

RCC-Seminar

HAZOP, LOPA, Funktionale Sicherheit

Referat 2

Risikotoleranzkriterien, Risikomatrix

- Unglücke
- Deterministik -Probabilistik
- Risikotoleranzwerte
- Individuelles Risiko/Gruppen-Risiko
- Risikomatrix

Zusammenfassung

Glossar

Literatur

Lernen aus Unglücken

Table 1: Missed opportunities for learning and repeated accidents

	Missed opportunity for learning	Repeated accident
1974 Flixborough (UK)	Dangers posed by a vapor cloud explosion to vulnerable buildings (Report of the Court of Enquiry, 1976)	2005 BP Texas City (USA)
1985 Naples (IT) 1983 Newark, NJ (USA)	Overfilling of gasoline storage tanks can lead to a large explosive atmosphere	2005 Buncefield (UK)
2001 Tolulouse (FR) and others	The explosive nature of ammonium nitrate fertilizer	2013 West, Texas (USA)
1988 Shell Norco (USA)	Failure of an elbow below a water injection point due to erosion	2001 Conoco Phillips, Humber Refinery, UK
1986 Schweizerhalle (CH)	Risks to trans-boundary rivers posed by fire-water runoff from a chemical accident	2005 Jilin, (CN)
1991 Culemborg (NL)	Failure to classify pyrotechnics correctly and store them appropriately	2000 Enschede (NL)
1976 Icmesa (IT) - so called Seveso disaster and many others	The need for effective control of heat transfer (cooling) and process parameters for exothermic chemical accidents	1993 Griesheim (DE) 1998 Morton International Inc. NJ (USA) 2004 MFG Chemical Inc. GA (USA) 2012 Wülfrath (DE) as well as many other run-away reactions

Learning from Accidents – Reporting is not Enough, Mark Hailwood
LUBW Landesanstalt für Umwel
dechema, achema\Loss Prevention 2016\119.pdf

Dechema: Ereignisdatenbank

Ereignis-Datenbank

[Grundoperation / Prozess](#) [Betroffenes Anlagenteil](#) [Gefahrenmerkmale / Stoffeigenschaften](#)

[[Ursache / Auswirkung](#)] [Sonstiges](#) [Freitextsuche](#)

Verknüpfung

Suchbegriffe

Aktuelle Suche

- UND
 ODER

Anlagen- / Energieausfall
Apparate-MSR-Versagen
Brand
Drucküberschreitung / -unterschreitung
Explosion

Suchen Neue Suche

Stoffeigenschaften

explosionsfähig
explosionsfähig (Gasphase)
gesundheitsschädlich
giftig/sehr giftig
heiß

Freitextsuche_Suchbegriff:MSR

Ereignis-Nr.	Titel/Überschrift
06/2003	Bersten von zwei Glas-Waschkolonnen
25/1997	Verpuffung in einem Transmitterkasten.

<http://www.processnet.org/ereignisdb-descriptor-6595.html>

Grundoperationen

Transport
Trocknen
Umfüllung
Verbrennung
Zerkleinern

Anlagenteil

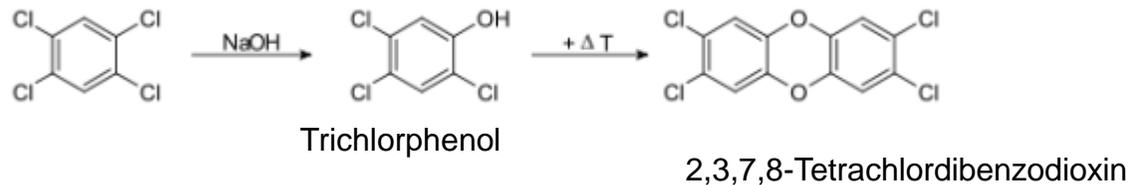
Luftkühler
Mischer
MSR/Elektrotechnik
Mühle
Ofen

Betriebsweise: Abfahren
Betriebsweise: Anfahren
Betriebsweise: diskontinuierlich
Betriebsweise: Instandhaltung
Betriebsweise: kontinuierlich

Organisation: Planungsänderung
Organisation: Qualifikation
Organisation: Überwachung
Umfeld: Freianlage
Umfeld: geschlossenes Gebäude

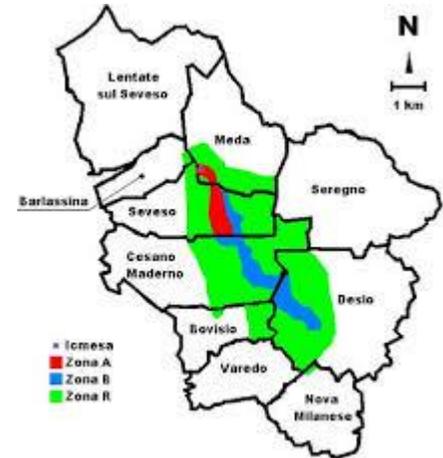
Betriebsweise: Probenahme
Betriebsweise: Stilllegung
Betriebsweise: Stillstand
Organisation: Betriebsanweisung
Organisation: Kommunikation

SEVESO, 9.7.1976, Italien



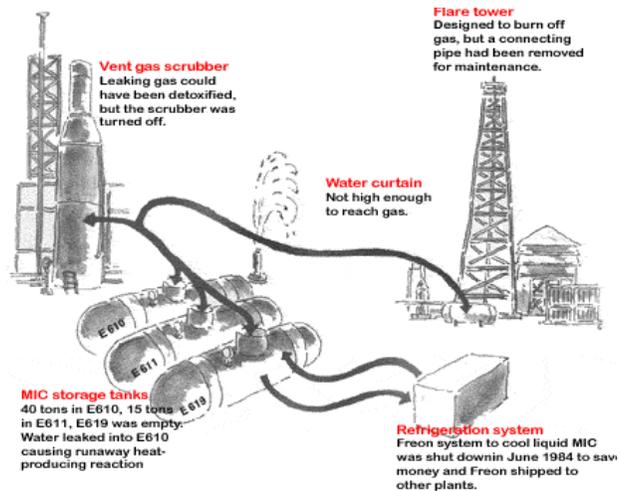
Wie kam es zu dem Unglück?

- In dem Reaktor, aus dem das Gift entwich, wurde Tetrachlor-Phenol zu 2,4,5-Trichlorphenol umgesetzt, einer Vorstufe zur Produktion von Herbiziden (Unkrautvernichtungsmitteln).
- Am Tag vor dem Unfall war die Reaktion im Kessel nicht ordnungsgemäß abgebrochen worden. Das Gemisch reagierte weiter und erhitze sich auf 400—450 Grad Celsius, wobei sich größere Mengen Dioxine bildeten. Auch der Druck stieg, bis sich schließlich ein Sicherheitsventil öffnete und der Kesselinhalt ins Freie ausströmte.
- Ein automatisches Kühlsystem war nicht vorhanden, und da am Wochenende nur Instandhaltungs- und Reparaturpersonal in der Fabrik war, konnte die außer Kontrolle geratene Reaktion erst nach knapp einer halben Stunde Abblasen gebremst werden, indem die Kühlung von Hand eingeschaltet wurde.



http://universal_lexikon.deacademic.com/220879/Chemieungl%C3%BCcke%3A_Die_schwersten_Unf%C3%A4lle_der_letzten_25_Jahre

Bhopal, Dezember 3, 1984



Bhopal 1984

Am Montag, den 3. 12. 1984, entströmten einem defekten Tank einer Pestizidfabrik des amerikanischen Chemiekonzerns Union Carbide Corporation in der Nähe von Bhopal (Indien) über 25 Tonnen Methylisocyanat (MIC). Die Giftgaswolke tötete mehr als 2 800 Menschen und verursachte bei etwa 200 000 weiteren schwere Verletzungen. Andere Quellen sprechen von 45 Tonnen Gas, 8 000 Toten und 500 000 Verletzten.

Figure 1: overview of events that led to the Bhopal disaster (Bhopal Medical Appeal, 2002)

In der Nacht vom 2. zum 3. Dezember 1984 gelangte auf ungeklärte Weise Wasser in einen der gefüllten Tanks. Es resultierte eine heftige chemische Reaktion bei der im Tankinneren eine hohe Temperatur und ein starker Druck entstanden, denen die Abdichtungen nicht standhielten.

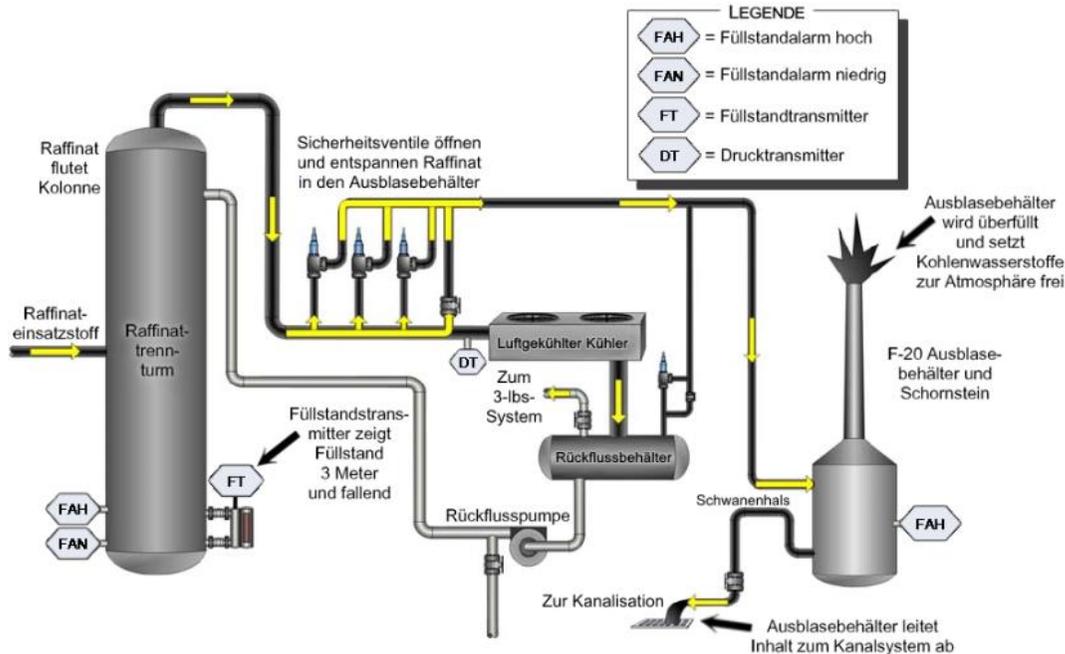
Gegen 2 Uhr früh entwich das Gemisch aus dem Tank. Eine Warnsirene, deren Signal ausgelöst wurde, wurde sogleich manuell wieder abgeschaltet. Die schwere Gaswolke breitete sich rasch aus und hüllte das Fabrikgelände und die umliegende Siedlung auf einer Fläche von mehr als zehn Quadratkilometern in giftigen, ätzenden Nebel. Die Menschen, die den Gasen in hoher Konzentration ausgesetzt waren, erstickten an der ausgelösten Schleimhautschwellung und Schleimsekretion. Bei den Überlebenden verursachte das Gift Lungen- und Augenschäden.

