. 55).

<p>AUS</p>	<p><b>Risikobewertungskompetenz</b></p> <p>Das PAAG-/HAZOP-Verfahren wird häufig als semi-quantitatives Verfahren eingesetzt. Hierbei werden Auswirkungen mit einem Risiko versehen.</p> <p>Welche Komponenten / Faktoren beschreiben ein Risiko?</p> <p>Wie wird ein Risiko quantifiziert?</p> <p>Welche Faktoren beeinflussen die individuelle Risikowahrnehmung?</p> <p>Welche Prinzipien beeinflussen die individuelle Risikowahrnehmung?</p> <p>Wie hoch schätzen Sie die Eintrittswahrscheinlichkeit eines menschlichen Fehlers, Versagen von technischen Bauteilen ein?</p> <table border="1" data-bbox="325 730 1385 1227"> <tr> <td data-bbox="325 730 507 1039"><b>Wissen</b></td> <td data-bbox="507 730 1385 1039"> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Wissen, wie Risiken quantifiziert werden</li> <li>- Wissen, wie eine Eintrittswahrscheinlichkeit quantifiziert wird (Ereignismessung, statistische Ermittlung)</li> <li>- Wissen wie ein Schadensausmaß quantifiziert wird (Tod-leichte Verletzungen, Größe von Umweltschäden, Höhe von Sachschäden)</li> <li>- Wissen wie kulturelle und soziale Faktoren die Risikowahrnehmung beeinflussen (Hobbies, Erfahrungen, Erzählungen, etc.)</li> <li>- Wissen, dass heuristische Prinzipien die Risikowahrnehmung und -bewertung beeinflussen (Ereignisse, die kognitiv verfügbar sind werden als wahrscheinlicher eingeschätzt)</li> </ul> </td> </tr> <tr> <td data-bbox="325 1039 507 1227"><b>Anwendung</b></td> <td data-bbox="507 1039 1385 1227"> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Können Eintrittswahrscheinlichkeiten einschätzen (z. B. Wahrscheinlichkeit Verkehrsunfall, Versagen menschlicher Routinehandgriffe, prozesstechnischer Bauteile und inhärent sicherer Konstruktionen)</li> <li>- Können heuristische Prinzipien erläutern und deren Einfluss auf die Risikobeurteilung an einem Beispiel darlegen</li> </ul> </td> </tr> </table> <p><b>Allg. Kompetenz zur Anwendung des PAAG-/HAZOP-Verfahrens</b></p> <p>Sie kennen sich ja auf dem Feld der Beurteilung von verfahrenstechnischen Anlagen aus. Gibt es ihrer Meinung nach weiteren Verfahren, die sich für eine solche Anwendung eignen?</p> <p>Wie unterscheiden sich die von Ihnen genannten Verfahren?</p> <p>Was zeichnet aus ihrer Sicht das PAAG-/HAZOP-Verfahren aus?</p> <p>In welchen wesentlichen Schritten führen Sie eine PAAG-/HAZOP Studie durch?</p> <p>Wie sieht bei Ihnen im Allgemeinen die Durchführung einer PAAG-/HAZOP-Studie aus?</p> <p>Führen Sie diese immer gleich durch?</p> <p>Entspricht ihre Durchführung dem Vorgehen entsprechend der Norm?</p> <p>Wie gehen Sie im Allgemeinen methodisch bei einer neuen Betrachtung vor?</p> <p>Wer ist im Allgemeinen bei der Beurteilung dabei als Teilnehmer?</p> <p>Wenn es sich um einen Neubau / Neuanlage handelt, wann liegt aus ihrer Sicht der optimale Zeitpunkt vor?</p> <p>Welche Vorteile hat das PAAG-HAZOP-Verfahren ihrer Meinung nach ggü. anderen Verfahren?</p>	<b>Wissen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Wissen, wie Risiken quantifiziert werden</li> <li>- Wissen, wie eine Eintrittswahrscheinlichkeit quantifiziert wird (Ereignismessung, statistische Ermittlung)</li> <li>- Wissen wie ein Schadensausmaß quantifiziert wird (Tod-leichte Verletzungen, Größe von Umweltschäden, Höhe von Sachschäden)</li> <li>- Wissen wie kulturelle und soziale Faktoren die Risikowahrnehmung beeinflussen (Hobbies, Erfahrungen, Erzählungen, etc.)</li> <li>- Wissen, dass heuristische Prinzipien die Risikowahrnehmung und -bewertung beeinflussen (Ereignisse, die kognitiv verfügbar sind werden als wahrscheinlicher eingeschätzt)</li> </ul>	<b>Anwendung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Können Eintrittswahrscheinlichkeiten einschätzen (z. B. Wahrscheinlichkeit Verkehrsunfall, Versagen menschlicher Routinehandgriffe, prozesstechnischer Bauteile und inhärent sicherer Konstruktionen)</li> <li>- Können heuristische Prinzipien erläutern und deren Einfluss auf die Risikobeurteilung an einem Beispiel darlegen</li> </ul>
<b>Wissen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Wissen, wie Risiken quantifiziert werden</li> <li>- Wissen, wie eine Eintrittswahrscheinlichkeit quantifiziert wird (Ereignismessung, statistische Ermittlung)</li> <li>- Wissen wie ein Schadensausmaß quantifiziert wird (Tod-leichte Verletzungen, Größe von Umweltschäden, Höhe von Sachschäden)</li> <li>- Wissen wie kulturelle und soziale Faktoren die Risikowahrnehmung beeinflussen (Hobbies, Erfahrungen, Erzählungen, etc.)</li> <li>- Wissen, dass heuristische Prinzipien die Risikowahrnehmung und -bewertung beeinflussen (Ereignisse, die kognitiv verfügbar sind werden als wahrscheinlicher eingeschätzt)</li> </ul>				
<b>Anwendung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Können Eintrittswahrscheinlichkeiten einschätzen (z. B. Wahrscheinlichkeit Verkehrsunfall, Versagen menschlicher Routinehandgriffe, prozesstechnischer Bauteile und inhärent sicherer Konstruktionen)</li> <li>- Können heuristische Prinzipien erläutern und deren Einfluss auf die Risikobeurteilung an einem Beispiel darlegen</li> </ul>				

<b>Wissen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Wissen um die, auf dem Markt vorhandenen und etablierten Vorgehen zur sicherheitstechnischen Beurteilung von Verfahren / Anlagen (Bow-Tie, Fehlerbaum; Lopa)</li> <li>- Wissen der Unterschiede zwischen den einzelnen Verfahren (qualitative, semiquantitative, quantitative)</li> <li>- Wissen der besonderen Verfahrensmerkmale des PAAG-Verfahrens (Brainstormingansatz, Teamerarbeitung mit Moderation)</li> <li>- Wissen des Zyklus der Betrachtungen (Aktualisierung der PAAG-/HAZOP-Studie)</li> <li>- Wissen der Herangehensweise zur Durchführung einer PAAG-/HAZOP Studien bei Neuanlagen</li> <li>- Wissen des Teilnehmerkreises</li> <li>- Wissen des optimalen Zeitpunktes zur Durchführung einer PAAG-/HAZOP-Studie</li> <li>- Wissen des allgemeinen Vorgehens bzw. der Schritte zur Durchführung einer Studie</li> </ul>
<b>Anwendung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Können die Vorteile des PAAG-/HAZOP-Verfahrens darstellen und diskutieren</li> <li>- Können die Anwendung von mehreren Verfahren sowie deren Vor- und Nachteile gegenüberstellen und diskutieren</li> </ul>

**Prognose der Abweichung**

Der erste Schritt zur Durchführung einer PAAG-/HAZOP Studie ist die Prognose von Abweichungen.

Welche Leitwörter kennen Sie?

Welche Leitwörter verwenden Sie in der Regeln im betrieblichen Alltag?

Wie gehen Sie im ersten Verfahrensschritt des PAAG-/HAZOP-Verfahrens vor?

Wie würden Sie das Normvorgehen zur Generierung einer Abweichung beschreiben?

Hat das Vorgehen aus ihrer Sicht Vor- bzw. Nachteile?

Wie bewerten Sie dieses vorgehen?

Was zeichnet die Prognose von Abweichungen im Gesamtkontext des PAAG-/HAZOP-Verfahrens aus?

<b>Wissen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kennen die definierten Leitwörter des Verfahrens und deren Bedeutung</li> <li>- Kennen das Vorgehen zur Generierung einer Abweichung (Leitwort + physikalische Abweichung)</li> <li>- Kennen das Vorgehen zur Anwendung der Leitwörter (strenge Deklination aller Leitwörter und der relevanten Prozessparameter)</li> <li>- Kennen die Vor- und Nachteile der Leitwortdeklination</li> </ul>
<b>Anwendung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Können die Leitwörter sachlogisch anwenden und Abweichungen generieren</li> <li>- Können das methodische Vorgehen (Brainstormingansatz) anhand der vorliegenden Vor- und Nachteile des Verfahrens kritisch diskutieren.</li> </ul>

**Auffinden der Ursachen**

Der zweite Schritt zur Durchführung einer PAAG-/HAZOP Studie ist das Auffinden der Ursachen.

Wie würden Sie das normative Vorgehen zum Auffinden der Ursachen beschreiben?

Wie gehen Sie in der betrieblichen Praxis vor, um die Ursachen aufzufinden?  
 Wie gehen Sie in ihrer betrieblichen Praxis mit der Berücksichtigung von bestehenden Gegenmaßnahmen um? Werden diese bei Ihnen berücksichtigt oder nicht?  
 Wissen Sie wie das normative Vorgehen gedacht ist?  
 Wo sehen Sie die Schwierigkeiten bei der Ursachendefinition hinsichtlich Detaillierungsgrad?  
 Wo sehen Sie die Schwierigkeit bei der Ursachendefinition hinsichtlich Kausalzusammenhangs zwischen einzelnen Ursachen?  
 Welche Rolle oder Relevanz liegt diesem Arbeitsschritt im Gesamtzusammenhang zu Grunde?

<b>Wissen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kennen von Ursachenarten (technisch, organisatorisch)</li> <li>- Kennen der methodischen Vorgehensweise zur Identifikation von Ursachen (Überführung der hypothetischen Abweichungen in reale Abweichungen)</li> <li>- Kennen des Grundsatzes, dass vorhandene Gegenmaßnahmen (z. B. Überfüllsicherungen, Sicherheitsventile) bei der Ursachenidentifikation nicht berücksichtigt werden</li> <li>- Kennen von Kausalzusammenhängen zwischen mehreren Ursachen</li> </ul>
<b>Anwendung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Können auf der Basis von Erfahrungen am Anwendungsbeispiel Ursachen identifizieren</li> <li>- Können die Schwierigkeit bzgl. eines angemessenen Detaillierungsgrades diskutieren</li> <li>- Können die Relevanz dieses methodischen Arbeitsschrittes beschreiben und den Zusammenhang zwischen Qualität der Fragetechnik und Vollständigkeit der Analyse</li> </ul>

**Abschätzung der Auswirkungen**

Der dritte Schritt zur Durchführung einer PAAG-/HAZOP Studie ist das Abschätzen der Auswirkungen.  
 Wie bemessen Sie in ihrer betrieblichen Praxis die Auswirkungen von Abweichungen?  
 Welche Auswirkungsarten /-kategorien unterscheiden Sie?  
 Welche groben Auswirkungsdimensionen unterscheiden Sie z. B. auf räumliche Faktoren).  
 Welche Auswirkungsgrößen unterscheiden Sie?  
 Quantifizieren Sie die Auswirkungen?  
 Wo sehen Sie die Schwierigkeiten bzw. die Herausforderungen bei der Abschätzung der Auswirkungen?  
 Wie bewerten Sie die Quantifizierung des Risikos der Auswirkung im Rahmen des PAAG-Verfahrens?

<b>Wissen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kennen von Auswirkungsarten (Materieller Schaden, Verfügbarkeitsrelevanz, Personenschaden, Umweltschaden, Reputationsschäden, Sachschäden)</li> <li>- Kennen von Auswirkungsdimensionen bezogen auf räumliche Faktoren (im Betrieb, außerhalb des Betriebs, außerhalb des Werkes)</li> </ul>
---------------	---

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kennen von Auswirkungsgrößen bezogen auf die Schadenshöhe (Umweltschäden, Personenschäden, Sachschäden)</li> <li>- Kennen von Dominoeffekten sowohl verfahrensspezifisch als auch z. B. durch mehrere Betriebe</li> <li>- Kennen den Ansatz zur Quantifizierung des Risikos zur Abschätzung der Auswirkungen</li> </ul>
<b>Anwendung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Können Auswirkungen am Anwendungsbeispiel abschätzen</li> <li>- Können die Schwierigkeit zur Abschätzung der Auswirkung im Hinblick auf Detailtiefe diskutieren</li> <li>- Können die Schwierigkeit der Risikoquantifizierung (Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadensausmaß) im Rahmen des PAAG-/HAZOP Verfahrens diskutieren</li> </ul>

**Beschreibung von Gegenmaßnahmen**

Der letzte Schritt zur Durchführung einer PAAG-/HAZOP Studie ist die Beschreibung von Gegenmaßnahmen.

Können Sie allgemein aufführen, welche Möglichkeit der Gestaltung für Gegenmaßnahmen es prinzipiell gibt?

Welche Arten von Gegenmaßnahmen verwenden Sie hauptsächlich in der betrieblichen Praxis?

Welche Merkmale und Vor- bzw. Nachteile haben die verschiedenen Maßnahmenkategorien?

Wie gehen Sie mit bereits bestehenden Gegenmaßnahmen um?

Wie erleben Sie das Spannungsfeld zwischen betrieblichen Interessen (Kosten) und Risikoreduzierung? Ist dies ein Thema?

<b>Wissen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Wissen die allgemeine Gestaltungskonzeption im Arbeits- und Gesundheitsschutz und der Verfahrens- und Anlagensicherheit (Hersteller/ Inverkehrbringer; Arbeitgeber/Benutzer)</li> <li>- Wissen die Arten von Gegenmaßnahmen (technisch, prozessleitechnisch, organisatorisch, personenbezogen)</li> <li>- Wissen die Merkmale der Maßnahmenkategorien (technisch-konstruktiv, technisch-additiv, organisatorisch, willensabhängig, willensunabhängig, schadensbegrenzend, ereignisverhindernd)</li> <li>- Wissen Wirksamkeiten bzw. Höhen der Risikoreduzierung der Maßnahmenkategorien</li> <li>- Wissen, dass bereits vorhandene Gegenmaßnahmen an dieser Stelle berücksichtigt werden</li> </ul>
<b>Anwendung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Können geeignete Gegenmaßnahmen für das Anwendungsbeispiel generieren</li> <li>- Können das betriebliche Spannungsfeld bei der Maßnahmengestaltung diskutieren (technisch -&gt; hohe Risikoreduzierung, aber teuer; organisatorisch -&gt; i. d. R. geringe Risikoreduzierung, aber günstig) diskutieren</li> </ul>

**Zukünftige Entwicklung des PAAG-/HAZOP-Verfahrens**

Wie wird das PAAG-/HAZOP-Verfahren bei Ihnen angewendet (Papier; Software; etc)?

	<p>Wie schätzen Sie die Entwicklung des PAAG-/HAZOP Verfahrens in den nächsten Jahren im Hinblick auf die Digitalisierung ein?</p> <p>Wie sieht das PAAG-/ HAZOP Verfahren der Zukunft aus?</p> <p>Was meinen Sie, wie die Durchführung einer HAZOP-/PAAG-Studie in 5 bzw. 10 Jahre aussieht?</p> <table border="1" data-bbox="325 533 1385 748"> <tr> <td data-bbox="325 533 507 622"><b>Wissen</b></td> <td data-bbox="507 533 1385 622"> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Wissen Merkmale der Digitalisierung</li> <li>- Wissen mögliche Veränderung des PAAG-/HAZOP Verfahrens durch die Digitalisierungsprozess (Künstliche Intelligenz, Internet der Dinge, etc.)</li> </ul> </td> </tr> <tr> <td data-bbox="325 622 507 748"><b>Anwendung</b></td> <td data-bbox="507 622 1385 748"> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Können eine Zukunftsvision für die Anwendung des PAAG-/HAZOP-Verfahrens skizzieren und diskutieren (keine PAAG-/HAZOP-Studien mehr erforderlich, da Bauteile bereits intelligent sind und Abweichungen melden, etc.)</li> </ul> </td> </tr> </table> <p><b>Methodische und soziale Kompetenz zur Moderation</b></p> <p>Das PAAG-/HAZOP-Verfahren lebt davon, dass es in einem Brainstorming und diskussionsfreudigen Atmosphäre stattfindet.</p> <p>Was macht ihrer Meinung nach einer geeigneten Atmosphäre für die Durchführung einer PAAG-/HAZOP-Studie aus?</p> <p>Welche Grundregeln gelten ihrer Meinung nach für eine gute Moderation von Studiengruppen?</p> <p>Welche Schwierigkeiten sehen Sie bei der Moderation von PAAG-/HAZOP-Studien?</p> <p>Wie gehen Sie mit Schwierigkeiten im Rahmen einer Moderation um?</p> <p>Welche Erfahrungen können Sie hier berichten?</p> <table border="1" data-bbox="325 1352 1385 1722"> <tr> <td data-bbox="325 1352 507 1659"><b>Wissen</b></td> <td data-bbox="507 1352 1385 1659"> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Wissen wie eine Moderation durchgeführt wird (Einleitung, Verhaltensregeln, Zielkommunikation, Visualisierung, Maßnahmenzuordnung, -verteilung)</li> <li>- Wissen welche Grundregeln beachtet werden müssen (Respektvoller und wertschätzender Umgang, ausreden lassen, Redeanteile beachten, Moderation innehalten)</li> <li>- Wissen über die Herausforderungen bei der Moderation von Studiengruppen (Aktivierung leiser Teilnehmer, Regulierung starker aktiver Teilnehmer, Umgang mit Diskussionen und Meinungsverschiedenheiten)</li> </ul> </td> </tr> <tr> <td data-bbox="325 1659 507 1722"><b>Anwendung</b></td> <td data-bbox="507 1659 1385 1722"> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Können Schwierigkeiten bei der Moderation von PAAG-/HAZOP-Studien aufzeigen und dieses kritisch diskutieren.</li> </ul> </td> </tr> </table>	<b>Wissen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Wissen Merkmale der Digitalisierung</li> <li>- Wissen mögliche Veränderung des PAAG-/HAZOP Verfahrens durch die Digitalisierungsprozess (Künstliche Intelligenz, Internet der Dinge, etc.)</li> </ul>	<b>Anwendung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Können eine Zukunftsvision für die Anwendung des PAAG-/HAZOP-Verfahrens skizzieren und diskutieren (keine PAAG-/HAZOP-Studien mehr erforderlich, da Bauteile bereits intelligent sind und Abweichungen melden, etc.)</li> </ul>	<b>Wissen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Wissen wie eine Moderation durchgeführt wird (Einleitung, Verhaltensregeln, Zielkommunikation, Visualisierung, Maßnahmenzuordnung, -verteilung)</li> <li>- Wissen welche Grundregeln beachtet werden müssen (Respektvoller und wertschätzender Umgang, ausreden lassen, Redeanteile beachten, Moderation innehalten)</li> <li>- Wissen über die Herausforderungen bei der Moderation von Studiengruppen (Aktivierung leiser Teilnehmer, Regulierung starker aktiver Teilnehmer, Umgang mit Diskussionen und Meinungsverschiedenheiten)</li> </ul>	<b>Anwendung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Können Schwierigkeiten bei der Moderation von PAAG-/HAZOP-Studien aufzeigen und dieses kritisch diskutieren.</li> </ul>
<b>Wissen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Wissen Merkmale der Digitalisierung</li> <li>- Wissen mögliche Veränderung des PAAG-/HAZOP Verfahrens durch die Digitalisierungsprozess (Künstliche Intelligenz, Internet der Dinge, etc.)</li> </ul>								
<b>Anwendung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Können eine Zukunftsvision für die Anwendung des PAAG-/HAZOP-Verfahrens skizzieren und diskutieren (keine PAAG-/HAZOP-Studien mehr erforderlich, da Bauteile bereits intelligent sind und Abweichungen melden, etc.)</li> </ul>								
<b>Wissen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Wissen wie eine Moderation durchgeführt wird (Einleitung, Verhaltensregeln, Zielkommunikation, Visualisierung, Maßnahmenzuordnung, -verteilung)</li> <li>- Wissen welche Grundregeln beachtet werden müssen (Respektvoller und wertschätzender Umgang, ausreden lassen, Redeanteile beachten, Moderation innehalten)</li> <li>- Wissen über die Herausforderungen bei der Moderation von Studiengruppen (Aktivierung leiser Teilnehmer, Regulierung starker aktiver Teilnehmer, Umgang mit Diskussionen und Meinungsverschiedenheiten)</li> </ul>								
<b>Anwendung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Können Schwierigkeiten bei der Moderation von PAAG-/HAZOP-Studien aufzeigen und dieses kritisch diskutieren.</li> </ul>								
4.	<b>Ausklang- und Abschlussphase</b>								
ERK.	<p><i>In der abschließenden Ausklang- und Abschlussphase wird das Ende des Interviews eingeläutet. Innerhalb dieser Frage kann Raum gelassen werden, um Themen durch den Experten hinzuzufügen und das Interview zu reflektieren. Für den Experten soll in der Ausklang- und Abschlussphase der Übergang von der Interviewdurchführung in die vorherige Situation geschaffen werden.</i></p>								
AUS	<p>Gibt es von ihrer Seite noch etwas, dass Sie gerne loswerden möchten?</p> <p>Ich bedanke mich bei Ihnen für ihre Zeit. Herzlichen Dank. Sie haben mir sehr geholfen.</p>								

## Anhang XIII – Kodierleitfaden zur Auswertung

### Kodierleitfaden zur Bewertung der Interraterreliabilität eines Experteninterviews

Kompetenz stellt die Verbindung zwischen Wissen und Können her und ist als Befähigung zur Bewältigung unterschiedlicher Situationen zu sehen. Entsprechend breit muss auch die Umsetzung in Aufgaben und Tests gestaltet sein.

Kompetenzen sind die bei Individuen verfügbaren oder durch sie erlernten kognitiven Fähigkeiten und Fertigkeiten, um bestimmte Probleme zu lösen sowie die damit verbundenen motivationalen, volitionalen (willensmäßig) und sozialen Bereitschaften und Fähigkeiten, um die Problemlösung in variablen Situationen erfolgreich und verantwortungsvoll nutzen zu können (Weinert, 2001).

In nachfolgenden Bereichen sollen die Kompetenzen der PAAG-/HAZOP-Experten im Rahmen eines Interviews überprüft werden.

- I) Risikobewertung
- II) Anwendung PAAG-Verfahren
- III) Auswahl geeigneter Leitwörter
- IV) Identifizierung von Ursachen / Analyse Entstehung von Gefährdungen
- V) Beschreibung von Auswirkungen / Abschätzung des Risikos / Gefährdung
- VI) Auswahl geeigneter Schutzmaßnahmen (Anteil an Art der Schutzmaßnahme)
- VII) Zukünftige Entwicklung des PAAG-/HAZOP-Verfahrens
- VIII) Methodische und soziale Kompetenz zur Moderation

#### I) Risikobewertungskompetenz

Die Risikowahrnehmung und -bewertung stellt eine entscheidende Kompetenz bei der Durchführung von PAAG-/HAZOP-Studie dar. Innerhalb der Studiendurchführung wird dem Experten die Kompetenz zur Beurteilung von Risiken nach objektivierbaren Kriterien zugesprochen. Die nachfolgenden Kompetenzen im Wissen und der Anwendung werden im Rahmen des Experteninterviews überprüft.

