

Bewertung der Wirksamkeit von Maßnahmen zur Vermeidung der Wiederholung von Ereignissen

EMPFEHLUNG

1 Einleitung und Beratungsgang

Der RSK-Ausschuss REAKTORBETRIEB (RB) befasst sich regelmäßig mit der Bewertung nationaler und internationaler Ereignisse. Eingehende Beratungen zu einzelnen Ereignissen umfassen oftmals die Präsentation der Ergebnisse von Ganzheitlichen Ereignisanalysen (GEA). In diesen Beratungen ist der Ausschuss RB zu dem Ergebnis gekommen, dass ein Verbesserungspotential hinsichtlich der Ableitung geeigneter Maßnahmen und der Wirksamkeitskontrolle festgelegter Maßnahmen besteht. So konnten beispielsweise konkrete Nachfragen des Ausschusses RB bei erkennbarer fehlender Passung von festgelegten Maßnahmen zu beitragenden Faktoren und zur Überprüfung der Wirksamkeit von festgelegten Maßnahmen gegen Wiederholung oftmals nicht oder nur wenig zufriedenstellend beantwortet werden.

Deshalb befasste sich der Ausschuss RB detaillierter mit dieser Thematik. Zu diesem Zweck wurde auf der 246. Sitzung des RSK-Ausschusses RB vom 17.11.2016 eine Arbeitsgruppe GANZHEITLICHE EREIGNISANALYSE – WIRKSAMKEITSEVALUATION (AG GEAW) mit der Erarbeitung eines Entwurfs für eine Stellungnahme beauftragt. Auf der ersten Sitzung der AG vom 20.03.2017 verständigten sich die AG Mitglieder darüber Informationen einzuholen, wie Wirksamkeitsprüfungen und -evaluationen durchgeführt werden sollten und welche nationalen und internationalen Vorgaben und Spezifikationen zur Durchführung von Wirksamkeitsevaluationen bestehen, um anschließend das praktische Vorgehen der Betreiber daran zu spiegeln. Bei der Befassung mit der aktuellen Praxis der Gestaltung von Prozessen zur Ableitung von Abhilfemaßnahmen und deren Wirksamkeitsevaluation beschloss die AG auf ihrer zweiten Sitzung am 27.04.2017 die VGB Powertech e. V. (VGB) um eine Präsentation zur aktuellen Praxis in den Anlagen zu bitten. Die gewünschte Präsentation der VGB fand auf der dritten AG-Sitzung am 10.10.2017 statt und orientierte sich an einem vorab übermittelten RSK-Fragenkatalog. Auf der vierten und fünften Sitzung der AG am 07.12.2017 und 01.02.2018 erarbeitete die AG einen ersten Stellungnahmeentwurf, welcher vom Ausschuss RB auf seiner 262. Sitzung am 18.10.2018 verabschiedet wurde. Der RSK lag der vom Ausschuss RB verabschiedete Stellungnahmeentwurf auf ihrer 511. Sitzung am 04.09.2019 erstmalig zur Beratung vor und wurde in ihrer 512. Sitzung am 22./23.10.2019 verabschiedet.

2 Bewertungsmaßstab

2.1 Relevante Regelwerke

In einem ersten Schritt wurden die einschlägigen Dokumente der IAEA sowie weitere handlungsleitende Dokumente, wie die Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke (SiAnf) sowie die RSK-Empfehlung „Leitfaden für die Durchführung von ganzheitlichen Ereignisanalysen“ (GEA) [1] und der VGB Leitfaden Ganzheitliche Ereignisanalyse [2], dahingehend analysiert, ob dort ausreichend präzise beschrieben ist, wie eine Wirksamkeitsevaluation durchzuführen sei. Es wurden folgende Dokumente betrachtet:

- IAEA-TECDOC-1458 Effective corrective actions to enhance operational safety of nuclear installations,
- IAEA-TECDOC-1580 Best Practices in the Utilization and Dissemination of Operating Experience at Nuclear Power Plants,
- IAEA-TECDOC-1653 Best Practices in the Management of an Operating Experience Programme at Nuclear Power Plants,
- IAEA Safety Standards Series No. SSR2/2 (Rev. 1) Safety of Nuclear Power Plants: Commissioning and Operation,
- Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke (SiAnf): Anhang 1(2)/1(3),
- KTA 1402: „Integriertes Managementsystem zum sicheren Betrieb von Kernkraftwerken“,
- Richtlinie über die Gewährleistung der notwendigen Kenntnisse der beim Betrieb von Kernkraftwerken sonst tätigen Personen,
- RSK-Empfehlung: „Leitfaden für die Durchführung von ganzheitlichen Ereignisanalysen“ und
- VGB Powertech e. V.: „Leitfaden Ganzheitliche Ereignisanalyse“ (Stand: Oktober 2015).

In Tabelle 1 sind die wesentlichen Bezüge zur Wirksamkeitsevaluation aus den IAEA Dokumenten, den SiAnf, der KTA 1402, der RSK-Empfehlung zur Durchführung von GEA sowie dem VGB Leitfaden zur Ganzheitlichen Ereignisanalyse dargestellt:

Tab. 1: Anforderungen und Beschreibungen aus nationalen und internationalen (IAEA) Dokumenten

Dokument	Relevante Passagen und/oder Festlegungen in dem jeweiligen Dokument
SSR 2/2 Rev 1	Requirement 24, para 5,30: <i>“Corrective actions shall be...reviewed for their effectiveness”</i>
IAEA TEC DOC 1458	Effective Corrective Actions Speziell Kap. 5.5. Tracking effectiveness of corrective actions
IAEA TEC DOC 1580	Best Practices in the Utilization and Dissemination of Operating Experience at Nuclear Power Plants (Speziell Kap. 3.4. Utilization of OE to improve human performance und Kap. 3.5. Utilization of OE in the decision making process)
IAEA TEC DOC 1653	Best Practices in the Management of an Operating Experience Programme at Nuclear Power Plants (Speziell Kap. 2.4. Programme results and effectiveness reviews)
SiAnf	<p>1 (2) Verantwortung der Anlagenleitung: <i>„Im Rahmen der Verantwortung der Anlagenleitung hat sie insbesondere die folgenden Anforderungen zu erfüllen: .../“</i> 9. Erfassung, Auswertung, Kommunikation und Nutzung interner und externer Erfahrungen.</p> <p>1 (3) Integriertes Managementsystem (IMS): <i>„Mindestens für folgende Prozesse sind Regelungen zu treffen: ./.“</i> Durchführung des Erfahrungsrückflusses, Planung und Durchführung der internen und externen Kommunikation</p>
KTA 1402	<p>3.6 „PDCA-Zyklus <i>Im Sinne der stetigen Verbesserung ist der PDCA-Zyklus (Plan-Do-Check-Act-Zyklus) bei allen relevanten betrieblichen Tätigkeiten, Teilprozessen, Prozessen und auf das Managementsystem als Ganzes anzuwenden.</i></p> <p><i>Hinweis: Das dazu anzuwendende systematische Vorgehen umfasst die Planung, Analyse und Beschreibung von betrieblichen Abläufen, die Umsetzung der festgelegten Vorgaben, die Überprüfung der Wirksamkeit anhand definierter Kriterien und ggf. die Korrekturen zur Optimierung dieser Abläufe.“</i></p> <p>5.13.2 Interner Erfahrungsrückfluss: (4) <i>„Verbesserungsmaßnahmen sind auf Basis der Analyseergebnisse festzulegen und deren Umsetzung zu verfolgen. Die Umsetzung der festgelegten Maßnahmen ist zu verfolgen und deren Wirksamkeit durch geeignete Methoden zu überprüfen.“</i></p> <p>(5) <i>„Die aus der Analyse resultierenden Ursachen sind einer Trendüberwachung zu unterziehen, um eine Häufung von Ursachen rechtzeitig zu erkennen und zu beseitigen.“</i></p>

