

# SOL® Sicherheit durch Organisationales Lernen<sup>1</sup>

*Eine Methode zur systematischen Analyse von Ursachen von Ereignissen*

Rainer Miller, MTO Safety GmbH, 2021

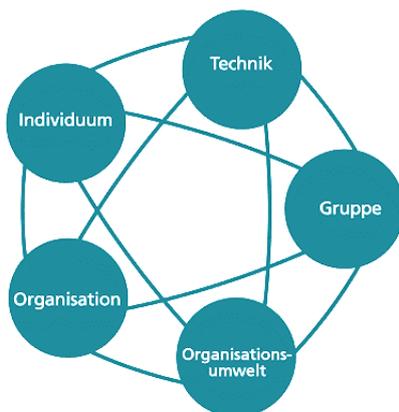
## 1. Lernen aus Betriebserfahrung und Ursachenanalyse

**Lernen aus Betriebserfahrung** ist eine der wichtigsten Methoden zur Verbesserung der Sicherheit und Zuverlässigkeit von Organisationen. Dieses Lernen ist oftmals ein Lernen aus unerwünschten Vorgängen, Störungen oder Störfällen („Ereignissen“). **Voraussetzung für das Lernen ist eine systematische Analyse der Ursachen, um Verbesserungsmaßnahmen zielorientiert umsetzen zu können („root cause analysis, RCA).** Bei einer Analyse geht es darum, ein Ereignis zu rekonstruieren und diejenigen Faktoren zu identifizieren, die zur Entstehung beigetragen haben. **Das wesentliche Ziel der Analyse von Ursachen ist das Organisationale Lernen**, d.h. die Fähigkeit einer Organisation, Sicherheit und Zuverlässigkeit durch zielgerichtete Maßnahmen stetig zu verbessern.

**Mit der Methode „SOL – Sicherheit durch Organisationales Lernen“ lassen sich die Ursachen von Ereignissen systematisch analysieren und das Lernen aus Erfahrung wird wirkungsvoll unterstützt.**

## 2. Human Factors und organisationale Faktoren

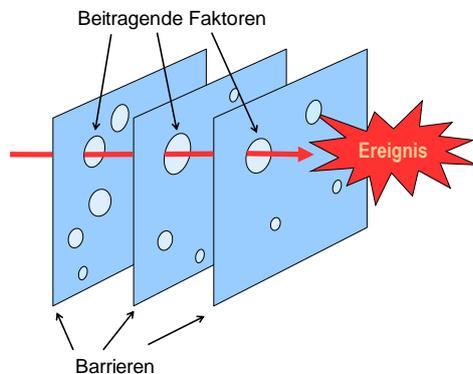
Am Institut für Psychologie der Technischen Universität Berlin wurde 1992 damit begonnen, das Verfahren „SOL Sicherheit durch Organisationales Lernen“ zur systematischen Analyse von Ursachen zu entwickeln und zu erproben. [Wilpert et al., 1997]. SOL wurde mit dem Ziel entwickelt, das Lernen aus Erfahrung effektiv zu unterstützen und die Identifikation von menschlichen und organisationalen Faktoren (Human and Organizational Factors, HOF) als Ursachen von Ereignissen zu erleichtern. Die Weiterentwicklung von SOL, die Programmierung der Software SOL und den kommerziellen Vertrieb verantwortet seit 2011 die *MTO Safety GmbH*.



Um für die Analyse von Ereignissen eine detailliertere Betrachtung zu ermöglichen, wurde ein **System-Modell** mit fünf Bereichen entwickelt: Technik, Individuum, Gruppe, Organisation und Organisationsumwelt. Dieses Modell ermöglicht es, alle für die Sicherheit relevanten Sachverhalte und Interaktionen detailliert zu untersuchen [Wilpert, Miller & Fahlbruch, 1997].