War die Katastrophe Folge des unvermeidbaren Restrisikos der Chemieproduktion?

Die Katastrophe war die Folge grober Fahrlässigkeit des Bedienungspersonals und der Werksleitung. Es bestand keine Notwendigkeit derart große Mengen MIC zwischenzulagern. Die Substanz hätte nach ihrer Herstellung sofort zu weniger gefährlichen Verbindungen weiterverarbeitet werden müssen. Es hatte schon in den Jahren vor 1984 kleinere Zwischenfälle gegeben, und es waren auch spezielle Sicherheitsvorschriften und ein Notfallplan ausgearbeitet worden, doch waren diese in den Schubladen der Betriebsleiter liegen geblieben. Die Chemiewerker waren in Sicherheitsfragen nicht geschult worden. Darüber hinaus waren die örtlichen Behörden nicht über die Gefahren informiert.

BP-Texas City, 23.03.2005; Start für HAZOP

James Baker Report (Jan.2007): „The 2005 tragedy -a process safety accident“



Anfahrvorgang/Überfüllung/ LOSS OF CONTAINMENT/ Explosion

- BP-Beschäftigte und Kontraktoren begannen eine Rektifikationskolonne(“Raffinatrennturm”) wieder anzufahren, die für eine Reparatur abgefahren worden war.
- Stand zu hoch :**Stand-Hochalarm ohne Funktion** , Anheizen, Sieden , Druckaufbau von 1,5 bar auf etwa 4,5 bar
- Die Kolonne lief über und Überschuß-Gasolin floss in eine Backup-Anlage (**Füllstandsalarm defekt**), die ebenfalls überlief und eine Gasolin Fontäne in die Luft sandte.
- Zündung durch Pick-up Truck mit laufendem Motor
- **15 Tote (Fremdfirmenmitarbeiter)**

Baker fordert mehr Gewicht auf Prozess-Sicherheit (2007) Start für HAZOP

The screenshot shows the OSHA website interface. At the top, it says 'UNITED STATES DEPARTMENT OF LABOR' and 'OSHA Occupational Safety & Health Administration We Can Help'. Below this are navigation tabs for 'Home', 'Workers', 'Regulations', 'Enforcement', 'Data & Statistics', 'Training', and 'Publications'. The main heading is 'Process Safety Management'. Below the heading, it lists 'U.S. Department of Labor Occupational Safety and Health Administration OSHA 3132 2000 (Reprinted)'. Further down, there is another 'OSHA Occupational Safety & Health Administration' section with navigation tabs for 'Home', 'Workers', 'Regulations', 'Enforcement', and 'Data & Statistics'. Underneath, it says 'Regulations (Standards - 29 CFR)' and has tabs for 'General Industry', 'Construction', 'Maritime', and 'Recordkeeping'. At the bottom, it says 'Standard Number > 1910'.

Process Safety Information Process Hazard Analysis

Operating Procedures
Employee Participation
Training
◦Contractors
Pre-Startup Safety Review
Mechanical Integrity
Hot Work Permit
Management of Change
Incident Investigation
Emergency Planning and Response
Compliance

<https://www.osha.gov/Publications/osh3132.html#moc>

Frei nach BAKER:
Die Sicht auf Arbeitsschutz verstellt den Blick auf Anlagensicherheit:
Sektorales Sicherheitsdenken muss abgelöst werden durch ganzheitliche Sicherheitsbetrachtung (HAZOP)

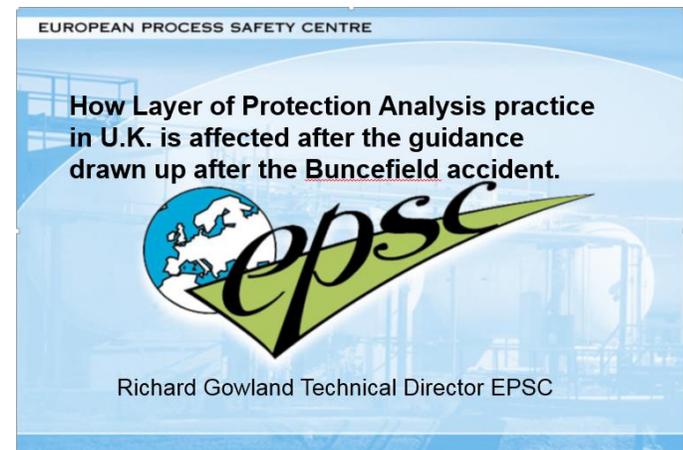
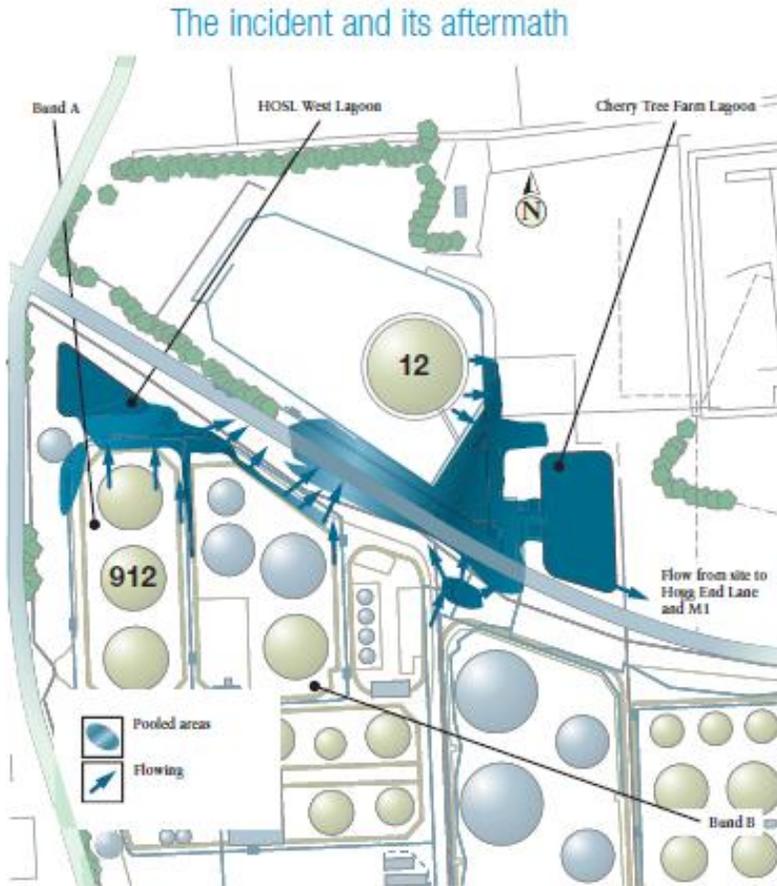
Top 10 – Most Accessed General Industry Standards

1. [Bloodborne Pathogens](#) – 1910.1030
2. [Hazard Communication](#) – 1910.1200
3. [Respiratory Protection](#) – 1910.134
4. [Occupational Noise Exposure](#) – 1910.95
5. [Powered Industrial Trucks](#) – 1910.178
6. [Permit-required Confined Spaces](#) – 1910.146
7. [Lockout/Tagout](#) – 1910.147
8. [Hazardous Waste Operations and Emergency Response](#) – 1910.120
9. [Guarding Floor and Wall Openings and Holes](#) – 1910.23
10. [Personal Protective Equipment](#) – 1910.132

https://www.osha.gov/pls/oshaweb/owasrch.search_form?p_doc_type=STANDARDS&p_toc_level=1&p_keyvalue=1910

BP-Buncefield Explosion , Dez. 11, 2005, UK

“Start” für LOPA!



Unglücksverlauf

- beim Füllvorgang eines Tanks mit KW hakte eines der beiden Füllstandsmeter, das andere (unabhängige Abschaltung bei oberem Füllstand IHLS, independent high level switch) war funktionsuntüchtig.
- keine Meldung an Control-Center möglich
- Tanküberfüllung, 912
- **Dampfwolke mit Ex-Atmosphäre, Zündung durch Starten der Löschwasser-Pumpe**
- zunächst 3 große Explosionen, 2 weitere Explosionen folgten,
- Feuer umfasste 23 große Öl-Tanks, incl. Tank 12 mit Kerosin,
- Feuer dauerte 5 Tage, Rauch stieg 3 km hoch
- 43 Personen verletzt, 2 schwer
- 250 000l Petroleum

Vorgeschichte

- Das Füllstandsmeter hatte wiederholt gehakt > keine effektive Aktion seitens Betreiber noch Instandhaltungs-Kontraktor
- **2. Barriere (layer of protection):** Rückhaltebecken um den Tank : versagte: Ausbreitung der Lache, Verdunstung
- **3. Barriere (layer of protection):** Kanalsystem+Rückhaltevolumina: versagte. Ausbreitung der Lache, Verdunstung, Eintritt in Grundwasser
- Die Anlage war an 3 Pipe-Lines angeschlossen. Davon konnten nur 2 Pipe Lines im Hinblick auf Menge und Zeitpunkt der Übernahme gesteuert werden.
- Druck auf das Personal-kein Ingenieur-Unterstützung von der Zentrale
- Audit hatte stattgefunden

Quelle: Buncefield: Why did it happen? The underlying causes of the explosion and fire at the Buncefield oil storage depot, Hemel Hempstead, Hertfordshire on 11 December 2005, http://www.epsc.org/news_details.aspx?Group=News&Page=HSEBuncefield

Bayerwerk Wuppertal-Elberfeld: 8.6.1999

Verwechslung einer Chemikalie führte zur Explosion

Herstellung eines Zwischenproduktes des Wirkstoffes Toltrazuril .

Dieser wird für ein Anti-Parasitenmittel eingesetzt, das in den vergangenen zehn Jahren an verschiedenen Bayer-Standorten hergestellt wurde; in der Anlage in Elberfeld letztmalig vor einem Jahr.