<b>Wissen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Wissen, wie Risiken quantifiziert werden</li> <li>- Wissen, wie eine Eintrittswahrscheinlichkeit quantifiziert wird (Ereignismessung, statistische Ermittlung)</li> <li>- Wissen wie ein Schadensausmaß quantifiziert wird (Tod-leichte Verletzungen, Größe von Umweltschäden, Höhe von Sachschäden)</li> <li>- Wissen wie kulturelle und soziale Faktoren die Risikowahrnehmung beeinflussen (Hobbies, Erfahrungen, Erzählungen, etc.)</li> <li>- Wissen, dass heuristische Prinzipien die Risikowahrnehmung und -bewertung beeinflussen (Ereignisse, die kognitiv verfügbar sind werden als wahrscheinlicher eingeschätzt)</li> </ul>
<b>Anwendung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Können Eintrittswahrscheinlichkeiten einschätzen (z. B. Wahrscheinlichkeit Verkehrsunfall, Versagen menschlicher Routinehandgriffe, prozesstechnischer Bauteile und inhärent sicherer Konstruktionen)</li> <li>- Können heuristische Prinzipien erläutern und deren Einfluss auf die Risikobeurteilung an einem Beispiel darlegen</li> </ul>

#### II) Allg. Kompetenz zur Anwendung des PAAG-Verfahrens

Das PAAG-/HAZOP-Verfahren ist formal ein qualitatives Verfahren zur Beurteilung von

verfahrenstechnischen Anlagen. Das PAAG-Verfahren zeichnet sich insbesondere durch einen Brainstormingansatz und die Durchführung der Beurteilung als Moderation aus. Die Kompetenz eines Experten umfasst Wissen über die Methodik des PAAG-/HAZOP-Verfahrens, Wissen über Betrachtungszyklen und Wissen über Rahmenbedingungen zur Durchführung einer PAAG-/HAZOP-Studie.

<b>Wissen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Wissen um die, auf dem Markt vorhandenen und etablierten Vorgehen zur sicherheitstechnischen Beurteilung von Verfahren / Anlagen (Bow-Tie, Fehlerbaum; Lopa)</li> <li>- Wissen der Unterschiede zwischen den einzelnen Verfahren (qualitative, semiquantitative, quantitative)</li> <li>- Wissen der besonderen Verfahrensmerkmale des PAAG-Verfahrens (Brainstormingansatz, Teamerarbeitung mit Moderation)</li> <li>- Wissen des Zyklus der Betrachtungen (Aktualisierung der PAAG-/HAZOP-Studie)</li> <li>- Wissen der Herangehensweise zur Durchführung einer PAAG-/HAZOP Studien bei Neuanlagen</li> <li>- Wissen des Teilnehmerkreises</li> <li>- Wissen des optimalen Zeitpunktes zur Durchführung einer PAAG-/HAZOP-Studie</li> <li>- Wissen des allgemeinen Vorgehens bzw. der Schritte zur Durchführung einer Studie</li> </ul>
<b>Anwendung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Können die Vorteile des PAAG-/HAZOP-Verfahrens darstellen und diskutieren</li> <li>- Können die Anwendung von mehreren Verfahren sowie deren Vor- und Nachteile gegenüberstellen und diskutieren</li> </ul>

### III) **Prognose der Abweichungen**

Die Prognose der Abweichung bildet den ersten Schritt des PAAG-/HAZOP-Verfahrens. Bei der Anwendung dieses Schrittes ist die strenge systematische Anwendung der Leitwörter entscheidend um die betrieblichen Abweichungen ganzheitlich und vollständig erfassen zu können.

Die Kompetenz zur normkonformen Anwendung dieses Schrittes erfordert **Wissen** über die Leitwörter, deren Bedeutung sowie das allg. Vorgehen bei der betrieblichen Anwendung. Weiterhin umfasst die Kompetenz das **Können**, die Leitwörter sachlogisch anzuwenden und daraus folgende Abweichungen zu generieren. Den Brainstorming-Ansatz auf Basis seiner methodische Vor- und Nachteile diskutieren zu können, wird ebenfalls unter der Kompetenz zur Prognose von Abweichungen subsumiert. Die Kompetenzmerkmale sind nachfolgend aufgeführt.

<b>Wissen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kennen die definierten Leitwörter des Verfahrens und deren Bedeutung</li> <li>- Kennen das Vorgehen zur Generierung einer Abweichung (Leitwort + physikalische Abweichung)</li> <li>- Kennen das Vorgehen zur Anwendung der Leitwörter (strenge Deklination aller Leitwörter und der relevanten Prozessparameter)</li> <li>- Kennen die Vor- und Nachteile der Leitwortdeklination</li> </ul>
<b>Anwendung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Können die Leitwörter sachlogisch anwenden und Abweichungen generieren</li> <li>- Können das methodische Vorgehen (Brainstormingansatz) anhand der vorliegenden Vor- und Nachteile des Verfahrens kritisch diskutieren.</li> </ul>

### IV) **Auffinden der Ursachen**

Das Auffinden der Ursachen stellt den zweiten Arbeitsschritt des PAAG-/HAZOP-Verfahrens dar. Ziel dieses Schrittes besteht darin, für eine zunächst hypothetisch angenommene Abweichung eine reale Ursache zu identifizieren. Eine hypothetische Abweichung wird durch diesen Schritt in eine reale

Abweichung überführt. Die Kompetenz zur Auffinden von Ursachen erfordert u. a. das **Wissen** von möglichen Ursachenarten aufgrund von Erfahrungswerten und die methodische Vorgehensweise zum Auffinden von Ursachen. Das **Können** umfasst die Identifikation von Ursachen am Anwendungsbeispiel. Ergänzend umfasst das Können auch, die Fähigkeit zur Diskussion zu relevanten Fragestellungen um diesen Arbeitsschritt. Die Kompetenzmerkmale sind nachfolgend aufgeführt.

<b>Wissen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kennen von Ursachenarten (technisch, organisatorisch)</li> <li>- Kennen der methodischen Vorgehensweise zur Identifikation von Ursachen (Überführung der hypothetischen Abweichungen in reale Abweichungen)</li> <li>- Kennen des Grundsatzes, dass vorhandene Gegenmaßnahmen (z. B. Überfüllsicherungen, Sicherheitsventile) bei der Ursachenidentifikation nicht berücksichtigt werden</li> <li>- Kennen von Kausalzusammenhängen zwischen mehreren Ursachen</li> </ul>
<b>Anwendung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Können auf der Basis von Erfahrungen am Anwendungsbeispiel Ursachen identifizieren</li> <li>- Können die Schwierigkeit bzgl. eines angemessenen Detaillierungsgrades diskutieren</li> <li>- Können die Relevanz dieses methodischen Arbeitsschrittes beschreiben und den Zusammenhang zwischen Qualität der Fragetechnik und Vollständigkeit der Analyse</li> </ul>

#### V) **Abschätzung der Auswirkungen**

Der dritte Schritt des PAAG-/HAZOP-Verfahrens stellt das Abschätzen der Auswirkungen dar. Für die zuvor ermittelten Abweichungen werden Auswirkungsszenarien beschrieben. Bei der Abschätzung von Auswirkungen ist essentiell, dass alle Auswirkungsarten berücksichtigt werden. Die Kompetenz zur Abschätzung von Auswirkungen umfasst daher das **Wissen** von Auswirkungsarten, Auswirkungsdimensionen sowie zur Quantifizierung des Risikos zur Abschätzung der Auswirkungen. Die Kompetenz zur Abschätzung von Auswirkungen subsumiert ergänzend das **Können** zur Abschätzung von Auswirkungen am Anwendungsbeispiel. Ergänzend beinhaltet die Kompetenz die Fähigkeit zur Diskussion diverser kritischer Fragestellungen zur Abschätzung von Auswirkungen, z. B. die Risikoquantifizierung innerhalb eines qualitativen Verfahrens sowie die Detailtiefe.

<b>Wissen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kennen von Auswirkungsarten (Materieller Schaden, Verfügbarkeitsrelevanz, Personenschaden, Umweltschaden, Reputationsschäden, Sachschäden)</li> <li>- Kennen von Auswirkungsdimensionen bezogen auf räumliche Faktoren (im Betrieb, außerhalb des Betriebs, außerhalb des Werkes)</li> <li>- Kennen von Auswirkungsgrößen bezogen auf die Schadenshöhe (Umweltschäden, Personenschäden, Sachschäden)</li> <li>- Kennen von Dominoeffekten sowohl verfahrensspezifisch als auch z. B. durch mehrere Betriebe</li> <li>- Kennen den Ansatz zur Quantifizierung des Risikos zur Abschätzung der Auswirkungen</li> </ul>
<b>Anwendung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Können Auswirkungen am Anwendungsbeispiel abschätzen</li> <li>- Können die Schwierigkeit zur Abschätzung der Auswirkung im Hinblick auf Detailtiefe diskutieren</li> <li>- Können die Schwierigkeit der Risikoquantifizierung (Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadensausmaß) im Rahmen des PAAG-/HAZOP Verfahrens diskutieren</li> </ul>

#### VI) **Beschreibung von Gegenmaßnahmen**

Der letzte Arbeitsschritt des PAAG-Verfahrens bildet die Gestaltung von Gegenmaßnahmen. Hierbei werden auf Basis der zuvor ermittelten Erkenntnisse und der technischen Realisierungsmöglichkeiten sowie in Abhängigkeit der benötigten Risikoreduzierung Gegenmaßnahmen festgelegt. Die Kompetenz zur Beschreibung von Gegenmaßnahmen beinhaltet das **Wissen** um die allgemeine Gestaltungskonzeption, die Arten von Gegenmaßnahmen und deren Merkmale. Die Kompetenz subsumiert u. a. auch die **Anwendung** dieses Wissen sowohl auf die Auswahl von geeigneten Gegenmaßnahmen im Anwendungsbeispiel, als auch auf die kritische Diskussion des betrieblichen Spannungsfeldes bei der Maßnahmengestaltung.

<b>Wissen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Wissen die allgemeine Gestaltungskonzeption im Arbeits- und Gesundheitsschutz und der Verfahrens- und Anlagensicherheit (Hersteller/ Inverkehrbringer; Arbeitgeber/Benutzer)</li> <li>- Wissen die Arten von Gegenmaßnahmen (technisch, prozessleitechnisch, organisatorisch, personenbezogen)</li> <li>- Wissen die Merkmale der Maßnahmenkategorien (technisch-konstruktiv, technisch-additiv, organisatorisch, willensabhängig, willensunabhängig, schadensbegrenzend, ereignisverhindernd)</li> <li>- Wissen Wirksamkeiten bzw. Höhen der Risikoreduzierung der Maßnahmenkategorien</li> <li>- Wissen, dass bereits vorhandene Gegenmaßnahmen an dieser Stelle berücksichtigt werden</li> </ul>
<b>Anwendung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Können geeignete Gegenmaßnahmen für das Anwendungsbeispiel generieren</li> <li>- Können das betriebliche Spannungsfeld bei der Maßnahmengestaltung diskutieren (technisch -&gt; hohe Risikoreduzierung, aber teuer; organisatorisch -&gt; i. d. R. geringe Risikoreduzierung, aber günstig) diskutieren</li> </ul>

### VII) Zukünftige Entwicklung des PAAG-/HAZOP-Verfahrens

Die zukünftige Entwicklung des PAAG-/HAZOP-Verfahrens wird u. a. durch den Prozess der Digitalisierung beeinflusst. Die Kompetenz des Experten in diesem Abschnitt umfasst das **Wissen** von Merkmalen der Digitalisierung sowie über mögliche Veränderungen des PAAG-/HAZOP-Verfahrens. Der kompetente Experte sollte eine mögliche Zukunftsvision des PAAG-/HAZOP-Verfahrens skizzieren und diskutieren **können**.

<b>Wissen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Wissen Merkmale der Digitalisierung</li> <li>- Wissen mögliche Veränderung des PAAG-/HAZOP Verfahrens durch die Digitalisierungsprozess (Künstliche Intelligenz, Internet der Dinge, etc.)</li> </ul>
<b>Anwendung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Können eine Zukunftsvision für die Anwendung des PAAG-/HAZOP-Verfahrens skizzieren und diskutieren (keine PAAG-/HAZOP-Studien mehr erforderlich, da Bauteile bereits intelligent sind und Abweichungen melden, etc.)</li> </ul>

### VIII) Methodische und soziale Kompetenz zur Moderation

Um ein bestmögliches Beurteilungsergebnis bei der Durchführung von PAAG-/HAZOP-Studien zu erzielen ist eine gut strukturierte und motivierende Moderation und Anleitung der Studienteilnehmer erforderlich.

<b>Wissen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Wissen wie eine Moderation durchgeführt wird (Einleitung, Verhaltensregeln, Zielkommunikation, Visualisierung, Maßnahmenzuordnung, -verteilung)</li> <li>- Wissen welche Grundregeln beachtet werden müssen (Respektvoller und wertschätzender Umgang, ausreden lassen, Redeanteile beachten, Moderation innehalten)</li> </ul>
---------------	--

	- Wissen über die Herausforderungen bei der Moderation von Studiengruppen (Aktivierung leiser Teilnehmer, Regulierung starker aktiver Teilnehmer, Umgang mit Diskussionen und Meinungsverschiedenheiten)
<b>Anwendung</b>	- Können Schwierigkeiten bei der Moderation von PAAG-/HAZOP-Studien aufzeigen und dieses kritisch diskutieren.



## **Anhang XV – Bildung der Überschriften Experten Interview**

### **1. Prognose der Abweichungen:**

#### **1.1 Leitwörter**

Kein Wissen über die konkreten BG Leitwörter.

Betriebsspezifische Ergänzung von Leitwörtern.

Anpassung ist dahingehend erfolgt, dass physikalische Parameter mit sinnvollen Leitwörtern kombiniert wurden.

Es werden keine ergänzenden Leitwörter, aber modifizierte Leitwörter verwendet.

Es werden feste Leitwörter verwendet. Es wurden keine Leitwörter ergänzend ggü. den Literaturangaben.

Nach Festlegung der Sollfunktion wird die Matrix der BG RCI angewendet.

Die Prognose der Abweichung erfolgt nach reiner Lehre.

Leitwortkombinationen, die garkeinen Sinn ergeben, lasse ich weg, um die Teilnehmer nicht unnötig zu belasten.

Ausschließliche Verwendung der originalen Leitwörter.

Die Prognose der Abweichung erfolgt mit den original sieben Leitwörtern.

Die Prognose der Abweichung erfolgt über fest definierten betrieblichen Leitwortkatalog.

Der Leitwortkatalog wird im Vorfeld mit dem Kunden, aber nicht mit dem gesamten Team abgesprochen.

Nach Absprache mit den Kunden, wird dieser dann konsequent angewendet.

Die Prognose der Abweichung erfolgt nicht nach Lehrbuch.

Pro thematischer Unterkategorie gibt es etwa drei bis vier Leitwörter.

Es wurden weitere Leitwörter hinzugefügt (z. B. Stromausfall). Das hat sich aus der Gefahrenfeldanalyse mitrüber getragen.

Im wesentlichen werden die Leitwörter gemäß Lehrbuch verwendet.

Die Leitwörter sind im PAAG-Verfahren gesetzt. In speziellen Fällen werden zusätzliche Leitwörter ergänzt (z. B. Zersetzung).

Es werden die Leitwörter herausgesucht und dann arbeiten wir damit weiter.

#### **1.2 Methodisches Vorgehen bei Prognose der Abweichungen**

##### **1.2.1 Beginn der Analyse**

Der Einstieg erfolgt über direkte Kombination eines Leitworts und einem physikalischen Parameter (Druck hoch/tief, Temperatur hoch/tief).

Die Prognose der Abweichung erfolgt ausgehend vom Bauteil.

Die Überlegung erfolgt gemeinsam im Team "Was kann passieren".

Die Kombinationen zwischen Leitwort und physikalischer Parameter variieren ja nach Gerät und Verfahrensschritt.

Anpassung ist dahingehend erfolgt, dass physikalische Parameter mit sinnvollen Leitwörtern kombiniert wurden.

Ausstellen der Sollfunktion und abarbeiten Fragment für Fragment. Anwendung jedes sinnvollen Leitworts auf das Fragment.

Die Prognose der Abweichung beginnt bei der Definition der Sollfunktion. Anwendung möglicher Abweichungen auf die Sollfunktion und man identifiziert gemeinsam, was kann passieren (Bsp. Temperatur zu hoch, Konzentration zu hoch).

Die Abgrenzung des Beurteilungsobjektes ist in diesem Schritt wichtig.

Die Prognose der Abweichung wird nach Lehrbuch durchgeführt.

Ein zur Diskussion stellen der Leitwörter mit der physikalischen Größe in der Gruppe findet nicht statt. Dieses ist bereits durch den Moderator vorgegeben. Der Vorteil ist, dass man dadurch Zeit einspart und hält daher die Konzentration hoch. Der Nachteil ist, dass man vielleicht etwas eingeschränkt in der Sichtweise ist. Der Moderator verfügt allerdings über die Kompetenz, dies im weitesten Sinne beurteilen zu können. Klassische Standardabweichungen von Komponenten werden im allgemeinen Teil abgearbeitet und dokumentiert (z.B. Behälter, Pumpe, Schnittstelle, Werkstoff, Luft). Nach Abarbeitung des allgemeinen Teils erfolgt die Betrachtung der einzelnen Bauteile. Bauteile, die bereits betrachtet wurden, werden herunterkopiert. Eine Diskussion jeder einzelnen potenziellen Abweichung wird nicht durchgeführt. Es wird nur das relevante diskutiert. Dies birgt den Nachteil, dass man auch mal was vergessen kann.

Es wird vorab definiert, welche Teile oder Anlagenkomponenten man sich anschaut und welche Grenzen gezogen werden über die Definition der Sollfunktion. Darauf wird dann der Abweichungskatalog also die Leitwörter gemeinsam im Team durchgearbeitet. Es findet keine Vorfilterung oder Vorentscheidung statt. Die Prognose der Abweichung erfolgt stark vereinfacht. Als erstes erfolgt die Definition der Sollfunktion. Die Definition der Sollfunktion wird gemeinsam mit dem Moderator und dem Verfahreningenieur vorgenommen.

Die Prognose der Abweichung erfolgt auf Basis vorausgefüllter PAAGs. Die Prognose der Abweichung erfolgt über ein Template, wo bereits Leitwortkombinationen hinterlegt sind. Auf Basis der vorliegenden Unterlagen wird die PAAG vorbereitet.

Ein strukturiertes Vorgehen und sinnvoll gesetzte Grenzen für Teilabschnitte sind wichtig. Das Setzen von Betrachtungsgrenzen erfolgt bereits im Vorfeld durch den Prozess- oder Projektingenieur.

Die Prognose der Abweichung erfolgt aber im Wesentlichen basierend auf den Erfahrungen des Moderators. Der Moderator hat für bestimmte Komponenten und Bauteile die entsprechenden Abweichungen schon im Kopf, die man abfragen muss.

Es ist schwierig, die Teilnehmer dahinzubringen, dass diese die Überlegungen im ersten Schritt ohne bestehende Barrieren durchdenken. Teilnehmern, die bisher noch keine HAZOP Erfahrung haben, fällt das

Die Prognose der Abweichungen erfolgt jeweils in sechs Unterkategorien: Hilfsmedien, Reaktionsbedingungen, Stoffströme, Verlust von Integrität, Instandhaltung/Störung. Innerhalb jeder Unterkategorie werden dann festdefinierte Leitwörter angewendet. Es kommt nicht jedes Leitwort in jeder Unterkategorie vor. Die Prognose der Abweichung erfolgt durch das Fragenstellen in Richtung der Teilnehmer. Die Zusammensetzung der Störung erfolgt durch den Moderator aus Sollfunktion und Leitwort. Nach diesem Schritt erfolgt die Übergabe ans Team.

Die Prognose der Abweichungen erfolgt über eine Liste, die bereits aus Kombinationen von physikalischen Parametern und Leitwörtern besteht. Diese Liste ist standardisiert. Aufbauend auf der standardisierten Liste erfolgt das Brainstorming.

utlich schwerer.

Nicht zusammenpassende Leitwörter werden im Vorfeld raussortiert.

Die Abfrage aller Leitwortkombinationen ist zu zeitaufwändig und umfangreich.

Zusammenfassende Abfrage am Ende des Schrittes.

Die Projektingenieure sind geschult zur Definition der Sollfunktion und zur Vorbereitung der PAAG-Analyse.

Die Vorbereitung hat den Vorteil, dass es in der Analyse schneller geht.

Ohne eine Vorbereitung ist die Belastung für den Moderator sehr hoch.

Die Belastung durch das Moderieren und Schreiben gleichzeitig ist ebenfalls sehr hoch.

Die Prognose der Abweichungen erfolgt über das Nachfragen bei den Teilnehmern.

Die Prognose der Abweichung beginnt am jeweiligen Produktionsschritt und erfolgt über die Anwendung der jeweiligen Fragwörter.

Nicht relevante Störungen werden relativ kurz abgehakt um Zeit zu sparen.

Die Vorbereitung des Moderators umfasst die das Aufschreiben der Leitwörter mit den physikalischen Parametern. Diese Vorbereitung ist unkritisch und nimmt nicht zu viel weg.

Jeder Moderator hat seine ganz eigene Vorgehensweise und bevorzugte Leitwort bzw. Schwerpunkte auf die er schaut.

### **1.3 Checklisten**

Es gibt Moderatoren, die arbeiten mit Listen für diese Kombination. Das birgt allerdings die Gefahr, dass man nicht mehr offen für andere Punkte außerhalb der Checklist ist. Eine Checkliste lässt nicht genügend Spielraum für Fehler, die nicht auf der Liste stehen.

### **1.4 Sonstiges**

Dieser Schritt ist bereits in einer Software voreingegeben.

Die Templates sind unternehmensspezifisch vorausgefüllt.

Grundsätzlich sind frische PAAGs auf einem weißen Blatt Papier sinnvoller. Darauf dann aufbauend Fragen zu stellen.

Man muss die Teilnehmer ein bisschen ärgern bzw. kitzeln, bis eine kazeptable Diskussion stattfindet.

Bei vielen Teilnehmer liegt bereits ein gewisser Grad der Betriebsblindheit vor.

Bei Revalidierungen besteht die Schwierigkeit, dass die vorherige Analyse von verschiedenen Moderatoren durchgeführt wurde. Bei Revalidierungen fehlen oft Szenarien.

Die Templatevorlagen liegen Apparateweise vor und sind wie eine Vorlage für bestimmte Systemteile.

Als Moderator benötigt man ein Gefühl dafür, wie lange man nachfragen muss um eine qualifizierte Antwort zu erhalten.

Der erste Schritt, als Prognose der Abweichung ist der schwierigste Schritt.

An diesem Punkt zeigt sich, inwieweit das Team mit der Methode bereits vertraut ist. Die Teilnehmer tun sich zu Beginn der Methode schwer mit der Herangehensweise und verneinen schnell potenzielle Abweichungen aufgrund von bestehenden Gegenmaßnahmen.

Die Schwierigkeit des Moderators besteht darin, die Teilnehmer abzuholen, dass bestehende Gegenmaßnahmen nicht mit berücksichtigt werden sollen im ersten Schritt.

Die Teilnehmer haben den betrieblichen oftmals gut funktionierenden Alltag im Kopf, in dem es nicht zu Szenarien kommt.

