

Technische Sicherheit



dbl  **service**
Miettextilien

Pflege von Schutzkleidung –
eine Frage der Sicherheit.

Gewässerschutz

Instandhaltung von
Lagertanks

Prozesssicherheit

Die neue VDI/VDE
2180 Blatt 6

Arbeits- und Gesundheitsschutz

Kälteschutzkleidung

SEVESO III und die Problematik von industriellen Risikokriterien in der Europäischen Union

Waldemar Witt, Hannover



Ein stabiles wirtschaftliches Wachstum gilt innerhalb der Europäischen Union als Voraussetzung für eine erfolgreiche und nachhaltige Entwicklung der Mitgliedsstaaten. Basis dieses Wachstums ist eine sichere Industrieproduktion mit mannigfacher Produktvielfalt. Vor diesem Hintergrund kommt der industriellen Sicherheit sowie der Störfallvorsorge eine besondere Bedeutung zu.

Die EU-Parlamentarier und der Ministerrat verabschiedeten am 4. Juli 2012 mit den sog. Seveso-III-Richtlinie (2012/18/EU) [1] ein Bündel von Maßnahmen zur Beherrschung der Gefahren, die von schweren Unfällen mit gefährlichen Stoffen ausgehen. Die am 13. August 2012 in Kraft getretene Seveso-III-Richtlinie muss von den Mitgliedstaaten in nationales Recht umgesetzt und spätestens ab 1. Juni 2015 angewendet werden.

Ein grundsätzlicher Faktor der neuen Richtlinien ist die effektive Risikoabschätzung industrieller Anlagen oder von Einrichtungen mit Gefährdungspotenzial [2]. Um sicherzugehen, dass in der Ergebnisauswertung das angestrebte Ziel tatsächlich wiedergegeben wird, ist eine Feststellung der Risikokriterien unerlässlich. Die Seveso-III-Richtlinie versucht die Unterschiede zwischen einer Vielzahl von Ansätzen zur Produktionssicherheit in der EU mit verschiedenen Risikoakzeptanzkriterien zu einem einheitlichen Satz zu konvergieren.

Allgemeine Grundsätze der Risikodefinitionen

Im alltäglichen Sprachgebrauch werden die Begriffe „Gefahr“ und „Risiko“

gleichbedeutend behandelt. Tatsächlich gibt es grundsätzliche Unterschiede:

Gefahr ist die Fähigkeit oder das Potenzial eines Objekts, Lebewesens oder Sachverhalts, aufgrund von spezifischen Eigenschaften eine negative Auswirkung oder einen Schaden zu verursachen.

Risiko ist die Wahrscheinlichkeit oder Häufigkeit, dass negative Auswirkungen, Beeinträchtigungen oder Schäden durch eine bestehende Gefahr eintreten.

Nach einer klassischen Definition ist das Risiko weiterhin als ein Produkt von Eintrittswahrscheinlichkeit eines Ereignisses und eines davon zu erwartenden Schadensausmaßes zu bewerten. In der letzten Zeit wurde nicht selten über das Risiko als einem Triple-Produkt aus „Szenario“, Wahrscheinlichkeit und Folgeausmaß gesprochen [3].

Dargestellt wird das Risiko durch die Häufigkeit/Rate/Frequenz und die Wahrscheinlichkeit – in den meisten Fällen auf ein Jahr bezogen. Die Auswertung nach Häufigkeit basiert auf statistischen bzw. stochastischen Daten und bezieht sich auf die Vergangenheit. Die Auswertung der Wahrscheinlichkeit hat vor allem das Ziel, zukünftige Ereignisse zu beschreiben. Die Häufigkeit wird durch die Anzahl inner-

halb einer zeitlichen Periode gemessen und hat z. B. die Maßeinheit „1/s“ oder „1/Jahr“. Im Gegensatz dazu hat die Wahrscheinlichkeit keine Maßeinheit. Sie kann nur die Werte von 0 bis 1 einnehmen. Aus Häufigkeit/Rate/Frequenz lässt sich die Wahrscheinlichkeit ermitteln. Ohne eine detaillierte mathematische Auslegung lässt sich diese einfach darstellen:

Ta ist eine positive Zufallsvariable, die den Zeitpunkt des Zustandswechsels eines Objekts (z. B. von einem positiven in einen negativen) angibt. Die Rate wird als $\lambda a = 1/Ta$ beschrieben. Die Wahrscheinlichkeit eines negativen Ereignisses in einem t -Zeitabschnitt ist

$$P(t) = 1 - e^{-\lambda \cdot t}$$

Durch $1 - e^{-x} \approx x$ für $x \ll 1$ wird

$$P(t) = \lambda \cdot t$$

Voraussetzung dafür ist, dass λ eine Konstante und $\lambda \cdot t \ll 1$ sind.