<p>GMBI - Richtlinie über die Gewährleistung der notwendigen Kenntnisse der beim Betrieb von Kernkraftwerken sonst tätigen Personen</p>	<p>3.3 Kenntnisvermittlung und -erhaltung, Gewährleistung der Wirksamkeit für Eigen- und Fremdpersonal, Anerkennung</p> <p>C. Gewährleistung der Wirksamkeit: „...Zum Nachweis der Wirksamkeit dienen auch die Kontrolle des sicherheitsgerichteten Verhaltens am Arbeitsplatz durch den jeweiligen Vorgesetzten“</p>
<p>VGB - Leitfaden „Ganzheitliche Ereignisanalyse“ Stand: Oktober 2015“</p>	<p>11. Maßnahmenumsetzungs- und Wirksamkeitskontrolle</p> <p>C. Gewährleistung der Wirksamkeit: „...Zum Nachweis der Wirksamkeit dienen auch die Kontrolle des sicherheitsgerichteten Verhaltens am Arbeitsplatz durch den jeweiligen Vorgesetzten“</p> <p>11.2 Wirksamkeitskontrolle der umgesetzten Maßnahmen: „Die Wirksamkeit der umgesetzten Maßnahme ist nach einem vorgegebenen Zeitfenster und in einer vorgegebenen Art und Weise zu kontrollieren“</p> <p>11.2 Wirksamkeitskontrolle der umgesetzten Maßnahmen: „Bei nicht entsprechender Wirkung der Maßnahme ist ein diesbezüglicher Maßnahmenfindungs-/Entscheidungsprozess neu anzustoßen und zu dokumentieren“</p>
<p>RSK- Empfehlung Leitfaden zur Durchführung ganzheitlicher Ereignisanalysen</p>	<p>9 Bewertung der Ereignisanalyse: „Wird die Ereignisanalyse als abgeschlossen betrachtet, beauftragt die Betriebsleitung die Umsetzung der einzelnen Maßnahmenvorschläge und veranlasst die Kontrolle der Umsetzung und Wirksamkeit.“</p> <p>11 Maßnahmenumsetzungs- und Wirksamkeitskontrolle: „Die Umsetzung der festgelegten Maßnahmen ist hinsichtlich ihrer</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ausführung, • Vollständigkeit und • Richtigkeit <p>zu überprüfen.“</p> <p>11.1 Umsetzungskontrolle von Maßnahmen: „Bei festgestellten Abweichungen in der Umsetzung von Maßnahmen sind diese schriftlich zu begründen und ggf. ist ein diesbezüglicher neuer Maßnahmenfindungs-/Entscheidungsfindungsprozess anzustoßen.“</p> <p>11.2 Wirksamkeitskontrolle der umgesetzten Maßnahmen: „Die Wirksamkeit der umgesetzten Maßnahme ist nach einem vorgegebenen Zeitfenster und in einer vorgegebenen Art und Weise zu kontrollieren. Bei nicht entsprechender Wirkung der Maßnahme ist ein diesbezüglicher Maßnahmenfindungs-/Entscheidungsprozess neu anzustoßen und zu dokumentieren.“</p>

Das IAEA-TECDOC-1458 „Effective corrective actions to enhance operational safety of nuclear installations“ gibt einen umfangreichen Einblick in die notwendigen Standards. Das im Anhang der IAEA-TECDOC-1458 schematisch dargestellte „Corrective Action Program“ enthält eine Empfehlung zur Durchführung einer Wirksamkeitsevaluation von eingeleiteten Maßnahmen aus Ereignissen auf allen Organisationsstufen eines Kernkraftwerkes. Die im IAEA-TECDOC-1458 enthaltenen Indikatoren zeigen eine der Möglichkeiten auf, welche geeignet sind, die Wirksamkeit des Erfahrungsrückflussprozesses zu überprüfen.

In den Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke wird z. B. in Kapitel 1 gefordert, dass die Unternehmensleitung sicherzustellen hat, dass der interne und externe Erfahrungsrückfluss, Änderungen des Standes von Wissenschaft und Technik und der international bewährten Sicherheitspraxis einschließlich der hierzu behördlich veranlassten Informationen auf systematische Weise in einem Prozess des Managementsystems erfasst, ausgewertet und dokumentiert werden. Im Kapitel 1 (2) wird von der Anlagenleitung gefordert, dass sie unter anderem die Erfassung, Auswertung, Kommunikation und Nutzung interner und externer Erfahrungen sicherzustellen hat. Dabei hat die Anlagenleitung darauf zu achten, dass beim kraftwerksinternen Erfahrungsrückfluss den Informationen über Beinahe-Ereignisse besondere Bedeutung einzuräumen ist. Die o. g. Anforderungen werden in der KTA 1402 „Integriertes Managementsystem zum sicheren Betrieb von Kernkraftwerken“ weiter konkretisiert.

Beim internen Erfahrungsrückfluss sind Ursachenanalysen unter Einbeziehung aller Aspekte der Bereiche Mensch, Technik und Organisation sowie ihres Zusammenwirkens durchzuführen. Das Verfahren zur Durchführung der Analysen ist zu regeln.

Ferner sind Verbesserungsmaßnahmen auf Basis der Analyseergebnisse festzulegen, deren Umsetzung zu verfolgen und die aus der Analyse resultierenden Ursachen einer Trendüberwachung zu unterziehen, um eine Häufung von Ursachen rechtzeitig zu erkennen und zu beseitigen.

Auch in Bezug auf die RSK-Empfehlung „Leitfaden zur Durchführung von GEA“ und den VGB Leitfaden „Ganzheitliche Ereignisanalyse“ kommt die RSK zu dem Schluss, dass sich sowohl in der RSK-Empfehlung zur GEA als auch im VGB Leitfaden zur GEA bereits zum heutigen Zeitpunkt übergeordnete Vorgaben für die Wirksamkeitsüberprüfung abgeleiteter Maßnahmen finden. Für die professionelle Planung, Ausgestaltung und Durchführung von Wirksamkeitsevaluationen ist darüber hinaus das Fachwissen zum Stand von Wissenschaft und Technik zu Evaluationsmethoden, -instrumenten und -maßnahmenbündel maßgeblich.