Die Herausforderung des Moderators besteht darin, die Teilnehmer abzuholen und die Herangehensweise ohne bestehende Gegenmaßnahmen zu erläutern und umzusetzen.

Die Prognose der Abweichung ist nach Möglichkeit teilweise vorbereitet.

Der Grad der Vorbereitung ist vom jeweiligen Unternehmen abhängig, welche Unterlagen bereits zur Verfügung stehen.

Es sollte vermieden werden, dass bereits alle Ursachen aufgelistet sind.

In Bezug auf die Prognose der Abweichung ist ein Mittelmaß an Vorbereitung erforderlich.

Mein Schwerpunkt liegt auf der Arbeitssicherheit - auch wenn das nicht der Schwerpunkt der HAZOP ist.

Der Schwerpunkt der HAZOP sollte auf der Anlagensicherheit liegen.

In erster Linie werden Regelungsfehler unterstellt, da Regelungen schneller versagen, als notwendige Sicherheitseinrichtungen.

Es werden keine umgebungsbedingten Gefahrenquelle unterstellt.

Als Moderator hat man soviel Erfahrung, dass man da nicht mehr groß drüber nachdenken muss, dass weiß man einfach.

## **2. Auffinden der Ursachen**

### **2.1 Ursachenkategorien**

Es werden je nach Anwendungsfall unterschiedliche Ursachenkategorien unterschieden.

Die meisten PAAG sind Revalidierungen, sodass keine neue Ursachenidentifikation stattfinden muss. In diesem Fall erfolgt nur noch die Abfrage, ob sich etwas geändert hat.

Die meisten Ursachen sind auf menschliches Versagen zurückführbar.

## **2.2 Vorgehen**

Die Identifikation der Ursachen erfolgt in der freien Diskussion im Team.

Das Auffinden der Ursachen wird vollständig abgeschlossen, bevor der nächste Arbeitsschritt eingeläutet wird.

Die Identifikation der Ursachen erfolgt über das Nachfragen bei den Betriebsangehörigen.

Der Moderator ist angehalten, nach den betrieblichen Hintergründen zu fragen um die Diskussion anzuregen.

Für die meisten PAAG ist keine neue Ursachendiskussion erforderlich.

Der Betriebsleiter erläutert in der Regel, warum potenzielle Abweichungen nicht eintreten können.

Die Betrachtung der Ursachen muss immer ohne bestehende Gegenmaßnahmen erfolgen.

Die Identifikation der Ursachen erfolgt im gleichen Schritt mit der Prognose der Abweichungen.

Die Teilnehmer haben die möglichen Ursachen bereits im Kopf und es ist keine Diskussion erforderlich.

Die Identifikation der Ursachen erfolgt über Brainstorming mit den Teilnehmer.

Das Auffinden der Ursachen ist einfach.

Bei der Identifizierung der Auswirkungen muss sich der Moderator zurückhalten und nur teilweise Nachfragen stellen.

Die Identifikation der Ursachen kann nur durch die Betriebsangehörigen erfolgen.

Bei der Ursachenidentifikation sollten alle Ursachen erstmal gesammelt und aufgeschrieben werden.

Das Auffinden der Ursachen ist kein umfangreicher Verfahrensschritt und kann schnell abgehandelt werden.

Im Wesentlichen ist dieser Schritt erforderlich um nachher die Eintrittswahrscheinlichkeit ermitteln zu können.

Als Moderator hat man bereits im Kopf, welche Ursachen zu welchem Szenario führen und welche Güte an Gegenmaßnahmen erforderlich wird.

Die Ursachenidentifikation erfolgt im Team und ist nicht bereits vorgegeben.

Moderatoren, die hier auf viel Erfahrungswissen zurückgreifen können, haben es hier leicht.

Die Ursachenidentifikation erfolgt prozessbasiert bzw. equipmentbasiert.

Jedes Anlagenteil muss einmal betrachtet werden.

Die Identifikation der Ursachen ist durch bereits durchgeführte Analysen meistens bereits abgeschlossen.

Die Identifikation der Ursachen erfolgt entlang des RI.

Die Ursachenidentifikation erfolgt durch den Betriebsmeister.

Für den Moderator ist dieser Schritt mit wenig Arbeit und Aufwand verbunden und passiert ganz von selbst.

Die Identifikation der Ursachen ist teilweise durch den Moderator vorbereitet. Dies soll jedoch nur eine Anregung darstellen.

Die Ursachenidentifikation erfolgt im Brainstorming im Team.

Bei dem Auffinden der Ursachen gibt es nicht viel Vorgehensweise.

Die Ursachenidentifizierung ergibt sich im Wesentlichen aus Standardsachen, die betrachtet werden. Dies ergibt sich einfach aus der Erfahrung.

Es gibt auch immer mal Sondersachen, die betrachtet werden müssten, aber dafür ist das PAAG-Verfahren ja gemacht. Durch das PAAG-Verfahren kommt man an besonderen Ursachen nicht vorbei.

Die Ursachenidentifizierung erfolgt nach der klassischen Vorgehensweise.

## **2.2 Dominoeffekte & mehrere Ursachen**

Bei der Identifizierung der Ursachen muss auch berücksichtigt werden, dass sich ein Fehler auch auf andere Anlagen aus.

Bei Verfahren die über mehrere Fließbilder gehen, besteht das Risiko, dass man Auswirkungen und Ursachen nicht komplett mitzieht.

Für die weitere Betrachtung wird der Fehler bzw. Ursache angenommen, die am häufigsten eintreten kann, das ist die, die am ehesten verhindern müssen. Fehler mit einer geringeren Wahrscheinlichkeit werden zwar aufgenommen aber nicht weiter betrachtet.

Diskussionen zur Ausfallwahrscheinlichkeit von gleichzeitigen Ausfällen sind müßig. Diese Diskussionen werden nicht geführt, sondern eher von einem potenziellen Ausfall ausgegangen.

Die Aufgabe des Moderators besteht darin, darauf zu achten, dass wirklich nur verschiedene Ursachen aufgelistet werden, zu denen dann differenzierte Gegenmaßnahmen beschrieben werden können.

## **2.3 Schwierigkeiten**

Die Schwierigkeit des Moderators ist es, die Diskussion anzuregen.

Die Einhaltung der Reihenfolge ist für die PAAG wichtig, fällt den Teilnehmer manchmal schwer.

Die Identifikation der Ursachen hängt von der Qualität der Teilnehmer ab (z. B. auch der Diskussionsfreude und Zusammenstellung).

Die Teilnehmer haben Schwierigkeiten bei der Ursachenidentifikation.

Für den Moderator wird die Ursachenidentifikation schwieriger, wenn bei neuen Anlagen kein fertiges Betriebskonzept vorliegt.

Die Identifikation der Ursachen wird in der Regel viel zu umfangreich durchgeführt und dokumentiert (zu viele Ursachen). Dies ist insbesondere in alten Analysen feststellbar.

Werden zu viele Ursachen aufgeführt, erschwert das die ganze weitere Analyse.

Die Schwierigkeit bei der Identifizierung der Ursachen ist, dass viele technische, organisatorische und menschliche Fehler bzw. Ursachen vermischen.

Eine Schwierigkeit besteht darin, dass die Teilnehmer bereits bestehende Gegenmaßnahmen berücksichtigen.

Die Schwierigkeit bei der Identifikation der Ursachen ist die Detailtiefe. Viele Moderatoren verlieren sich bis ins kleinste Detail. Die Maßnahmen sowie die PAAG wird durch eine sehr detaillierte Ursachenbetrachtung nicht besser sondern es dupliziert sich nur die Arbeit.

Die Ursachenidentifikation darf nicht nach der ersten Ursache gestoppt werden, da sonst die Ursache der Katastrophe womöglich unerkannt bleiben würde.

Die Diskussion mit Kunden ist hingegen häufig schwierig.

Als Dienstleistungsmoderator besteht ein größerer Überblick - auch unternehmensübergreifend - über möglich Auswirkungen. Damit können sich manche Kunden nicht identifizieren.

Die Schwierigkeit bei der Ursachenidentifikation ist, dass man den richtigen Teilnehmern die richtigen Fragen stellen muss.

In der Diskussion werden häufig Sachen vergessen.

Die Schwierigkeit bei der Ursachenidentifikation ist, dass sich die Teilnehmer die Szenarien in einem ersten Schritt nicht vorstellen können.

Bei der Identifikation der Ursachen spielen die Erfahrungen der Teilnehmer eine große Rolle und sind entscheidend.

Bei der Ursachenidentifikation müssen auch Beispiele von z. B. extern herangezogen werden, die ähnlich sind um dann in die Analyse miteinzufließen.

Die Schwierigkeit besteht darin, die Teilnehmer einmal zu aktivieren.

Wenn keine Ursachen gefunden werden können, erfolgt eine möglichst schneller abschnitt, um die Motivation nicht unnötig zu hemmen.

Ob es Schwierigkeiten bei der Ursachenidentifikation gibt, ist vom Team abhängig und der Erfahrung der Teilnehmer.

Teilnehmer die schon lange im Betrieb sind fördern die Qualität dieses Schrittes.

Die Schwierigkeit bei der Ursachenidentifizierung liegt darin, dass die Teilnehmer sich das Szenario nicht vorstellen können und damit das Risiko nicht fassen können. Junge Ingenieure können sich Szenarien aufgrund ihrer fehlenden Berufserfahrung schwieriger vorstellen.

Eine PAAG ist gut geeignet, um eine Anlage kennenzulernen für junge Mitarbeiter.

Das Problem bei der Ursachenidentifizierung ist, dass immer nur ein Fehler unterstellt wird. Das ist aber ein grundsätzliches Problem der PAAG-Studie. Betrachtet man zurückliegende Störfälle, zeigt sich dass immer mehr Fehler zu einem Störfall geführt haben. Die Betrachtung von Fehlerkombination würden jedoch den Aufwand einer PAAG-Studie erheblich erhöhen.

Es werden auch common cause Fehler betrachtet.

Es wird auch der innere Explosionsschutz in der PAAG-Studie betrachtet.

Ich habe bisher noch keine Anlage neu betrachtet, sodass ich bisher noch nicht kreativ nach Ursachen suchen musste.

In den meisten Analysen sind die Ursachen schon gegeben.

In der Moderation werden dann die Teilnehmer abgefragt, ist etwas dazu gekommen.

Die Teilnehmer geben teilweise ungern Informationen preis.

Eine konkrete Schwierigkeit bei der Ursachenidentifizierung fällt mir nicht ein.

### **3. Beschreibung der Auswirkungen**

#### **3.1 Auswirkungskategorien**

Es werden zwei Auswirkungsarten unterschieden: Personen und Umweltgefährdung.

In manchen Fällen wird die Verfügbarkeitsrelevanz berücksichtigt z.B. Schlüsselanlagen.

Es wird keine materielle Einstufung vorgenommen.

Bei der Beschreibung der Auswirkungen werden Personengefährdung und Umweltgefährdung unterschieden.

99% der Auswirkungen sind Personenschäden.

Die Berücksichtigung der Verfügbarkeitsrelevanz erfolgt nur auf Anfrage des Betreibers.

Die Beschreibung der Auswirkungen läuft immer auf zwei Parameter hinaus (Druck, Temperatur).

Die Beschreibung und Ermittlung der Auswirkungen erfolgt immer für Mensch und Umwelt.

Die Auswirkungskategorien sind kundenabhängig. Mensch und Umwelt werden immer eingestuft.

Manche Kunden nehmen zusätzlich eine Einstufung der Reputation, Geld oder Verfügbarkeit der Anlage vor.

Die zu bevorzugende Variante ist zwischen sicherheitsrelevanz und nicht sicherheitsrelevanz zu unterscheiden.

Die Auswirkungskategorien sind unterschiedlich.

Manche Unternehmen gehen nur auf Umwelt- und Personenschäden ein und schließen den Rest aus.

Manche Unternehmen nehmen auch noch die Reputation in der Presse hinzu. Das kann beliebig erweitert werden.

Je mehr Auswirkungskategorien definiert werden, desto umfangreicher werden die zu beschreibenden Maßnahmen und die ganze PAAG-Analyse.

Meistens wird in der Beschreibung der Auswirkungen auf folgende vier Themen eingegangen: Sicherheit, Schadensauswirkung finanzieller Art, Auswirkung auf die Umwelt und meistens noch Reputation. Während in Deutschland die Berücksichtigung der Reputation keine große Rolle spielt, ist dies in Amerika und Osteuropa Gegenstand der Risikomatrix.

Die Beschreibung der Auswirkungen umfasst Umwelt- und Stoffaustritte in alle Richtungen: Gewässer, Boden, Luft.

Es werden keine wirtschaftlichen oder qualitativen Auswirkungen beschrieben.

Die Beschreibung der Auswirkung erfolgt nach drei Dimensionen: Personenschäden, Umweltschäden und in einigen Fällen auch wirtschaftlicher Schaden. Ergänzend kann dann eine Unterscheidung der wirtschaftlichen Auswirkungen in Qualität bzw. Produktqualität erfolgen.

Die Beschreibung der Auswirkung erfolgt nur nach Personenschäden und Umweltschäden.

Die monetäre Bewertung ist mittlerweile wieder abgeschafft.

Bei Diskussionen um Sicherheit sollte Geld keine Rolle spielen.

Die Auswirkungsdimensionen und -größen verschieden. Je nach Anlage werden nur Auswirkungen innerhalb der Anlage betrachtet. Oder es werden auch Auswirkung weit außerhalb der Anlage betrachtet, wie z. B. Überschwemmungen.

Wirtschaftliche Auswirkungen werden nicht betrachtet. Auf Wunsch des Betriebes wird das mit einbezogen und entsprechend dokumentiert, als Qualität hochgesetzt aufgrund Verfügbarkeitsrelevanz.

Es gibt grundsätzlich fünf Kategorien an Schadensschweren.

### **3.2 Vorgehen**

Die Beschreibung und Diskussion der Auswirkungen ist abhängig vom Fehlerbild, dass erzeugt wurde und damit sehr unterschiedlich.

Die Auswirkungen werden anhand einer internen Risikomatrix eingestuft. In der Risikomatrix sind Beispiele hinterlegt.

Die Beschreibung der Auswirkungen erfolgt je Ursache.

Die Bewertung der Auswirkungen erfolgt ohne bestehende Gegenmaßnahmen.

Bei der Beschreibung der Auswirkung muss detailliert geschaut werden z. B. welcher Stoff, etc.

Die Beschreibung der Auswirkung erfolgt konservativ - sobald der zulässige / bestimmungsgemäße Bereich verlassen wird, müssen Gegenmaßnahmen getroffen werden.

Die Beschreibung der Auswirkungen erfolgt nach einem Stufenbeurteilungsvorgehen und muss detailliert unter Berücksichtigung aller Einflüsse erfolgen (Werkstoff, etc).

Detaillierte Beschreibung ist wichtig.

Die Beschreibung der Auswirkungen erfolgt nicht anhand von Auswirkungskategorien. Die Beschreibung erfolgt als Kurzbeschreibung des Szenarios in Textform als Prosa. Dabei wird die ganze Kausalkette beschrieben.

Die firmeninternen Vorgaben (Bänder) sind eindeutig und werden für die Beschreibung der Auswirkungen herangezogen.

Für die Beschreibung der Auswirkung ist eine saubere Deklination nach unten wichtig.

Die Beschreibung der Auswirkung findet meistens aus dem Team heraus durch die Teilnehmer statt.

Kann ein Szenario nicht abgeschätzt werden wird dieses zeitweise geparkt um weitere Experten zu fragen.

Bei der Abschätzung der Auswirkungen wird das Worst-Case Szenario beschrieben.

Der Schritt ist der zeitaufwändigste in der PAAG.

Dieser Schritt ist der umfangreichste der PAAG-Analyse und wird in ganzen Sätzen formuliert.

Bei der Beschreibung der Auswirkung lasse ich den Teilnehmern nur die Verwendung qualifizierten Merkmale der Kategorien aber nicht die tatsächlichen Wahrscheinlichkeiten.

Im Ergebnis der Beschreibung der Auswirkungen kommt eine Risikozahl mit Performancelevel mit SIL heraus. Daran richten sich dann die Maßnahmen aus.

Die Beschreibung der Auswirkung erfolgt über die Abfrage in die Teamerfahrung hinein.

Die meisten Kunden machen eine qualitative Beschreibung der Auswirkungen. Es gibt selten Kunden, die zur Beschreibung der Auswirkungen z. B. Ausbreitungsberechnungen heranziehen.

Jedes Szenario wird dann einer Risikokategorie zugeordnet.

Bei der Beschreibung der Auswirkung nutzen wir ganz häufig bereits vorhandene Unterlagen und Daten. Dort sind in der Regel bereits relativ viele Risiken und Auswirkungen betrachtet.

Kommen neue Auswirkungen hinzu, wird die Expertise von weiteren Fachexperten erforderlich (z. B. Chemiker).

Die Abschätzung geringerer Auswirkungen fällt leichter und diese lassen sich gut abschätzen.

Die Auswirkungen werden sehr ausführlich beschrieben.

Aus der Beschreibung der Auswirkungen können die Szenarien für den Sicherheitsbericht abgeleitet werden.

Bei der Beschreibung der Auswirkungen sollte Wert darauf gelegt werden, immer ähnliche Formulierungen zu verwenden um ähnliche Szenarien filtern zu können.

Es werden im wesentlichen nur störfallrelevante Auswirkungen beschrieben. Auswirkungen des Arbeitsschutzes werden nur sehr knapp aufgeführt und stattdessen auf die Gefährdungsbeurteilung verwiesen.

Die Höhe der Auswirkungen wird zur Beschreibung der Güte der Maßnahmen herangezogen.

Bei der Beschreibung der Auswirkungen gibt es Diskussionen. Auch dahingehend, dass Auswirkungen nicht so krass dargestellt werden sollten.

Die Beschreibung der Auswirkungen findet tatsächlich ganz breit ganz unterschiedlich statt.

Bei der Beschreibung der Auswirkung gibt es Kunden, die diskutieren alles sehr detailliert und zu umfangreich.

Die Beschreibung der Auswirkung erfolgt über die Entwicklung von Szenarien.

Zur Beschreibung der Auswirkungen werden die Konsequenzfelder der Risikomatrix herangezogen. Dies hilft den Teilnehmern eine Vorstellung von den Szenarien entwickeln zu können.

Die Höhe des Schadensausmaß entscheidet auch darüber, ob Personen als Schutzmaßnahme eingesetzt werden können, oder ob technische Maßnahmen erforderlich sind.

Die Eintrittswahrscheinlichkeit und die Schadensschwere werden in diesem Schritt ermittelt und daraus ergibt sich dann die Risikoklasse.

### **3.3 Schwierigkeiten**

Die Schwierigkeit besteht darin, die bestehenden Schutzkonzepte und Maßnahmen außer Acht zu lassen. Das ist eine Herausforderung für die Diskussion vor Ort.

Die Diskussion zur Beschreibung der Auswirkung ist abhängig von der Dokumentenlagen. Bei einer guten Dokumentenlage findet keine Diskussion statt und alle Teilnehmer sind einverstanden. Befindet sich die Anlage bspw. im Design oder die Unterlagen sind nicht vollständig, gibt es größeren Diskussionsbedarf.

Bei einer sauberen Deklination und Dokumentation gibt es wenig Verständnisabweichungen.

Die Schwierigkeit besteht darin, dass die Teilnehmer die bestehenden Gegenmaßnahmen berücksichtigen. Für die Teilnehmer ist dies eine Herausforderung und erfordert Übung.

Den Teilnehmer fällt es umso schwere Risiko hoch einzustufen, wenn sie bisher keine negativen Erfahrungen damit gemacht haben und die Anlage seit Jahren sicher fahren.

Das Dokumentieren eines sehr hohen Risikos erfordert für die Teilnehmer Übung und Gewöhnung.

Die Schwierigkeit besteht darin, die Teilnehmer immer wieder daran zu erinnern, dass bestehende Gegenmaßnahmen noch nicht in die Auswirkungsbetrachtung einfließen (bewusst Störungen zuzulassen).

Die Schwierigkeit besteht darin, je mehr Schutzgüter betrachtet werden, desto mehr Diskussionen bei der Festlegung des Risikos und der Abarbeitung von Maßnahmen.

Mit mehr Schutzgütern wird die PAAG aufwändiger und umfangreicher.

Das Abschätzen der Auswirkung ist der schwierigste Punkt der PAAG, weil man sich und die Teilnehmer Sachen vorstellen müssen, die in den meisten Fällen nicht vorkommen.

Aufgrund der Schwierigkeit beschreibt man die Szenarien auch ausführlich.

Die Schwierigkeit in diesem Punkt ist die Interpretation der Matrix.

Es gibt auch einige Matrizen, die sind im Aufbau nicht optimal, wo sich z. B. die Farben nicht nach dem Risiko richten.

Viele Mitarbeiter in den Betrieben können mit den Zahlen nichts anfangen und haben keine Vorstellung dafür. Die Mitnahme der Teilnehmer kann daher besser über die qualifizierten Merkmale erfolgen (LTRIR, Durchgangsarzt, Krankenhaus, etc.).

Die Schwierigkeiten bei der Beschreibung der Auswirkungen beziehen sich immer auf die Ermittlung und Festlegung der Exposition und Dauer.

Unter den Teilnehmern ist meistens immer mindestens einer, der die Auswirkungen dramatisch sieht.

Die Teilnehmer vertreten in den Diskussionen auch teilweise Positionen um eine Arbeitserleichterung unter dem Deckmantel der PAAG-Analyse herbeizuführen.

Die Beschreibung der Auswirkung ist ein sehr diskussionsfreudiger Punkt, in dem die Gemüter teilweise hochschaukeln.

Um alle Teilnehmer einzufangen und eine ruhige Diskussion zu ermöglichen ist dann manchmal eine Pause notwendig.

Bei der Beschreibung der Auswirkung werden teilweise auch rein betriebliche Wünsche zur Risikoreduzierung berücksichtigt.

Die Beschreibung der Auswirkung ist auch davon abhängig, welche Verbundenheit die Teilnehmer zu ihrem Betrieb und den Anlagen haben.

In den meisten Fällen besteht das größte Interesse an einer Risikoreduzierung auf Seiten des Betriebsleiters bzw. Betriebsingenieurs.

Die Beschreibung der Auswirkungen ist maßgeblich von den Erfahrungen der Teilnehmer abhängig.

Junge Mitarbeiter sehen alles eher als gefährlich an. Langjährige Mitarbeiter sehen eher alles als ungefährlich an.

Die Herausforderung des Moderators besteht darin, diese unterschiedlichen Parteien zu konsolidieren.

Die Beschreibung der Auswirkungen ist insbesondere mit einem neuen Team schwierig.

Die Teilnehmer haben Schwierigkeiten die Auswirkungen realistisch anzugeben - ohne bereits bestehende Gegenmaßnahmen. Am schwersten tun sich die Betriebsleitungen.

Es werden teilweise Szenarien an den Haaren herbeigezogen. Die Teilnehmer vermitteln den Eindruck, als ob diese die Anlage nicht bauen oder betreiben wollen aufgrund der beschriebenen Schrecklichkeit der Auswirkungen.

Es gibt auch Teilnehmer, die verharmlosen jedes Risiko.

Die Herausforderung des Moderators besteht darin, diese beiden Positionen in der PAAG-Analyse übereinzubringen.

Ohne die Verwendung einer Risikomatrix zur Unterstützung der Vorstellungskraft der Teilnehmer wäre die Prognose der Abweichung sehr schwierig.