Aus diesem Grund werden oftmals die Häufigkeit/Rate/Frequenz und die Wahrscheinlichkeit durch die gleichen Zahlen dargestellt, was in vielen Fällen zu einem Missverständnis führt.

Hauptansätze der Sicherheitsanforderungen

Im Allgemeinen existieren drei Hauptansätze bei der Erstellung von Sicherheitsanforderungen:

1. Anwendung von bewährten Verfahren bei Systemkonstruktionen und Schutzeinrichtungen sowie der Prüfung nach technischen Normen und Standardübereinstimmung. Durch diese Herangehensweise glaubt man, bestehende Risiken ausschließen zu können.
2. In der Annahme, dass bei bestehender Gefahr deren Eintrittswahrscheinlichkeit nie gleich Null sein wird, ist es Ziel, die Risiken zu erkennen und möglichst zu reduzieren. Inwieweit diese Verfahren eingesetzt werden können, hängt allein vom Anwender selbst ab.
3. Der dritte Ansatz basiert auf einem vorgeschriebenen Grenzwert. Solange Risikowert/Eintrittswahrscheinlichkeit unter dieser Schwelle liegen, scheint das Vorgehen akzeptabel zu sein. Offensichtlich stellt diese Variante die Risiko-Akzeptanzkriterien der breiten Öffentlichkeit und der Gesetzgebung dar.

Bei der Gegenüberstellung der ersten beiden Verfahren ist erkennbar, dass diese bereits den Spielraum für die Sicherheit und Risikobewertung definieren. Die dritte Variante, die derzeit diskutiert wird, grenzt sich von den anderen Ansätzen ab, enthält zugleich jedoch wichtige Aspekte der ersten beiden Verfahren. Aus diesem Grund scheint es unabdingbar, die Begründung von Schwellenwerten sorgsam zu erarbeiten, um ein höchstmögliches Sicherheitsniveau bei gleichzeitiger Akzeptanz zu gewährleisten.

Grundsätzlich gilt: Sobald eine Gefahr nicht vollständig ausgeschlossen werden kann, wird durch Regelungen versucht, die „individuellen“ und „gesellschaftlichen“ Risiken auf ein aus gesellschaftlicher Sicht „tolerantes“, „akzeptables“ und „gerechtfertigtes“ Niveau zu reduzieren.

Wie aber sieht aus gesellschaftlicher Sicht ein „tolerierbares“, „akzeptables“ und „gerechtfertigtes“ Risikoniveau aus? Welches Risiko darf von einer industriellen Anlage oder einer Einrichtung mit Gefährdungspotenzial ausgehen?

Risikowahrnehmung in der Öffentlichkeit und Definition der Risiko-Messeinheiten.

Der Kern des Problems der Beurteilung von Gefahren liegt in den teilweise

erheblichen Unterschieden bei der Wahrnehmung von individuellen und gesellschaftlichen Risiken. In der Arbeit von Konersmann [4] wird hervorragend dargestellt, wie groß die von der Gesellschaft noch akzeptierten Unterschiede bei den Risiken im Alltag sein können.

Die Öffentlichkeit akzeptiert das Risiko unterschiedlicher Gruppen, die ein spezifisches Risiko tragen, auf verschiedene Weise.

Auf der einen Seite hängt es von der statistischen Größe, auf der anderen Seite von der „Popularität“ der betrachteten Gefahren für oder in dieser Gruppe ab, ob ein Risiko als akzeptabel betrachtet wird. Daraus folgt, dass die Gefahren, die von industriellen Anlagen ausgehen, im Einzelnen herausgelöst aus der Gesamtheit der alltäglichen Gefahren ausgewertet werden sollten.