- ...für die Synthese dieses Zwischenprodukts .[.sollten] in den Reaktionskessel "RA222" **500 Kilogramm Pottasche** mit 2-Chlor-5-nitrotoluol (600 Kilogramm) und Dimethylsulfoxid (1200 Kilogramm) eingefüllt werden. Diese Mischung führte beim vorschriftsgemäßen Aufheizen nicht zu einer Reaktion.
- **Offensichtlich wurde jedoch statt Pottasche Ätzkali verwendet.**
- Dadurch kam es beim Aufheizen zu einer heftigen chemischen Reaktion mit Explosion und nachfolgendem Brand. Wie es zu der Verwechslung der Chemikalie kommen konnte, werden Behörden, externe Gutachter und Bayer-Experten weiter intensiv untersuchen.
- <http://home.arcor.de/taimos/cats/bayer.htm>



DPA

<http://www.spiegel.de/panorama/grossbild-26283-9808.html>

2004,2012 Sicherheitsvermutung: Deterministisches Vorgehen zum Sicherheitsstandard und Rest -Risiko

Deterministisches System der Sicherheitsbeurteilung

- **Sicherheitsvermutung'**: Es wird davon ausgegangen, dass der dokumentierte Stand der Technik ausreicht, dem Kriterium der Vermeidung von Gefährdungen zu entsprechen. **Durch den im Rahmen der Formulierung der Normen, Vorschriften usw. erfolgten Interessenausgleich wurde ein „zu akzeptierendes Risiko“ bestimmt, das bei Einhaltung eben dieser Normen bzw. Vorschriften zwangsläufig nicht überschritten wird.**
- Das bedeutet aber nicht, dass es kein „Restrisiko“ jenseits des durch die Regeln der Technik definierten Sicherheitsniveaus gäbe. ..
- Das daraus resultierende (Sachverständigen-I) Urteil enthält daher subjektive Werturteile und Unsicherheiten; Schlussfolgerungen sind, da auf groben unbestimmten Begriffen aufgebaut (.....hohe Wahrscheinlichkeit,..... hinreichend sicherusw.), angreifbar. R. Preiss ; LOPA, TÜV Austria,2012, Einleitung

Wenn also das Recht die Herstellung und Verwendung potentiell gefährlicher technischer Systeme nicht untersagt, sondern bei Einhaltung bestimmter Sicherheitsauflagen zulässt, so definiert es mit den vorgeschriebenen Sicherheitsstandard zugleich das verbleibende, rechtlich erlaubte technische Risiko [56].¹⁹ Dem Gesetzgeber ist es aufgrund der stetigen wissenschaftlichen, technologischen und technischen Fortentwicklung und der vielschichtigen und verzweigten Probleme technischer Fragen und Verfahren jedoch in der Regel nicht möglich, sämtliche sicherheitstechnischen Anforderungen, denen die jeweiligen Anlagen oder Gegenstände genügen sollen, bis ins einzelne festzulegen.

Quelle:SFK_GS_41, Risikomanagement im Rahmen der StörfallIV, 21.4.2004

2004,2009,2012 Probabilistische Risikogrenzwerte,

Probabilistischer Ansatz

Die spezielle Bedeutung quantitativer bzw. probabilistischer Analysemethoden liegt darin, bei großen Gefahrenpotenzialen als vertiefende Erkenntnisquelle zu wirken und derart Defizite bei der vorangehenden deterministischen Betrachtung bzw. Maßnahmenbemessung zu identifizieren.

Ferner sind die Ergebnisse, da nicht als unbestimmtes qualitatives Urteil formuliert, eindeutig umrissen und somit besser argumentierbar. R. Preiss ; LOPA, TÜV Austria,2012, Einleitung

Die ergänzende Nutzung von probabilistischen Risikoanalysen wird Betreiber, Behörden, Sachverständige und die Öffentlichkeit mit neuen Fragen konfrontieren. Mit einem erheblichen Informations- und Abstimmungsbedarf ist zu rechnen, der von der betriebsinternen Anwendung der Analysen bis zur Nutzung für den anlagenbezogenen Sicherheitsbericht im Genehmigungsverfahren zunehmen wird. Zudem kann bei der Anwendung dieser Methoden bzgl. Annahmen und Daten derzeit nicht in vergleichbarem Umfang auf abgestimmtes und veröffentlichtes Regelwerk zurückgegriffen werden, wie bei den deterministischen Methoden. In der Einführungsphase wird daher in den Anwendungsfällen ein gesteigerter Informations- und Diskussionsbedarf entstehen, wenn eine vergleichbare Transparenz hergestellt werden soll.

2004, Kap 5.3..5.: https://www.kas-bmu.de/publikationen/sfk/sfk_gs_41.pdf

[GL Quantitative Safety Risk Criteria,P.68,Table 3.1,fig3.3; CCPS 2009](#)

	Worker, max Risk lower level	Public
NL	-	1E-6
CH	-	1E-5
UK	1E-6	1E-6
USA	1E-5	1E-7

16.08.2017 LANUV: Quantitative und qualitative Methoden der Gefahrenanalyse

„Deutschland wurden zur Durchführung von Gefahrenanalysen im Rahmen von Sicherheitsanalysen und –berichten bisher hauptsächlich deterministische Methoden angewendet. Nach gültigem Recht sind quantitative Methoden im Rahmen der Risikobetrachtungen auch nicht erforderlich.

Die deutsche Störfall-VO hat das Ziel, das Leben von Menschen, die Gesundheit einer großen Anzahl von Menschen und die Umwelt, insbesondere Tiere und Pflanzen, den Boden, das Wasser, die Atmosphäre sowie Kultur- und sonstige Sachgüter vor ernstesten Gefahren zu schützen, die von einem Störfall ausgehen können.

Der deterministische Ansatz hat sich als sinnvoll erwiesen, weil die deutsche Störfall-VO den vollständigen Ausschluss von ernstesten Gefahren fordert und das bestehende sicherheitstechnische Regelwerk als Bewertungsmaßstab einbezogen wird“. (*Kein überzeugendes Argument, der Autor*)

„Die Einführung des quantitativen Risikobegriffs in die Bewertung einer Anlage erscheint wegen des festzulegenden Grenzzrisikos problematisch. Beim Einsatz quantitativer Methoden, in denen z. B. konkrete Daten über Zuverlässigkeitswerte von Maschinen und Anlagen einbezogen sind, muss noch die gesellschaftliche Akzeptanz bzw. die Bereitschaft, feste Werte für das Restrisiko zu übernehmen herbeigeführt werden.

Die Berechnung eines Risikos sowie die Festlegung eines Restrisikos sind nicht Bestandteil der derzeitigen Verwaltungspraxis. Die Seveso- Richtlinien bzw. die Störfall-VO verlangen dies auch nicht. Diesem Sachverhalt wird auch in dem Leitfaden zur Erstellung eines Sicherheitsberichts der EU-Kommission Rechnung getragen [36“].

([36] Guidance on the Preparation of a Safety Report to Meet the Requirements of Directive 96/82/EC as Amended by Directive 2003/105/EC (Seveso II), Joint Research Centre Ispra, 2005, Report EUR 22113 EN

16.08.2107 https://www.lanuv.nrw.de/fileadmin/lanuv/anlagen/pdf/Sicherheitsbericht_Stoerfallverordnung.pdf Dort Hinweis auf SFK-GS41(2004)

Kap.2.6.4.3

2004 Grenzwert für Prozess-Sicherheit, Risikomatrix

Risikomatrix: Beispiel

(potentielle) Auswirkungen	Eintrittshäufigkeit		
	Selten	Manch-mal	Oft
Todesfälle; ernste Auswirkungen auf Umwelt/Öffentlichkeit; großer Sachschaden			
Schwere Verletzungen; begrenzte Auswirkungen auf Umwelt/Öffentlichkeit; Sachschaden			
Verletzungen; keine Auswirkungen auf Umwelt/Öffentlichkeit; geringer Sachschaden			
Unwesentliche Auswirkungen auf Menschen/Umwelt/Öffentlichkeit/Sachen			

- Risiko nicht vertretbar
- Risiko nicht ausreichend bestimmt, weitere Analyse erforderlich
- Risiko ist vertretbar

Risikomatrix

- „Eine grundlegende Voraussetzung für die erfolgreiche Beherrschung industrieller Risiken ist die knappe und klare **Festlegung des gewünschten Grenzwerts für die Prozess-Sicherheit (tolerierbares Risiko)**.
- Diese Festlegung kann unter Beachtung
 - **nationaler und internationaler Normen und Vorschriften,**
 - unternehmenseigenen **Standards und**
 - **von Vorgaben anderer beteiligter Stellen wie beispielsweise der Gemeinde, der örtlichen Rechtsprechung und**
 - **von Versicherungsgesellschaften sowie**
 - **der Regeln guter Ingenieurpraxis**
 festgelegt werden.
- **Dieser Grenzwert wird für einen Prozess, ein Unternehmen oder einen Industriezweig festgelegt. Er sollte nicht verallgemeinert werden, solange dies nicht in gesetzlichen Regelungen oder in Normen geschieht.“**

EN :61511-3:2019-02 C.2

Grundgedanken und Methodik Risiko-management im Rahmen der STÖRFAIV, SFK_GS_41(2004)
http://www.kas-bmu.de/publikationen/sfk/sfk_gs_41.pdf

Der „Grenzwert“ ist oft der gelbe/grüne Grenzbereich, der in UK als ALARP bezeichnet wird:
 As Low As Reasonably Practicable

2004 Risikostudien in USA, Todesfallrisiken 1E-4 bis 1E-6 >de minimis, <de manifestis risks

Seitdem hat sich die Risikobetrachtung („Risk Assessment“) als integraler Bestandteil bei der Entwicklung von Gesetzen und Vorschriften etabliert [36]. Häufig werden bei Betrachtung von Umwelt- und Gesundheitsrisiken Szenarien über lebenslange (70 Jahre) oder jährliche krebsinduzierte Todesfallrisiken in der Größenordnung von 1:10.000 (10^{-4}), 1:100.000 (10^{-5}), und 1:1.000.000 (10^{-6}) angewendet [37].

Unterer Grenzwert

Mitte der 80er Jahre entwickelte sich dabei das Konzept des „de minimis risk“, wobei davon ausgegangen wird, dass eine Risikoschwelle existiert, unterhalb derer es gesellschaftlich uneffektiv ist, weitere Risikominderung zu betreiben. Im Rahmen des *de minimis risk* haben z.B. die USEPA und die Food and Drug Administration (FDA) Regulierungsschwellen von 1:1.000.000 (10^{-6}) für einen zusätzlichen Todesfall bei einer Million Betroffener über eine Lebensspanne von 70 Jahren vorgeschlagen.