Die schwerste Auswirkung "katastrophal" können sich die meisten Teilnehmer gut vorstellen, zwischen den kleinsten und größten Auswirkungen ist die Einschätzung am schwierigsten, allerdings auch am interessantesten.

Die Schwierigkeit besteht oftmals daran, dass nicht alle Informationen vorliegen (z. B. Werkstoff einer Pumpe).

Bei der Beschreibung von Auswirkungen kommt es häufig zur Schwierigkeit, dass die Leute nur einen Toten unterstellen.

Bei der Beschreibung der Auswirkungen ist es meistens so, dass die Teilnehmer gar nicht wissen, wie viele Menschen in den Anlagen unterwegs sind. Bei der Betrachtung von zurückliegenden Störfallereignisse, zeigt sich jedoch, dass meistens mehr als eine Person betroffen ist.

Bei der Berücksichtigung, dass mehrere Personen zu Tode kommen, ist man dann in der höchsten Risikokategorie und dann kommt man mit bestehenden betrieblichen Maßnahmen nicht mehr zurecht.

Das man sich in der Diskussion und Dimensionierung gar nicht einig geworden ist, kommt eher nicht vor. An dieser Stelle hätte die PAAG-Methodik ansonsten ihr Ziel verfehlt.

Der Grad der Diskussionen ist von dem Detaillierungsgrad der Risikomatrix abhängig (3x3 bis 6x6).

Je feiner die Risikoklassen, desto eher neigen die Teilnehmer zur Verharmlosung von Risiken (Beispiel: Wenn man nur mit einer 3x3 Matrix arbeitet, dann ist man schnell in der höchsten Kategorie ggü. einer 6x6 Matrix).

Wenn ein Szenario als nicht denkbar eingestuft wird, kann man dieses auch direkt weglassen.

Kategorien, wie "im ganzen Industriebereich nicht bekannt" sind schwierig einschätzbar. Grundsätzlich kann der Moderator das gar nicht vollumfänglich abschätzen.

Bei der Quantifizierung von Risiken fehlt leider die Berücksichtigung von near miss Ereignissen. Diese werden durch die Unternehmen weitestgehend zurückgehalten.

Bei der klassischen Risikoeinschätzung sind sich meistens alle Teilnehmer einig. Es wird in der Regel ein hohes Risiko angesetzt.

Es gibt auch ein Spannungsfeld zwischen der Dimensionierung und Beschreibung von Maßnahmen und den entstehenden Kosten. Dieser muss ausdiskutiert werden.

In der Regel gibt es Schwierigkeiten für die Dimensionierung, wenn es darum geht etwas neu zu machen  
Es werden nur Maßnahmen aufgenommen, bei denen sich alle Teilnehmer einig sind.

Es kommt auch vor, dass man als Moderator in die falsche Richtung denkt. Das ist dann aber Aufgabe des Moderators das zu regulieren.

Wenn es sich um wirklich große Maßnahmen handelt, dann werden diese häufig priorisiert, weil sich nicht alle sofort umsetzen lassen. Das birgt ein großes Risiko.

## **4. Beschreibung von Gegenmaßnahmen**

### **4.1 Kategorien Gegenmaßnahmen, Gestaltungsrangfolge**

Persönliche Maßnahmen, wie das Tragen von PSA wird voraus gesetzt und ist Gegenstand der Gefährdungsbeurteilung.

Es werden organisatorische, technische und prozessleittechnische Maßnahmen unterschieden.

Im Rahmen der PAAG-Studie werden organisatorische Maßnahmen, wie Betriebsanweisungen, Checklisten etc. ergänzt bzw. herangezogen.

Bei der Auswahl der Gegenmaßnahmen wird in erster Linie auf technische Maßnahmen zurückgegriffen. Wenn technische Maßnahmen nicht sinnvoll sind oder wirtschaftliche Gründe dagegensprechen wird versucht eine Kombination aus technischen und organisatorischen Maßnahmen umzusetzen.

Personenbezogenen Maßnahmen werden fast nie definiert.

Technische und organisatorische Maßnahmen sind nicht vergleichbar, Betriebsanweisungen sind nicht so wirksam wie technische Maßnahmen.

Ziel des Moderators ist es, in erster Linie technische Maßnahmen zu ergreifen. Erst wenn keine weiteren technischen Maßnahmen möglich sind, greifen wir auf organisatorische Maßnahmen zurück.

Die Schwierigkeit bei organisatorischen Maßnahmen besteht darin, dass die Wirksamkeit eingeschränkt ist und die Sensibilisierung für die organisatorisch Maßnahmen mit der Zeit verpufft.

Laut internen Richtlinien können organisatorische Maßnamen gleichwertig zu technischen Maßnahmen sind. Dies sind sie allerdings faktisch nicht.

Bei der Gestaltung der Gegenmaßnahmen ist das TOP-Prinzip einzuhalten.

Die Beschreibung von neuen Maßnahmen erfolgt dann in der entsprechenden SIL-Qualität. In der PAAG-Studie wird auch direkt definiert, was die Maßnahme wie schalten soll.

In Abhängigkeit der ermittelten Schadensschwere wird das LOPA-Verfahren angewendet.

Wenn das LOPA-Verfahren nicht zum Einsatz kommt, dann muss bei der Gestaltung der Gegenmaßnahmen eine einvernehmlich Teamentscheidung getroffen werden.

Alle Teilnehmer wissen, dass organisatorische Maßnahmen nur eine bedingte Wirksamkeit haben.

Alle Teilnehmer wissen, dass für bestimmte Schadensschweren technische Maßnahmen erforderlich werden, die dann über Überwachung und Abschaltung mit einem entsprechenden Performance-Level das Risiko minimieren.

Grundsätzlich kann nicht jedes Szenario mit technischen Maßnahmen reduziert werden. Auf der anderen Seite können auch nicht alle Szeanrien mit organisatorischen Maßnahmen reduziert werden.

Es werden technische, organisatorische und prozessleittechnische Gegenmaßnahmen angewendet.

Es wird noch unterschieden, ob es sich um mitigierende Gegenmaßnahmen handelt oder ob die erst nach einem Ereignis wirksam werden.

Bei der Gestaltung der Gegenmaßnahmen wird die Reihenfolge eingehalten: Prozesskontrolle, Alarmer, Abschaltung, SRS-System, mechanische Beschränkungseinrichtungen, Schadensbegrenzungsmaßnahmen.

Bei der Gestaltung von Gegenmaßnahmen werden organisatorische, administrative und technische sowie technische Maßnahmen mit SIL-Anforderung unterschieden.

Die Gegenmaßnahmen werden nach technischen und organisatorischen Maßnahmen aufgeteilt. Die technischen Maßnahmen beinhalten auch PLT-Maßnahmen.

Technische Maßnahmen (z. B. inhärente Bauweise) haben eine relativ hohe Verfügbarkeit.

Die Einstufung von PLT-Maßnahmen richtet sich im Wesentlichen nach der Risikoeinstufung über SIL.

#### **4.2 Güte, Qualität der Gegenmaßnahmen,**

Die Güte/Qualität der Maßnahme und die Zuverlässigkeit der Maßnahme ergibt sich aus dem eingestuftem Risiko.

Die Art und Güte der Gegenmaßnahme ist am Ende eine Entscheidung des Betriebsleiters. Die Aufgabe des Moderators ist es, den Betriebsleiter nach fachlichem Verständnis zu beraten.

Die Güte der Maßnahme ergibt sich aus dem Schweregrad bzw der Risikoklasse des Szenarios.

Aus der Risikoklasse wird abgeleitet, welche Qualität die technische Gegenmaßnahme haben muss.

Auch mit Betriebsanweisungen kann eine relativ hohe Verfügbarkeit erreicht werden und so gestaltet sein, dass menschliche Fehler reduziert werden. Betriebsanweisungen können bspw. mit Unterschrift oder Vier-Augen-Check ausgeführt werden.

#### **4.3 Vorgehen**

Grundsätzlich wird versucht, dass die Gestaltungsreihenfolge eingehalten wird (inhärente Sicherheit, dann technisch, dann organisatorisch).

Manuelle Handlungen als Schutzmaßnahme werden möglichst vermieden. Das funktioniert natürlich nicht in allen Fällen.

Kommen manuelle Handlungen der Betriebsmitarbeiter als Schutzmaßnahme zum Einsatz, müssen diese regelmäßig geschult werden.

Bei der Gestaltung der Gegenmaßnahmen werden bestehende Gegenmaßnahmen berücksichtigt und geschaut, wie diese ggf. in der Qualität erhöht werden können. Alternativ werden neue Maßnahmen definiert.

Die Beschreibung der Gegenmaßnahmen erfolgt über das LOPA-Verfahren. Hier werden die Teilnehmer gemeinsam durchgeführt.

Die meisten Moderationen finden für bestehende Anlagen statt. Daher ist die Gestaltung von Gegenmaßnahmen relativ einfach. Bereits bestehende Maßnahmen müssen nur kurz überprüft werden.

Die Beschreibung von neuen Gegenmaßnahmen erfolgt über eine zweistufige Risikobetrachtung. Im ersten Schritt werden alle vorhandenen Maßnahmen und Tätigkeiten aufgelistet. Im zweiten Schritt wird geprüft, ob die aufgelisteten Gegenmaßnahmen ausreichend sind. Hierbei ist wichtig, dass es sich um eine Teamentscheidung handelt.

Der überwiegende Teil der Gegenmaßnahmen sind Standardlösungen.

Die Gestaltung der Gegenmaßnahmen beginnt mit der Auflistung aller bestehenden Gegenmaßnahmen. In den meisten Fällen ist die PAAG-Studie dann beendet und es erfolgt die Anwendung einer LOPA.

Das LOPA-Verfahren kommt zum Einsatz, wenn ein gewisser Schwergrad erreicht ist oder bestehende Maßnahmen nicht ausreichend sind.

Die Gestaltung von Gegenmaßnahmen basiert auf der Risikokennzahl. Hier ist definiert, bis zu welcher Kategorie das Risiko gesenkt werden muss.

Unternehmensintern muss mindestens eine mittlere Risikokategorie erreicht werden (gelb). Der Betrieb entscheidet dann, ob er mit dem verbleibenden Risiko leben kann.

Die Reduzierung des Risikos auf die niedrigste Klasse ist die Unternehmensempfehlung.

Die Teilnehmer können selber sehr gut abschätzen, mit welcher Maßnahme welche Risikoreduzierung erreicht wird und welche Kosten mit der jeweiligen Maßnahme verbunden sind.

Bei größeren Maßnahmen werden weitere Experten hinzugezogen.

Die Beschreibung der Gegenmaßnahmen beginnt mit der Auflistung aller vorhandenen Maßnahmen einschl. organisatorischer Maßnahmen und Softwareabschaltung.

Wenn das Szenario sicherheitsrelevant ist, dann werden mechanische Maßnahmen erforderlich. Alternativ kommt der Risikograf zur Anwendung.

Bei der Gestaltung von Gegenmaßnahmen sind die Betriebsangehörigen sehr kreativ.

Die Beschreibung der Gegenmaßnahmen wird häufig anschließend an die PAAG-Studie in einer LOPA durchgeführt.

Die Gestaltung von Gegenmaßnahmen kommt nur bei hohen Risiken zum Tragen.

Alle Teilnehmer sind einverstanden, wenn das Risiko ausreichend reduziert wurde und alle gut schlafen können.

Bei der Verwendung von Alarmen wird in der Regel begleitend eine Betriebsanweisung beschrieben.

Die Beschreibung von personenbezogenen Maßnahmen wie Unterweisungen und Schulungen erfolgt in der PAAG-Studie nicht. Es wird immer der Zustand von geschultem Personal vorausgesetzt.

#### **4.4 Schwierigkeiten / Diskussionsthemen**

Bei der Beschreibung von Gegenmaßnahmen gibt es auch Spannungen und Diskussionsbedarfe.

Für eine Risikoklasse gibt es mehrere Möglichkeiten der Umsetzung in Maßnahmen, über welche Maßnahmen die Güte/Zuverlässigkeit der Schutzmaßnahme erreicht werden kann.

Diskussionen über die Art der Maßnahmen, z. B. technisch oder organisatorisch richten sich aber nicht gegen den Moderator sondern finden zwischen der Produktion und der Technik statt.

Die Einbindung von organisatorischen Maßnahmen lässt mittlerweile nach, da die Personendicke ebenfalls weniger wird.

Organisatorische Maßnahmen kommen insbesondere bei bestehenden Anlagen zum Einsatz. Wenn bei Betrachtungen auffällt, dass ein Risiko übersehen wurde, werden über organisatorische Maßnahmen (Betriebsanweisungen) Sofortmaßnahmen zur Risikoreduzierung eingeleitet und umgesetzt.

In dieser Diskussion spielen wirtschaftliche Interessen mit herein und es wird immer abgewogen ob die Maßnahme auch wirtschaftlich vertretbar.

Durch die Reduzierung der Schichtbesetzungen sind technische Maßnahmen deutlich stärker gefragt und gewünscht als organisatorische Maßnahmen.

Bei der Gestaltung der Gegenmaßnahmen sind sich die Teilnehmer in etwa 50 % der Fällen einig.

Der Umfang der Diskussion ist stark vom Team und der Teamzusammensetzung abhängig.

Betriebsleiter treffen Entscheidungen zu Gegenmaßnahmen häufig auch mit dem Hinblick auf die möglicherweise daraus entstehenden Kosten.

Die Entscheidung über die Art der Maßnahme wird auch dadurch beeinflusst, was die Maßnahmen kostet. Kann keine Einigung zur Maßnahmengüte zwischen dem Moderator und dem Betriebsleiter erzielt werden gibt es einen Eskalationsstufenplan.

Der unternehmensinterner Moderator hat nicht nur eine moderierende Rolle sondern auch stückweise eine Governance-Funktion.

Das Beschreiben und Umsetzen von organisatorischen Maßnahmen sollte deutlich sensibler und in reduzierter Form erfolgen. Der Graubereich ist hier sehr hoch.

Es gibt Optimierungspotenzial bei der Beschreibung der Gleichwertigkeit von technischen und organisatorischen Maßnahmen.

Der Grad der Diskussionen ist stark vom Unternehmen abhängig. Grundsätzlich ist das eine Kultur- und Unternehmensphilosophiefrage. Es gibt Unternehmen, da steht Sicherheit an erster Stelle und hier ist die Art oder die Kosten der Maßnahme keine Frage.

Die Wirtschaftlichkeit ist kein Diskussionsthema.

Die Kosten spielen nur in PAAG-Studien eine Rolle in denen Projektleiter mit am Tisch sitzen, bei unfertigen Projekten.

Die Betriebsleiter wissen, dass eine organisatorische Maßnahme mit Kosten verbunden ist (Mehraufwand für Operator z. B.).

Anschaffungskosten sind in der Regel kein Diskussionspunkt in der PAAG-Studie.

Das LOPA-Verfahren vereinfacht die Beschreibung der Gegenmaßnahmen und reduziert Diskussionen im Team.

Die Beschreibung von neuen Gegenmaßnahmen fällt dahingehend deutlich schwerer.

Die Beschreibung von Gegenmaßnahmen ist auch ein Spannungsfeld, insbesondere aufgrund der entstehenden Kosten.

Viele Betriebsangehörige haben das STOP Prinzip bereits etabliert.

Vielen Betriebsangehörigen ist das STOP Prinzip noch nicht umgesetzt.

Der Grad der Diskussion ist daher vom Betrieb und der wirtschaftlichen Situation des Betriebs abhängig.

Grundsätzlich sind organisatorische Maßnahmen keine schlechten Maßnahmen und können hochwertig gestaltet werden (z. B. Vier-Augen-Prinzip).

Organisatorische Maßnahmen sind für den Betriebsleiter ebenfalls mit Kosten Verbunden (Zeit, doppeltes Personal, etc).

Die Gegenüberstellung des finanziellen Aufwandes technischer und organisatorischer Maßnahmen führt häufig dazu, dass sich doch für eine technische Maßnahme entschieden wird.

Der Vorteil an einer Risikobeurteilung ist, dass diese sehr anschaulich darstelle, wann ein Risiko ausreichend oder noch nicht ausreichend minimiert wurde.

Die Schwierigkeit bei der Gestaltung der Gegenmaßnahmen ist, dass es immer mehr als eine richtige Lösung gibt.

Die Herausforderung des Teams besteht darin, die am besten funktionierende, günstigste und passendste Maßnahmen zu finden. Im Wesentlichen liegt diese Aufgabe aber beim Betrieb, während dem Moderator hier nur eine Unterstützende Rolle zukommt, die richtige Maßnahmen auszuwählen.

Der finanzielle Aufwand ist in der Regel kein Problem. Es wird nicht über finanzielle Aufwände und Themen diskutiert.

Die Gestaltung der Gegenmaßnahmen ist oftmals schwierig und es herrscht nicht immer Einigkeit.

Wenn die Überzeugung des Teams sehr schwierig ist, hilft es Literatur heranzuziehen.

Es gibt Betriebe, die ihre vollständigen Anlagen mit Betriebsanweisungen fahren. Das Bewusstsein dafür, dass diese Vorgehensweise nicht sicher ist, liegt aber vor.

Kleinere Unternehmen können aus finanziellen Gründen nicht die gleichwertigen technischen Maßnahmen treffen, wie die großen Betriebe.

In jedem Teilnehmerkreis gibt es Teilnehmer, die sich mit der Gestaltung von Gegenmaßnahmen schwertun und dies insbesondere bei organisatorischen Maßnahmen als Last empfinden.

Wenn der Moderator zu dem Ergebnis kommt, dass die Maßnahmen nicht ausreichend sind und das Risiko nicht tragbar ist, gibt es dort keine Teamentscheidung.

Der Grad der Diskussionen und sich ergebenden Schwierigkeiten ist vom Betrieb abhängig.

Grundsätzlich wird mittelweile weniger auf organisatorische Maßnahmen zurückgegriffen, aufgrund der Personaldichte.

Bei der Gestaltung der Gegenmaßnahmen sind die Teilnehmer relativ ehrlich und realistisch bei der Einschätzung der Machbarkeit von organisatorischen Maßnahmen.

Der Grad der Schwierigkeiten ist auch Projekatabhängig.

Eine weitere Schwierigkeit ist die Beurteilung von Bestandsanlagen. Die Risikoquantifizierung führt formal zu einem SIL-Level. Die Anlage fährt aber seit 30 Jahren sicher. Die Überzeugung oder Veränderung ist in diesen Situation schwierig.

Es gibt auch immer noch Unternehmen, die den gelebten ARLAP Bereich haben, da gibt es auch viele Diskussionen und Schwierigkeiten.

Als Moderator ist auch bei der Gestaltung von Gegenmaßnahmen Fingerspitzengefühl gefragt um einvernehmliche Lösungen zu finden.

Während der PAAG-Analyse zeigen sich wenig Schwierigkeiten bei der Beschreibung der Gegenmaßnahmen.

Die Teilnehmer wollen oftmals nicht wahrhaben, dass ein aufgezeigtes Risiko wirklich existiert.

Wird eine bestimmte Risikostufe erreicht, die mit einer umfangreichen Maßnahme reduziert werden muss, wird dieses im Gesamtunternehmen skaliert und in höherer Managementebene darüber entschieden. Es werden alle größeren Maßnahmen zusammengeführt und eine ganzheitliche Priorisierung vorgenommen. Durch das Treffen von Teamentscheidungen können sich alle Teilnehmer mit der PAAG-Analyse und den Maßnahmen identifizieren.

Der Detaillierungsgrad und die Bereitschaft zur Umsetzung von Maßnahmen ist aber stark vom jeweiligen Unternehmen abhängig.

Die saubere und detaillierte Beschreibung der Auswirkung ist die Basis für diskussionsarme Gestaltung von Gegenmaßnahmen.

Die Teilnehmer können sich die Auswirkungen detailliert vorstellen und so werden wenig Diskussionen zu der Qualität der Gegenmaßnahmen angestoßen und geführt.

Die Schwierigkeit besteht darin, zu beurteilen, ob eine Gegenmaßnahme wirksam wird oder nicht.

Diskussionsbedarf und Uneinigkeit besteht in der Regel nur bei Spitzfindigkeiten bzw. Kleinigkeiten.

Ein Konfliktpotenzial ergibt sich dann, wenn es darum geht aus welchem Topf wird die Maßnahme finanziert.

Häufige Diskussionen gibt es, wenn ein Anlagenbauer und der zukünftige Betreiber am Tisch sitzen. Bei den Parteien liegen oftmals unterschiedliche Bewertungsgrundlagen zu Grunde und es werden verschiedene Interessen vertreten. Wenn das zusätzlich entstehende Kosten nicht kalkuliert sind, gibt es Schwierigkeiten. Ein weiteres Konfliktpotenzial ergibt sich bzgl. der unterschiedlichen Töpfe im Unternehmen. Dies wird jedoch in der Regel durch die Betriebe selbst geklärt.

Bei der Gestaltung der Gegenmaßnahmen gibt es ein Spannungsfeld und große Meinungsverschiedenheiten. In der Regel wird über den Kostenfaktor die Entscheidung gefällt. Der Einfluss des Moderators ist hier verhältnismäßig gering und häufig fällt die Entscheidung zur günstigen Maßnahme.

Aus der Risikoklasse ergeben sich verschiedene Möglichkeiten, wie man dieser gerecht werden kann bzw. diese umsetzen kann.

Die Entscheidung über die Art und Qualität der Risikoklasse trifft man nach bestem Wissen und Gewissen. Die Gegenmaßnahme schlägt man dann im Team vor.

Maßnahmen zur funktionalen Sicherheit werden über eine externe Abteilung umgesetzt.

Teilweise wird nur die Güte und die Qualität der Maßnahme in der HAZIO beschrieben und die Umsetzung erfolgt an anderer, externer Stelle.

## **5. Quantifizierung Risiko und Auswirkungen**

### **5.1 Auswirkungskategorien**

Es werden Personen- und Umweltschäden kategorisiert.

Auf Wunsch der Betriebsleitung wird auch die Verfügbarkeitsrelevanz bewertet - allerdings ohne Risikobewertung.

Die Ermittlung einer Eintrittswahrscheinlichkeit und eines Schadensausmaß erfolgt nur für Personen- und Umweltgefährdungen.

Die Quantifizierung der Auswirkung erfolgt nach Werksangehörigen, Externen und dann jeweils nach den Bereichen unterschieden, Umweltauswirkungen und manchmal noch finanzielle Verluste.

Die Quantifizierung der Auswirkung erfolgt nach Personen und Umweltschäden.

Die Quantifizierung von wirtschaftlichen Schäden findet nicht mehr statt.

Die Bezifferung der Klassen für wirtschaftliche Schäden ist dabei sehr vom jeweiligen Unternehmen abhängig. Für manche Unternehmen bedeutet bereits 1000 Euro einen wirtschaftlichen Schaden, während für andere Unternehmen die erste Schadeskategorie eines wirtschaftlichen Schadens bei größer 100 000 Euro beginnt.

Für die Quantifizierung des Risikos bezogen auf Personen- und Umweltschäden wird dringend ein gesetzlicher Rahmen oder eine gesetzliche Vorgabe erforderlich, der nicht zu viel Spielraum lässt.

### **5.2 Merkmale**

Auch die Risikobewertung bzw. Quantifizierung bleibt eine Teamentscheidung. Die internen Regelungen geben hier nur einen rudimentären Rahmen vor, weshalb diese nur eine minimale Unterstützung sind.

Bei der Quantifizierung müssen vielen Aspekte, Randbedingungen berücksichtigt werden.