Seit Beginn der Evolution, so mutmaßt Lee [5], habe die Menschheit Angst vor Gefahren. Der Todesfall oder auch die Verletzung eines Menschen bestimmt dabei die Wahrnehmung. Lee definiert einen tödlichen Personenschaden als Gefahrenmesseinheit, ein binäres Ereignis. Der Mensch ist entweder tot oder er ist es nicht. Personenschäden ohne tödlichen Ausgang können hingegen unterschiedlichste Ausprägungen haben.

In diesem Zusammenhang lässt sich das Potenzial einer negativen Auswirkung somit als Risiko darstellen und, in Bezug auf den Menschen, am einfachsten durch die Wahrscheinlichkeit auf das Eintreffen eines tödlichen Personenschadens bewerten.

Zurzeit akzeptieren die EU-Mitgliedsstaaten oder deren regulierende Behörden solche Risiko-Messeinheiten auf unterschiedliche Weise. In den Niederlanden, England oder Tschechien wird über die Risiken der tödlichen Verletzungen offen, gleichsam wie selbstverständlich gesprochen. In Deutschland hingegen wird darüber nur in Bezug auf ausländische Quellen berichtet. Ferner wird nicht selten auf Fachtagungen ein tödlicher Unfallausgang tabuisiert.

Das führt zu einer Unschärfe bei der Risikodefinition. In welchen Einheiten soll denn beispielsweise in Deutschland eine Gefahr bzw. ein Risiko gemessen werden? Wie könnte in diesem Fall die Lösung aussehen?

Um diese „Problematik“ zu vermeiden, sollte Folgendes betrachtet werden:

- Die schlimmste negative Folge einer Gefahr ist der Tod eines Menschen. Um eine solche Gefahr verständlich für alle

Mitglieder unserer Gesellschaft zu beschreiben, wurde die Wahrscheinlichkeit des tödlichen Personenschadens eingeführt.

- Die Wahrscheinlichkeit eines tödlichen Personenschadens ist nur eine „Vorhersage“ eines noch nicht geschehenen Ereignisses und wird nur für einen voraussagenden Vergleich benutzt. Keinesfalls sollte dies als eine definitive Feststellung des Eintretens betrachtet werden.

- Mit der Definition von Risikogrenzwerten werden nur Relationen festgelegt, um die undefinierbaren „Ausrutscher“ bei der Risikobewertung oder -steuerung zu vermeiden.

Vorteilhaft wäre es, das Risiko des Personenschadens in drei Kategorien auszuwerten: tödliche, schwere und leichte. Dies würde etwas „Farbe“ in die „Grauzone“ zwischen zwei Zuständen bringen. Es würde nicht nur eine Risikoauswertung darstellen, sondern darüber hinaus ebenfalls eine Veränderungstendenz bei den Risiken beschreiben.

Für den Fall, dass solche Abschätzungskriterien von den Behörden eines Staates nicht akzeptiert werden sollten, könnte eine Einteilung in zwei Risikokriterien helfen: schwere und leichte Personenschäden. Wobei die Anzahl der schweren Personenschäden die der tödlichen Personenschäden beinhalten müsste.

Geradezu neutral und dabei höchst vielseitig könnte folgende Lösung sein: Eine Hilfsmesseinheit wird im Einklang zur Bel-Kennzeichnung (nach Alexander Graham Bell) von Pegeln relativ zum festgelegten Referenzwert ($1 B = \lg(P1/Pref)$) festgelegt. Jeder kennt diese als dB vom Soundregler bei einer Stereo-Anlage.

Diese Einheit für „Gefahr“ könnte beispielsweise als „Danger“ (kurz „Dg“) bezeichnet werden. In einer Ableitung davon würde sie im Zusammenhang mit einem Personenschaden als „Danger-Person“ (DgP); Sachschaden „Danger-Construction“ (DgC); Umweltschaden „Danger-Environment“ (DgE) klassifiziert werden. Die Berechnung sollte ähnlich den „Bel“-Berechnungen sein [6].

Durch diesen einfachen Vorschlag könnte die Diskussion über die Gefahrenmesseinheiten einem guten Ende zugeführt werden.

Individuelles Risiko und seine „industriellen“ Bestandteile

Das Risiko eines unerwarteten negativen Ereignisses ist ohne Zweifel ein Bestandteil des Lebens. „Das Leben ist ge-

Tabelle 1 Statistische Daten über Sterbefälle in Deutschland durch Folgen von äußeren Ursachen und die daraus berechnete Wahrscheinlichkeit.