<sup>1</sup> SOL® ist eine beim Amt der Europäischen Union für geistiges Eigentum (EUIPO) eingetragene Marke der MTO Safety GmbH.

### 3. Unfallentstehung



In sicherheitskritischen Systemen wird Sicherheit durch die Einrichtung von gestaffelten Sicherheitsbarrieren erzeugt. In nebenstehender Abbildung ist dies in Anlehnung an J. Reasons „Swiss Cheese Model“ dargestellt.

Unter Barrieren („Käsescheiben“) sind alle Arten technischer, menschlicher und organisatorischer Sicherheitsvorkehrungen zu verstehen. Barrieren sind aber niemals zu 100% wirksam, d.h. sie sind an bestimmten Stellen durchlässig. Unerwünschte Ereignisse entstehen dann nur durch das unvorhergesehene und zufällige Zusammenspiel von Schwachstellen in den Barrieren, d. h. durch korrespondierende Löcher in den Käsescheiben.

Nur das gleichzeitige Auftreten von mehreren Schwachstellen oder „**beitragenden Faktoren**“ kann ein unerwünschtes Ereignis (Unfall, Störung etc.) verursachen. In diesem Verständnis werden Ereignisse als Kette von Einzelereignissen und als Resultat des komplexen Zusammenwirkens von Faktoren beschrieben, die aus den fünf Bereichen des System-Modells (Technik, Individuum, Gruppe, Organisation und Organisationsumwelt) stammen können.

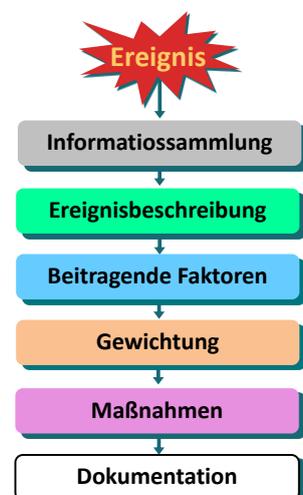
Besonders Schwachstellen, welche weit vom Ereignis entfernt sind, sind oftmals nur schwer zu identifizieren, aber für das Lernen aus Ereignissen relevant. Ein Beispiel: In einer verfahrenstechnischen Anlage kommt es bei der Betätigung eines Ventils zum plötzlichen Versagen dieses Ventils und zu einer ungewollten Freigabe von Stoffen. Dieser Ausfall einer technischen Komponente ist eine Ursache der Freisetzung. Ein weiterer beitragender organisationaler Faktor wäre beispielsweise der Umstand, dass Ventile dieser Bauart schon häufiger versagten - ohne dass dies in dem Unternehmen zu Maßnahmen (z.B. Austausch, verbesserte Instandhaltung) geführt hätte. Die Nutzung von SOL für eine Ursachenanalyse ermöglicht die Erfassung auch solcher zugrunde liegender Ursachen aus dem Bereich der Human and Organisational Factors (HOF).

### 4. Ablauf einer Ereignisanalyse mit SOL®

Der Ablauf einer Ereignisanalyse mit SOL ist in sechs Schritte gegliedert: Informationssammlung, Ereignisbeschreibung mit Ereignisbausteinen, Identifikation beitragender Faktoren, Gewichtung von Faktoren, Festlegung von Maßnahmen und Dokumentation. Die SOL Software und die für die Analyse zur Verfügung stehenden Anleitungen unterstützen bei allen Schritten der Analyse: bei der Erstellung Aufarbeitung der Informationen aus der Informationssammlung, bei der Erstellung der Ereignisbeschreibung, bei der Identifikation und Gewichtung beitragender Faktoren und bei der Dokumentation des Ereignisses.

#### Informationssammlung

Im ersten Schritt einer Ereignisanalyse, der "Informationssammlung", werden möglichst viele Informationen zum Ereignishergang und zu einzelnen Handlungen gesammelt.