Die internen Regeln verhindern die Diskussionen teilweise bereits vorab, da alles genormt ist.

Die meisten Moderatoren haben ein Gespür dafür entwickelt, wo ein Risiko vorliegt und wo nicht.

In der Diskussion geht es dann darum, dieses Gefühl durch die Fachexperten abzustimmen.

Die Kategorisierung kann nur mit Einbindung des Teams erfolgen.

Der Moderator hat in der Kategorisierung der Auswirkungen nur eine lenkende Rolle, da das Team entscheidet.

Die Aufgabe des Moderators besteht darin, das Team unter einen Hut zu bringen.

Unterschiedliche Beurteilungen finden auch zwischen Moderator und Betriebsangehörigen statt.

Szenarien, die sehr selten eintreten, sind besonders schwierig zu betrachten und zu diskutieren.

Der richtige Einsatz der Risikomatrix findet häufig nicht statt.

Je geschulter die Teilnehmer in PAAG-Studien sind, desto leicht erfolgt die Diskussion zur Beschreibung der Auswirkungen. Da wo die Teilnehmern in der Anwendung geschult sind, finden weniger Diskussionen statt.

Eine weitere Diskussion, die regelmäßig aufkommt, ist, die Fragen nach einer Equipmentbasierten Spaziergang.

Die Betriebsangehörigen sind hier allerdings die Fachexperten, nach denen man sich als Moderator richten sollte.

Da die Moderatoren in der Regel selber noch nicht in der Anlage gestanden haben, sollte sich der Moderator nach den Betriebsmitarbeiter richten.

Das Wissen und die Erfahrung der Betriebsmitarbeiter ist unersetzlich und kann nicht durch eine reine Betrachtung am RI abgedeckt werden. Genau aus diesem Grund findet die PAAG-Analyse in einem Team von Fachexperten statt.

Der Moderator alleine würde sich im Wesentlichen nur auf die klassischen physikalischen Parameter beziehen und die wirkliche Erfahrungen und Gegebenheiten vor Ort nicht berücksichtigen können.

Bei der Quantifizierung gibt es spürbare Unterschiede, da jeder seine eigene Auffassung hat.

Bei der Quantifizierung der Auswirkungen gibt es Unterschiede in der Wahrnehmung, die zu Diskussionen führen.

Ziel der PAAG-Analyse ist es dann einen Angleich herbeizuführen, sodass alle ein gemeinsames Verständnis haben. Das Herbeiführen eines gemeinschaftlichen Verständnisses ist das wichtigste in der PAAG-Analyse.

### **2.3 Schwierigkeiten**

Bei der Kategorisierung der Auswirkungen gibt es häufig Schwierigkeiten und Meinungsunterschiede im Team.

Durch interne Richtlinien wird zwar bereits ein Teil der Kategorien konkretisiert, allerdings verbleibt dennoch interpretationsspielraum, der zu Diskussionen führt.

Die Bewertung ist nicht immer nach wissenschaftlichen Erkenntnissen möglich, oftmals ist viel Bauchgefühl im Spiel.

Die Bänder sind schwierig zu greifen und daher auch schwierig einzuklassifizieren. Im Gegensatz um Risikograf baut sich die Klassifizierung nicht sukzessiv auf.

Die internen Regelungen dienen einer Orientierung, an der die Quantifizierung erfolgen kann, allerdings verbleibt viel Interpretationsspielraum. Hier werden Spagatdiskussionen geführt.

Bei zu großer Unsicherheit empfiehlt es sich, weitere Fachkräfte zu fragen (z.B. Sifa).

Es gibt Schwierigkeiten bei der Dimensionierung. Langjährige Betriebsangehörige erschweren häufig die Diskussionen.

Die meisten Schwierigkeiten in der Diskussion finden sich bei der Entscheidung, ob es eine Betriebsunterbrechung ist oder ob das Anlagenteil kaputt geht. Hier unterscheiden sich die Kategorien der Schadensschwere erheblich voneinander. In der Regel wird eine Einigung erzielt.

Kommt es dennoch zu Schwierigkeiten hat der Moderator grundsätzlich die Möglichkeit: wenn die Teilnehmer von unterschiedlichen Szenarien sprechen, dann machen wir zwei Betrachtungen alternativ siegt das Worts-Case Szenario.

Die Meinungsverschiedenheiten können aber auch so groß sein, dass man sich im Team nicht einigen kann.

Die Betrachtungen sind in besondere dann schwierig, wenn ein Anlagenplaner in einem sehr früheren Projektstadium dabei ist. Hier versucht der Hersteller seine eigenen Normen und Vorstellungen umzusetzen. Diese Konstellation ist schwierig zur PAAG-Analyse.

Ob es Schwierigkeiten bei der Klassifizierung gibt, ist Teamabhängig und kann nicht zu Beginn pauschal abgeschätzt werden.

Die Teilnehmer haben häufig Verständnis- und Vorstellungsschwierigkeiten bei den Bändern der Eintrittswahrscheinlichkeit.

Die Quantifizierung der Auswirkungen bringt Diskussionsschwierigkeiten mit sich.

Der Grad der Diskussionen hängt dabei davon ab, mit welchem Detaillierungsgrad sowohl die Auswirkungen als auch die Bänder der Risikoklassen beschrieben sind. Es werden sowohl Personen- und Umweltschäden betrachtet als auch wirtschaftliche Schäden.

Die Unterschiede in der Bewertung sind insbesondere am Anfang besonders spürbar. Das ist aber gut so und soll auch so sein in der PAAG-Analyse.

Erst nach dem Herstellen eines gemeinsamen Verständnisses nimmt die Geschwindigkeit spürbar zu und man verliert sich in der Diskussion nicht in Einzelheiten. Bis zu diesem Punkt ist allerdings einiges an Vorarbeit durch den Moderator zu leisten.

Innerhalb dieses Punktes wird auch über das Risiko philosophiert.

Die meisten Betriebsmitarbeiter haben einen festen Glauben daran, dass beschriebene Szenarien nicht eintreten können.

Die Herausforderung des Moderators besteht darin, die Betriebsangehörigen zu überzeugen, dass das Szenario dennoch passieren kann, auch wenn sie es selbst noch nicht erlebt haben.

Innerhalb des PAAG-Teams sind auch immer Teilnehmer, die desinteressiert am Thema sind.

## **6 Allgemein Quantifizierung, Wahrnehmung und Beurteilung Risiko**

### **6.1 Definition**

Internen Richtlinie zur Quantifizierung des Risikos und den Bewertungskriterien für Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadensausmaß mit aufgeführten Beispielen.

Das Risiko ermittelt sich aus Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadensschwere

Der Schweregrad beinhaltet dabei die Auswirkungen, der Grad der Verletzung des zulässigen Bereichs der physikalischen Parameter (z.B. Druck, Temperatur) und beschreibt diese konkret (Explosion, Trümmerflug mit Totem).

Die Ermittlung der Eintrittswahrscheinlichkeit stellt den zweiten Schritt für das Szenario dar und ergibt sich aus Erfahrungswerten (Stufe1-Stufe4) (z. B. schonmal vorgekommen, einmal in 10 oder einmal in 100 Jahren).

Die Risikobeurteilung wird mit einer Matrix mit Schadensschwere und Eintrittswahrscheinlichkeit durchgeführt mit klaren Firmenvorgaben.

Die Risikomatrix bezieht sich auf Einschätzung aus Sicht der Anlagensicherheit. Anschließend erfolgt die Beurteilung von Personenschäden.

Es gibt drei Parameter, die eingeführt wurden: das Schadensausmaß, die Erkennbarkeit und die Häufigkeit. Die beiden letzten Parameter ergeben die Wahrscheinlichkeit. Auch heute gibt es da natürlich weiterhin Verbesserungsmöglichkeiten (z. B. stärkere Orientierung am Risikografen).

Die Risikoquantifizierung erfolgt über die Einschätzung der Schadensschwere und Eintrittswahrscheinlichkeit.

Verwendung einer firmeninternen Risikomatrix mit Eintrittshäufigkeit und Schadensschwere.

Es wird keine Risikoquantifizierung, wie NOHL Matrix durchgeführt und beurteilen nur nach der Abstufung 1) Arbeitsschutzrelevant, 2) Anlagensicherheitsrelevant 3) Qualität bzw. Wirtschaftlicher Schaden. Dieses Vorgehen reicht für die vorliegenden Anwendungsfälle.

Eine Kategorisierung der Eintrittswahrscheinlichkeit findet nicht statt. Risiken wirtschaftlicher Natur sind für uns tragbar oder betrieblich reduzierbar. Oder es sind anlagensicherheitsrelevante Auswirkungen, dann folgen Maßnahmen.

Auf die Quantifizierung und Bestimmung des Risikos hat das Schadensausmaß und die Eintrittswahrscheinlichkeit einen Einfluss.

Es kommt bei der Quantifizierung und Bestimmung des Risikos auf die speziellen Faktoren des Betriebs an (Auszubildende, Fachleute, Publikumsverkehr, Gefährdung Dritte, etc.).

## **6.2 Sonstige Ausführung**

Risikoeinschätzung ist sinnvoll, um etwas über die Güte der Schutzmaßnahmen aussagen zu können.

Interne Unternehmensvorgaben zur Kategorisierung von Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadensschwere.

## **6.3 Diskussion**

Risikokategorisierung ermöglicht es, PAAG-Studien miteinander zu vergleichen auf Basis einer gemeinsam genutzten Grundlage.

Matrix ist eine Unterstützung zur Quantifizierung des Risikos, in der der Schweregrad mit der Wahrscheinlichkeit des Eintritts gegenübergestellt wird. In der PAAG wird dies auch zur Beschreibung der Auswirkungen genutzt.

Die Risikobeurteilung ist Gegenstand des PAAG-Verfahrens und erfolgt nach firmeninternen Vorgaben anhand von Beispielen (festgelegte Szenarien, festgelegte Bänder für die Quantifizierung).

Risikobeurteilung hat sich über die Jahre erst entwickelt. Zu Beginn rudimentäre Risikoquantifizierung, bei der das Einverständnis aller Teilnehmer ausschlaggebend für die Risikoquantifizierung war.

Mittlerweile findet die Risikoquantifizierung valider statt.

Die Schwierigkeit bei der Risikoquantifizierung ist, dass die Teilnehmer für ein hohes Schadensausmaß meistens eine zu hohe Eintrittswahrscheinlichkeit ansetzen. In der Regel sind diese Szenarien nicht sehr wahrscheinlich.

Unter den Teilnehmer ist immer mindestens ein Teilnehmer, der keine Lust hat und daher immer ein hohes Risiko annimmt, obwohl das Szenario bei detaillierte Betrachtung garnicht so ein hohes Risiko hat. Nach einmaliger Einstufung ist es für den Moderator schwer, dieses wieder herunterzuklassifizieren. Größte Herausforderung nicht immer den Worst-Case Schaden mit dem einfachsten Eintritt zu wählen.

Die Teilnehmer können die Eintrittswahrscheinlichkeiten (Faktoren) nicht richtig greifen und vorstellen ( $10^x$ ). Daher verwende ich in der Diskussion nur die beschreibenden Merkmale (Tot, Verletzung, LTRIR, RIR; etc.). Das können sich die Teilnehmer vorstellen.

Die Teilnehmer drehen die Risikomatrix häufig um und schauen, welches Risikohöhe sie nicht haben wollen (SIL2-Maßnahmen).

Das Risiko wird aus der Wahrscheinlichkeit und dem Ausmaß ermittelt. Die Ermittlung des Schadensausmaß erfolgt in der Regel ohne Diskussion und mit Einigkeit bei den Teilnehmern.

Bei der Ermittlung der Eintrittswahrscheinlichkeit stützen wir uns auf Literaturwerte. Bei festgelegten Kategorien ist auch das wenig Diskussion.

In Unternehmen, die eine relativ quantitative Einordnung haben (ist noch nie vorgekommen, ist schonmal passiert, passiert öfters), ist es schwieriger. Bei Szenarien, die bspw. nur alle 100 Jahre vorkommen und ein Teilnehmer das Szenario bereits dreimal erlebt hat, ist es schwierig den Teilnehmer zu erklären, was Statistik in dem Moment bedeutet.

Man benötigt in der Diskussion zur Quantifizierung des Risikos Feingefühl insbesondere für Teilnehmer, die bestimmte Szenarien schonmal erlebt haben.

Risikoquantifizierung ist qualifizierte Bauchabschätzung der Gruppe.

Bei der Eintrittswahrscheinlichkeit wird ermittelt, wie häufig ist das schon vergleichbares passiert (10, 100, 1000 Jahre) - sowohl im als auch außerhalb vom Unternehmen.

Für die Ermittlung der Schadensschwere sind auch Kriterien definiert (kleiner Teil der Anlage, über firmengrenzen). Die Ermittlung erfolgt auf Basis des vorliegenden Prozesses. Es wird ein Zahlenfaktor multipliziert vgl.. zu bekannten Methoden des Arbeitsschutzes.

Alle Abweichungen, die Anlagensicherheitsrelevant werden für die Behören in den Sicherheitsbericht übertragen. Für die Einstufung Anlagensicherheitsrelevant sind Forderungen an wirklich harte Maßnahmen geknüpft (z. B. mech. Maßnahmen, hardverdrahtete Sicherheitsschaltungen).

Viele Unternehmen führen eine PAAG-Studie zum ersten Mal durch. Da muss man sehr weit ausholen, um die Teilnehmer zur Risikoquantifizierung abzuholen und mitzunehmen. In vielen Unternehmen sind die Teilnehmer aber auch gut mit dem Thema vertraut. Je größer das Unternehmen, desto ausgefeilter die Sicherheitsphilosophie.

In den meisten Unternehmen findet eine Quantifizierung statt. Dabei ist fast immer das Auffinden und Quantifizieren von SIL-Anforderungen damit verbunden. Die eigentliche PAAG-Methode endet an dieser Stelle. Für die weitere Betrachtung kommen dann andere Methoden ins Spiel (SIL-Fähigkeit von Schaltkreisen, mathematische Berechnung etc.). Das ist nicht Gegenstand einer PAAG-Studie.

Der Beurteilende sollte den Betrieb kennen und Wissen darüber haben, welche Personen sich in dem jeweiligen Bereich aufhalten.

Bei der Bestimmung und Quantifizierung des Risikos erhält man nicht immer alle Informationen.

## **7 Persönliche Wahrnehmung Risiko PAAG-Verfahren**

### **7.1 Diskussion Unterschiede**

Es gibt Abweichungen bei der Risikobeurteilung. Die Risikobeurteilung ist eine Teamentscheidung und wird maßgeblich durch die "starke" Person im Team beeinflusst.

Moderatoren, die als Dienstleister eingekauft sind kommen zu anderen Beurteilungsergebnissen als interne Moderatoren, bedingt durch die fehlende Governancefunktion bzw. Kundenverhältnis.

Die Risikowahrnehmung und -beurteilung des Moderators unterscheidet sich von der des Betriebsleiters. Betriebsleiter haben bereits Kosten zur Umsetzung im Hinterkopf (normales menschliches Verhalten).

Persönliche Dispositionen haben auch einen Einfluss. Diese werden aber durch das Vorgehen als Team und das Treffen von Teamentscheidungen reduziert. Risikomatrix und klare Leitplanken minimieren den Einfluss persönliches Empfinden.

Die persönliche Wahrnehmung der Teilnehmer beeinflusst das Risiko z. B. wenn diese eine Situation schon einmal erlebt haben, Das ist für die Diskussion wenig hilfreich, da in der Regel nur ein Zeitraum von 1-10 Jahren betrachtet wurde.

Wenn Teilnehmer Szenarien noch nicht erlebt haben, kommen diese für die Teilnehmer auch nicht vor und liegen außerhalb der Vorstellungskraft.

Die Betriebserfahrung (Länge der Beschäftigung, Erfahrungen der Vergangenheit) spielt eine Rolle bei der Einschätzung von Risiken.

Das kann sowohl einen positiven als auch einen negativen Effekt haben, aber es beeinflusst die Einschätzung.

Persönliche Dispositionen spielen eher keine Rolle bei der Risikobewertung.

Die Risikowahrnehmung ist bei jeder Person unterschiedlich. Ziel der PAAG-Analyse ist es, diese Unterschiede auf einen Nennern zu bringen im Einverständnis aller Teilnehmer.

Betriebsmitarbeiter haben häufig einen lockeren Umgang mit Risiko (das ist noch nicht passiert oder eher unwahrscheinlich). Aus Sicht des Moderators ist das Ereignis aber nicht auszuschließen und muss betrachtet werden.

Die Beurteilung der Eintrittswahrscheinlichkeit unter Berücksichtigung der tatsächlichen Anwesenheit der Mitarbeiter im Betrieb fällt den Teilnehmern häufig schwer.

Die Risikobeurteilung ist im Wesentlichen auf die Individuellen Erfahrungen zurückzuführen (z. B. Problemhaftge Erfahrungen mit Aggregate und Pumpe).

Teilnehmer bewerten anders, wenn sie im Laufe ihrer Berufserfahrung mit Komponenten Ereignisse hatten, als andere Personen.

Die Teamhistorie beeinflusst maßgeblich die Risikowahrnehmung und -beurteilung.

Die persönliche Erfahrung (persönliche Erlebnisse) führen zu einer anderen Bewertung.

Ja, persönliche Komponenten haben einen Einfluss.

Eine PAAG-Studie, die ich zwei mal mit dem selben Team durchführen ohne die Erfahrungen des Vortages führt zu unterschiedlichen Ergebnissen.

Beurteilungen sind tagesformabhängig und erfahrungsabhängig.

Der Einfluss des Menschen spielt bei der Beurteilung eine große Rolle. Die Verwendung von Risikoparametern und dazugehörige Kataloge ist die Gegenmaßnahme zur Reduzierung des Einflusses der Stimmungslage des Teams.

Die Persönlichkeit spielt eine Rolle bei der Risikobewertung. Das ist allerdings nicht zielführend.

Teilnehmer, die ein Szenario bereits erlebt haben, bewerten dieses kritischer. Teilnehmer, die ein Szenario noch nicht erlebt haben, schätzen das Risiko eher zu gering ein.

Der Moderator bekommt diese Disposition nur teilweise mit und ist Szenario abhängig.

Manche Moderatoren schätzen Risiken grundsätzlich zu hoch ein und generieren damit hohe Kosten. Das ist problematisch.

Es gibt Unterschiede bei der Risikobewertung zwischen Betrieb und Moderator. Insbesondere dann, wenn durch den Betrieb höherwertige Maßnahmen umgesetzt werden müssen (z.B. SIL3).

Um eine gemeinsame Beurteilungsentscheidung herbeizuführen, hilft es, die Fakten relativ umfangreich niederzuschreiben.

Auch innerhalb einer Abteilung können diese Beurteilungsunterschiede auftreten (Betriebsmeister, Betriebsingenieur). Da braucht es Fingerspitzengefühl in der Moderation.

Wenn in der Analyse keine gemeinsame Entscheidung gefunden werden kann, wird dies in der Analyse dokumentiert.

Moderator hat an dieser Stelle keine Entscheidungsbefugnis, sondern moderiert nur.

Es gibt einen Unterschied in der Risikowahrnehmung und -bewertung. Die Einschätzung hängt stark vom Team und den gemachten Erfahrungen ab.

Bei reinen qualitativen Analysen fallen die Unterschiede deutlich stärker ins Gewicht.

Es gibt persönliche Unterschiede in der Risikowahrnehmung und -beurteilung.

Es ist Aufgabe des Moderators diese Einflüsse zu minimieren.

Die Risikowahrnehmung, -bewertung und Einstufung ist firmenabhängig und kann da sehr unterschiedlich sein. Die Aufgabe des Moderators ist dann, Informationen auch von außerhalb der eigenen Organisation mit einfließen zu lassen um ein Bewertung vergleichbar zu halten.

Die Risikowahrnehmung und -bewertung ist stark von davon abhängig, welche Personen im Teilnehmerkreis sitzt. Hierbei gibt es große Unterschiede (teilw. Welten).

Ja, es gibt Unterschiede in der Risikowahrnehmung und -bewertung.

Die großen Unternehmen, die über Sicherheitsrichtlinie verfügen sind sehr ausgefeilt und sehr weit überdeckend und ähnlich. Es gibt begründete Ausnahmefälle (z. B. die Bewertung von Sicherheitsventilen).

Die Nutzung von Prozessleittechnik zur Risikoreduzierung wird in den Unternehmen auch unterschiedlich akzeptiert.

Es gibt Unterschiede in der Risikowahrnehmung und -bewertung in Unternehmen, die mit dem Thema noch nicht so vertraut sind.

In den Fällen, in denen Unternehmen noch nicht mit dem Thema vertraut sind, wird die VDI2180 bzw. der Risikograf herangezogen.

In der VDI2180 gibt es drei Abstufungen (tritt selten, häufig, gelegentlich auf). Mit dieser sehr allgemeinen Formulierung haben die Teilnehmer dann Schwierigkeiten. Für manche Teilnehmer ist der Fall mal im Jahre ein seltenes Auftreten.

Wenn keine konkrete Zahl hinter der Wahrscheinlichkeit steht, ist der Einfluss des persönlichen Gefühls größer.

Auch persönliche Komponenten haben einen Einfluss.

Die Größe des Betriebes hat auch einen Einfluss auf die Risikowahrnehmung und -bewertung.

Die Risikobewertung richtet sich an die Risikomatrix.

Bei den Risikomatrizen der Unternehmen gibt es unterschiedliche Ansichten der Bänder (z. B. bei der Eintrittswahrscheinlichkeit).

In den Risikomatrizen sind auch unterschiedliche Kriterien aufgeführt für Konsequenzen, sodass man in unterschiedlichen Unternehmen bei vergleichbaren Szenarien auf unterschiedliche Ergebnisse kommt.

Es ist schwer zu sagen, ob Hobbies und Arbeitsleben einen Zusammenhang bei der Risikowahrnehmung und -beurteilung haben.

Viele Mitarbeiter verhalten sich auf der Arbeit ganz anders als im privaten Leben (z.B. Handlauf). Auf der Arbeit haben die Mitarbeiter mehr das Gefühl beobachtet zu werden.

Die individuelle und die betriebliche Risikowahrnehmung unterscheiden sich. Betrieblich gibt es klare Regeln und Rahmenbedingungen, an die sich alle halten.

Im Wesentlichen unterscheidet sich die betriebliche Risikowahrnehmung nicht untereinander.

Die Diskussion dauert in der Regel nur mit den Betriebsleitern länger.

Die Risikoeinschätzung einer Anlage ist genau genommen völlig subjektiv.

Durch die Betriebsangehörigen wird häufig wahrgenommen und formuliert, dass sie gar kein Risiko haben. PAAG-Studien werden häufig rein qualitativ durchgeführt. Grundsätzlich führt man eine quantitative Risikobewertung nicht im Rahmen der PAAG-Studie durch.

Die oftmals nicht durchgeführte quantitative Risikobeurteilung liegt auch daran, dass wir in Deutschland deterministische Verfahren bevorzugen. In Deutschland können wir nicht sagen, du stirbst mit einer Eintrittswahrscheinlichkeit von  $10^{-5}$  bis  $10^{-6}$ . Die Risikobestimmung ist lediglich ein Hilfsmittel.