2.2 Methoden zur Wirksamkeitsevaluation

Seitens der RB AG GEAW wurden aktuelle wissenschaftliche Publikationen im Hinblick auf Wirksamkeitsevaluationen ausgewertet. Diese Publikationen zeigen Lernzyklen auf, die Organisationen durchlaufen müssen, um als sozio-technisches System aus Ereignissen kollektiv lernen zu können. Der aktuelle Stand von Wissenschaft und Technik hält Fragebogeninstrumente vor, die es ermöglichen, die Lernfähigkeit einer Organisation zu bewerten. Besonders relevant erscheint die Forderung, dass gemachte Erfahrungen und die implementierten Maßnahmen auch nachhaltige Veränderungen in den Verhaltensweisen all derjenigen Organisationsmitglieder bewirken sollen, die nicht direkt an dem Ereignis beteiligt waren.

Dabei ist zu berücksichtigen, dass die geeignete Passung von Abhilfemaßnahme und zu Grunde liegender Ereignisursache bzw. beitragendem Faktor zentraler Ausgangspunkt sein muss. Werden Maßnahmen implementiert, die nicht die eigentliche Ursache adressieren, kann eine reine Evaluation der Maßnahme (Wurde die Maßnahme durchgeführt? Waren die Mitarbeiter mit der Schulung zufrieden?) nicht zu einer Aussage über die Wirkung der Maßnahme mit Bezug auf die zu adressierende Ursache führen.

Im Rahmen einer GEA ist eine fundierte Wirksamkeitsevaluation deshalb abhängig von der Vollständigkeit einer Root-Cause-Analyse, welche die Voraussetzung für die Ableitung der geeigneten Abhilfemaßnahmen ist.

Insbesondere für den Bereich Qualifizierung und Leadership Development ist die Wirksamkeit der Abhilfemaßnahmen gemäß dem Stand von Wissenschaft und Technik zu Evaluationsmethoden auf vier unterschiedenen Ebenen („levels“) zu begleiten, nachzuverfolgen und zu bewerten.

- Ebene 1 (Reaktionsebene): Grad der Zufriedenheit, Akzeptanz der Schulung,
- Ebene 2 (Lernebene): Ausmaß des Aneignens und Aufrechterhaltens von Wissen, Fähigkeiten, Einstellungen,
- Ebene 3 (Verhaltensebene): Grad der arbeitsbezogenen Anwendung und
- Ebene 4 (Ergebnisebene): Grad der (quantifizierbaren) Veränderungen in der Organisation.

Für diese vier Ebenen sind angemessene Zeitpunkte zu bestimmen, zu denen die Wirksamkeit der abgeleiteten Maßnahmen, das adressierte Ziel zu erreichen, überprüft wird. Die Zeitpunkte können deutlich zwischen Tagen (z. B. Ebene 1) über Monate (z. B. Ebene 2/3) oder Jahre (z. B. Ebene 4) variieren. Die Reaktionsebene kann z. B. unmittelbar am Ende einer Schulung geprüft werden. Auch was gelernt wurde, kann direkt nach Beendigung der Schulung geprüft werden. Die dauerhafte Anwendung des Gelernten und dessen Transfer in die Arbeit mit ihren variierenden Umgebungsbedingungen kann aber erst nach Wochen oder Monaten beurteilt werden. Inwiefern die gesamte Organisation aus Ereignissen gelernt hat, ist dagegen erst nach mehreren Monaten bis zu Jahren messbar.

Transfer bedeutet die Anwendung und Beibehaltung des im Training bzw. in einer Schulung Gelernten am Arbeitsplatz, sowie die Anpassung des Gelernten auf im Training nicht adressierte und somit neue Situationen.

Die geeigneten Zeitpunkte für die Evaluationsebenen ergeben sich aus dem Transfermodell von Baldwin und Ford (1988) sowie Baldwin, Ford und Blume (2009, Abbildung 1). „Positive Transfer of Training“ bezieht sich dabei auf das Ausmaß, in dem Lernen, welches im Training stattgefunden hat, auf die Arbeitstätigkeit transferiert wird und zu bedeutsamen Veränderungen in der (sicherheitsbezogenen) Arbeitsleistung beiträgt.

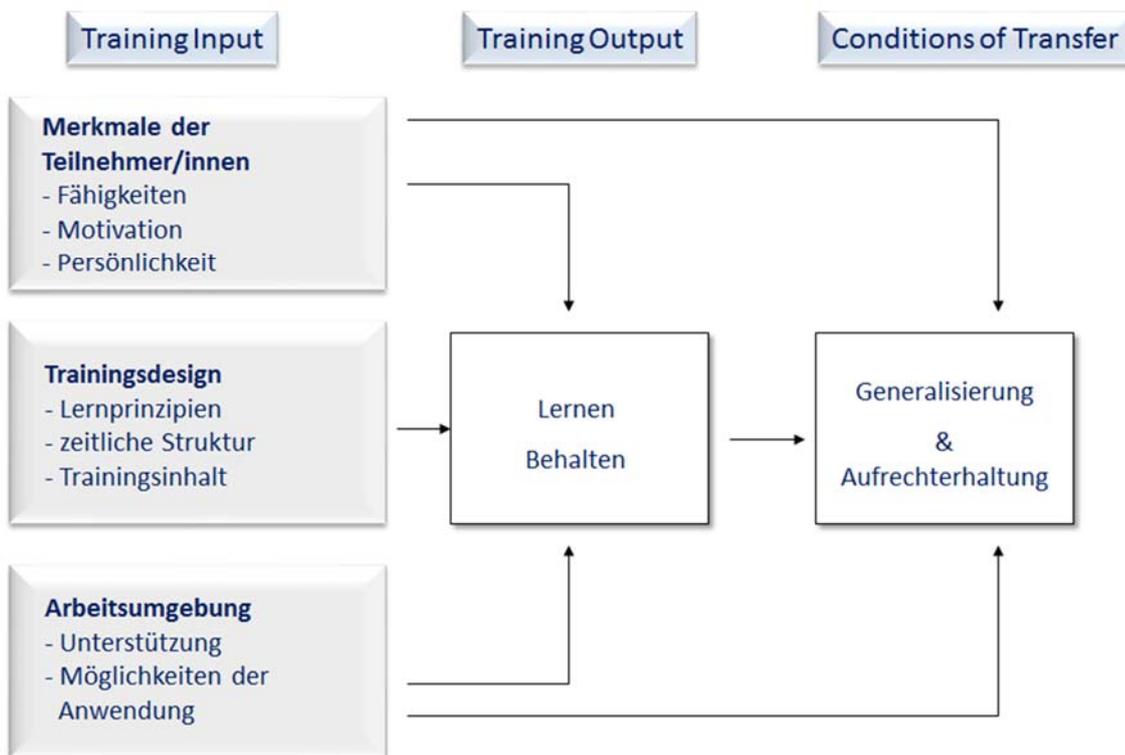


Abbildung 1: Das Transfermodell von Baldwin und Ford (1988)

Dieses Modell verdeutlicht, dass die Evaluationszeitpunkte für den Transfer nicht am Ende des Trainings liegen dürfen, (z. B. im Sinne eines Abschlussfeedbacks), sondern dass von Transfer erst dann gesprochen werden kann, wenn die tatsächliche Anwendung des Gelernten zu einem Zeitpunkt im Kontext der Arbeit *nach* dem Training gemessen wurde.