Oberer Grenzwert

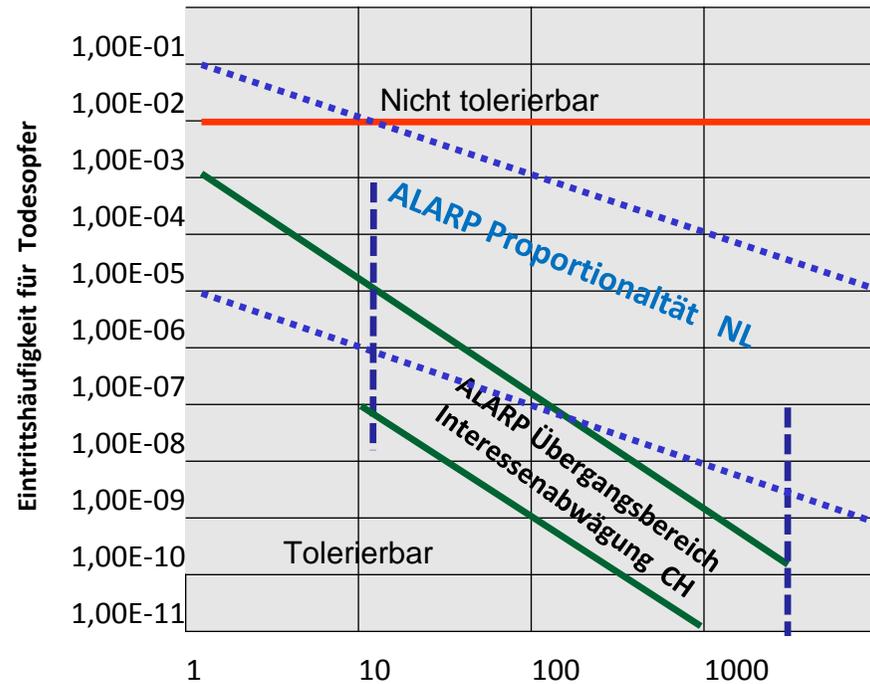
Im Gegensatz dazu stehen sogenannte de manifestis risks, mit einem Schwellwert von 4×10^{-4} , den die U.S. Aufsichtsbehörden fast ausnahmslos als nicht vertretbar ansehen. Dieser Wert wird auf 3×10^{-4} abgesenkt, sobald die Gesamtanzahl in der Bevölkerung 250 Krebstote übersteigen könnte [38].

[37] United States Environmental Protection Agency (EPA), *A Guide to the Biosolids Risk Assessments for the EPA Part 503 Rule*, Washington, DC: USEPA, September 1995

Störfallkommission BMU, 2004
[sfk_gs 41](#), kap. 2.4.4, S28

2006 Quantitative Risikoanalyse –Quo vadis? Vergleich der Akzeptanzlinien zum Schutz vor Störfällen NL-CH

Geschätzte Wahrscheinlichkeit für Durchschnittspersonen aus der Gesamtbevölkerung, innerhalb eines Jahres ums Leben zu kommen	
Alle Ursachen	1,14E-02
Krebs	2,78E-03
alle externe Ursachen (Unfälle, Selbstmorde, etc)	3,26E-04
alle Straßenunfälle	6,37E-05
Dammüberflutung	2,32E-05
Blitzschlag	6,67E-08
Bergtour	4,00E-05
Flug	1,00E-04
Bahnreise	6,76E-06
Kernschmelze KKW-Altanlagen	1,00E-04
Kernschmelze KKW-Neuanlagen	1,00E-05



Anzahl Todesopfer in der Öffentlichkeit Vergleich der Akzeptanzlinien zum Schutz vor Störfällen

Rechtsverbindlich: |
CH :ja, NL: nein | Betrachtungsgrenz

ALARP «As low as reasonably practicable»

Quelle: QRA-Quo Vadis, Tutzing- Symposion März 2006, Praxis der Sicherheitstechnik, Vol 7, Dechema, W.Kröger ,Bild 2,S.77

2012 Österreich Risikogrenzwerte

Individualrisiken der allgemeinen Lebensumgebung in Österreich ³⁶			
Ereignis	Individualrisiko	Jährliche Ereigniszahl	Anmerkung
Tödlicher Verkehrsunfall	$6 \cdot 10^{-5}$	522	Bezogen auf die Gesamtbevölkerung
Mord	$1,8 \cdot 10^{-5}$	141	
Tödlicher Blitzschlag	$3,6 \cdot 10^{-7}$	3	
Tödlicher Arbeitsunfall	$4,5 \cdot 10^{-5}$	185	
Arbeitsunfall (> 24 Stunden Krankenhausaufenthalt)	$1,5 \cdot 10^{-2}$	118.000	

- „Als „Absolutgrenze“ für die Grenze des Verantwortungsbereiches der Allgemeinheit wird ein Individualrisiko von 10^{-5} bis 10^{-6} bezogen auf Todesfälle pro Jahr angegeben. (CENELEC-Norm EN 5012638 Bahnanwendungen)
- Der damit verbundene Begriff lautet „Minimale Endogene Mortalität (MEM)“ und gibt die allgemeine Mortalität eines europäischen Jugendlichen mit einem Wert von 2×10^{-4} Todesfällen pro Jahr an.
- Das zulässige Risiko, das durch ein technisches System entsteht, darf zu diesem Wert nicht „nennenswert“ beitragen. Da jeder Mensch mehreren technischen Systemen ausgesetzt ist, wird dies mit 20 Systemen normiert. Der Schwellwert wird 1/20 MEM festgelegt und beträgt somit 10^{-5} Tote pro Jahr“.

TÜV Austria Akademie: Layer of Protection Analyse (LOPA) zur risikobasierenden Bewertung von Szenarien , Anhang
<https://www.tuv-akademie.at/shop/produktdetail/kategorie/tuev-fachverlag/produkt/layer-of-protection-analyse-l.html>

2012 EPSC, Häufigkeiten beim Ausfall von Anlagenteilen: Berücksichtigung von hoher Anzahl gleicher Bauteile und deren Lebensdauer

Häufigkeiten/ Jahr	Art des Auftretens
$>10^{-2}$	Kann mehrmals während der Anlagen-Laufzeit (20 zu 30 Jahre) auftreten
$10^{-2} - 10^{-3}$	Kann einmal für 10 bis 20 ähnliche Anlagen während der Anlagen-Laufzeit (20 zu 30 Jahre) auftreten ($1/10 \times 20 = 1/200 = 5 \cdot 10^{-3}$ aufgerundet 10^{-2} (1E-2); $1/20 \times 30 = 1/600 = 1,6 \times 10^{-3}$, abgerundet 10^{-3} (1E-3))
$10^{-3} - 10^{-4}$	Einmal pro Jahr für wenigstens 1000 Anlagen. Einmal für 100 bis 200 ähnliche Anlagen in der Welt während Laufzeit (20 bis 30 Jahre) der Anlage: Hat bereits im Unternehmen stattgefunden, aber Korrekturmaßnahmen sind durchgeführt worden.
$10^{-4} - 10^{-5}$	Hat bereits wenige Male in der Industrie stattgefunden, aber Korrekturmaßnahmen sind durchgeführt worden.
$<10^{-5}$	Ereignis physikalisch vorstellbar, ist aber nie eingetreten oder nur wenige Male während eines Zeitraums von 20- 30 Jahre für eine große Menge an Einheiten (> einige tausend, z.B: Kesselwagen, Betriebsfässer,...)

[Report 33, Safety Critical Measures , Ch.12.2.3
http://www.epsc.org//data/files/Reports/ReportNo33.pdf](http://www.epsc.org//data/files/Reports/ReportNo33.pdf)

2005 Risiko-Akzeptanz: Workshop in Bonn

Individuelles Risiko

UR: umgebungseigenes Risiko=individuelles Risiko

Der Schutz der individuellen
Bürger vor den Risiken durch
Anlagen mit gefährlichen Stoffen

Ir.Robert Geerts

[http://www.kas-
bmu.de/publikationen/andere/ws
_risiko.pdf](http://www.kas-bmu.de/publikationen/andere/ws_risiko.pdf)



Individuelles Risiko versus Gruppen-Risiko

- Wenn 2 Personen am selben Ort dieselbe Zeit arbeiten, sind beide demselben Risiko ausgesetzt. Das individuelle Risiko steigt nicht, weil es 2 Personen sind. (**Aber das Gruppen-Risiko (Opfer von einem Einzelereignis nächste Folie) steigt.**)
- Das individuelle Risiko beschreibt nicht vollständig Situationen, wo ein oder mehrere –fiktive-Ereignisse vielfache Opfer fordern, z:b: **Person A wird Opfer eines Einzel-Ereignisses. Ein anderes –fiktives-Ereignis fordert 5 Todesfälle, einer davon ist Person A.**
- **Beide Ereignisse tragen zum individuellen Risiko von Person A bei.**
- NL: Individuelles Risiko wird nur für „Public“, nicht für Betriebspersonal festgelegt
- UK: Festlegungen für Beide

Individualrisiko – definiert als das Risiko pro Jahr der der Gefährdung **der** am meisten ausgesetzten Person.
Es gibt dafür üblicherweise einen vertretbaren Höchstwert. Zu diesem Höchstwert tragen üblicherweise alle Gefährdungsquellen bei.

61511-3: 2019-02, Kap. D3 Kalibrierung

2004,2005 Risiko-Akzeptanz: Workshop in Bonn

Gruppen- Risiko

KR: Kollektiv-Risiko

= Risiko einer Gemeinschaft
Gemeinschaftliches Risiko
(societal risk)