# Anhang XVI – Thematischer Vergleich Expertenstudie

Wissens- und Kompetenzfeld „Prognose der Abweichungen“<sup>41</sup>

Auswahl der Leitwörter Leitwörter nach Lehrbuch Leitwörter modifiziert oder angepasst in der Vorgehensweise Nicht genau differenzierbar	Methodische Vorgehensweise Gemeinsame Kombination / Diskussion aller Leitwörter mit der physikalischen Größe -> Normvorgehen Vorberingung durch Moderator oder andere Personen -> Abweichung vom Literaturvorgehen Ergänzende Aussagen z. B. Gemeinsame Abstekung der Grenzen	Kompetenz der Moderatoren
<p>[EA_1] Eine Abnuf der konkreten BG Leitwörter ist nicht möglich. [EA_2] Es findet eine betriebspezifische Ergänzung der Leitwörter. [EA_3] Anpassung ist dahingehend erfolgt, dass physikalische Parameter mit sinnvollen Leitwörtern kombiniert wurden. [EA_4] Es werden keine ergänzenden Leitwörter, aber modifizierte Leitwörter verwendet. [EA_5] Es werden feste Leitwörter verwendet. Es wurden keine Leitwörter gegenüber der Literatur ergänzt. [EA_6] Nach Festlegung der Sollfunktion wird die Matrix der BG RCI angewendet. [EA_7] Die Prognose der Abweichung erfolgt nach reiner Lehre. [EA_8] Leitwortkombinationen, die gar keinen Sinn ergeben, werden direkt weggelassen, um die Teilnehmer nicht unnötig zu belasten. [EA_9] Es werden ausschließliche die originalen Leitwörter verwendet. [EA_10] Die Prognose der Abweichung erfolgt mit den original sieben Leitwörtern. [EA_11] Die Prognose der Abweichung erfolgt über fest definierten betrieblichen Leitwortkatalog. Dieser unterscheidet sich gegenüber den Leitwörtern der Literatur. [EA_12] Der Leitwortkatalog wird im Vorfeld mit dem Kunden, aber nicht mit dem gesamten Team abgesprochen. Nach Absprache mit dem Kunden, wird dieser dann konsequent angewendet. [EA_13] Die Prognose der Abweichung erfolgt nicht nach Lehrbuch. [EA_14] Es werden in der Analyse thematische Unterkategorien gebildet. Pro thematischer Unterkategorie gibt es etwa drei bis vier Leitwörter. [EA_15] Es wurden weitere Leitwörter hinzugefügt (z. B. Stromausfall). Das hat sich aus der Gefahrenfeldanalyse entwickelt. [EA_16] Im Wesentlichen werden die Leitwörter gemäß der Literatur verwendet. [EA_17] Die Leitwörter sind im PAAG- Verfahren gesetzt. In speziellen Fällen werden zusätzliche Leitwörter ergänzt (z. B. Zersetzungs). [EA_18] Es werden die Leitwörter herausgesucht und dann arbeiten wir damit weiter. [EA_19] Nicht zusammenpassende Leitwörter werden im Vorfeld rausortiert. [EA_20] Es ist eine Anpassung dahingehend erfolgt, dass physikalische Parameter mit sinnvollen Leitwörtern kombiniert wurden und dann angewendet werden.</p>	<p>[EA_1] Der Einstieg erfolgt über die direkte Kombination eines Leitworts und einem physikalischen Parameter (Druck hoch/tief, Temperatur hoch/tief). [EA_2] Die Prognose der Abweichung erfolgt ausgehend vom Bauteil. [EA_3] Die Überlegung erfolgt gemeinsam im Team. "Was kann passieren". [EA_4] Die Kombinationen zwischen Leitwort und physikalischem Parameter variieren je nach Gerät und Verfahrensschritt. [EA_5] Die Prognose der Abweichung beginnt bei der Definition der Sollfunktion. Dann werden mögliche Abweichungen auf die Sollfunktion angewendet und man identifiziert gemeinsam, was kann passieren (Bsp. Temperatur zu hoch, Konzentration zu hoch). [EA_6] Die Abgrenzung des Beurteilungsobjektes ist in diesem Schritt wichtig. [EA_7] Die Prognose der Abweichung wird nach Lehrbuch durchgeführt. [EA_8] Ein zur Diskussion stellen der Leitwörter mit der physikalischen Größe in der Gruppe findet nicht statt. Dieses ist bereits durch den Moderator vorgegeben. Der Vorteil ist, dass man dadurch Zeit einspart und hält daher die Konzentration der Teilnehmer hoch. Der Nachteil ist, dass man vielleicht etwas eingeschränkt in der Sichtweise ist. Der Moderator verfügt allerdings über die Kompetenz dies im weitesten Sinne beurteilen zu können. [EA_9] Klassische Standardabweichungen von Komponenten werden im allgemeinen Teil abgearbeitet und dokumentiert (z. B. Behälter, Pumpe, Schnittstelle, Werkstoff, Luft). Nach Abarbeitung der einzelnen Teile erfolgt die Betrachtung der einzelnen Bauteile. Bauteile, die bereits betrachtet wurden, werden man auch mal was vergessen kann. [EA_10] Es wird vorab definiert, welche Teile oder Anlagenkomponenten man sich anschaut und welche Grenzen gezogen werden - über die Definition der Sollfunktion. Darauf wird dann der Abweichungskatalog also die Leitwörter gemeinsam im Team durchgeführt. Es findet keine Vorfilterung oder Vorentscheidung statt. [EA_11] Die Prognose der Abweichung erfolgt stark vereinfacht. Als erstes erfolgt die Definition der Sollfunktion. Die Definition der Sollfunktion wird gemeinsam mit dem Moderator und dem Verfahrensingenieur vorgenommen. [EA_12] Die Prognose der Abweichung erfolgt auf Basis vorausgefüllter PAAG-Analysen. [EA_13] Die Prognose der Abweichung erfolgt über ein Template, wo bereits Leitwortkombinationen hinterlegt sind. [EA_14] Die PAAG-Analyse wird auf Basis der vorliegenden Unterlagen vorbereitet. [EA_15] Ein strukturiertes Vorgehen und sinnvolles Setzen von Grenzen für Teilabschnitte sind wichtig. Das Setzen von Betrachtungsgrenzen erfolgt bereits im Vorfeld durch den Prozess- oder Projektingenieur und nicht im Analysesystem. [EA_16] Die Prognose der Abweichung erfolgt aber im Wesentlichen basierend auf den Erfahrungen des Moderators. Der Moderator hat für bestimmte Komponenten und Bauteile die entsprechenden Abweichungen schon im Kopf, die dann abfragt werden. [EA_17] Die Prognose der Abweichungen erfolgt jeweils in Unterkategorien (Hilfsmitteln, Reaktionsbedingungen, Stoffströme, Verlust von Integrität, Instandhaltung/Störung). Innerhalb jeder Unterkategorie werden dann festdefinierte Leitwörter angewendet. Es kommt nicht jedes Leitwort in jeder Unterkategorie vor. Die Prognose der Abweichung erfolgt durch das Fragenstellen in Richtung der Teilnehmer. Die Zusammenfassung der Störung erfolgt durch den Moderator aus der Sollfunktion und Leitwort. Nach diesem Schritt erfolgt die Übergabe ans Team. [EA_18] Die Prognose der Abweichungen erfolgt über eine Liste, die bereits aus Kombinationen von physikalischen Parametern und Leitwörtern besteht. Diese Liste ist standardisiert. Aufbauend auf der standardisierten Liste erfolgt der Produktionsschritt und erfolgt über die Anwendung der jeweiligen Leitwörter. [EA_19] Die Abfrage aller Leitwortkombinationen ist zu zeitaufwändig und umfangreich. Es erfolgt eine zusammenfassende Abfrage am Ende des Schrittes. Dort wird dann noch einmal gefragt, ob einem Teilnehmer noch etwas fehlt. [EA_20] Die Projektingenieure sind geschult zur Definition der Sollfunktion und zur Vorbereitung der PAAG-Analyse. Das wird durch die Projektingenieure übernommen. [EA_21] Die PAAG-Analysen werden vorbereitet. Die Vorbereitung hat den Vorteil, dass es in der Analyse schneller geht. [EA_22] Die Belastung durch das Moderieren und Schreiben gleichzeitig ist sehr hoch, sodass eine Vorbereitung sinnvoll ist. [EA_23] Die Prognose der Abweichungen erfolgt über das Nachfragen bei den Teilnehmern. [EA_24] Die Prognose der Abweichung beginnt am jeweiligen Produktionsschritt und erfolgt über die Anwendung der jeweiligen Leitwörter. [EA_25] Nicht relevante Störungen werden relativ kurz abgefragt, um Zeit zu sparen. [EA_26] Die Vorbereitung des Moderators umfasst das Aufschreiben der Leitwörter in Kombination mit den physikalischen Parametern. Diese Vorbereitung ist unklarisch und nimmt nicht zu viel weg. [EA_27] Es gibt Moderatoren und Unternehmen, die arbeiten mit Listen für die Kombination der Leitwörter mit den physikalischen Parametern. Das birgt allerdings die Gefahr, dass man nicht mehr offen für andere Punkte außerhalb der Checkliste ist. Eine Checkliste lässt nicht genügend Spielraum für Fehler, die nicht auf der Liste stehen. [EA_28] Die Prognose der Abweichung ist bereits in einer Software voreingegeben. [EA_29] Die Templates sind bereits unternehmensspezifisch vorausgefüllt. [EA_30] Die Prognose der Abweichung ist nach Möglichkeit teilweise vorbereitet. Der Grad der Vorbereitung ist vom jeweiligen Unternehmen abhängig, welche Unterlagen bereits zur Verfügung stehen. [EA_31] Es sollte vermieden werden, dass bereits alle Ursachen aufgelistet sind in Bezug auf die Prognose der Abweichung ist ein Mittelmaß an Vorbereitung erforderlich. [EA_32] Die Template-Vorlagen liegen Apparateweise vor und sind wie eine Vorlage für bestimmte Systemteile. [EA_33] Grundsätzlich sind frische PAAG-Studien auf einem weißen Blatt Papier sinnvoller als vorausgefüllte PAAG-Analysen und Templates. [EA_34] In erster Linie werden Regelungsfehler unterstellt, da Regelungen schneller versagen als notwendige Sicherheitsvorkehrungen. [EA_35] Es werden keine umgebungsbedingten Gefahrenquellen unterstellt.</p>	<p><b>Kompetenz der Moderatoren</b> [EA_01] Der Moderator verfügt allerdings über die Kompetenz, dies im weitesten Sinne beurteilen zu können ohne dass ein voluminöses Brainstorming erfolgt. [EA_02] Ohne eine Vorbereitung wäre die Belastung für den Moderator sehr hoch. [EA_03] Jeder Moderator hat seine ganz eigene Vorgehensweise und bevorzugte Leitwort bzw. Schwerpunkte, auf die er schaut. Dies ergibt sich allgeing schon durch seine berufliche Herkunft (z. B. Elektrogenieur oder Maschinenbauingenieur). [EA_04] Die Schwierigkeit des Moderators besteht darin, die Teilnehmer so abzuholen, dass bestehende Gegenmaßnahmen nicht mit berücksichtigt werden sollen im ersten Schritt. [EA_05] Als Moderator hat man so viel Erfahrung, dass man da nicht mehr groß drüber nachdenken muss, dass weiß man einfach. [EA_06] Der Schwerpunkt eines jeden Moderators ist unterschiedlich und individuell und von vielen Faktoren abhängig. Bei manchen Moderatoren liegt dieser auf der Arbeitssicherheit - auch wenn das nicht der Schwerpunkt der HAZOP ist. Der Schwerpunkt der HAZOP sollte auf der Anlagensicherheit liegen. [EA_07] Die Herausforderung des Moderators besteht darin, die Teilnehmer abzuholen und die Herangehensweise ohne bestehende Gegenmaßnahmen zu erläutern und umzusetzen. [EA_08] Als Moderator benötigt man ein Gefühl dafür, wie lange man nachfragen muss, um eine qualifizierte Antwort zu erhalten. [EA_09] Es ist schwierig, die Teilnehmer darin zu überzeugen, dass diese die Überlegungen im ersten Schritt ohne bestehende Barrieren durchdenken. Teilnehmern, die bisher noch keine PAAG Erfahrung haben, fällt das deutlich schwerer als bereits erfahrenen Mitarbeitern. [EA_10] An diesem Punkt zeigt sich, inwieweit das Team mit der Methode bereits vertraut ist. Die Teilnehmer tun sich zu Beginn der Methode schwer mit der Herangehensweise und verneinen schnell potenzielle Abweichungen aufgrund von bestehenden Gegenmaßnahmen. [EA_11] Die Teilnehmer haben den betrieblichen oftmals gut funktionierenden Alltag im Kopf, in dem es nicht zu Szenarien kommt. [EA_12] Man muss die Teilnehmer ein bisschen ärgern bzw. kritisieren, bis eine akzeptable Diskussion stattfindet. [EA_13] Bei vielen Teilnehmern liegt bereits ein gewisser Grad der Betriebsblindheit vor. [EA_14] Bei Revalidierungen besteht die Schwierigkeit, dass die vorherige Analyse von verschiedenen Moderatoren durchgeführt wurde. Bei Revalidierungen fehlen oft Szenarien. [EA_15] Die Prognose der Abweichung ist für den Moderator der schwierigste Schritt in der PAAG-Analyse.</p>

**Wissens- und Kompetenzfeld „Identifikation der Ursachen“**

Methodisches Vorgehen	Betrachtung von Dominoeffekten und mehreren Ursachen	Herausforderung bei der Identifikation der Ursachen
<p><b>Methodische Vorgehensweise nach Lehrbuch</b>  <b>Methodische Vorgehensweise modifiziert oder angepasst in der Vorgehensweise</b>                      Nicht genau differenzierbar</p> <p>[EA_01] Die Identifikation der Ursachen erfolgt in der freien Diskussion im Team.                      [EA_02] Das Auffinden der Ursachen wird vollständig abgeschlossen, bevor der nächste Arbeitsschritt eingeleitet wird.                      [EA_03] Die Identifikation der Ursachen erfolgt über das Nachfragen bei den Betriebsangehörigen.                      [EA_04] Der Moderator ist angehalten, nach den betrieblichen Hintergründen zu fragen, um die Diskussion anzuregen.                      [EA_05] Für die meisten PAAG-Analysen ist keine neue Ursachendiskussion erforderlich, da es sich um Revalidierungen handelt.                      [EA_06] Der Betriebsleiter erläutert in der Regel, warum potenzielle Abweichungen nicht eintreten können.                      [EA_07] Die Betrachtung der Ursachen muss immer ohne bestehende Gegenmaßnahmen erfolgen.                      [EA_08] Die Identifikation der Ursachen erfolgt im gleichen Schritt mit der Prognose der Abweichungen.                      [EA_09] Die Teilnehmer haben die möglichen Ursachen bereits im Kopf und es ist keine Diskussion erforderlich.                      [EA_10] Die Identifikation der Ursachen erfolgt über Brainstorming mit den Teilnehmern.                      [EA_11] Das Auffinden der Ursachen ist einfach.                      [EA_12] Bei der Identifizierung der Ursachen muss sich der Moderator zurückhalten und nur teilweise Nachfragen stellen.                      [EA_13] Die Identifikation der Ursachen kann nur durch die Betriebsangehörigen erfolgen. Bei der Ursachenspezififikation sollten alle Ursachen erstmal gesammelt und aufgeschrieben werden.                      [EA_14] Das Auffinden der Ursachen ist kein umfangreicher Verfahrensschritt und kann schnell abgehandelt werden.                      [EA_15] Im Wesentlichen ist dieser Schritt erforderlich, um nachher die Eintrittswahrscheinlichkeit ermitteln zu können.                      [EA_16] Als Moderator hat man bereits im Kopf, welche Ursachen zu welchem Szenario führen und welche Güte an Gegenmaßnahmen erforderlich wird.                      [EA_17] Die Ursachenspezififikation erfolgt im Team und ist nicht bereits vorgegeben.                      [EA_18] Moderatoren, die hier auf viel Erfahrungswissen zurückgreifen können, haben es hier leicht. Die Ursachenspezififikation erfolgt prozessbasiert bzw. Equipment basiert.                      [EA_19] Jedes Anlagenteil muss einmal betrachtet werden.                      [EA_20] Die Identifikation der Ursachen ist durch bereits durchgeführte Analysen meistens bereits abgeschlossen.                      [EA_21] Die Identifikation der Ursachen erfolgt entlang des RI-Schemata.                      [EA_22] Die Ursachenspezififikation erfolgt durch den Betriebsmeister als Betriebsangehörigen.                      [EA_23] Für den Moderator ist dieser Schritt mit wenig Arbeit und Aufwand verbunden und passiert ganz von selbst.                      [EA_24] Die Identifikation der Ursachen ist teilweise durch den Moderator vorbereitet. Dies soll jedoch nur eine Anregung darstellen.                      [EA_25] Die Ursachenspezififikation erfolgt im Brainstorming im Team.                      [EA_26] Bei dem Auffinden der Ursachen gibt es nicht viel methodischer Vorgehensweise.                      [EA_27] Die Ursachenspezififizierung ergibt sich im Wesentlichen aus Standardfragen, die betrachtet werden.                      [EA_28] Die Ursachenspezififikation ergibt sich einfach aus der Erfahrung des Moderators.                      [EA_29] Es gibt auch immer mal Sondersachen, die betrachtet werden müssen, aber dafür ist das PAAG-Verfahren ja gemacht. Durch das PAAG-Verfahren kommt man an besonderen Ursachen nicht vorbei.                      [EA_30] Die Ursachenspezififizierung erfolgt nach der klassischen Vorgehensweise.                      [EA_31] Die meisten PAAG sind Revalidierungen, sodass keine neue Ursachenspezififikation stattfinden muss. In diesem Fall erfolgt nur noch die Abfrage, ob sich etwas geändert hat.                      [EA_32] Die meisten Ursachen sind auf menschliches Versagen zurückführbar.</p>	<p><b>Betrachtung von Dominoeffekten und mehreren Ursachen</b></p> <p>[EA_01] Bei der Identifizierung der Ursachen muss auch berücksichtigt werden, dass sich ein Fehler auch auf andere Anlagen auswirken kann.                      [EA_02] Bei Verfahren, die über mehrere Fließbilder gehen, besteht das Risiko, dass man Auswirkungen und Ursachen nicht komplett mitzieht.                      [EA_03] Wenn mehrere Ursachen für eine Abweichung in Frage kommen, wird für die weitere Betrachtung der Fehler bzw. die Ursache angenommen, die am häufigsten eintreten kann, dass ist die, die am ehesten verhindern muss. Fehler mit einer geringeren Wahrscheinlichkeit werden zwar aufgenommen aber nicht weiter betrachtet.                      [EA_04] Diskussionen zur Ausfallwahrscheinlichkeit von gleichzeitigen Ausfällen sind müßig. Diese Diskussionen werden nicht geführt, sondern eher von einem potenziellen Ausfall ausgegangen.                      [EA_05] Die Aufgabe des Moderators besteht darin, darauf zu achten, dass wirklich nur verschiedene Ursachen aufgelistet werden, zu denen dann differenzierte Gegenmaßnahmen beschrieben werden können.</p>	<p><b>Teilnehmer Vorgehen Moderator</b></p> <p>[EA_01] Die Schwierigkeit des Moderators ist es, die Diskussion anzuregen. Allerdings fällt dies den Teilnehmer manchmal schwer.                      [EA_02] Die Einhaltung der Reihenfolge ist für die PAAG wichtig. Allerdings fällt dies den Teilnehmer manchmal schwer.                      [EA_03] Die Identifikation der Ursachen hängt von der Qualität der Teilnehmer ab z. B. auch der Diskussionsfreude und Zusammenstellung des Teams.                      [EA_04] Die Teilnehmer haben Schwierigkeiten bei der Ursachenspezififikation.                      [EA_05] Für den Moderator wird die Ursachenspezififikation schwieriger, wenn bei neuen Anlagen kein fertiges Betriebskonzept vorliegt.                      [EA_06] Die Identifikation der Ursachen wird in der Regel viel zu umfangreich durchgeführt und dokumentiert. Es werden zu viele Ursachen beschrieben. Dies ist insbesondere in alten Analysen feststellbar.                      [EA_07] Werden zu viele Ursachen aufgeführt, erschwert das die ganze weitere Analyse.                      [EA_08] Die Schwierigkeit bei der Identifizierung der Ursachen ist, dass viele Moderatoren technische, organisatorische und menschliche Fehler bzw. Ursachen vermischen.                      [EA_09] Eine Schwierigkeit besteht darin, dass die Teilnehmer bereits bestehende Gegenmaßnahmen berücksichtigen.                      [EA_09] Die Schwierigkeit bei der Identifikation der Ursachen ist die Detailtiefe. Viele Moderatoren verlieren sich bis ins kleinste Detail. Die Maßnahmen sowie die PAAG-Analyse wird durch eine sehr detaillierte Ursachenbetrachtung nicht besser, sondern es dupliziert sich nur die Arbeit.                      [EA_10] Die Ursachenspezififikation darf nicht nach der ersten Ursache gestoppt werden, da sonst die Ursache für eine potenzielle Katastrophe womöglich unerkannt bleiben würde.                      [EA_11] Die Diskussion mit Kunden ist häufig schwierig.                      [EA_12] Als Dienstleistungsmoderator besteht ein größerer Überblick - auch unternehmensübergreifend - über mögliche Auswirkungen. Damit können sich manche Kunden nicht identifizieren.                      [EA_13] Die Schwierigkeit bei der Ursachenspezififikation ist, dass man den richtigen Teilnehmern die richtigen Fragen stellen muss.                      [EA_14] In der Diskussion werden häufig Sachen vergessen.                      [EA_15] Die Schwierigkeit bei der Ursachenspezififikation ist, dass sich die Teilnehmer die Szenarien in einem ersten Schritt nicht vorstellen können.                      [EA_16] Bei der Identifikation der Ursachen spielen die Erfahrungen der Teilnehmer eine große Rolle und sind entscheidend.                      [EA_17] Bei der Ursachenspezififikation müssen auch Beispiele von z. B. externen Datenquellen herangezogen werden, die Aufschluss über vergleichbare Ereignisse und Ursachen liefern, um diese dann in die Analyse miteinzuflechten zu können.                      [EA_18] Die Schwierigkeit besteht darin, die Teilnehmer einmal zu aktivieren.                      [EA_19] Wenn keine Ursachen gefunden werden können, erfolgt eine möglichst schnelle Unterbrechung an diesem Punkt, um die Motivation nicht unnötig zu hemmen.                      [EA_20] Ob es Schwierigkeiten bei der Ursachenspezififikation gibt, ist vom Team abhängig und der Erfahrung der Teilnehmer.                      [EA_21] Teilnehmer, die schon lange im Betrieb sind, fördern die Qualität dieses Schrittes.                      [EA_22] Die Schwierigkeit bei der Ursachenspezififikation liegt darin, dass die Teilnehmer sich das Szenario nicht vorstellen können und damit das Risiko nicht fassen können. Junge Ingenieure können sich Szenarien aufgrund ihrer fehlenden Berufserfahrung schwieriger vorstellen.                      [EA_23] Eine PAAG-Analyse ist gut geeignet, um eine Anlage kennenzulernen. Dies gilt insbesondere für junge Mitarbeiter.                      [EA_24] Das Problem bei der Ursachenspezififizierung ist, dass immer nur ein Fehler unterstellt wird. Das ist aber ein grundsätzliches Problem der PAAG-Studie. Betrachtet man zurückliegende Störfälle, zeigt sich, dass immer mehrere Fehler zu einem Störfall geführt haben. Die Betrachtung von Fehlerkombinationen würden jedoch den Aufwand einer PAAG-Studie erheblich erhöhen.                      [EA_25] Es werden auch <del>common cause</del> Fehler betrachtet.                      Es wird auch der innere Explosionsschutz in der PAAG-Studie betrachtet, sodass ich bisher noch nicht kreativ nach Ursachen suchen musste.                      [EA_26] Es wurden bisher ausschließlich Altanlagen betrachtet, sodass ich bisher noch nicht kreativ nach Ursachen suchen musste.                      [EA_27] In den meisten Analysen sind die Ursachen schon gegeben.                      [EA_28] In der Moderation werden die Teilnehmer dann nur noch abgefragt, ist etwas dazu gekommen.                      [EA_29] Die Teilnehmer geben teilweise ungen Informationen preis.                      [EA_30] Eine konkrete Schwierigkeit bei der Ursachenspezififizierung kann nicht identifiziert werden.</p>