Transferförderliche Randbedingungen sind das aktive Einfordern und Bekräftigung der Anwendung der Schulungsinhalte durch Führungskräfte und Kollegen und die Unterstützung der Anwendung durch organisatorische und technische Zusatzmaßnahmen (z. B. Ausrüstung, Checklisten, zur Verfügung gestellte zeitliche Ressourcen).

Die Bewertung der Wirkung von Abhilfemaßnahmen kann zwei Zielen dienen. Zum einen kann diese durchgeführt werden, um in die Maßnahmen nachsteuernd und optimierend eingreifen zu können. Zum anderen dient diese auch einem abschließenden Nachweis über die Wirkung.

Das Rahmenmodell zur Erreichung dieser zwei Ziele ist aus wissenschaftlicher Sicht die Einteilung in die formative und die summative Evaluation.

Bei der formativen Evaluation wird bereits *während* der Entwicklung, Pilotierung und Durchführung einer Maßnahme kontinuierlich Feedback eingeholt und mit den Beteiligten reflektiert, inwieweit die Ziele der Maßnahme angemessen berücksichtigt werden. Im Rahmen einer formativen Evaluation wird z. B. mit Schulungsanbietern geprüft, inwieweit ein bestehendes Schulungsangebot zielbezogen angepasst werden

muss. Es werden z. B. Trainingsunterlagen *vorab* im Sinne eines Pretests von den Teilnehmer/innen auf Verständlichkeit geprüft oder es werden schon *vor* der Durchführung mögliche Transferhindernisse zusammen mit den Teilnehmer/innen diskutiert. Die Erkenntnisse der formativen Evaluation können dann umgehend und noch während der Entwicklungs- oder Durchführungsphase zu einer Maßnahmenoptimierung genutzt werden.

Bei der summativen Evaluation handelt es sich um die Messung der Wirkung *nach* Abschluss der Maßnahme, z. B. nach einer durchgeführten Trainingsmaßnahme und mit direktem Bezug auf die vorher definierten Trainingsziele. Ein Fokus auf die summative Evaluation birgt das Risiko, dass erst im Nachhinein festgestellt wird, dass eine Maßnahme keine oder nicht die angestrebte festgelegte Wirkung zeigt und anschließend mit der Entwicklung einer neuen Maßnahme begonnen werden muss.

3 Sachstand gemäß Betreibervortrag

Der VGB wurde um einen Bericht gebeten, wie die praktische Implementierung der Wirksamkeitsevaluation im Rahmen der Umsetzung von GEA-Maßnahmen gemäß gängiger Praxis bei den Betreibern vorgenommen wird. Dazu wurde ein Fragenkatalog entwickelt, der die Antworten des VGB vorstrukturieren bzw. die Schwerpunkte des Interesses eingrenzen sollte. Die Fragen der RSK, die im Rahmen einer Anhörung am 10.10.2017 vom VGB beantwortet wurden, lauteten:

- Welche praktischen Beispiele aus den Anlagen existieren zur Wirksamkeitsevaluation von
 - technischen Maßnahmen?
 - organisatorischen Maßnahmen?
 - verhaltensbezogenen Maßnahmen?
 - fachkundebezogenen Maßnahmen?
- Wie werden Ausführung, Richtigkeit und Vollständigkeit sowie die Wirksamkeit einer Maßnahme in der Praxis bewertet?
- Wie wird in der Praxis das Zeitfenster definiert, in dem die Wirkung betrachtet/kontrolliert wird?
- Welche praktischen Beispiele gibt es zu Indikatoren, die von den Betreibern genutzt werden, um eine Maßnahme als „wirksam“ zu bewerten?
- Welche Indikatoren werden genutzt, um das erneute Auftreten ähnlicher Ereignisse mit ähnlichen beitragenden Faktoren zu erkennen?
- Wie wird in der Praxis damit umgegangen, wenn die erhoffte Wirkung nicht eintritt?
- Wie wird in der Praxis bei nicht entsprechender Wirkung einer Maßnahme der Maßnahmenfindungs- und Entscheidungsprozess neu angestoßen?

-
- Wie wird der Prozess der Wirksamkeitsevaluation in der Praxis selbst auf seine Wirkung hin geprüft?
 - In welchem Gremium wird in der Praxis über die Wirksamkeit von Maßnahmen gesprochen/entschieden?
 - Welche Vorgaben zu „Wirksamkeitskontrollen“ gibt es in den Prozessbeschreibungen? In welchen Prozessen sind solche Vorgaben enthalten?

Der VGB erläuterte in seinem Vortrag, dass detailliertere Hinweise zur Durchführung von Wirksamkeitskontrollen in schriftlicher oder softwarebasierter Form, z. B. in Form eines neu entwickelten Leitfadens in der Software SOL-VE, in den Anlagen etabliert worden seien. Die Auswahl der anzuwendenden Methodik/Wirksamkeitsüberprüfung erfolge auf Vorschlag des erfahrenen Ereignisanalytikers unter Einbeziehung eines Entscheidungsgremiums. In diesen papier- bzw. softwarebasierten Hilfsmitteln werde unter anderem abgefragt, wie die Wirksamkeit von Maßnahmen nachgewiesen werden kann und ob ein geeigneter Indikator samt Zielwert für die Beurteilung der Wirksamkeit zur Verfügung steht.

Die präsentierten Screenshots der softwarebasierten Hilfestellung zeigen dabei vor allem den Prozess der Nachverfolgung auf, d. h. die Terminierung einer Maßnahme (Kontrollstelle, Kontrolltermin, Kontrollstatus, Kontrolldatum, Kontrollvermerk) durch eine zuständige Person (siehe Abbildung 2). Der VGB berichtete mit Bezug auf die SOL-VE Software, dass der VGB Leitfaden Ganzheitliche Ereignisanalyse in 2015 durch ein weiteres Dokument ergänzt wurde, in dem speziell Maßnahmen zur Überprüfung der Wirksamkeit adressiert seien und die von den Betreibern entsprechend umgesetzt würden. Alle Standorte verwenden den VGB-Leitfaden „Ganzheitliche Ereignisanalyse“ und den ergänzten Leitfaden zur Wirksamkeitsüberprüfung, der im Frühjahr 2017 in die Software SOL-VE integriert wurde.

Der VGB-Leitfaden zur Wirksamkeitsüberprüfung wurde der RSK nicht zur Verfügung gestellt.