Jahr	Bevölkerung insgesamt	gestorben	Wahrscheinlichkeit (Jahr)
2000	82 260 000	34 523	4,20E-04
2001	82 440 000	34 201	4,15E-04
2002	82 537 000	34 296	4,16E-04
2003	82 532 000	34 606	4,19E-04
2004	82 501 000	33 309	4,04E-04
2005	82 438 000	33 024	4,01E-04
2006	82 315 000	32 312	3,93E-04
2007	82 218 000	30 650	3,73E-04
2008	82 002 000	31 511	3,84E-04
2009	81 802 000	31 832	3,89E-04
2010	81 752 000	33 312	4,07E-04
2011	81 844 000	32 988	4,03E-04

fährlich, davon kann man sterben“ – diese Aussage drückt das allgegenwärtige Risiko einen Menschen aus. Jedes lebende Wesen trägt das Risiko, tödlich zu verunglücken oder schwer verletzt zu werden. Es kann beim Schwimmen, beim Autofahren oder ganz banal beim Treppensteigen passieren. Selbst ein solch exotisches Risiko wie das Auftreffen eines Meteoriten (wie vor Kurzem in der russischen Stadt Tscheljabinsk) ist Bestandteil des alltäglichen Risikos. In diesem Zusammenhang wird über das sog. individuelle Risiko gesprochen.

Das gesamte Risiko eines „No Name“-Individuums besteht aus einer breite Palette von großen und kleinen, bedeutenden und geringfügigen Subrisiken. Einigen wird große Aufmerksamkeit gewidmet, andere werden einfach unbewusst und tagtäglich akzeptiert.

Ein Teil dieses Gesamtrisikos ist das Risiko, das von industriellen Anlagen oder Einrichtungen mit einem Gefährdungspotenzial ausgeht.

Wie groß darf dieses Risiko sein, um von der Bevölkerung eines Staates noch akzeptiert zu werden und wie ist dieses zu begründen bzw. zu rechtfertigen?

Begründung und Berechnung der industriellen Risikokriterien für Deutschland

Um eine Begründung und die Berechnungsvariante von industriellen Risikokriterien zu beschreiben, werden die statistischen Daten des Statistischen Bundesamtes (Destatis) [7] über Sterbefälle durch Folgen von äußeren Ursachen verwendet (Tabelle 1).

Im Durchschnitt ist die Wahrscheinlichkeit eines Sterbefalls in Deutschland pro Jahr durch die Folgen von äußeren Ursachen gleich $4,02\text{E-}04$. Dies wird durch

der Bevölkerung Deutschlands stillschweigend akzeptiert und als ein alltägliches individuelles Risiko mitgetragen.

Aus Bild 1 lassen sich die jährlichen Wahrscheinlichkeitsdifferenzen verfolgen. Die maximale Differenz (Amplitude) von 2000 bis 2011 beträgt $4,69\text{E-}05$.

Dieser rein stochastische Anteil, auch Rauschanteil oder „weißes Rauschen“ genannt, beträgt rund ein Zehntel der Wahrscheinlichkeit. Im Allgemeinen beschreibt das „weiße Rauschen“ die zufälligen Schwankungserscheinungen und ist in diesem Fall kaum beeinflussbar. Das bedeutet, dass der Anteil des „weißen Rauschens“ beim individuellen Risiko in Deutschland ebenfalls rund ein Zehntel beträgt. Daher kann behauptet werden, dass alle Anteile, die unter einem Zehntel liegen, in den Bereich des „weißen Rauschens“ fallen und somit als „nicht spürbar“ oder „unterhalb der Wahrnehmungsschwelle“ bezeichnet werden können.

Schlussfolgernd kann weiterhin die Forderung aufgestellt werden, dass das

Risiko aus dem Betrieb industrieller Anlagen nicht das Niveau des „weißen Rauschens“ übersteigen darf. Andernfalls dürfte es von der Bevölkerung nicht mehr akzeptiert werden und wird vermutlich als erhöhtes Risiko wahrgenommen.

Um sicher zu sein, dass der „industrielle“ Risikoanteil im „nicht bemerkbaren“ Bereich liegt, definieren wir ein Kriterium in Höhe eines Viertels der oben ausgerechneten maximalen Differenz in Deutschland. Dies bedeutet, dass in Deutschland für alle bestehenden industriellen Anlagen oder Einrichtungen mit Gefährdungspotenzial ein maximaler Risikowert für Dritte als $1\text{E-}05$ (pro Jahr) festzulegen ist. Dieser Wert wird mit hoher Wahrscheinlichkeit noch für die nächsten zehn Jahre bestehen.