Wissens- und Kompetenzfeld „Beschreibung der Auswirkungen“

Auswirkungskategorien/-arten	Methodisches Vorgehen	Herausforderung bei der Beschreibung der Auswirkungen
<p>Personen und Umweltauswirkungen Sicherheits-/Verfügbarkeitsrelevant oder nicht sicherheits- oder verfügbarkeitsrelevant Expertenansagen materielle Einstufung, Reputation Ergänzende Informationen in den Kategorien</p>	<p>Bezug zur Risikomatrix Umfang Details zum Umfang der Auswirkungsbeschreibung Rand- und Rahmenbedingungen und methodische Vorgehensweise</p>	<p><b>Teilnehmer</b> <b>Moderator</b> <b>Risikomatrix</b> <b>Gegenmaßnahmen</b></p>
<p>EA_01] Es werden zwei Auswirkungsarten unterschieden: Personen und Umweltauswirkungen. EA_02] In manchen Fällen wird die Verfügbarkeitsrelevanz berücksichtigt z.B. Schlüsselanlagen. EA_03] Es wird keine materielle Einstufung vorgenommen. EA_04] Bei der Beschreibung der Auswirkungen werden Personengefährdung und Umweltauswirkungen unterschieden. EA_05] 99% der identifizierten und beschriebenen Auswirkungen sind Personenschäden. EA_06] Die Berücksichtigung der Verfügbarkeitsrelevanz erfolgt nur auf Anfrage des Betreibers. EA_07] Die Beschreibung der Auswirkungen läuft immer auf zwei Parameter hinaus (Überschreitung Druck oder Temperatur). EA_08] Die Beschreibung und Ermittlung der Auswirkungen erfolgt immer für Mensch und Umwelt. Die Auswirkungskategorien sind kundenabhängig, Mensch und Umwelt werden immer eingestuft. EA_09] Manche Kunden nehmen zusätzlich eine Einstufung der Reputation, Geld oder Verfügbarkeit der Anlage vor. EA_10] Die zu bevorzugende Variante ist die reine Unterscheidung zwischen „sicherheitsrelevant“ und „nicht sicherheitsrelevant“ zu unterscheiden. EA_11] Die Auswirkungskategorien sind unterschiedlich. EA_12] Manche Unternehmen gehen nur auf Umwelt- und Personenschäden ein und schließen den Rest aus der PAAG-Studie aus. EA_13] Manche Unternehmen nehmen auch noch die Reputation in der Presse hinzu. Das kann beliebig durch das jeweilige Unternehmen erweitert werden. EA_14] Je mehr Auswirkungskategorien definiert werden, desto umfangreicher werden die zu beschreibenden Gegenmaßnahmen und die damit die ganze PAAG-Analyse. EA_15] Meistens wird in der Beschreibung der Auswirkungen auf folgende vier Themen eingegangen: Sicherheit, Schadensauswirkung finanzieller Art, Auswirkung auf die Umwelt und Reputation. EA_16] Während in Deutschland die Berücksichtigung der Reputation keine große Rolle spielt, ist dies in Amerika und Osteuropa Gegenstand der Risikomatrix. EA_16] Die Beschreibung der Auswirkungen umfasst Umwelt- und Stoffausstritte in alle Richtungen: Gewässer, Boden, Luft. EA_17] Es werden keine wirtschaftlichen oder qualitativen Auswirkungen innerhalb der PAAG-Analyse beschrieben. EA_18] Die Beschreibung der Auswirkung erfolgt nach drei Dimensionen: Personenschäden, Umweltschäden und in einigen Fällen auch wirtschaftliche Schäden. Ergänzend kann dann eine Unterscheidung der wirtschaftlichen Auswirkungen in Qualität bzw. Produktqualität erfolgen. EA_20] Die Beschreibung der Auswirkung erfolgt nur nach Personenschäden und Umweltschäden. EA_21] Die monetäre Bewertung wurde nach einiger Zeit im Unternehmen wieder abgeschafft. EA_22] Bei Diskussionen um Sicherheit sollte Geld keine Rolle spielen. EA_23] Die Auswirkungsdimensionen und -größen sind innerhalb der PAAG-Analysen verschieden, je nach Anlage</p>	<p>EA_01] Die Beschreibung und Diskussion der Auswirkungen ist abhängig vom Fehlerbild, das erzeugt wurde und kann damit sehr unterschiedlich ausfallen. EA_02] Die Auswirkungen werden anhand einer internen Risikomatrix eingestuft. In der Risikomatrix sind Beispiele hinterlegt. EA_03] Die Beschreibung der Auswirkungen erfolgt je Ursache. EA_04] Die Bewertung der Auswirkungen erfolgt ohne bestehende Gegenmaßnahmen. EA_05] Bei der Beschreibung der Auswirkung muss sehr detailliert geschaut werden z. B. welcher Stoff. EA_06] Die Beschreibung der Auswirkung erfolgt konservativ - sobald der zulässige / bestimmungsgemäße Bereich verlassen wird, müssen Gegenmaßnahmen getroffen werden. EA_07] Die Beschreibung der Auswirkungen erfolgt nach einem Stufenbeurteilungsvorgehen und muss detailliert unter Berücksichtigung aller Einflüsse erfolgen (Werkstoff, etc.). EA_08] Detaillierte Beschreibung der Auswirkungen ist in diesem Schritt besonders wichtig. EA_09] Die Beschreibung der Auswirkungen erfolgt nicht anhand von Auswirkungskategorien. Die Beschreibung erfolgt als Kurzbeschreibung des Szenarios in Textform (Prosa Szenario Beschreibung). Dabei wird die ganze Kausalkette beschrieben. EA_10] Die firmeninternen Vorgaben (Bänder) sind eindeutig und werden für die Beschreibung der Auswirkungen herangezogen. EA_11] Für die Beschreibung der Auswirkung ist eine saubere Deklination nach unten wichtig. EA_12] Die Beschreibung der Auswirkung findet meistens aus dem Team heraus durch die Teilnehmer statt. EA_13] Kann ein Szenario nicht abgeschätzt werden, wird dieses zeitweise geparkt, um weitere Experten zu fragen. EA_14] Bei der Abschätzung der Auswirkungen wird immer das Worst-Case Szenario beschrieben. EA_15] Der Schritt ist der zeitaufwändigste in der PAAG. EA_16] Dieser Schritt ist der umfangreichste der PAAG-Analyse und wird in ganzen Sätzen formuliert. EA_17] Bei der Beschreibung der Auswirkung, lasse ich die Teilnehmer nur die qualifizierten Merkmale der Kategorien verwenden, aber nicht die tatsächlichen reale Vorstellung von Wahrscheinlichkeiten und Schadenskategorien. EA_18] Im Ergebnis der Beschreibung der Auswirkungen kommt eine Risikozahl mit Performancelevel (SIL) heraus. Daran werden die benötigten Maßnahmen ausgerichtet. EA_19] Die Beschreibung der Auswirkung erfolgt über die Abfrage in die Teamerfahrung hinein. EA_20] Die meisten Kunden machen eine qualitative Beschreibung der Auswirkungen. Es gibt selten Kunden, die zur Beschreibung der Auswirkungen z. B. Ausbreitungsberechnungen heranziehen. EA_21] Jedes Szenario wird einer Risikokategorie zugeordnet. EA_22] Bei der Beschreibung der Auswirkung werden in der Regel bereits vorhandene Unterlagen und Daten verwendet. Dort sind in der Regel bereits relativ viele Risiken und Auswirkungen beschrieben. Kommen neue Auswirkungen hinzu, wird die Expertise von weiteren Fachexperten erforderlich (z. B. Chemiker). EA_23] Die Abschätzung geringerer bzw. kleinerer Auswirkungen fällt leichter. Diese lassen sich gut abschätzen. EA_24] Die Auswirkungen werden sehr ausführlich beschrieben. Aus der Beschreibung der Auswirkungen können die Szenarien für den Sicherheitsbericht abgeleitet werden. EA_25] Bei der Beschreibung der Auswirkungen sollte Wert daraufgelegt werden, immer ähnliche Formulierungen zu verwenden um ähnliche Szenarien filtern zu können und eine Vergleichbarkeit herstellen zu können.</p>	<p>EA_01] Die Schwierigkeit besteht darin, die bestehenden Schutzkonzepte und Maßnahmen nicht zu berücksichtigen. Das ist eine Herausforderung für die Diskussion vor Ort. EA_02] Die Diskussion zur Beschreibung der Auswirkungen ist abhängig von der Dokumentenlage. Bei einer guten Dokumentenlage findet keine Diskussion statt und alle Teilnehmer sind einverstanden. Befindet sich die Anlage bspw. im Design oder die Unterlagen sind nicht vollständig, gibt es größeren Diskussionsbedarf. EA_03] Bei einer sauberen Deklination und Dokumentation gibt es wenig Verständnisabweichungen. EA_04] Die Schwierigkeit besteht darin, dass die Teilnehmer die bestehenden Gegenmaßnahmen berücksichtigen. Für die Teilnehmer ist dies eine Herausforderung und erfordert Übung. EA_05] Den Teilnehmern fällt es umso schwere Risiken hoch einzustufen, wenn sie bisher keine negativen Erfahrungen damit gemacht haben und die Anlage seit Jahren sicher fahren. EA_06] Die Dokumentation eines sehr hohen Risikos erfordert für die Teilnehmer Übung und Gewöhnung. EA_07] Die Schwierigkeit besteht darin, die Teilnehmer immer wieder daran zu erinnern, dass bestehende Gegenmaßnahmen noch nicht in die Auswirkungsbetrachtung einfließen und darin, bewusst Störungen zuzulassen. EA_08] Die Schwierigkeit besteht darin, je mehr Schutzgüter betrachtet werden, desto mehr Diskussionen bei der Festlegung des Risikos und der Abarbeitung von Maßnahmen. Mit mehr Schutzgütern wird die PAAG-Analyse aufwändiger und umfangreicher. EA_09] Das Abschätzen der Auswirkung ist der schwierigste Punkt der PAAG-Analyse, weil man sich in der Runde gemeinsam mit den Teilnehmern Ereignisse vorstellen muss, die in den meisten Fällen nicht vorkommen. Aufgrund dessen beschreibt man die Szenarien auch ausführlich. EA_10] Die Schwierigkeit in diesem Punkt ist die Interpretation der Matrix. EA_11] Es gibt auch einige Matrizen, die sind im Aufbau nicht optimal, wo sich die Farben z. B. nicht unmittelbar nach dem Risiko richten. EA_12] Viele Mitarbeiter in den Betrieben können mit den Zahlen der Risikomatrix nichts anfangen und haben keine Vorstellung dafür. Die Mitnahme der Teilnehmer kann daher besser über die qualifizierten Merkmale erfolgen (LTRIR, Durchgangssarzt, Krankenhaus, etc.). EA_13] Die Schwierigkeiten bei der Beschreibung der Auswirkungen beziehen sich immer auf die Ermittlung und Festlegung der Exposition und Dauer. EA_14] Unter den Teilnehmern ist meistens immer mindestens einer, der die Auswirkungen dramatisch sieht. EA_15] Die Teilnehmer vertreten in den Diskussionen auch teilweise Positionen, um eine Arbeitserleichterung unter dem Deckmantel der PAAG-Analyse herbeizuführen. EA_16] Die Beschreibung der Auswirkung ist ein sehr diskussionsfreundlicher Punkt, in dem die Gemüter teilweise hochschaukeln. EA_17] Um alle Teilnehmer einzufangen und eine ruhige Diskussion zu ermöglichen ist manchmal eine Pause notwendig. EA_18] Bei der Beschreibung der Auswirkung werden teilweise auch rein betriebliche Wünsche zur Risikoreduzierung berücksichtigt. EA_19] Die Beschreibung der Auswirkung ist auch davon abhängig, welche Verbundenheit der Teilnehmer zu ihrem Betrieb und den Anlagen haben. EA_20] In den meisten Fällen besitzt das größte Interesse an einer Risikoreduzierung auf Seiten des Betriebsleiters bzw. Betriebsingenieurs. EA_21] Die Beschreibung der Auswirkungen ist maßgeblich von den Erfahrungen der Teilnehmer abhängig. Junge Mitarbeiter sehen alles eher als gefährlich an. Langjährige Mitarbeiter sehen eher alles als ungefährlich an. EA_22] Die Herausforderung des Moderators besteht darin, diese unterschiedlichen Parteien zu konsolidieren. EA_23] Die Beschreibung der Auswirkungen ist insbesondere mit einem neuen Team schwierig. EA_24] Die Teilnehmer haben Schwierigkeiten die Auswirkungen realistisch anzugeben - ohne bereits bestehende Gegenmaßnahmen. Am schwersten tun sich die Betriebsleitungen. EA_25] Es werden teilweise Szenarien an den Haaren herbeigezogen. Die Teilnehmer vermitteln den Eindruck, als ob diese die Anlage nicht bauen oder betreiben wollen aufgrund der beschriebenen Schrecklichkeit der Auswirkungen. EA_26] Es gibt auch Teilnehmer, die verhaltenlos jedes Risiko. EA_27] Die Herausforderung des Moderators besteht darin, die unterschiedlichen Positionen und Wahrnehmung der Auswirkungen in der PAAG-Analyse überzubringen. EA_28] Ohne die Verwendung einer Risikomatrix zur Unterstützung der Vorstellungskraft der Teilnehmer wäre die Beschreibung der Auswirkungen sehr schwierig. EA_29] Die schwerste Auswirkung „katastrophal“ können sich die meisten Teilnehmer gut vorstellen, zwischen den kleinsten und größten Auswirkungen ist die Einschätzung am schwierigsten, allerdings auch am interessantesten.</p>

<p>werden nur Auswirkungen innerhalb der Anlage betrachtet. Oder es werden auch Auswirkungen weit außerhalb der Anlage betrachtet, wie z. B. Überschwemmungen.</p> <p>[EA_24] Wirtschaftliche Auswirkungen werden nicht betrachtet. Auf Wunsch des Betriebes kann dies mit einbezogen und entsprechend dokumentiert werden und damit die Gegenmaßnahme in ihrer Qualität hochgesetzt werden (Verfügbarkeitsrelevanz).</p> <p>[EA_25] Es gibt grundsätzlich fünf Kategorien an Schadensschweren.</p>	<p>[EA_26] Es werden im Wesentlichen nur störfallrelevante Auswirkungen beschrieben. Auswirkungen des Arbeitsschutzes werde nur sehr knapp aufgeführt und stattdessen auf die Gefährdungsbeurteilung verwiesen.</p> <p>[EA_27] Die Höhe der Auswirkungen wird zur Beschreibung der Güte der Maßnahmen herangezogen.</p> <p>[EA_28] Die Beschreibung der Auswirkungen findet tatsächlich ganz breit ganz unterschiedlich statt.</p> <p>[EA_29] Bei der Beschreibung der Auswirkung gibt es Kunden, die diskutieren alles sehr detailliert und zu umfangreich.</p> <p>[EA_30] Die Beschreibung der Auswirkung erfolgt über die Entwicklung von Szenarien</p> <p>[EA_31] Zur Beschreibung der Auswirkungen werden die Konsequenz Felder der Risikomatrix herangezogen. Dies hilft den Teilnehmern eine Vorstellung von den Szenarien entwickeln zu können.</p> <p>[EA_33] Die Höhe des Schadensausmaß entscheidet auch darüber, ob Personen als Schutzmaßnahme eingesetzt werden können, oder ob ausschließlich technische Maßnahmen erforderlich sind.</p> <p>[EA_34] Die Eintrittswahrscheinlichkeit und die Schadensschwere werden in diesem Schritt ermittelt und daraus ergibt sich dann die Risikoklasse.</p>	<p>[EA_30] Die Schwierigkeit besteht oftmals daran, dass nicht alle Informationen vorliegen (z. B. Werkstoff einer Pumpe oder Datenblätter).</p> <p>[EA_31] Bei der Beschreibung von Auswirkungen kommt es häufig zur Schwierigkeit, dass die Leute nur einen Toten unterstellen. In der Regel sind es im Störfall bzw. Ereignisfall mehr als ein Toter.</p> <p>[EA_32] Bei der Beschreibung der Auswirkungen ist es meistens so, dass die Teilnehmer gar nicht wissen, wie viele Menschen in den Anlagen unterwegs sind. Bei der Betrachtung von zurückliegenden Störfallereignisse, zeigt sich jedoch, dass meistens mehr als eine Person betroffen ist.</p> <p>[EA_33] Bei der Berücksichtigung, dass mehrere Personen zu Tode kommen, ist man dann in der höchsten Risikokategorie und damit man mit bestehenden betrieblichen Maßnahmen nicht mehr zurecht.</p> <p>[EA_34] Das man sich in der Diskussion und Dimensionierung gar nicht einig geworden ist, kommt eher nicht vor. An dieser Stelle hätte die PAAG-Methodik ansonsten ihr Ziel verfehlt.</p> <p>[EA_35] Der Grad der Diskussionen ist von dem Detaillierungsgrad der Risikomatrix abhängig (3x3 bis 6x6).</p> <p>[EA_36] Je feiner die Risikoklassen, desto eher neigen die Teilnehmer zur Verharmlosung von Risiken (Beispiel: Wenn man nur mit einer 3x3 Matrix arbeitet, dann ist man schnell in der höchsten Kategorie ggü. einer 6x6 Matrix).</p> <p>[EA_37] Wenn ein Szenario als nicht denkbar eingestuft wird, kann man dieses auch direkt weglassen.</p> <p>[EA_38] Teilweise sind die Kategorien der Risikomatrizen unkonkret. Kategorien, wie "im ganzen Industriebereich nicht bekannt" sind schwierig einschätzbar. Grundsätzlich kann der Moderator das gar nicht vollumfänglich abschätzen.</p> <p>[EA_39] Bei der Quantifizierung von Risiken fehlt leider die Berücksichtigung von „near miss“-Ereignissen. Diese werden durch die Unternehmen weitestgehend zurückgehalten.</p> <p>[EA_40] Bei der klassischen Risikoinschätzung sind sich meistens alle Teilnehmer einig. Es wird in der Regel eher ein zu hohes Risiko angesetzt.</p> <p>[EA_41] Es gibt auch ein Spannungsfeld zwischen der Dimensionierung und Beschreibung von Maßnahmen und den entstehenden Kosten. Dieses Spannungsfeld muss ausdiskutiert werden.</p> <p>[EA_42] In der Regel gibt es Schwierigkeiten bei der Dimensionierung von Maßnahmen, wenn es darum geht etwas neu zu machen</p> <p>[EA_43] Es werden nur Maßnahmen aufgenommen, bei denen sich alle Teilnehmer einig sind. Es kommt auch vor, dass man als Moderator mal in die falsche Richtung denkt. Das ist dann aber Aufgabe des Moderators das zu regulieren.</p> <p>[EA_44] Wenn es sich um wirklich große Maßnahmen handelt, dann werden diese häufig priorisiert, weil sich nicht alle sofort umsetzen lassen. Das birgt bis zur vollständigen Umsetzung aller Maßnahmen ein großes Risiko.</p>
---	--	---