Beschreibung der Maßnahme		Maßnahmen Nr. ME2014-V14202-10	
In der LN2-FAW-012 festzuschreiben, dass RS-WKP'en (einschließlich JT) im 4-Augen-Prinzip (Begleitende Prüfung) durchzuführen sind. Vermittlung eines einheitlichen Bildes zum Werkzeug "Begleitende Prüfung".			
LN2S-> 30.09.2015			
Bemerkung			
Erfeldigungsvermerk			
LN2S: siehe FAW-0012 Index e Kapitel 6.4 Durchführung wiederkehrender Prüfungen			
Wie kann die Wirksamkeit der Maßnahme nachgewiesen werden?		Wirksamkeitskontrolle Leitfaden	
Kontrolle der Anwendung des 4-Augen-Prinzips in vier (unangekündigten) Stichproben. Jeweils Bewertung der begleitenden Prüfung durch den Kontrolleur. Zusätzlich erfolgt am Simulator im Wiederholungskurs WK1/2016 für das VSP ein Training zur Anwendung des 4-Augen-Prinzips während einer simulierten WKP.			
Mit welchem Indikator soll die Wirksamkeit beurteilt werden und welcher Zielwert soll erreicht werden?			
Alle 4 kontrollierten Stichproben zeigen die Anwendung des 4-Augen-Prinzips. Die begleitende Prüfung wird gemäß der Vorgaben angewandt.			
Kontrollstelle	LN2S	Aufwend. [MT]	History Terminveränderung
Verantwortl. Bearbeiter	TEL	Auftragsdatum	Kontrolltermin 30.10.2016 Terminveränderung
Kontrolldatum	05.09.2016	Kontrollstatus	erledigt
Kontrollvermerk	Bewertung LN2S: Im Rahmen der Dienstaufsicht wurden keine Abweichungen bei der Anwendung des 4-A-P bei WKP'n festgestellt. Zusätzlich wurde überprüft, ob die Anwendung des 4-A-P bei einer Wiederholungsschulung am Simulator Teil der Übung war. Dies konnte anhand der		
Stelle	Kurzzeichen	Datum	
LNA	Buckst	05.09.2016	
* Pflichtfelder			
Daten speichern			Abbrechen

Abbildung 2: Softwarebasierte Hilfestellung bei der Wirksamkeitsüberprüfung (Folie 13) laut VGB

Die Wirksamkeitsevaluation umfasse drei Stufen:

- 1 Bewertung von Maßnahmen vor deren Umsetzung, (Analytiker, Maßnahmenworkshop, Entscheidungsgremium) und Verfolgung/Kontrolle der Umsetzung nach den SMART¹ Kriterien
- 2 Bewertung von Maßnahmen nach deren Umsetzung (klassische Maßnahmenwirksamkeitsüberprüfung):
 - 2.1 Umsetzungskontrolle der Maßnahmen hinsichtlich richtiger Ausführung und Vollständigkeit.
 - 2.2 Wirksamkeitsüberprüfung der umgesetzten Maßnahmen:
 - Kontrolle nach sinnvollem Zeitfenster.
 - Hat die Maßnahme ihr Ziel erreicht oder wird sie zum späteren Zeitpunkt das Ziel erreichen?
 - Überprüfungsart entsprechend Charakter der Maßnahme (technisch, organisatorisch, Verhalten).

¹ S= Spezifisch, M = Messbar, A= Akzeptabel, R = Realistisch, T= Terminiert

3 Bewertung des gesamten Prozesses bezüglich Maßnahmenwirksamkeit (langperiodische Managementaufgabe) beispielsweise in:

- Managementreview,
- VGB-SBS (Sicherheitskulturbewertungssystem),
- Audits, Peer Reviews und
- KSB (kerntechnische Sicherheitsbeauftragte)-Erfahrungsaustausch.

Der VGB stellte mehrere Beispiele für in der Praxis vorgenommene Wirksamkeitsüberprüfungen von technischen, technisch/organisatorischen, organisatorischen, verhaltensbezogenen und fachkundebezogenen Maßnahmen vor.

Die dargestellten organisatorischen Maßnahmen wurden zum Beispiel im Rahmen von Besprechungen und Beobachtungen bei der Durchführung vor Ort auf ihre Wirksamkeit hin evaluiert, z. B. durch unangekündigte Stichproben und Beobachtungen bei Simulatorschulungen.

Verhaltensbezogene Maßnahmen wurden durch Beobachtungen (z. B. durch „Manager-in-the-Field“: MIF) inklusive Dienstaufsicht evaluiert. Zudem wurden verschiedene Beispiele von Schulungsfeedbacks dargestellt, z. B. Feedback von Schulungsteilnehmer/innen direkt nach einer Schulung, aufbereitet durch den Trainer bzw. Ausbilder, Befragung der mit der Schulung beauftragten Personen, Einschätzung der Teilnehmer/innen hinsichtlich der Relevanz von Trainingsinhalten.

Als Indikatoren, um eine Maßnahme als wirksam zu bewerten, wurden genannt:

- Erfolgreiche Durchführung von WKPs,
- Interviews,
- Besprechungen (gemeinsames Verständnis feststellen),
- Beobachtung von Tätigkeiten (MIF),
- keine Ereigniswiederholung,
- Ergebnisse von Sonderaudits,
- Anwendung geschulter Vorgehensweisen in der Praxis (MIF),
- Rückmeldungen aus Briefings und Debriefings,
- Einschätzung von Experten,
- Fahren ähnlicher Situationen am Simulator mit Bewertung und
- Ergebnisse des VGB-SBS für übergreifende Veränderung.

Die Definition des Zeitfensters, in dem die Wirkung betrachtet wird, sei abhängig von dem jeweiligen Ereignis und in Bezug auf dessen Bedeutung, die Durchführungsintervalle der Tätigkeit, dem Zeitpunkt, zu dem Erfahrungen vorliegen können und der zweckmäßigen Festlegung, z. B. was in der Betriebszeit zu beobachten wäre.

Die Wirksamkeit von Abhilfemaßnahmen würde in folgenden „Gremien“ besprochen: Ereignisanalyse, betroffene Mitarbeiter im Rahmen von Maßnahmenworkshops, Führungsmannschaft, Rückmeldungen aus der Mannschaft (z. B. in Form von Debriefings nach durchgeführten Tätigkeiten), Entscheidungsgremium.

Aufbauend auf dem Wissen, warum eine vorgesehene Maßnahme nicht wirkt, erfolge eine Optimierung der ursprünglichen Maßnahme, ggf.:

- Vermittlung weiterer Hintergrundinformationen um die Akzeptanz einer Maßnahme zu erhöhen,
- Streichung der Maßnahme, wenn entbehrlich und
- Festlegung neuer Maßnahmen als Ersatz.

Bei nicht entsprechender Wirksamkeit der Maßnahme sei ein diesbezüglicher Maßnahmenfindungs-/Entscheidungsprozess neu anzustoßen (VGB Leitfaden Ganzheitliche Ereignisanalyse), d. h. in der Regel komme es zu einer Rückgabe an die Ereignisanalyse und zu einem erneuten Durchlaufen des Prozesses GEA für diesen Teilaspekt.

Zur Erkennung eines erneuten Auftretens ähnlicher Ereignisse würden folgende Indikatoren herangezogen:

- Fachkunde der Ereignisanalytiker/Ereignisanalyse,
- konsequente Analyse bzgl. Betriebserfahrung, Vorläufern etc. bei jeder GEA,
- Ereignisse in Datenbank gesammelt → Vergleiche/Auswertungen möglich – Codierung,
- Ausfallstatistik / Alterungsmanagement und
- Trendanalysen.