### Ereignisbeschreibung mit Ereignisbausteinen

Die gesammelten Informationen werden anschließend systematisch erfasst und sortiert. Dazu wird der Ablauf des Ereignisses in einzelne „Ereignisbausteine“ zerlegt. Ereignisbausteine sind **einzelne Handlungen von einzelnen Akteuren**. In den Ereignisbausteinen werden nur objektiv erfassbare Daten aufgenommen - Fragen nach der Ursache einer Handlung werden an dieser Stelle nicht gestellt.

In der SOL-Software lassen sich folgende Informationen zu den Ereignisbausteinen eintragen: Zeitpunkt und Ort der Handlung, Bezeichnung des Akteurs, Beschreibung der Handlung und Freifelder für zusätzliche Informationen (Feld „Bemerkung“). Diese Informationen werden alle im Zeit-Akteur-Diagramm sichtbar gemacht. Weiterhin können zur dem Ereignisbaustein noch Notizen und Quellenangaben hinterlegt werden, welche nicht in der Dokumentation erscheinen.

Die Ereignisbausteine werden anschließend chronologisch und nach Akteuren geordnet. Es entsteht so eine übersichtliche grafische Darstellung der Ereignisbausteine entlang der Zeitachse, das **Zeit-Akteur-Diagramm**. Dort stehen z. B alle Handlungen eines Akteurs in eine Linie und können damit leicht identifiziert werden.



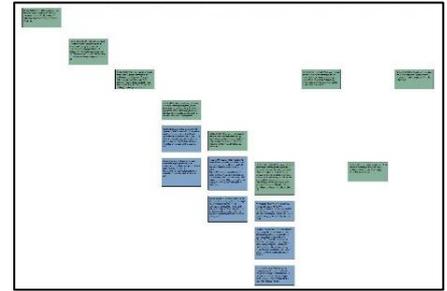
### Identifikation beitragender Faktoren

Bei der "Identifikation beitragender Faktoren", werden die Ursachen des Ereignisses ermittelt. Dazu wird jeder Ereignisbaustein einzeln hinterfragt, was bei diesem Schritt nicht optimal war, bzw. was an dieser Stelle verbesserungswürdig ist. Diese ermittelten Schwachstellen werden dann einer von **20 Kategorien**, den „beitragenden Faktoren“ der SOL-Methodik, zugeordnet. Die Identifikation der beitragenden Faktoren wird durch eine Identifikationshilfe mit zahlreichen **Beispielen** unterstützt, welche den beitragenden Faktor näher erläutern. Dadurch können auch nicht Human Factors – Experten auf einfache Weise eine Analyse durchführen.

Die ermittelten beitragenden Faktoren werden jeweils auf einer Faktoren-Karte dokumentiert. Hier wird zu den beitragenden Faktoren jeweils eine detaillierte Beschreibung gegeben. Weiterhin können die beitragenden Faktoren auf zwei Dimensionen gewichtet werden: bezüglich ihrer Bedeutung für das analysierte Ereignis und bezüglich ihrer Bedeutung für den Lernerfolg der Organisation.

Für Analyse im Rahmen eines behördlichen Aufsichtsverfahrens kann der Soll-Ablauf für jeden beitragenden Faktor eingetragen werden.

Die identifizierten beitragenden Faktoren werden den Ereignisbausteinen zugeordnet. Das entstehende „Zeit-Akteur-Diagramm“ ermöglicht einen einfachen Überblick über das Ereignis und die beitragenden Faktoren und erleichtert die Dokumentation der Analyse.



## 5. Rahmenbedingungen einer Analyse

Zur Minimierung von Urteilsverzerrungen und typisch menschlichen Denkfehlern [Fahlbruch, 2000], sollte eine SOL-Analyse grundsätzlich in einem Team durchgeführt werden. Durch eine geeignete Zusammenstellung des Teams kann sichergestellt werden, dass unterschiedliches Fachwissen (technisches Wissen, Human Factors-Expertise) in die Analyse einfließt.