„Gruppen-Risiko“

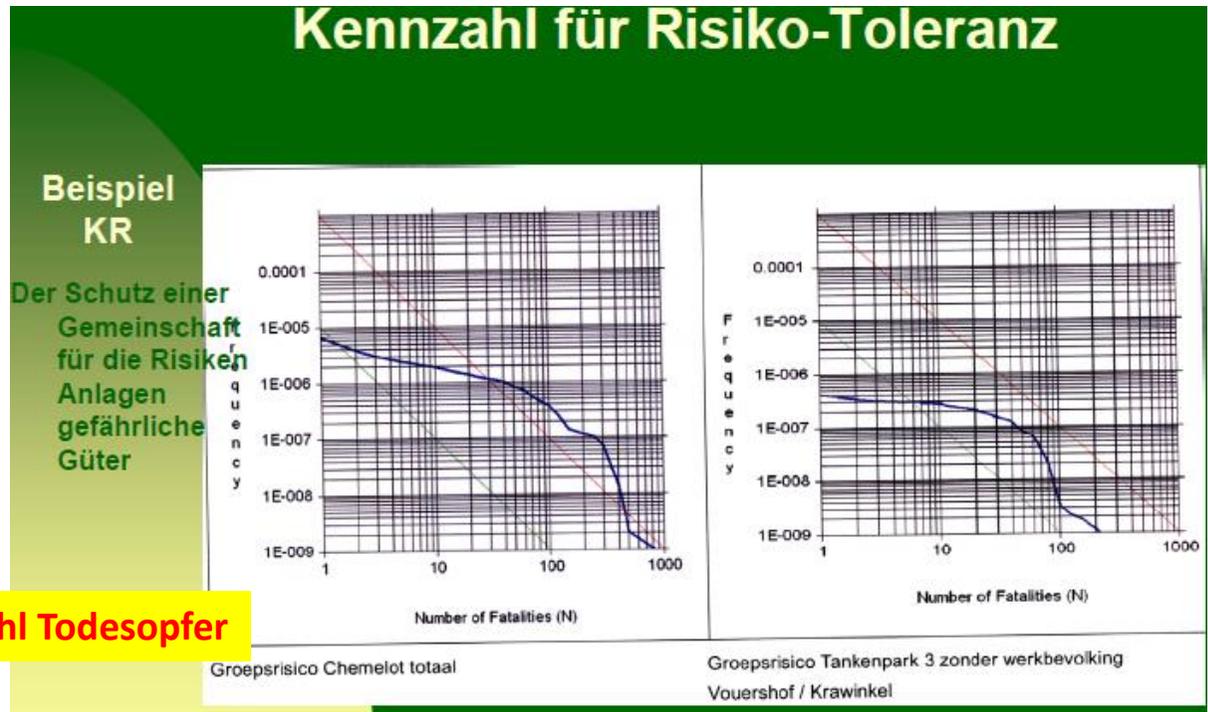
Unterschiedliche Risiko-
Ausprägung
Von 2 verschiedenen Standorten
mit verschiedenen Aktivitäten

Gruppenrisiko in F-N-Diagrammen

Beschreibt kumulative Häufigkeit von N
oder mehr Opfern von einem
Einzelereignis, summiert für alle
Ereignisse, das zu 1 Opfer oder
mehreren, zu 2 Opfern oder mehreren,
etc. führen Ir.Robert
Geertsh [http://www.kas-
bmu.de/publikationen/andere/ws_risiko.
pdf](http://www.kas-bmu.de/publikationen/andere/ws_risiko.pdf)

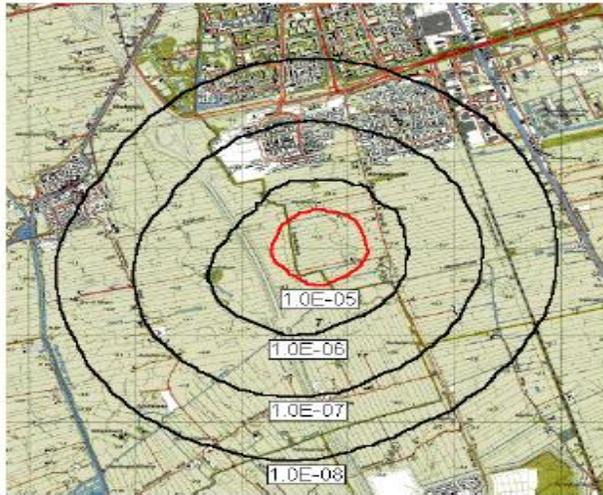
Gruppen/ Gesellschaftliches Risiko – definiert als das Risiko pro Jahr, dem eine Gruppe von Personen ausgesetzt ist. Normalerweise muss dieses Risiko bis zu einem Wert reduziert werden, der durch die Gesellschaft toleriert werden kann und bei dem die Kosten für eine weitere Risikominderung in keinem Verhältnis zu dieser Risikominderung mehr stehen.

61511-3:E 2013, Kap. D3 Kalibrierung = 2019-02

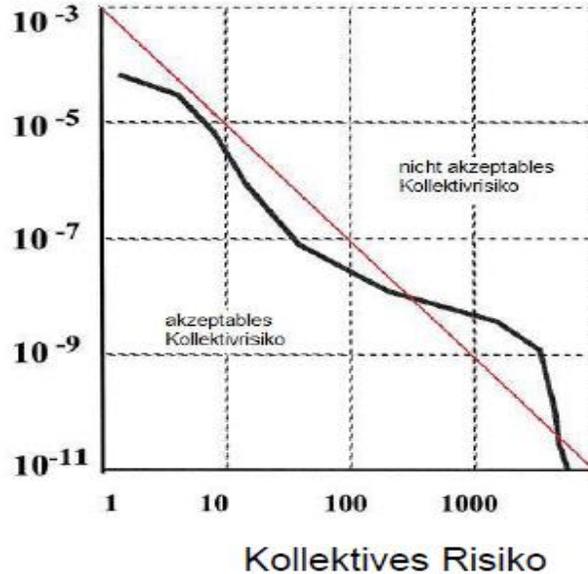


2012/2013 Individuelles/umgebungseigenes Risiko (aus Perspektive einer Person, Gruppen/Kollektiv- Risiko (wichtig für Unternehmen)

http://www.suqr.uni-wuppertal.de/fileadmin/site/suqr/Kolloquium_Download/Drewitz_2012-06-19.pdf



Individualrisiko [1/a]



Die genaue Beziehung zwischen individuellem und Gruppenrisiko variiert mit den spezifischen Umständen, aber ein häufig verwendeter Richtwert, der auf Erfahrungen mit zahlreichen Risikobewertungen basiert:
IR = 10⁻⁴ entspricht GR= 10⁻⁵

2013 9th . Global Congress on Process Safety ISSUES IN DEVELOPING AND USING RISK TOLERANCE CRITERIA, http://www.allriskengineering.com/library_files/AIChE_conferences/AIChE_2013/data/papers/Paper293695.pdf

4.4.1 Das individuelle Risiko bietet eine Perspektive auf das Anlagen-Risiko aus der Sicht eines Individuums, sei es ein Arbeitnehmer oder ein Mitglied der Öffentlichkeit.
 Das Gruppen-Risiko bietet eine Perspektive auf das Risiko für das Unternehmen,; potenziell katastrophale Ereignisse.

Die potenzielle Auswirkung auf ein Unternehmen bei mehrfachen Todesfällen steigt an, im Gegensatz zu individuellen Todesfällen.

Während das Unternehmen die Möglichkeit hat, zu bestimmen, welche Arten von Risiken sie angehen wird, wird sich die Industrie zunehmend der Vorteile einer ausgewogenen Risikoperspektive bewusst, die sowohl individuelle als auch Gruppen-Risiken berücksichtigt

CCPS 2009, GL Developing quantitative safety risk, Ch 4.11, p.99

Ein Beispiel für das Vorgehen eines Unternehmens zur Festlegung einer max. Häufigkeit eines einzelnen gefährlichen Ereignisses

Für jedes bestimmte Ereignis kann die Wahrscheinlichkeit eines Todesfalls für eine bestimmte Person anhand der Wahrscheinlichkeit bestimmt werden, dass die gegebene Person zum Zeitpunkt des Ereignisses anwesend ist (Anwesenheit) und,, die Wahrscheinlichkeit, dass die gegebene Person lebensgefährlich verletzt wird (Verwundbarkeit).

Bei Risiken vor Ort hängt die Anwesenheit einer Person von den Arbeitszeiten ab. Beispielsweise hat ein Arbeitnehmer in einer 40-Stunden-Woche einen Belegungsanteil von etwa **0,24** (40/168).
 $7 \cdot 24 = 168$

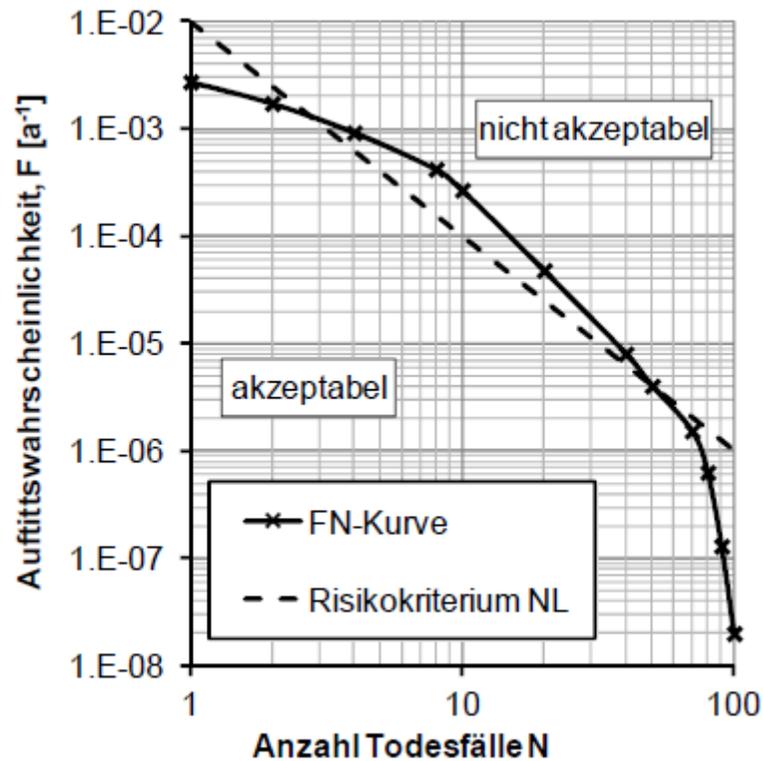
Die Anfälligkeit einer Person für ein Ereignis hängt vom Ort der Person im Verhältnis zum Ereignis und dem Gefahrenbereich des Ereignisses ab. Einige Ereignisse können mit einer sehr hohen tödlichen Wahrscheinlichkeit für den gegebenen Arbeiter verbunden sein, während bei anderen Ereignissen die Wahrscheinlichkeit gering sein kann. Eine Schätzung der Anfälligkeit von 50 % (**0,5** Wahrscheinlichkeit des Todes) könnte für alle Ereignisse auf einer Einheit angemessen sein.