Es erfolge keine vollumfängliche Überprüfung der Wirksamkeit des Prozesses zur Wirksamkeitsevaluation von Abhilfemaßnahmen, einzelne Elemente würden jedoch in Audits, Managementreviews, VGB-SBS, Peer Reviews, im KSB-Erfahrungsaustausch geprüft.

In der Schlussbemerkung wurde durch den VGB dargestellt, dass die Wirksamkeitsüberprüfung prinzipiell als gutes Mittel erachtet werde, die tatsächliche Wirkung der aus Analysen resultierenden Maßnahmen zu überprüfen. In der Praxis ergäben sich jedoch Herausforderungen zu den nachfolgend genannten Aspekten. Der zur Verfügung stehende Zeithorizont zum Nachweis, dass die Maßnahme hinsichtlich Verhinderung einer Wiederholung eines Ereignisses erfolgreich ist, sei ggf. zu kurz (z. B. angesichts der Restlaufzeit der Anlage) und es stelle sich deshalb die Frage nach der Sinnhaftigkeit einer solchen Maßnahme. Es bestehe zudem der Wunsch, dass die Wirksamkeitsüberprüfungsmaßnahmen den Aufwand der eigentlichen Maßnahme nicht übersteigen sollten. Stehe der Aufwand zur Evaluierung der Wirksamkeit von Maßnahmen in keinem angemessenen Verhältnis, würde die Akzeptanz verringert. Daraus wird durch den VGB abgeleitet, dass eine Wirksamkeitsüberprüfungsmaßnahme in einem angemessenen Verhältnis zur Maßnahme stehen soll, d. h. bei einer kleinen technischen Maßnahme eine kleine Überprüfung. Formale Wirksamkeitsprüfungen sollen zudem zukünftig bei vertiefenden Analysen durchgeführt werden bzw. bei ausgewählten Basisanalysen.

Laut VGB lasse sich eine „Überprüfungsmaßnahme“ teilweise nur schwer oder gar nicht definieren, z. B. für die Maßnahme „Einfügen einer zusätzlichen Kontrollspalte“. Zudem sollen zukünftig wichtige M/O-Maßnahmen möglichst mit eingeführten Werkzeugen überprüft werden wie z. B. Audits, MiF, SBS.

Auf Nachfrage führte der VGB aus, dass die Prozesse zur Wirksamkeitsevaluation bislang noch nicht im Managementsystem verankert sind.

4 Bewertung

4.1 Regelwerksanforderungen

Die RSK gelangt bezüglich der Auswertung der in Kap. 2 zitierten Dokumente zu der Einschätzung, dass die nationalen und internationalen Regelwerke, Leitlinien oder Standards die grundsätzlichen Anforderungen zur Durchführung einer angemessenen Wirksamkeitsevaluation in generischer Form ausreichend beschreiben. Die RSK sieht jedoch den Bedarf, die bisher vorhandenen generischen Regelwerksvorgaben zur Wirksamkeitsevaluation weiter zu spezifizieren und leitet daher im Folgenden entsprechende Empfehlungen ab.

4.2 Umsetzung des Standes von Wissenschaft und Technik zum Thema Wirksamkeitsevaluation

Die Betreiber haben in ihrer Präsentation dargelegt, dass auch aus ihrer Sicht eine Bewertung der Wirksamkeit von Abhilfemaßnahmen erforderlich ist. Die Betreiber haben aufgezeigt, dass sie unterschiedliche Methoden zur Bewertung der Wirksamkeit von Abhilfemaßnahmen anwenden, abhängig von den jeweiligen Umständen.

Hinsichtlich der vom VGB genannten Indikatoren, mittels derer die Wirksamkeit von Maßnahmen bewertet werden soll, ist aus Sicht der RSK allerdings festzustellen, dass hier Methoden (Interviews, Beobachtungen) und Ergebnisse (z. B. keine Ereigniswiederholung) vermischt werden. Die Methode (Beobachtung, Interviews, Einschätzungen von Experten) stellt in diesem Zusammenhang nur das „Messverfahren“ dar, es wird nicht zwischen Erhebungs- oder Messverfahren einerseits und Messergebnissen andererseits unterschieden. Somit umfasst die Auflistung nicht nur Indikatoren, sondern ebenso Methoden zur Erfassung von Indikatoren.

Die RSK erkennt an, dass seitens der Betreiber den Anforderungen aus den Regelwerken grundsätzlich Rechnung getragen wird. Gleichwohl kommt die RSK unter Würdigung des weiter entwickelten Standes der Wissenschaft zu Evaluationsmethoden, -instrumenten und -maßnahmenbündeln zu dem Ergebnis, dass weiteres Verbesserungspotential hinsichtlich der von den Betreibern angewandten Evaluierungsmethoden besteht.

Dies betrifft z. B.

- die aus Sicht der RSK optimierbare Berücksichtigung der Unterscheidung von formativer und summativer Evaluation und des hier bestehenden inhaltlichen Zusammenhangs,

-
- die eingesetzten Methoden mit Fokus auf deren Informationsnutzen für die Bewertung der Wirksamkeit sowie deren zu berücksichtigende Besonderheiten hinsichtlich des sinnvollen Zeitpunkts der Evaluation einer Wirkung sowie
 - eine bessere Nutzung der Ergebnisse als Rückkopplungsinformation in den laufenden Prozess zur Gestaltung und Anpassung von Maßnahmen, damit diese die beabsichtigte Wirkung zeigen kann.

Darüber hinaus sollten sich die Gestaltung und der Umfang der Evaluation einer Abhilfemaßnahme zur Vermeidung der Wiederholung von Ereignissen nicht am Umfang der Abhilfemaßnahme, sondern an deren sicherheitstechnischer Relevanz orientieren.

In der derzeitigen Praxis werden Evaluationsmaßnahmen im Bereich von Mensch-bezogenen Maßnahmen häufig so angelegt, dass diese nach Bestätigung der angestrebten Wirkung suchen (z. B. durch eine Schwerpunktsetzung auf ein Feedback der Schulungsteilnehmer/innen direkt nach der Schulung, eingeholt durch die Trainer). Mit einer offenen Wirksamkeitsprüfung, die eine mögliche fehlende Wirkung aufzuspüren versucht, verringert sich demgegenüber die Gefahr des sog. „Confirmation Bias“. Der Confirmation Bias besagt in diesem Zusammenhang, dass der/die Zuständige für die Wirksamkeitsevaluation dazu tendieren könnte, nur diejenigen Informationen zu berücksichtigen und zu suchen, die seine Erwartung einer erfolgreichen Maßnahmendurchführung bestätigen.

Die Beobachtungen von Verhaltensänderungen in Simulationsumgebungen (z. B. Anlagensimulator, praktische Trainings zur Arbeitssicherheit, Feldsimulator, Komponentenmodelle (mock-up), etc.) sind dagegen aus Sicht der RSK gut geeignet als Schulungsfeedback und um die Wirksamkeit einer Maßnahme zu prüfen. Hierbei ist jedoch der Transfer aus der Simulationsumgebung auf die Realumgebung zu berücksichtigen.