Für noch im Bau befindliche oder geplante industrielle Anlagen, die voraussichtlich 30 bis 40 Jahre in Betrieb bleiben, sollte eine vertiefte Methode angewendet werden. Dieser wird eine statistische Auswertung der Sterbefälle in Bezug auf die erreichten Lebensjahre zugrunde gelegt (Bild 2).

Eine verfeinerte Auswertung der Durchschnittsdaten von 2000 bis 2011 in Bezug auf verschiedene Altersgruppen zeigt ein minimales individuelles Risiko in Deutschland für eine Altersgruppe von 1 bis 15 Jahren. Bemerkenswerterweise skizziert eine Studie von Preston [8] von Anfang der 1970er-Jahre beinahe die gleiche Abhängigkeit. Die Wahrscheinlichkeit hat sich von 2000 bis 2011 in dieser Altersgruppe zur Hälfte reduziert und beträgt in Durschnitt $\approx 3,0\text{E-}06$.

Mit Berücksichtigung der absteigenden Tendenz könnte auf dieser Basis der gesuchte Risikowert für neue oder geplante industrielle Anlagen in Deutschland als ein Wert von $1,0\text{E-}06$ (pro Jahr)

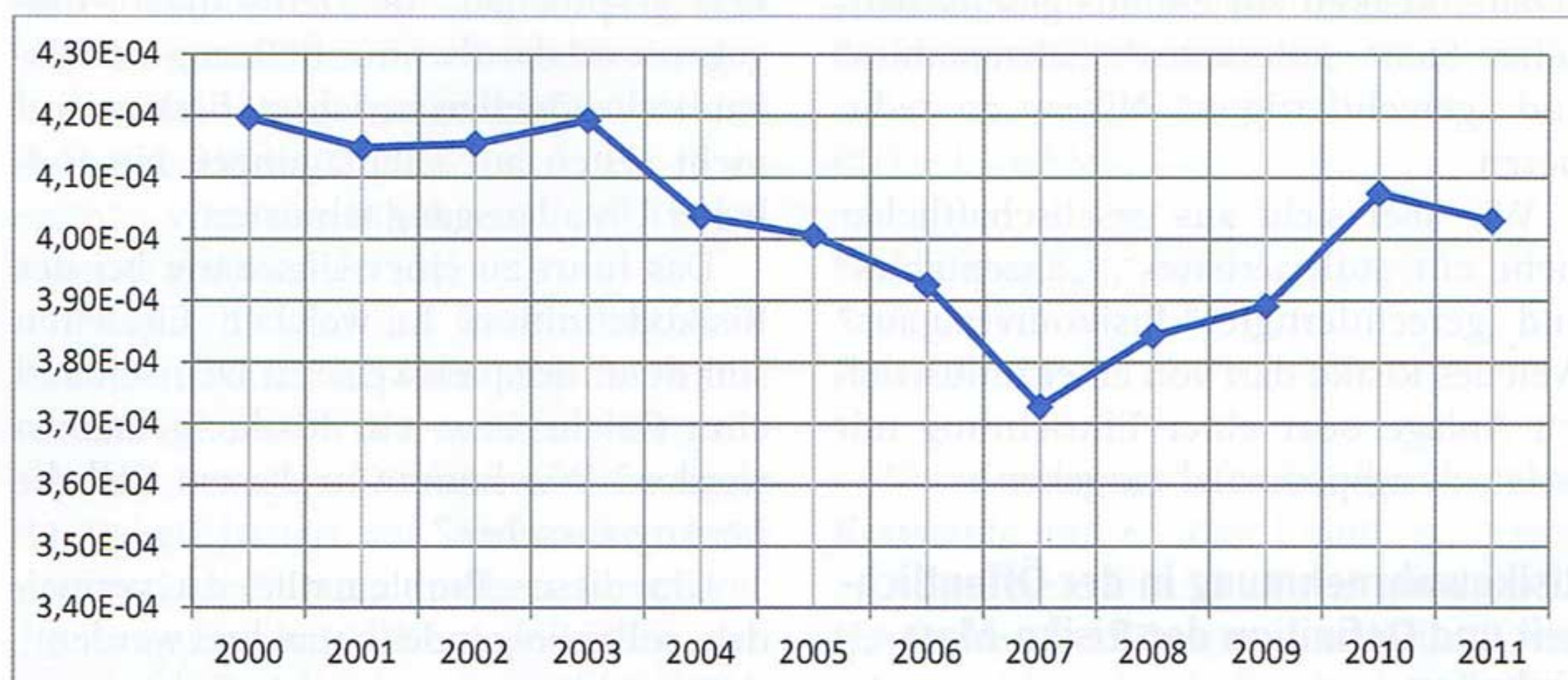


Bild 1 Jährliche Wahrscheinlichkeitsdifferenzen.

definiert werden. Es ist $\approx 1\%$ des gegenwärtigen individuellen Risikos eines Individuums in Deutschland und könnte als ein zu erreichendes Ziel für die nächsten zehn Jahre interpretiert werden.

Individuelle Risikoanteile, die von industriellen Anlagen oder Einrichtungen mit einem Gefährdungspotenzial ausgehen und sich unter dem Wert $1,0E-07$ (p. a.) bewegen, können daher als „absolut akzeptabel“ oder als „unbedeutend“ deklariert werden.