Das Beispiel ergibt ein individuelles Risikokriterium von 10^{-5} Todesfällen/Jahr pro Szenario (=ein spezifisches Risikokriterium der Site von 10^{-3} Todesfällen/Jahr, das auf **100 Szenarien verteilt ist**). Basierend auf den obigen Annahmen wäre die entsprechende tolerierbare Häufigkeit für die Szenario - häufigkeit. Ereignishäufigkeit/Jahr =
 $(10^{-5} \text{ Todesfälle/Jahr}) / (0,24 \times 0,5, \text{ Tod/Ereignis}) = \mathbf{10^{-4} \text{ Ereignis/Jahr}}$

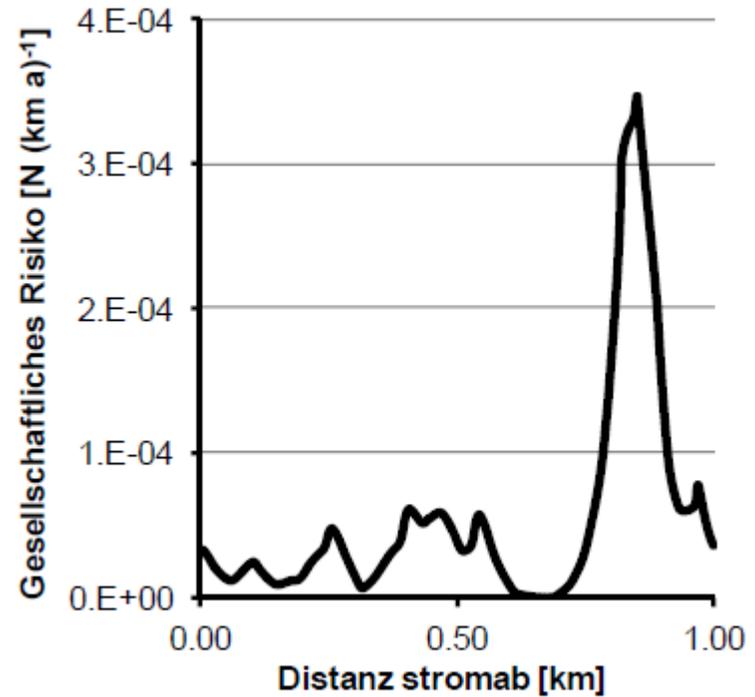
Kriterien	Personen innerhalb Fabrik-gelände	Personen außerhalb Fabrik-gelände
	Todesfälle /Jahr	
Max. Individuelles Risiko alle gefährlichen Ereignisse	1E-3	1E-4
Max. Individuelles Risiko eines einzelnen gefährliche Ereignis	1E-5	1E-6
Max. Häufigkeit eines einzelnen gefährlichen Ereignisses	1E-4	1E-5

CCPS 2009, GL Developing quantitative safety risk, Ch 4.11, p.99,100

2013 Quantitative Risikobetrachtungen von Pipeline-Systemen



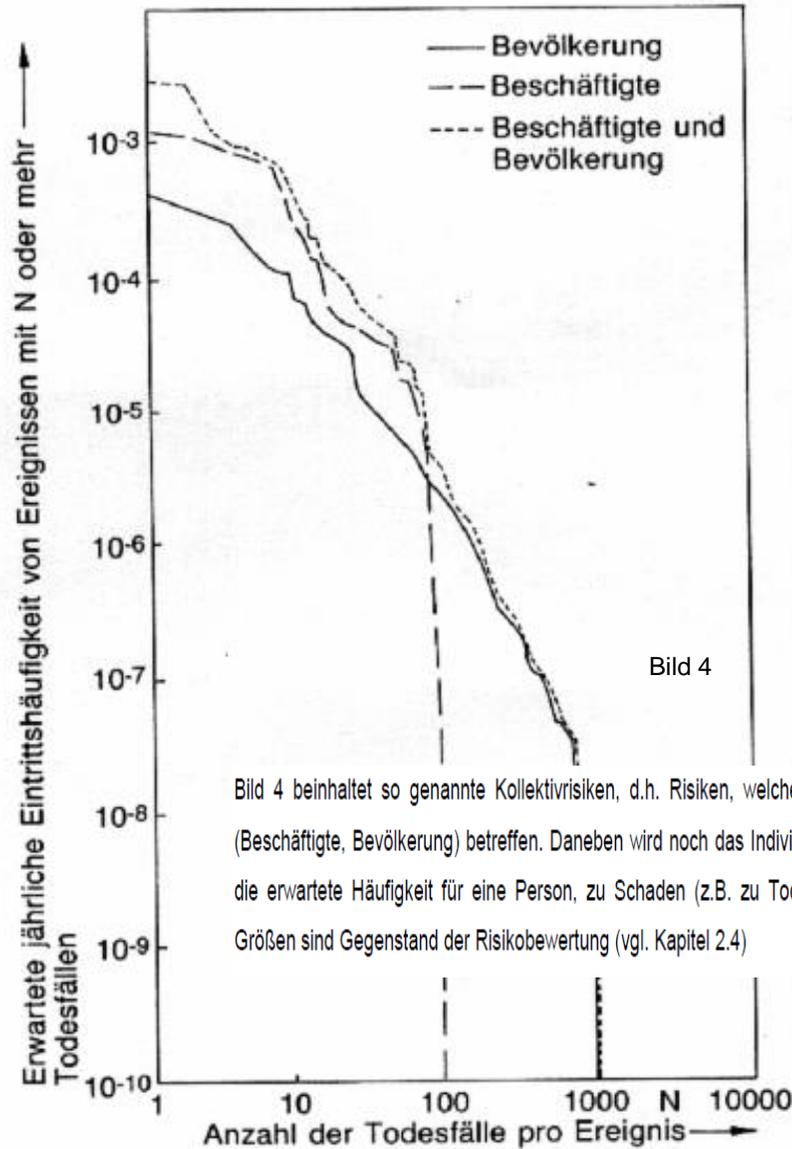
FN-Kurve



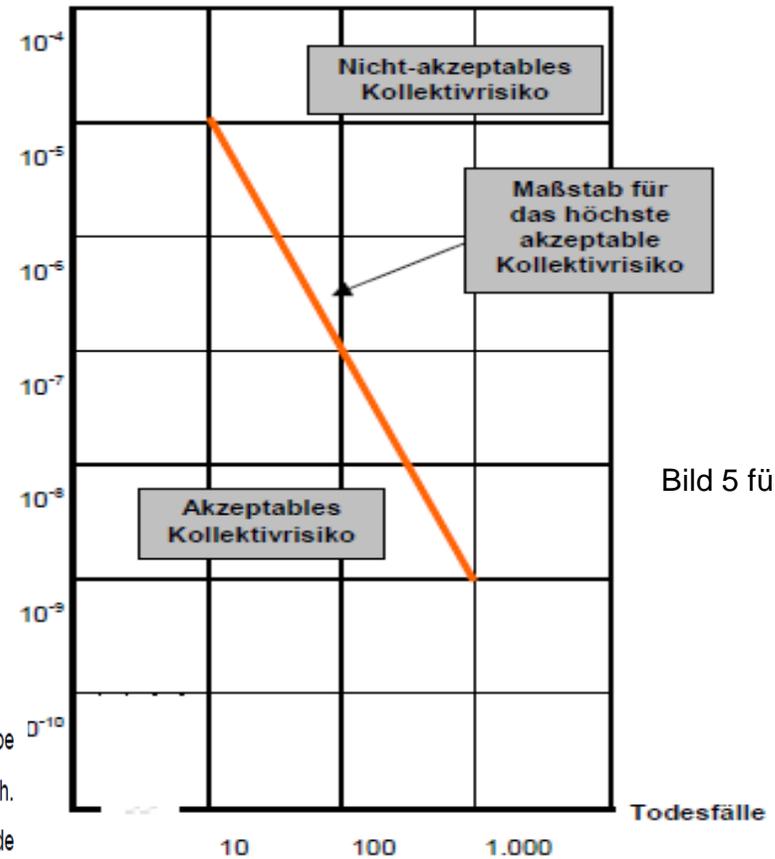
Gesellschaftliches Risiko entlang der Pipeline-Trasse

Infobrief 37, Dechema Processnet, 2013
 Urban Neunert, ILF Beratende Ingenieure GmbH,
 München

Seveso III RL (2.6.2015): „Schadensrisiko als Genehmigungskriterium“



Häufigkeit pro Jahr



Bilder aus: SKF_GS 41, 2004, Kommission Anlagensicherheit beim BMU

http://www.kas-bmu.de/publikationen/sfk_pub.htm

KAS 1-B 2015 (“Richtwerte für sicherheitsrelevante Anlagenteile (SRA) und sicherheitsrelevante Teile eines Betriebsbereiches (SRB)“)

2009: EU-Entscheidung zu RAPEX-Informationsaustausch

Tabelle 4

Risikograd als Resultat der Kombination aus Schweregrad der Verletzung und Wahrscheinlichkeit

Wahrscheinlichkeit einer Schädigung während der voraussichtlichen Lebensdauer des Produkts		Schweregrad der Verletzung			
		1	2	3	4
	> 50 %	H	E	E	E
	> 1/10	M	E	E	E
	> 1/100	M	E	E	E
	> 1/1 000	N	H	E	E
	> 1/10 000	N	M	H	E
	> 1/100 000	N	N	M	H
	> 1/1 000 000	N	N	N	M
	< 1/1 000 000	N	N	N	N

E – Ernstes Risiko
H – Hohes Risiko
M – Mittleres Risiko
N – Niedriges Risiko

Rapex Tab 4

Kombiniert man diese Kriterien, so lassen sich die vier Schweregrade wie folgt definieren:

1. Verletzung oder Folgeerscheinung, die nach der Durchführung von Sofortmaßnahmen (Erste Hilfe, in der Regel nicht durch einen Arzt) keine wesentliche Funktionsbeeinträchtigung bzw. keine großen Schmerzen verursacht; in der Regel sind die Folgeerscheinungen vollkommen reversibel.
2. Verletzung oder Folgeerscheinung, 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.
3. Verletzung oder Folgeerscheinung, die in der Regel eine stationäre Behandlung erfordert und zu einer Funktionsbeeinträchtigung während mindestens sechs Monaten oder zu einem dauerhaften Funktionsverlust führt.
4. Verletzung oder Folgeerscheinung, die zum Tod führt oder führen könnte, einschließlich Hirntod; reproduktionstoxische Folgen; Verlust von Gliedmaßen oder schwerwiegende Funktionsbeeinträchtigung, der/die zu einer Behinderung von mehr als ca. 10% führt.