Um eine effektive und umfassende Analyse sicherzustellen, ist eine Schulung im Verfahren SOL notwendig. MTO Safety hat für die Anwender ein „Ausbildungsprogramm für Ursachenanalytiker“ entwickelt, welches aus einem Grundlagenseminar „Human Factors-Verständnis“ und einem Aufbau-seminar „Ursachenanalyse mit SOL“ besteht.

Die Analyse von Ereignissen innerhalb einer Organisation ist von vielfältigen Widerständen und Lernbarrieren bedroht [Miller, Wilpert & Fahlbruch, 1999]. Um organisationales Lernen zu gewährleisten ist ein Vertrauen aller Beteiligten notwendig, dass die Ergebnisse der Analyse nicht zu negativen Konsequenzen führen können. Es ist deshalb wichtig, dass ein eindeutiges und glaubhaftes Bekenntnis aller Beteiligten und Verantwortlichen abgegeben wird, die Analyse nicht zur Suche nach Schuldigen einzusetzen, sondern ausschließlich zum Lernen zu nutzen.

## 6. Anwendungserfahrung mit SOL

SOL ist als eine der Standard-Methoden der International Atomic Energy Agency (IAEA) für die Analyse von Ereignissen in kerntechnischen Anlagen aufgeführt (IAEA-TECDOC-1756). Weiterhin ist die Methode SOL Testsieger in einer vergleichenden Studie zu Ereignisanalysen der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (Fahlbruch & Meyer, 2013). SOL entspricht dem VGB-Leitfaden „Ganzheitliche Ereignisanalyse“ und dem „Leitfaden für die Durchführung von ganzheitlichen Ereignisanalysen“ der RSK von 2014.

SOL ist seit dem Jahr 2000 das Standard-Verfahren für die Ursachenanalyse in allen Kernkraftwerken in Deutschland und der Schweiz und erfreut sich bei den Anwendern hoher Wertschätzung. Weiterhin wird es in der gesamten Kerntechnischen Industrie (Forschungsreaktoren, Brennstoffherstellung, Brennstoffentsorgung, Entsorgung) für die Analyse von Ereignissen angewendet. Mehr als 250 Mitarbeiter aus der Kerntechnik und anderen sicherheitsrelevanten Industrien wurden von der MTO Safety GmbH bereits für die Durchführung einer Analyse mit SOL ausgebildet.

Der VGB Powertech gab folgende Einschätzung zu SOL ab: „Durch die Anwendung der SOL-Methodik haben wir wertvolle Erkenntnisse gewonnen, die insbesondere zu Verbesserungen in organisatorischen und administrativen Bereichen geführt haben. Die SOL-Methodik hat sich damit in unseren Kernkraftwerken zu einem wichtigen Instrument der Optimierung betriebsinterner Prozesse entwickelt.“

Eine Ursachenanalyse mit SOL ist durch seine Beschränkung auf 20 beitragende Faktoren einfach und ökonomisch durchzuführen. Die systematische Vorgehensweise bei einer Analyse mit SOL (erst

Ereignisbeschreibung, dann Ursachensuche) erleichtert die Anwendung und vermindert die Anfälligkeit für typische Urteilsfehler. Durch die Analyse im Team bei Beteiligung von Mitarbeitern aus der Produktion wird der Erfahrungsaustausch zwischen den Mitarbeitern verbessert und die sicherheitsgerichtete Aufmerksamkeit spürbar gesteigert.

## 7. Software SOL

Für die Durchführung von SOL bietet die MTO Safety GmbH die SOL-Software an. Bei der Entwicklung der Software wurde Einfachheit und gute Bedienbarkeit in den Mittelpunkt gestellt. Die SOL-Software läuft auf den Betriebssystemen Windows 7, Windows 8 und Windows 10 und wird in mehreren Kernkraftwerken in Deutschland eingesetzt.