Verbesserungspotential sieht die RSK zudem im Bereich der „Muster-/Trenderkennung“ sowie in der „Ableitung übergeordneter Maßnahmen“. Dies betrifft bspw. die Integration von Hinweisen aus unterschiedlichen Quellen und Erfahrungen der Vergangenheit.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass von der RSK hinsichtlich der in der derzeitigen Praxis verwendeten Methoden, das Erreichen gesteckter Ziele auf allen in Abschnitt 2 definierten vier Evaluationsebenen mittels geeigneter Evaluationsinstrumente (Fragebogen, Beobachtungen), -methoden (qualitativ, quantitativ) und –maßnahmen (z. B. Zeitreihen-Designs) zu überprüfen, unter Berücksichtigung des Standes der Wissenschaft und Technik Verbesserungspotential gesehen wird.

Die RSK ist der Auffassung, dass gerade mensch- und organisationsbezogene Maßnahmen eine hohe Kompetenz zur Wahl der angemessenen Evaluationsinstrumente, -methoden und -maßnahmenbündeln erfordern. Die zielführende Kombination von qualitativen und quantitativen Methoden und die Nutzung von bestehenden Verfahren benötigen einen ausgewogenen Mix an Methoden. Werden z. B. Führungsinstrumente wie „Manager in the field“ zu Evaluationszwecken genutzt, so sollten diese auf das Evaluationsziel hin angepasst und adjustiert werden, z. B. mit einem speziellen Briefing der Führungskräfte und durch weitere,

z. B. quantitative Instrumente Unterstützung finden. Ebenso ist die alleinige Nutzung von Indikatoren im Managementsystem speziell für die Bewertung der Wirksamkeit erfahrungsgemäß unzureichend.

Die RSK empfiehlt daher, in der Organisation systematisch und strukturiert Wissen zum Stand von Wissenschaft und Technik zu Evaluationsmethoden, -instrumenten und -maßnahmenbündeln vorzuhalten (siehe Empfehlung 1).

Auf der Grundlage der KTA 1402 (insbesondere Kapitel 3 und Abschnitt 5.13) sind zudem die Prozesse zu Ursachenanalysen und zur nachfolgenden Umsetzung von abgeleiteten Abhilfemaßnahmen bis hin zur Überprüfung der Wirksamkeit von festgelegten Verbesserungsmaßnahmen unter Berücksichtigung des Standes von Wissenschaft und Technik im Managementsystem zu implementieren (siehe Empfehlung 2).

Zur Vermeidung des Confirmation Bias sollte eine klare Trennung zwischen dem/den Zuständigen für die Durchführung der festgelegten Abhilfemaßnahme und dem/den Zuständigen für die Wirksamkeitsevaluation dieser Abhilfemaßnahme vorgenommen werden (siehe Empfehlung 3).

Aus Sicht der RSK sind des Weiteren nicht nur Veränderungen, die als Folge von Ereignisanalysen initiiert werden, sondern alle Veränderungen, die zu sicherheitstechnisch relevanten Auswirkungen führen können (z. B. organisatorische und technische Änderungen oder angestrebte Verhaltensänderungen) entsprechend den Grundsätzen des PDCA Zyklus systematisch daraufhin zu überprüfen, ob die Zielsetzung, dass die Veränderung zu keinen sicherheitstechnischen Nachteilen führen, erreicht wird.

5 Empfehlungen

Empfehlung 1: Zur effektiven und effizienten Umsetzung von Wirksamkeitsevaluationen festgelegter Korrektur- und Verbesserungsmaßnahmen und Einbindung der Wirksamkeitsevaluation in den kontinuierlichen Verbesserungsprozess ist in der Organisation systematisch und strukturiert Wissen zum Stand von Wissenschaft und Technik zu Evaluationsmethoden, -instrumenten und -maßnahmenbündeln aufzubauen und zu erhalten. Es sind geeignete Werkzeuge zur Unterstützung der Umsetzung von effektiven und effizienten Wirksamkeitsevaluationen in der Organisation zu schaffen und aktuell zu halten.

Empfehlung 2: Auf der Grundlage der KTA 1402 (insbesondere Kapitel 3 und Abschnitt 5.13) ist der Prozess zu Ursachenanalysen und zur nachfolgenden Umsetzung von abgeleiteten Abhilfemaßnahmen bis hin zur Überprüfung der Wirksamkeit von festgelegten Verbesserungsmaßnahmen unter Berücksichtigung der Empfehlung 1 im Managementsystem zu implementieren.

Empfehlung 3: Zur Vermeidung des Confirmation Bias ist eine klare Trennung zwischen dem/den Zuständigen für die Durchführung der festgelegten Abhilfemaßnahme und dem/den Zuständigen für die Wirksamkeitsevaluation dieser Abhilfemaßnahme vorzunehmen.

6 Literatur

- [1] Leitfaden für die Durchführung von ganzheitlichen Ereignisanalysen
RSK-Empfehlung vom 06.11.2014
- [2] VGB Powertech e. V.: „Leitfaden Ganzheitliche Ereignisanalyse“ (Stand: Oktober 2015)
- [3] Alliger, G. M., & Janak, E. A. (1989). Kirkpatrick's levels of training criteria: Thirty years later. *Personnel Psychology*, 42, 331-342
- [4] Alliger, G. M., Tannenbaum, S. I., Bennett, W., Traver, H., & Shotland, A. (1997). A meta-analysis of the relations among training criteria. *Personnel Psychology*, 50, 341-358
- [5] Arthur, W., Bennett, W., Edens, P. S., & Bell, S. T. (2003). Effectiveness of training in organizations: A meta-analysis of design and evaluation features. *Journal of Applied Psychology*, 88(2), 234-245
- [6] Baldwin, T. T., & Ford, J. K. (1988). Transfer of training: A review and directions for future research. *Personnel Psychology*, 41(1), 63-105
- [7] Baldwin, T.T., Ford, K.J. & Blume, B. D. (2009). Transfer of Training 1988-2008: An updated Review and Agenda for future research. *International Review of Industrial and Organizational Psychology*, 24, 41-70
- [8] Bergmann, B. & Sonntag, Kh. (2006). Transfer erworbener Kompetenzen in den Arbeitsalltag. In Kh. Sonntag (Hrsg.), *Personalentwicklung in Organisationen*. 3. Auflage (S. 355-388). Göttingen: Hogrefe
- [9] Blume, B. D., Ford, J. K., Baldwin, T. T., & Huang, J. L. (2010). Transfer of training: A meta-analytic review. *Journal of Management*, 36(4), 1065-1105