Zitiert in :TÜV Austria Akademie: Layer of Protection Analyse (LOPA) zur risikobasierenden Bewertung von Szenarien , Kap.3
<https://www.tuv-akademie.at/shop/produktdetail/kategorie/tuev-fachverlag/produkt/layer-of-protection-analyse-l.html>
http://www.maschinenrichtlinie.de/fileadmin/dokumente/2009-95-EU_RAPEX-Leitlinien.pdf

2001/95/EG : Allgemeine Produktsicherheit

ENTSCHEIDUNG DER KOMMISSION

vom 16. Dezember 2009

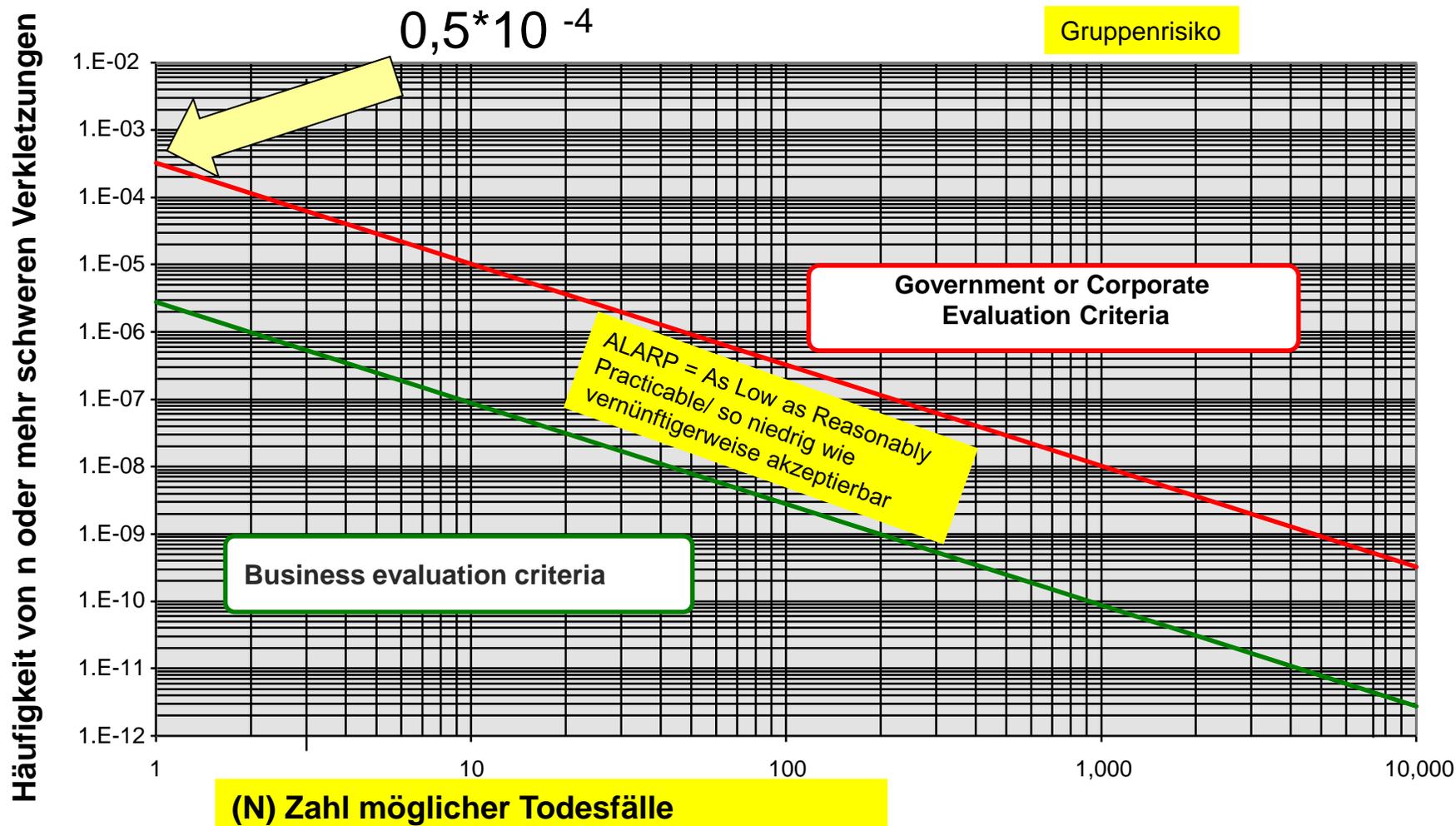
zur Festlegung von Leitlinien für die Verwaltung des gemeinschaftlichen Systems zum raschen Informationsaustausch „RAPEX“ gemäß Artikel 12 und des Meldeverfahrens gemäß Artikel 11 der Richtlinie 2001/95/EG über die allgemeine Produktsicherheit

(Bekannt gegeben unter Aktenzeichen K(2009) 9843)

(2010/15/EU)

Kat 4-Ziel: 1E-6

2010 Risiko-Matrix und Toleranzkriterien: European Best Practice for industrial Disaster Risk Management



European Best Practice for industrial Disaster Risk Management (IDRM), Christian Jochum, September 2010, www.hrdp-idrm.in/live/hrdpmp/.../KM_Indien_bestpractice_09-10v3.ppt, Folie 21

2012 in Österreich

Akzeptanz und Toleranzgrenzwerte

Risikomatrix zur Anwendung des LOPA Verfahrens für Einzelszenarien der Prozesstechnik			
Häufigkeit			
$10^{-2} - 10^{-3}$ [1/yr]			
$10^{-3} - 10^{-4}$ [1/yr]			
$10^{-4} - 10^{-5}$ [1/yr]			
$10^{-5} - 10^{-6}$ [1/yr]			
$10^{-6} - 10^{-7}$ [1/yr]			
	C1	C2	C3
Konsequenz Personenschaden	Verletzung mit > 24 Std. Krankenhaus und/oder reversible Beeinträchtigung / Verletzung	Irreversible Verletzungen (long term health effects) oder Todesfall innerhalb bzw. reversible Verletzungen außerhalb des Betriebsgeländes	Irreversible Verletzungen oder Todesfall außerhalb oder mehrere Todesfälle innerhalb des Betriebsgeländes
Konsequenz Umweltschaden	Weitreichende Folgen möglich, lokale Intervention inner- oder außerbetrieblicher Stelle erforderlich UND reversibler Schaden	Weitreichende Folgen möglich, überregionale Intervention (z.B. Verständigung der Landeswarnzentrale) erforderlich UND reversibler Schaden	Irreversible Umweltschäden möglich, überregionale oder nationale Intervention erforderlich

C3-Ziel 1E-5

Das Restrisiko von Szenarien bei Bestandsanlagen in Österreich im gelben Bereich kann unter folgenden Bedingungen als tolerabel angesehen werden :

- Das Szenario ist in vollem Umfang bekannt und verstanden.
- Die Maßnahmen, die bei der Ermittlung des Restrisikos berücksichtigt wurden, entsprechen dem Stand der Technik nach der Definition von § 71 a GewO (Österreich) in Verbindung mit deren Anlage 6 (womit u. A. auf Verhältnismäßigkeit, Möglichkeit zur technisch sinnvollen Umsetzung weiterer/moderner Maßnahmen oder das Alter einer Anlage Bezug genommen wird).
- Es ist eine regelmäßig wiederkehrende Evaluierung und Bewertung des Szenarios vorzunehmen, um neue Erkenntnisse aus dem praktischen Betrieb der betreffenden und vergleichbarer Anlagen und des technischen Fortschritts entsprechend zu berücksichtigen.

Die angegebenen Akzeptanz- und Toleranzgrenzwerte sind jedoch nur in Zusammenhang mit der Anwendung des LOPA-Verfahrens als Risikogrenzen zur Bewertung von Einzelszenarien in prozesstechnischen Anlagen anzuwenden.

TÜV Austria Akademie: Layer of Protection Analyse (LOPA) zur risikobasierenden Bewertung von Szenarien , Kap.3 <https://www.tuv-akademie.at/shop/produktdetail/kategorie/tuev-fachverlag/produkt/layer-of-protection-analyse-l.html>

2012 EPSC-Risikomatrix

(vom Referenten aus Tabelle 12.2.1-3 zusammengefügt)

Ty- Aus maß	Auswirkungen (Tabelle 12.2.2)			Eintrittshäufigkeit/Jahr Tab.12.2.3				
	Personen innerhalb Standort	Umgebung außerhalb/innerhalb Standort	Werte	<10 ⁻⁵	10 ⁻⁴ -10 ⁻⁵	10 ⁻³ -10 ⁻⁴	10 ⁻² -10 ⁻³	> 10 ⁻²
5	viele Todesopfer	<u>Außerhalb Standort</u> letale Wirkungen auf großen bewohnten Zonen - mehrere Todesopfer Große und anhaltende Verschmutzung und/oder umfangreicher Verlust von Leben im Wasser	> 100 MIO.€					
4	tödliche Auswirkungen auf mehrere Personen (mehrere Todesfälle)	<u>Außerhalb Standort</u> tödliche Wirkung ein Todesfall - mehrere Verletzungen, erhebliche Verschmutzung mit nachhaltigen Auswirkungen auf die Umwelt	10 - 100 M€					
3	tödliche Wirkung auf eine Person - mehrere (permanente) Invaliditätsfälle	<u>Außerhalb Standort</u> dauerhafte Auswirkungen Evakuierung von Personen, erhebliche Umweltverschmutzungen	2 – 10 MIO.€					
2	permanente Verletzung - Arbeitsausfall	<u>Innerhalb des Standorts</u> nicht dauerhafte Auswirkungen Mäßige Verschmutzung	0,2 – 2 MIO.€					
1	keine dauerhafte Verletzungen – meldepflichtige Verletzungen, kein Arbeitsausfall– medizinische Behandlung	keine Wirkung Freisetzung von Schadstoffen erfordert eine Meldung an die Behörden, ohne Folgen für die Umwelt	200 k €					

<http://www.epsc.org//data/files/Reports/ReportNo33.pdf>

LOPA

2019 S2S –A Gateway for Plant and Process Safety Training – LOPA

K	Auswirkungen				Eintrittshäufigkeit/Jahr					
	Personal	Menschen außerhalb Werk	Umwelt	Betrieb	1E-6 1E-5	1E-5, 1E-4	1E-4, 1E-3	1E-3, 1E-2	1E-2, 1E-1	1E-1, 1E-0
5	Tod oder permanente Behinderung	Eine oder mehrere schwere Verletzungen	Bedeutender Stoffaustritt mit ernstesten akuten oder Langzeit- Gesundheits Schäden außerhalb Werksgelände	Schaden am Betrieb >10Mio oder großer Produktions-Ausfall	4	5	6	7	8	9
4	Eine oder mehrere Verletzungen	Eine oder mehrere leichte Verletzungen	Bedeutender Stoffaustritt mit ernstesten gesundheitsschaden außerhalb Werksgelände	Schaden am Betrieb >1Mio oder Produktions-Ausfall	3	4	5	6	7	8
3	Eine Verletzung, nicht schwer, Ausfallzeit	Klagen überGeruch oder Lärm	Stoffaustritt, Meldepflichtig, Verletzung der Betriebs-erlaubnis	Schaden am Betrieb >0,1Mio +geringer Produktions-Ausfall	2	3	4	5	6	7
2	Verletzung keine Ausfallzeit	Keine Klagen	Meldepflichtig	Schaden am Betrieb <0,1Mio+ kein Produktions-Ausfall.	1	2	3	4	5	6

Matrix vom Referenten aus Auswirkungen und Häufigkeiten zusammengefügt

Quellen: Auswirkungen : http://www.safety-s2s.eu/modules.php?name=s2s_wp4&idpart=2&op=v&idp=889