Sicherlich würde man aufgrund von anderen subjektiven oder objektiven Bewertungen, durch analytische Auslegungen oder reine mathematische Berechnung auf diese Werte kommen. Diese Methode beinhaltet jedoch die notwendigen Anteile beider Ansätze.

Weiterhin könnte das oben beschriebene Verfahren auch für andere Staaten der Europäischen Union oder sogar weltweit angewendet werden. In Anbetracht der Tatsache, dass statistische Daten die wirtschaftlichen und soziologischen Eigenschaften eines Staates widerspiegeln, würden die entsprechen Ergebnisse unterschiedliche Werte zum Vorschein bringen.

Kriterien für ein individuelles Risiko in anderen EU-Staaten

Anders als in Deutschland haben bereits mehrere EU-Staaten die Risikokriterien für einen „industriellen“ Anteil des individuellen Risikos für die Bevölkerung durch Gesetze festgelegt. Beispielsweise gibt es Grenzwerte für die Kategorien „absolut akzeptabel“ und „absolut unakzeptabel“. Durch die Begriffe ALARP (As Low As is Reasonable Practicable) und ALARA (As Low As is Reasonable Achievable) wurde ein „Verbesserungsbereich“ für bestehendes Risiko definiert (Tabelle 2).

Weitere EU-Staaten (Ungarn, Polen, Rumänien u. a.) haben ebenfalls die Vorteile dieser Methodik erkannt und folgen bereits diesem Beispiel.