-
- [10] Carroll, J. S., & Fahlbruch, B. (2011). "The gift of failure: New approaches to analyzing and learning from events and near-misses." Honoring the contributions of Bernhard Wilpert. *Safety science*, 49(1), 1-4
- [11] Dechy, N., Dien, Y., Drupsteen, L., Felicio, A., Cunha, C., Roed-Larsen, S., & Vetere Arellano, A. L. (2015). Barriers to learning from incidents and accidents. *European Safety Reliability and Data Association (ESReDa)*
<http://repository.tudelft.nl/view/tno/uuid:8aa15026-1f7c-4d77-8e91-3b60ff777ca9/>,
retrieved 30.3.2017
- [12] Drupsteen, L., & Guldenmund, F. W. (2014). What is learning? A review of the safety literature to define learning from incidents, accidents and disasters. *Journal of Contingencies and Crisis Management*, 22(2), 81-96
- [13] Drupsteen, L., & Hasle, P. (2014). Why do organizations not learn from incidents? Bottlenecks, causes and conditions for a failure to effectively learn. *Accident Analysis & Prevention*, 72, 351-358
- [14] Drupsteen, L., & Wybo, J. L. (2015). Assessing propensity to learn from safety-related events. *Safety Science*, 71, 28-38
- [15] Drupsteen, L., Groeneweg, J., & Zwetsloot, G. I. (2013). Critical steps in learning from incidents: using learning potential in the process from reporting an incident to accident prevention. *International journal of occupational safety and ergonomics*, 19(1), 63-77
- [16] Elsbecker, G. & Kluge, A. (2013). Können Arbeitssicherheitsseminare (allein) das Verhalten nachhaltig verändern? Beitrag auf dem Frühjahrskongress der GfA, in Krefeld, 28.2.-1.3.2013, p. 275-278. Dortmund: GfA-Press
- [17] Fahlbruch, B., & Schöbel, M. (2011). SOL–Safety through organizational learning: A method for event analysis. *Safety Science*, 49(1), 27-31
- [18] Gollwitzer, M., & Jäger, R. J. (2007). *Evaluation: Workbook*. Weinheim, Basel: Beltz Verlag

-
- [19] Gotcheva, N., Oedewald, P., Wahlström, M., Macchi, L., Osvalder, A. L., & Alm, H. (2016). Cultural features of design and shared learning for safety: A Nordic nuclear industry perspective. *Safety Science*, 81, 90-98
- [20] Hagemann, V., Herbstreit, F., Kehren, C., Chittamadathil, J., Wolfertz, S., Dirkmann, D. Kluge, A. & Peters, J. (2017). Teaching medical students non-technical skills for emergencies improves such skills but not simulated patient outcome. *International Journal of Medical Education*
- [21] Hayes, J., & Maslen, S. (2015). Knowing stories that matter: learning for effective safety decision-making. *Journal of Risk Research*, 18(6), 714-726
- [22] Hesketh, B.(1997). Dilemmas in Training for Transfer and Retention. *Applied Psychology: AAn International Review*, 46 (4), 317-386
- [23] Hochholdinger, S. & Schaper, N. (2007). Trainingsevaluation und Transfersicherung. In H. Schuler & Kh. Sonntag (Hrsg.). *Handbuch der Arbeits- und Organisationspsychologie* (S.625-633). Göttingen: Hogrefe
- [24] Hochholdinger, S., Rowold, J., & Schaper, N. (2008). Ansätze zur Trainings- und Transferevaluation. In *Evaluation und Transfersicherung betrieblicher Trainings* (S. 30-53). Göttingen: Hogrefe
- [25] IAEA Safety Standards, Leadership and Management for Safety – General Safety Requirements, No. GSR Part 2; ISBN 978-92-0-104516-4 (2016)
- [26] Imaizumi, T., Takeda, Y., & Kusukami, K. (2014). Development of a Support Tool to Learn Lessons from Incidents Experienced by Others. *JR East Technical Review*, 30
- [27] Kirkpatrick, D. L. (1987). *More Evaluating Training Programs: A collection of articles from Training and Development Journal*. Alexandria: American Society for Training and Development

-
- [28] Kluge, A. & Burkolter, D. (2013). Training for Cognitive Readiness: Research Issues and Experimental Designs. *Journal of Cognitive Engineering and Decision Making*, 7, 96 -118
- [29] Kluge, A. (2014) The acquisition of knowledge and skills for task work and team work to control complex technical systems. A cognitive and macroergonomics Perspective. Dordrecht: Springer
- [30] Kluge, A. & Frank, B. (2014). Counteracting skill decay: Four refresher interventions and their effect on skill retention in a simulated process control task. *Ergonomics*. 57(2), 175-190
- [31] Kraiger, K. (2002). Decision-based evaluation. In K. Kraiger (Ed.), *Creating, implementing, and managing effective training and development* (pp. 331-375). San Francisco: Jossey-Bass
- [32] Kraiger, K., Ford, J. K., & Salas, E. (1993). Application of cognitive, skill-based, and affective theories of learning outcomes to new methods of training evaluation. *Journal of Applied Psychology*, 78(2), 311-328
- [33] Lemke, S.G. (1995) *Transfermanagement*. Göttingen: Verlag für angewandte Psychologie
- [34] Littlejohn, A., Margaryan, A., Vojt, G., & Lukic, D. (2017). Learning from Incidents Questionnaire (LFIQ): The validation of an instrument designed to measure the quality of learning from incidents in organisations. *Safety Science*. 99, 3. 80-93
- [35] Moorman, C., & Miner, A. S. (1998). Organizational improvisation and organizational memory. *Academy of Management Review*, 23(4), 698-723
- [36] Pidgeon, N., & O'Leary, M. (2000). Man-made disasters: why technology and organizations (sometimes) fail. *Safety Science*, 34(1), 15-30

-
- [37] Pilbeam, C., Doherty, N., Davidson, R., & Denyer, D. (2016). Safety leadership practices for organizational safety compliance: Developing a research agenda from a review of the literature. *Safety Science*, 86, 110-121
- [38] Ramanujam, R., & Goodman, P. S. (2011). The challenge of collective learning from event analysis. *Safety science*, 49(1), 83-89
- [39] Ritzmann, S., Hagemann, V. & Kluge, A. (2014). The Training Evaluation Inventory (TEI) - Evaluation of Training Design and Measurement of Training Outcomes for Predicting Training Success. *Vocations and Learning*, 7 (1), 41-73
- [40] Salas, E., Wilson, K. A., Priest, H. A., & Guthrie, J. W. (2006). Design, delivery, and evaluation of training systems. In G. Salvendy (Ed.), *Handbook of human factors and ergonomics* (pp. 472-512). Hoboken, NJ: J. Wiley
- [41] Shelton, A., & Alliger, G. M. (1993). Who's afraid of level 4 evaluation? A practical approach. *Training and Development*, 47, 43-46
- [42] Sitzmann, T., Brown, K. G., Casper, W. J., Ely, K., & Zimmerman, R. D. (2008). A review and meta-analysis of the nomological network of trainee reactions. *Journal of Applied Psychology*, 93(2), 280-295
- [43] Sitzmann, T., Ely, K., Brown, K. G., & Bauer, K. N. (2010). Self-assessment of knowledge: A cognitive learning or affective measure. *Academy of Management Learning & Education*, 9, 169-191
- [44] Solga, M. (2005). Management des Lerntransfers. In J. Ryschka, M. Solga & A. Mattenklott (Hrsg.) *Praxishandbuch Personalentwicklung. Instrumente, Konzepte, Beispiele* (S. 269-3292). Wiesbaden: Gabler
- [45] Wang, S., & Noe, R. A. (2010). Knowledge sharing: A review and directions for future research. *Human Resource Management Review*, 20(2), 115-131
- [46] Wottawa, H., & Thierau, H. (2003). *Lehrbuch Evaluation*. Bern: Verlag Hans Huber