**Wissens- und Kompetenzfeld „Gegenmaßnahmen“**

Kategorien Gegenmaßnahmen, Gestaltungsrangfolge	Methodisches Vorgehen	Herausforderung bei der Beschreibung der Auswirkungen
<p><b>Kategorien Gegenmaßnahmen</b></p> <p><b>Technische Maßnahmen</b></p> <p><b>Organisatorische Maßnahmen</b></p> <p><b>Personenbezogene Maßnahmen</b></p> <p><b>Güte Maßnahmen</b></p>	<p><b>LOPA</b></p> <p>[EA_01] Grundsätzlich wird versucht, dass die Gestaltungsrangfolge eingehalten wird (inhärente Sicherheit, dann technisch, dann organisatorisch).</p> <p>[EA_02] Manuelle Handlungen als Schutzmaßnahme werden möglichst vermieden. Das funktioniert natürlich nicht in allen Fällen.</p> <p>[EA_03] Kommen manuelle Handlungen der Betriebsmitarbeiter als Schutzmaßnahme zum Einsatz, müssen diese regelmäßig geschult werden.</p> <p>[EA_04] Bei der Gestaltung der Gegenmaßnahmen werden bestehende Gegenmaßnahmen berücksichtigt und geschaut, wie diese ggf. in der Qualität erhöht werden können.</p> <p>[EA_05] Die Beschreibung der Gegenmaßnahmen erfolgt über das LOPA-Verfahren. Hier werden die Teilnehmer gemeinsam durchgeführt.</p> <p>[EA_06] Die meisten Moderationen finden für bestehende Anlagen statt. Daher ist die Gestaltung von Gegenmaßnahmen relativ einfach. Bereits bestehende Maßnahmen müssen nur kurz überprüft werden.</p> <p>[EA_07] Die Beschreibung von neuen Gegenmaßnahmen erfolgt über eine zweistufige Risikobetrachtung. Im ersten Schritt werden alle vorhandenen Maßnahmen und Tätigkeiten aufgelistet. Im zweiten Schritt wird geprüft, ob die gelisteten Gegenmaßnahmen ausreichend sind. Hierbei ist wichtig, dass es sich um eine Teamentscheidung handelt.</p> <p>[EA_08] Der überwiegende Teil der Gegenmaßnahmen sind Standardlösungen.</p> <p>[EA_09] Die Gestaltung der Gegenmaßnahmen beginnt mit der Auflistung aller bestehenden Gegenmaßnahmen. In den meisten Fällen ist die PAAG-Analyse dann beendet und es erfolgt die Anwendung einer LOPA.</p> <p>[EA_10] Das LOPA-Verfahren kommt zum Einsatz, wenn ein gewisser Schweregrad erreicht ist oder bestehende Maßnahmen nicht ausreichend sind.</p> <p>[EA_11] Die Gestaltung von Gegenmaßnahmen basiert auf der Risikokennzahl. Hier ist definiert, bis zu welcher Kategorie das Risiko gesenkt werden muss.</p> <p>[EA_12] Unternehmensintern muss mindestens eine mittlere Risikokategorie erreicht werden (gelb). Der Betrieb entscheidet dann, ob er mit dem verbleibenden Risiko leben kann. Die Reduzierung des Risikos auf die niedrigste Klasse ist die Unternehmensempfehlung.</p> <p>[EA_13] Die Teilnehmer können selbst sehr gut abschätzen, mit welcher Maßnahme welche Risikoreduzierung erreicht wird und welche Kosten mit der jeweiligen Maßnahme verbunden sind.</p> <p>[EA_15] Müssen größerer Maßnahmen dimensioniert werden, werden weitere Experten hinzugezogen.</p> <p>[EA_16] Die Beschreibung der Gegenmaßnahmen beginnt mit der Auflistung aller vorhandenen Maßnahmen einschließlich organisatorischer Maßnahmen und Softwareabschaltung.</p> <p>[EA_17] Wenn das Szenario sicherheitsrelevant ist, dann werden mechanische Maßnahmen erforderlich. Alternativ kommt der Risikograf zur Anwendung.</p> <p>[EA_18] Bei der Gestaltung von Gegenmaßnahmen sind die Betriebsangehörigen sehr kreativ.</p> <p>[EA_19] Die Beschreibung der Gegenmaßnahmen wird häufig anschließend an die PAAG-Studie in einer LOPA durchgeführt.</p>	<p><b>Teilnehmer</b></p> <p><b>Vorgehen</b></p> <p><b>Moderator</b></p> <p><b>Maßnahmen Kostenfaktor / Wirtschaftlichkeit</b></p> <p>[EA_01] Bei der Beschreibung von Gegenmaßnahmen gibt es auch Spannungen und Diskussionsbedarfe.</p> <p>[EA_02] Für eine Risikoklasse gibt es mehrere Möglichkeiten der Umsetzung. Es kann über die Umsetzung unterschiedlicher Maßnahmen die benötigte Güte/Zuverlässigkeit erreicht werden.</p> <p>[EA_03] Diskussionen über die Art der Maßnahmen, z. B. technisch oder organisatorisch richten sich aber nicht gegen den Moderator, sondern finden häufig zwischen den Abteilungen Produktion und Technik statt.</p> <p>[EA_04] Die Einbindung von organisatorischen Maßnahmen lässt mittlerweile nach, da die Personaldicken ebenfalls weniger werden.</p> <p>[EA_05] Organisatorische Maßnahmen kommen insbesondere bei bestehenden Anlagen zum Einsatz. Wenn bei Betrachtungen auffällt, dass ein Risiko übersehen wurde, werden über organisatorische Maßnahmen (Betriebsanweisungen) Sofortmaßnahmen zur Risikoreduzierung angeleitet und umgesetzt.</p> <p>[EA_06] In die Diskussion spielen wirtschaftliche Interessen mit herein und es wird immer abgewogen, ob die Maßnahme auch wirtschaftlich vertretbar.</p> <p>[EA_07] Durch die Reduzierung der Schichtbesetzungen sind technische Maßnahmen mittlerweile deutlich stärker gefragt und gewünscht als organisatorische Maßnahmen.</p> <p>[EA_08] Bei der Gestaltung der Gegenmaßnahmen sind sich die Teilnehmer in etwa 50 % der Fälle einig.</p> <p>[EA_09] Der Umfang der Diskussion ist stark vom Team und der Teamzusammensetzung abhängig.</p> <p>[EA_10] Betriebsleiter treffen Entscheidungen zu Gegenmaßnahmen häufig auch mit dem Hinblick auf die möglicherweise daraus entstehenden Kosten.</p> <p>[EA_11] Die Entscheidung über die Art der Maßnahme wird auch dadurch beeinflusst, was die Maßnahmen kostet. Kann keine Einigung zur Maßnahmengüte zwischen dem Moderator und dem Betriebsleiter erzielt werden gibt es einen Eskalationsstufenplan.</p> <p>[EA_12] Der unternehmensinterne Moderator hat nicht nur eine moderierende Rolle, sondern auch stückweise eine Governance-Funktion.</p> <p>[EA_13] Das Beschreiben und Umsetzen von organisatorischen Maßnahmen sollte deutlich sensibler und in reduzierter Form erfolgen. Der Graubereich ist hier sehr hoch.</p> <p>[EA_14] Es gibt Optimierungspotenzial bei der Beschreibung der Gleichwertigkeit von technischen und organisatorischen Maßnahmen.</p> <p>[EA_15] Der Grad der Diskussion ist stark vom Unternehmen abhängig. Grundsätzlich ist das eine Kultur- und Unternehmensphilosophiefrage. Es gibt Unternehmen, da steht Sicherheit an erster Stelle und hier ist die Art oder die Kosten der Maßnahme keine Frage.</p> <p>[EA_16] Die Wirtschaftlichkeit ist kein Diskussionssthema.</p> <p>[EA_17] Die Kosten spielen nur in PAAG-Studien eine Rolle in denen Projektleiter mit am Tisch sitzen. Dies gilt insbesondere für unfertigen Projekten.</p> <p>[EA_18] Die Betriebsleiter wissen, dass eine organisatorische Maßnahme auch mit Kosten verbunden ist (z. B. Mehraufwand für Operator).</p> <p>[EA_19] Anschaffungskosten sind in der Regel kein Diskussionspunkt in der PAAG-Studie.</p> <p>[EA_20] Das LOPA-Verfahren vereinfacht die Beschreibung der Gegenmaßnahmen und reduziert Diskussionen im Team.</p> <p>[EA_21] Die Beschreibung von neuen Gegenmaßnahmen fällt dahingehend deutlich schwerer.</p> <p>[EA_22] Die Beschreibung von Gegenmaßnahmen ist auch ein Spannungsfeld, insbesondere aufgrund der entstehenden Kosten.</p> <p>[EA_23] Bei viele Betriebsangehörigen ist das STOP Prinzip bereits gut etabliert.</p> <p>[EA_24] Bei vielen Betriebsangehörigen ist das STOP Prinzip noch nicht umgesetzt.</p> <p>[EA_25] Der Grad der Diskussion ist vom Betrieb und der wirtschaftlichen Situation des Betriebes abhängig.</p> <p>[EA_26] Grundsätzlich sind organisatorische Maßnahmen keine schlechten Maßnahmen. Auch diese können hochwertig gestaltet werden (z. B. Vier-Augen-Prinzip).</p> <p>[EA_27] Organisatorische Maßnahmen sind für den Betriebsleiter ebenfalls mit Kosten verbunden (z. B. Zeit, doppeltes Personal).</p> <p>[EA_28] Die Gegenüberstellung des finanziellen Aufwandes technischer und organisatorischer Maßnahmen führt häufig dazu, dass sich die Teilnehmer doch für eine technische Maßnahme entscheiden.</p> <p>[EA_29] Der Vorteil an einer Risikobeurteilung ist, dass diese sehr anschaulich darstellt, wann ein Risiko ausreichend oder noch nicht ausreichend minimiert wurde.</p> <p>[EA_30] Die Schwierigkeit bei der Gestaltung der Gegenmaßnahmen ist, dass es immer mehr als eine richtige Lösung gibt.</p> <p>[EA_31] Die Herausforderung des Teams besteht darin, die an den besten funktionierenden, günstigsten und passendsten Maßnahmen zu finden. Im Wesentlichen liegt diese Aufgabe aber beim Betrieb, während dem Moderator hier nur eine unterstützende Rolle zukommt, die richtige Maßnahmen auszuwählen.</p> <p>Der finanzielle Aufwand ist in der Regel kein Problem. Es wird nicht über finanzielle Aufwände und Themen diskutiert.</p> <p>[EA_32] Die Gestaltung der Gegenmaßnahmen ist oftmals schwierig und es herrscht nicht immer Einigkeit.</p> <p>[EA_33] Wenn die Überzeugung des Teams sehr schwierig ist, hilft es Literatur heranzuziehen.</p> <p>[EA_34] Es gibt Betriebe, die ihre vollständigen Anlagen mit Betriebsanweisungen fahren. Das Bewusstsein dafür, dass diese Vorgehensweise nicht sicher ist, liegt aber vor.</p>

<p><b>IEA_20</b> Bei der Gestaltung von Gegenmaßnahmen werden organisatorische, administrative und technische sowie technische Maßnahmen mit SIL-Anforderung unterschieden.</p> <p><b>IEA_21</b> Die Gegenmaßnahmen werden nach technischen und organisatorischen Maßnahmen aufgeteilt. Die technischen Maßnahmen beinhalten auch PLT-Maßnahmen.</p> <p><b>IEA_22</b> Technische Maßnahmen (z. B. inhärente Bauweise) haben eine relativ hohe Verfügbarkeit.</p> <p><b>IEA_23</b> Die Einstufung von PLT-Maßnahmen richtet sich im Wesentlichen nach der Risikoeinstufung über SIL.</p> <p><b>IEA_23</b> Die Güte/Qualität der Maßnahme und die Zuverlässigkeit der Maßnahme ergibt sich aus dem ein klassifizierten Risiko.</p> <p><b>IEA_24</b> Die Art und Güte der Gegenmaßnahme ist am Ende eine Entscheidung des Betriebsleiters. Die Aufgabe des Moderators ist es, den Betriebsleiter nach fachlichem Verständnis zu beraten.</p> <p><b>IEA_25</b> Die Güte der Maßnahme ergibt sich aus dem Schweregrad bzw. der Risikoklasse des Szenarios.</p> <p><b>IEA_26</b> Aus der Risikoklasse wird abgeleitet, welche Qualität die technische Gegenmaßnahme haben muss.</p> <p><b>IEA_27</b> Auch mit Betriebsanweisungen kann eine relativ hohe Verfügbarkeit erreicht werden. Diese können so gestaltet sein, dass menschliche Fehler reduziert werden. Betriebsanweisungen können bspw. mit Unterschrift oder Vier-Augen-Check ausgeführt werden.</p>	<p><b>IEA_20</b> Die Gestaltung von Gegenmaßnahmen kommt nur bei hohen Risiken zum Tragen.</p> <p><b>IEA_21</b> Alle Teilnehmer sind einverstanden, wenn das Risiko ausreichend reduziert wurde und alle gut schlafen können.</p> <p><b>IEA_22</b> Bei der Verwendung von Alarman wird in der Regel begleitend eine Betriebsanweisung beschrieben.</p> <p><b>IEA_23</b> Die Beschreibung von personenbezogenen Maßnahmen wie Unterweisungen und Schulungen erfolgt in der PAAG-Studie nicht. Es wird immer der Zustand von geschultem Personal vorausgesetzt.</p> <p><b>IEA_24</b> In Abhängigkeit der ermittelten Schadensschwere wird das LOPA-Verfahren angewendet.</p> <p><b>IEA_25</b> Wenn das LOPA-Verfahren nicht zum Einsatz kommt, dann muss bei der Gestaltung der Gegenmaßnahmen eine einvernehmlich Teamentscheidung getroffen werden.</p>	<p><b>IEA_35</b> Kleinere Unternehmen können aus finanziellen Gründen nicht die gleichwertigen technischen Maßnahmen treffen, wie die großen Betriebe.</p> <p><b>IEA_36</b> In jedem Teilnehmerkreis gibt es Teilnehmer, die sich mit der Gestaltung von Gegenmaßnahmen schwer tun und dies insbesondere bei organisatorischen Maßnahmen als Last empfinden.</p> <p><b>IEA_37</b> Wenn der Moderator zu dem Ergebnis kommt, dass die Maßnahmen nicht ausreichend sind und das Risiko nicht tragbar ist, gibt es dort keine Teamentscheidung.</p> <p><b>IEA_38</b> Der Grad der Diskussionen und sich ergebenden Schwierigkeiten ist vom Betrieb abhängig.</p> <p><b>IEA_39</b> Grundsätzlich wird mittlerweile weniger auf organisatorische Maßnahmen zurückgegriffen, aufgrund der Personaldichte.</p> <p><b>IEA_40</b> Bei der Gestaltung der Gegenmaßnahmen sind die Teilnehmer relativ ehrlich und realistisch bei der Einschätzung der Machbarkeit von organisatorischen Maßnahmen.</p> <p><b>IEA_41</b> Der Grad der Schwierigkeiten bei der Beschreibung von Gegenmaßnahmen ist auch projektabhängig.</p> <p><b>IEA_42</b> Eine weitere Schwierigkeit ist die Beurteilung von Bestandsanlagen. Die Risikoquantifizierung führt formal zu einem SIL-Level. Die Anlage fährt aber seit 30 Jahren sicher. Die Überzeugung oder Veränderung ist in dieser Situation schwierig.</p> <p><b>IEA_43</b> Es gibt auch immer noch Unternehmen, die den gelebten ARLAP Bereich haben, da gibt es auch viele Diskussionen und Schwierigkeiten.</p> <p><b>IEA_44</b> Als Moderator ist auch bei der Gestaltung von Gegenmaßnahmen Fingerspitzengefühl gefragt, um einvernehmliche Lösungen zu finden.</p> <p>Während der PAAG-Analyse zeigen sich wenig Schwierigkeiten bei der Beschreibung der Gegenmaßnahmen.</p> <p><b>IEA_42</b> Die Teilnehmer wollen oftmals nicht wahrhaben, dass ein aufgezeigtes Risiko wirklich existiert.</p> <p><b>IEA_43</b> Wird eine bestimmte Risikostufe erreicht, die mit einer umfangreichen Maßnahme reduziert werden muss, wird dieses im Gesamtunternehmen skaliert und in höherer Managementebene über die Umsetzung der Maßnahme entschieden. Es werden alle größeren Maßnahmen zusammengeführt und eine ganzheitliche Priorisierung vorgenommen.</p> <p><b>IEA_44</b> Durch das Treffen von Teamentscheidungen können sich alle Teilnehmer mit der PAAG-Analyse und den Maßnahmen identifizieren.</p> <p><b>IEA_45</b> Der Detaillierungsgrad und die Bereitschaft zur Umsetzung von Maßnahmen ist aber stark vom jeweiligen Unternehmen abhängig.</p> <p><b>IEA_46</b> Die saubere und detaillierte Beschreibung der Auswirkung ist die Basis für diskussionsarme Gestaltung von Gegenmaßnahmen.</p> <p><b>IEA_47</b> Die Teilnehmer können sich die Auswirkungen detailliert vorstellen und so werden wenig Diskussionen zu der Qualität der Gegenmaßnahmen angestoßen und geführt.</p> <p><b>IEA_48</b> Die Schwierigkeit besteht darin, zu beurteilen, ob eine Gegenmaßnahme wirksam wird oder nicht. Diskussionsbedarf und Uneinigkeit besteht in der Regel nur bei Spitzfindigkeiten bzw. Kleinigkeiten.</p> <p><b>IEA_49</b> Ein Konfliktpotenzial ergibt sich dann, wenn es darum geht aus welchem Topf wird die Maßnahme finanziert.</p> <p><b>IEA_50</b> Häufige Diskussionen gibt es, wenn ein Anlagenbauer und der zukünftige Betreiber am Tisch sitzen. Bei den Parteien liegen oftmals unterschiedliche Bewertungsgrundlagen zu Grunde und es werden verschiedene Interessen vertreten. Wenn die zusätzlich entstehenden Kosten nicht kalkuliert sind, gibt es Schwierigkeiten.</p> <p><b>IEA_51</b> Ein Konfliktpotenzial ergibt sich bzgl. der unterschiedlichen Topik zur Finanzierung von Maßnahmen im Unternehmen. Dies wird jedoch in der Regel durch die Betriebe selbst geklärt.</p> <p><b>IEA_52</b> Bei der Gestaltung der Gegenmaßnahmen gibt es ein Spannungsfeld und große Meinungsverschiedenheiten. In der Regel wird über den Kostenfaktor die Entscheidung gefällt. Der Einfluss des Moderators ist hier verhältnismäßig gering und häufig fällt die Entscheidung zur günstigen Maßnahme.</p> <p><b>IEA_52</b> Aus der Risikoklasse ergeben sich verschiedene Möglichkeiten, wie man dieser gerecht werden kann bzw. diese umsetzen kann.</p> <p><b>IEA_53</b> Die Entscheidung über die Art und Qualität der Risikoklasse trifft man nach bestem Wissen und Gewissen. Die Gegenmaßnahme schlägt man dann im Team vor.</p> <p><b>IEA_54</b> Maßnahmen zur funktionalen Sicherheit werden über eine externe Abteilung umgesetzt.</p> <p><b>IEA_55</b> Teilweise wird nur die Güte und die Qualität der Maßnahme in der PAAG-Studie beschrieben und die Umsetzung erfolgt an anderer, externer Stelle.</p>
--	---	---

## Wissens- und Kompetenzfeld „Risikowahrnehmung allgemein“

Kategorien Definition	Diskussion zur allgemeinen Risikowahrnehmung
<p>[EA_01] Die Kategorisierung erfolgt über internen Richtlinien zur Quantifizierung des Risikos und den Bewertungskriterien für Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadensausmaß mit aufgeführten Beispielen.</p> <p>[EA_02] Das Risiko ermittelt sich aus Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadensschwere</p> <p>[EA_03] Der Schweregrad beinhaltet dabei die Auswirkungen, also den Grad der Verletzung des zulässigen Bereichs der physikalischen Parameter (z.B. Druck, Temperatur) und beschreibt diese konkret (Explosion, Trümmerflug mit Totem).</p> <p>Die Ermittlung der Eintrittswahrscheinlichkeit stellt den zweiten Schritt für das Szenario dar und ergibt sich aus Erfahrungswerten (Stufe 1-Stufe 4) (z. B. schonmal vorgekommen, einmal in 10 oder einmal in 100 Jahren).</p> <p>[EA_04] Die Risikobeurteilung wird mit einer Matrix mit Schadensschwere und Eintrittswahrscheinlichkeit durchgeführt mit klaren betrieblichen Vorgaben.</p> <p>[EA_05] Die Risikomatrix bezieht sich auf Einschätzung aus Sicht der Anlagensicherheit. Anschließend erfolgt die Beurteilung von Personenschäden.</p> <p>[EA_06] Es gibt drei Parameter, die eingeführt wurden: das Schadensausmaß, die Erkennbarkeit und die Häufigkeit. Die beiden letzten Parameter ergeben die Wahrscheinlichkeit. Auch heute gibt es da natürlich weiterhin Verbesserungsmöglichkeiten (z. B. stärkere Orientierung am Risikografen).</p> <p>[EA_07] Die Risikoquantifizierung erfolgt über die Einschätzung der Schadensschwere und Eintrittswahrscheinlichkeit.</p> <p>[EA_08] Für die Einstufung des Risikos wird eine firmeninternen Risikomatrix mit Eintrittshäufigkeit und Schadensschwere verwendet.</p> <p>[EA_09] Es wird keine Risikoquantifizierung, wie z. B. bei einer NOHL Matrix durchgeführt. Es wird nur beurteilt, ob die Abweichung arbeitsschutzrelevant, anlagensicherheitsrelevant, qualitätsrelevant bzw. zu einem wirtschaftlichen Schaden führt. Dieses Vorgehen reicht für die vorliegenden Anwendungsfälle aus.</p> <p>[EA_10] Eine Kategorisierung der Eintrittswahrscheinlichkeit findet nicht statt. Risiken wirtschaftlicher Natur sind für uns tragbar oder müssen betrieblich reduziert werden. Oder es sind anlagensicherheitsrelevante Auswirkungen, dann folgen Maßnahmen.</p> <p>[EA_11] Auf die Quantifizierung und Bestimmung des Risikos hat das Schadensausmaß und die Eintrittswahrscheinlichkeit einen Einfluss.</p> <p>[EA_12] Es kommt bei der Quantifizierung und Bestimmung des Risikos auf die speziellen Faktoren des Betriebs an (Auszubildende, Fachleute, Publikumsverkehr, Gefährdung Dritte, etc.).</p> <p>[EA_13] Risikoeinschätzung ist sinnvoll, um etwas über die Güte der Schutzmaßnahmen aussagen zu können.</p> <p>[EA_10] Die Einstufung des Risikos erfolgt über interne Unternehmensvorgaben zur Kategorisierung von Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadensschwere.</p>	<p><b>Diskussion zur allgemeinen Risikowahrnehmung</b></p> <p>[EA_01] Die Risikokategorisierungen ermöglichen es, PAAG-Studien miteinander zu vergleichen auf Basis einer gemeinsam genutzten Grundlage.</p> <p>[EA_02] Die Risikomatrix ist eine Unterstützung zur Quantifizierung des Risikos, in der der Schweregrad mit der Wahrscheinlichkeit des Eintritts gegenübergestellt wird. In der PAAG wird dies auch zur Beschreibung der Auswirkungen genutzt.</p> <p>[EA_03] Die Risikobeurteilung ist fester Gegenstand des PAAG-Verfahrens und erfolgt nach firmeninternen Vorgaben anhand von Beispielen (festgelegte Szenarien, festgelegte Bänder für die Quantifizierung).</p> <p>[EA_04] Risikobeurteilung hat sich über die Jahre erst entwickelt. Zu Beginn war dies ein rudimentärer Prozess zur Risikoquantifizierung. Wenn alle Teilnehmer ihr Einverständnis gegeben haben, war das Einverständnis ausschlaggebend für die Risikoquantifizierung. Mittlerweile findet die Risikoquantifizierung validier statt.</p> <p>[EA_05] Die Schwierigkeit bei der Risikoquantifizierung ist, dass die Teilnehmer für ein hohes Schadensausmaß meistens eine zu hohe Eintrittswahrscheinlichkeit ansetzen. In der Regel sind diese Szenarien nicht sehr wahrscheinlich.</p> <p>[EA_06] Unter den Teilnehmern ist immer mindestens ein Teilnehmer, der keine Lust hat und daher immer ein hohes Risiko annimmt, obwohl das Szenario bei detaillierter Betrachtung gar nicht so ein hohes Risiko hat. Nach einmaliger Einstufung ist es für den Moderator schwer, dieses wieder herunter zu klassifizieren.</p> <p>[EA_07] Größte Herausforderung besteht darin, nicht immer den Worst-Case Schaden mit dem einfachsten Eintritt zu wählen.</p> <p>[EA_08] Die Teilnehmer können die Eintrittswahrscheinlichkeiten (Faktoren) nicht richtig greifen und vorstellen (10<sup>x</sup>). Daher ist es zielführend in der Diskussion nur die beschreibenden, qualitativen Merkmale (Tot, Verletzung, LTRIR, RIR; etc.) zu verwenden. Das können sich die Teilnehmer leichter vorstellen.</p> <p>[EA_09] Die Teilnehmer drehen die Risikomatrix häufig um und schauen, welche Risikohöhe sie nicht haben wollen (SIL2-Maßnahmen).</p> <p>[EA_10] Das Risiko wird aus der Wahrscheinlichkeit und dem Ausmaß ermittelt. Die Ermittlung des Schadensausmaß erfolgt in der Regel ohne Diskussion und mit Einigkeit bei den Teilnehmern. Bei der Ermittlung der Eintrittswahrscheinlichkeit stützen wir uns auf Literaturwerte. Bei festgelegten Kategorien ist auch das mit wenig Diskussion verbunden.</p> <p>[EA_11] In Unternehmen, die eine eher qualitative Beschreibung der Kategorien haben (ist noch nie vorgekommen, ist schonmal passiert, passiert öfters), ist die Abstimmung schwieriger. Bei Szenarien, die bspw. nur alle 100 Jahre vorkommen und ein Teilnehmer das Szenario bereits dreimal erlebt hat, ist es schwierig den Teilnehmer zu erklären, was Statistik in dem Moment bedeutet.</p> <p>[EA_12] Man benötigt in der Diskussion zur Quantifizierung des Risikos Feingefühl insbesondere für Teilnehmer, die bestimmte Szenarien schonmal erlebt haben.</p> <p>[EA_13] Risikoquantifizierung ist qualifizierte Bauchschätzung der Gruppe.</p> <p>[EA_14] Bei der Eintrittswahrscheinlichkeit wird ermittelt, wie häufig ist das schon oder Vergleichbares passiert (10, 100, 1000 Jahre) - sowohl im als auch außerhalb des eigenen Unternehmens.</p> <p>[EA_15] Für die Ermittlung der Schadensschwere sind auch Kriterien definiert (von kleinem Teil der Anlage betroffen, über firmengrenzen hinaus betroffen). Die Ermittlung erfolgt auf Basis eines firmeninternen Prozesses.</p>