Grafisch eindeutige Buttons helfen bei der Orientierung im Programmablauf. Die Anordnung der Buttons spiegelt die Reihenfolge einer SOL-Analyse wider: Ereignis anlegen, Ereignisbausteine definieren, beitragende Faktoren identifizieren, Bericht erstellen.

Eine Vielzahl vordefinierter Listen und Statistiken können direkt aus der SOL-Software erzeugt werden. Dies hilft bei der Erstellung von Berichten.

Die Software kann über die MTO Safety GmbH bezogen werden ([www.sol-rca.de](http://www.sol-rca.de)).



## Kontakt

Rainer Miller  
MTO Safety GmbH  
Gethsemanestr. 4,  
10437 Berlin

Tel: +49 30 3988 7982  
Email: [info@mto-safety.de](mailto:info@mto-safety.de)  
[www.mto-safety.de](http://www.mto-safety.de)  
[www.sol-rca.com](http://www.sol-rca.com)

## Literatur

- Becker, G., Hoffmann, S., Wilpert, B., Miller, R., Fahlbruch, B., Fank, M., Freitag, M., Giesa, H.G. & Schleifer, L. (1996). *Analyse der Ursachen von "menschlichen Fehlverhalten" beim Betrieb von Kernkraftwerken* (BMU-1996-454). Bonn: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.
- Fahlbruch, B. (2000). *Vom Unfall zu den Ursachen. Empirische Bewertung von Analyseverfahren*. Berlin: Mensch & Buch.
- Fahlbruch, B. & Meyer, I. (2013): *Ganzheitliche Unfallanalyse (Abschlussbericht zum Projekt F 2287)*. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin.
- International Atomic Energy Agency (Eds.) (2015). *Root Cause Analysis Following an Event at a Nuclear Installation: Reference Manual (IAEA-TECDOC-1756)*. Vienna: IAEA.
- Miller, R., Wilpert, B. & Fahlbruch, B. (1999). Sicherheit durch Organisationales Lernen (SOL): Konzeption und Überprüfung eines Verfahrens zur Ereignisanalyse. In: K. Engel & B. Kociok (Eds.), *Viertes Expertengespräch "Mensch-Maschine-Wechselwirkung in Kernkraftwerken" (BfS-KT-22/99)* (pp. 96-105). Salzgitter: Bundesamt für Strahlenschutz.
- Misumi, J., Wilpert, B. & Miller, R. (Eds.) (1999). *Nuclear Safety. A Human Factors Perspective*. London: Taylor & Francis.
- Wilpert, B., Fahlbruch, B., Miller, R., Baggen, R. & Gans, A. (1999). Inter-organisational development in the German nuclear safety system. In J. Misumi, B. Wilpert & R. Miller (Eds.), *Nuclear safety: A human factors perspective* (pp. 127-140). London: Taylor & Francis.
- Wilpert, B., Maimer, H., Miller, R., Fahlbruch, B., Baggen, R., Gans, A., Leiber, I., Szameitat, S. & Becker, G. (1997). *Umsetzung und Erprobung von Vorschlägen zur Einbeziehung von Human Factors (HF) bei der Meldung und Ursachenanalyse in Kernkraftwerken* (BMU-1998-505). Bonn: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.
- Wilpert, B., Miller, R. & Fahlbruch, B. (1997). SOL: Sicherheit durch Organisationales Lernen. *Technische Überwachung*, 38 (4), 40-43.
- Wilpert, B., Miller, R., Geymüller, C., Uhlemann, F. & Ninov, E. (1998). *Analyse von sicherheitsrelevanten Ereignissen in verfahrenstechnischen Anlagen* (UBA Texte 79/98). Berlin: Umweltbundesamt.

[www.sol-ursachenanalyse.de](http://www.sol-ursachenanalyse.de)

[www.mto-safety.de](http://www.mto-safety.de)