Häufigkeiten: http://www.safety-s2s.eu/modules.php?name=s2s_wp4&idpart=2&op=v&idp=897

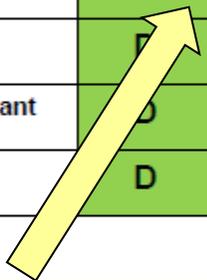
[LOPA](#)

Die Gefahr kann durch prozess-technische und organisatorische Massnahmen reduziert werden						Eintrittswahrscheinlichkeit des unerwünschten Ereignisses					
						Stufe	Häufigkeit (x mal pro Jahr)	Anforderungshäufigkeit (jedes x Jahr)	EN IEC 61511	Beispiele	
							A	< 0.5	—		
Wenn die Gefahr durch weitere PLT-Massnahmen reduziert werden kann, dann kann für jede unabhängige Schutzmassnahme (independent Protection Layer) ein Schritt nach unten gemacht werden	Keine PLT-Massnahmen	Design Änderung b) (SIL 1) (PL c)	Design Änderung b) (SIL 3) (PL e)	Design Änderung c) (SIL 4)	Design Änderung c) (SIL 4)	häufig	A	> 2	< 0.5	—	<ul style="list-style-type: none"> * Ausfall Analysegerät oder Gas-Chromatograph (alle Typen) * Undichte Rückschlagarmatur in schmutzigem Medium * ventropher Filter in schmutzigem Medium * Ex-Zone 0, 20
	Keine PLT-Massnahmen	Control system notwendig a) PL a	SIL 2 PL d	SIL 3 PL e	Design Änderung c) (SIL 4)	gelegentlich	B	2 bis 0.25	0.5 bis 4	W3	<ul style="list-style-type: none"> * Regelventil geht in falsche Position * Bedienungsfehler (keine Arbeitsanweisung vorhanden) * Stromausfall (total) * Druckluftausfall * Undichte Rückschlagarmatur in sauberem Medium * Versagen einer Rückschlagarmatur in schmutzigem Medium * Ex-Zone 1, 21
	Keine PLT-Massnahmen	Control system notwendig a) PL a	SIL 1 PL c	SIL 2 PL d	SIL 3 PL e	selten	C	0.25 bis 0.05	4 bis 20	W2	<ul style="list-style-type: none"> * Regelkreisfehler oder kritischer Fehler Leitsystem * Regelventil geht nicht in falsche Position * Bedienungsfehler (Massnahmen einer Arbeitsanweisung) * Undichter Wärmetaucher * Versagen einer Rückschlagarmatur in sauberem Medium * Kältemittel ausfall * Sicherheitsventil bläht ab (Dampfessel) * Ex-Zone 2, 22
	Keine PLT-Massnahmen	Keine PLT-Massnahmen	SIL 1 PL b	SIL 2 PL d	SIL 3 PL e	unwahrscheinlich	D	0.05 bis 0.01	20 bis 100	W1	<ul style="list-style-type: none"> * Rohrbruch im Wärmetaucher * tritt einmal im Anlagenleben auf * Sicherheitsventil bläht ab (Heisswasseressel, Chemie)
	Keine PLT-Massnahmen	Keine PLT-Massnahmen	Keine PLT-Massnahmen	SIL 1 PL b	SIL 2 PL d	praktisch vernachlässigbar	E	0 <	100 >	—	<ul style="list-style-type: none"> * ist noch nie aufgetreten * nur anwendbar bei quantitativer Beurteilung * oder bei Anwendung von IPL (Independent Protection Layer) zur Risikoreduzierung
Schadensausmass (S)						Gefährdungsexposition		Zeit-Anteil		Aufenthaltsdauer	
EN ISO 12100 vernachlässigbar V gering IV schwer II sehr schwer I katastrophal I						Wenn die Gefahr des Ausgesetzseins kleiner als 20 % ist, dann kann die Häufigkeit des gefährlichen Vorfalls um eine Stufe reduziert werden		< 20 % der Arbeitszeit		selten bis öfter Aufenthalt im gefährlichen Bereich (bis zu 20 % der Arbeitszeit), z.B. * nur während Überwachungs- und Wartung * wenn für die Behabung der gefährlichen Situation kein Personal vor Ort benötigt wird	
VDI / VDE 2180 S1 S2 S2 S3											
EN 13649 S1 S1 S2						> 20 % der Arbeitszeit		häufiger bis permanenter Aufenthalt im gefährlichen Bereich, z.B. * bestimmte örtliche Regulation für Maschinen * Bedienpersonal, wenn für die Behabung der gefährlichen Situation Personal vor Ort benötigt wird * ungeschützte Leitwerke innerhalb des gefährlichen Bereichs * Bevölkerung eines Wohngebietes, wenn der gefährliche Bereich sich über die Kompetenzgrenze erstreckt			
Personal heilbare Verletzung ohne Arbeitsausfall (reversibel) heilbare Verletzung mit Arbeitsausfall (reversibel) geringe Verletzungen einer Person, wie Verbrennungen oder Inhalation kleiner Mengen giftiger Gase, leichter bleibender Schaden anhaltende bleibende Schäden einer oder mehreren Personen (Verlust von Fingern); einseitiger Totfallschaden mehrere Tote oder schwere bleibende Schäden mehrerer Personen (Tod, Verlust eines Auges oder Armes)											
Todesfälle (Reich) keine Auswirkung keine Auswirkung keine Verletzungen, geringe Auswirkungen Verletzungen, schwere Beeinträchtigungen Todesfälle						Möglichkeiten zur Vermeidung der Gefährdung					

Example Matrix with typical features of Group Member Matrices

Achema June 2018

	<10 ⁻⁵ /yr	10 ⁻⁵ /yr – 10 ⁻⁴ /yr	10 ⁻⁴ /yr – 10 ⁻³ /yr	10 ⁻³ /yr – 10 ⁻² /yr	10 ⁻² /yr – 10 ⁻¹ /yr	10 ⁻¹ /yr – 1/yr	> 1/yr
Catastrophic	C	C	B	B	B	A	A
Severe	D	C	C	B	B	B	A
Serious	D	D	C	C	B	B	B
Significant	D	D	D	D	C	C	B
Minor	D	D	D	D	D	C	C



1E-5 ist auch hier die kritische Grenze

Consequence category	Effect on Human Health
Catastrophic	Multiple fatalities
Severe	1 fatality / several severe injuries
Serious	Severe injury
Significant	Lost time injury
Minor	Minor injury without lost time

Risk level	Action required
A: very large, unacceptable risk	Process or design change required
B: Large, unacceptable risk	Risk reduction to reach at least risk level C
C: Undesirable (tolerable) Risk	Check if further risk reduction is possible („ALARP“)
D: Acceptable risk	Ensure that risk is maintained at this low level



https://epsc.be/News/Current+News/EPSC+Presentations+at+ACHEMA/_/2_Ulrich%20Hoercher,%20BASF%20-%20SQRA.pdf

2016 Matrixmethode BASF

Risiko-Matrix-Methode

Matrixmethode der BASF Ludwigshafen

BASF Risiko-Matrix

	Risk Matrix			
	Severity			
Probability	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄
P ₀	A	B	D	E
P ₁	A/B*	B	E	E
P ₂	B	C	E	F
P ₃	C	D	F	F
P ₄	E	F	F	F

Risiko	Risikoniveau	Risikovermindernde Maßnahmen
A	Extremes, völlig unakzeptables Risiko	Verfahrens- oder Designänderung bevorzugt
B	Sehr großes, unakzeptables Risiko	Verfahrens- oder Designänderung oder eine Schutzeinrichtung mit SIL 3 (z.B. Sicherheitsventil, Z-Schaltung)
C	Großes, unakzeptables Risiko	Verfahrens- oder Designänderung oder eine Schutzeinrichtung mit SIL 2 (z.B. Sicherheitsventil, Z-Schaltung)
D	Mittleres, akzeptables Risiko das weiter reduziert werden sollte	Eine Überwachungseinrichtung guter Qualität mit dokumentierter Prüfung o. organisatorische Maßnahme von guter Qualität
E	Kleines, akzeptables Risiko, dass weiter reduziert werden sollte	Eine Überwachungseinrichtung o. organisatorische Maßnahme
F	Sehr kleines, akzeptables Risiko	Keine

Parameter der Matrix: Wahrscheinlichkeit (Probability) P

- P0: ist schon mehrmals geschehen (einmal pro Jahr o. öfter)
- P1: ist schon einmal geschehen (etwa einmal in 10 Jahren)
- P2: fast geschehen, Beinaheunfall (etwa einmal in 100 Jahren)
- P3: noch nie geschehen, aber denkbar (etwa einmal in 1.000 Jahren)
- P4: vernünftigerweise auszuschließen (seltener als einmal in 10.000 Jahren)

Ausmaß (Severity, Auswirkung auf Gesundheit) S:

- S1: Werksintern: potential für mehrere Todesfälle
- S2: Werksintern: potential für einen o. mehrere Schwerverletzte (irreversibel)
- S3: Werksintern: potential für einen o. mehrere Verletzte mit Ausfalltagen
- S4: Werksintern: potential für leichte Verletzungen o. Belästigungen

<https://www.vci.de/ergaenzende-downloads/wolfanger-1-seveso-iii-rl-im-genehmigungsverfahren-111016-vci-hesse.pdf>,

Der Trend in der Sicherheitstechnik geht zur Methode der bei Bayer und BASF verwendeten Risikomatrix“
ProcessNet, Fachgemeinschaft Anlagen und Prozesssicherheit, Info-Brief Juli 2013, s.3

Zusammenfassung

Deterministik-Pobabilistik

- Die sich ergebende „**Sicherheitsvermutung**“ bei **Einhaltung von Normen und Standards** ist eine historisch gewachsene Herangehensweise an sicherheitstechnische Problemstellungen, deren Sinnhaftigkeit nicht in Frage gestellt wird. Jedoch ergibt sich in vielen Fällen, für welche keine Normen und Standards mit ausreichend beschriebenen Anforderungen an die Ausführung der Technischen Sicherheit vorliegen, der **Bedarf einer fallspezifischen risikobasierenden Bewertung**.

Risikotoleranzwerte

- Weltweit eingeführt .siehe Guidelines for developing quantitative Safety Risk
- In Deutschland weniger

Seveso III Aspekte

- 2013 Quantitative Risikobetrachtungen von Pipeline-Systemen

Risikomatrix

- BASF und bei vielen anderen: $1E-5$ ist auch hier die kritische Grenze
- Risikograph : $1E-4$

Risikomatrixmethode

- DIN 61511-3:2019:Verglichen mit LOPA: unübersichtlich
- BASF: verglichen mit LOPA: Standardwerte zu allgemein