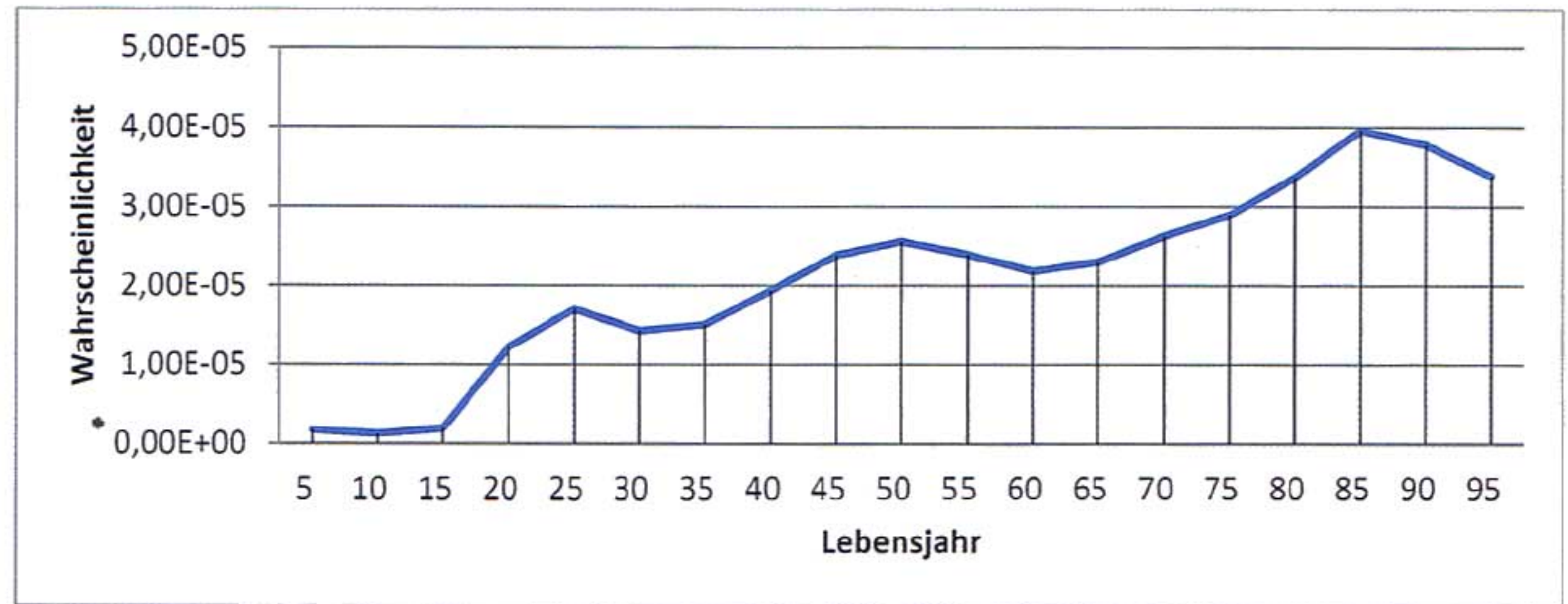


Bild 2 Wahrscheinlichkeit eines Todesfalls in Bezug auf erreichte Lebensjahre eines Individuums in einem Zeitraum von 2000 bis 2011 in Deutschland.



Bild 3 Darstellung eines integrierten territorialen Risikos innerhalb eines Betriebs in der IT-Anwendung „Savarex Studio“.

Ein Beispiel für verschiedene potenzielle Gefährdungsquellen eines industriellen Betriebs im Hinblick auf das sog. „territoriale Risiko“ ist in Bild 3 zu sehen. Das territoriale Risiko wäre zugleich der „industrielle Beitrag“ zum individuellen Risiko für den Fall, dass ein Individuum

sich 24 Stunden und 365 Tage im Jahr an dieser „geografischen Position“ befindet. Das territoriale Risiko ist eine Größe bei Entscheidungen im Bereich einer Flächennutzungsplanung. Isolinien kennzeichnen die unterschiedlichen Risikozonen.

Wahrscheinlichkeit	Niederlande	Großbritannien	Tschechien
10E-04		Absolut unakzeptable Grenze für die Öffentlichkeit	
10E-05	Oberer Grenzwert für bestehende Installationen. ALARA Prinzip anzuwenden	Oberer Grenzwert. ALARP Prinzip anzuwenden	Oberer Grenzwert für bestehende Installationen. ALARP Prinzip anzuwenden
10E-06	Grenzwert für neue Installationen	Allgemein akzeptiertes Risiko	Grenzwert für neue Installationen
10E-07		Absolut akzeptables Risiko	
10E-08	Absolut akzeptables Risiko		

Tabelle 2 Individuelle Risikokriterien in ausgewählten EU-Staaten.

Gesellschaftliches Risiko

Die Risikobeschreibung lässt sich auch durch das sog. „gesellschaftlich Risiko“ beschreiben, das auch unter dem Begriff „Kollektiv-“ oder „Gruppenrisiko“ zu finden ist. Dieses Risiko bezieht sich auf alle dem Risiko ausgesetzten Personen und wird durch die durchschnittliche Anzahl an zu erwartenden Todesfällen pro Jahr ausgedrückt. Hierbei ist die Bevölkerungsverteilung (Dichte) zu berücksichtigen. Dieser Aspekt ist im individuellen Risiko nicht berücksichtigt. Die Auswertungen werden in Form einer F-N-Kurve dargestellt, wobei „F“ für die Häufigkeit und „N“ für Anzahl der Todesfälle steht. Ein Beispiel für eine solche Darstellung ist in Bild 4 zu sehen.

Durch eine Gerade werden im F-N-Diagramm die Akzeptanzkriterien dargestellt. Die Gerade wird über zwei Punkte (Werte) oder einen Punkt und eine entsprechende Steigung definiert. Diese Werte sollen objektiv oder regulativ begründet und festgelegt werden.

Als ein Beispiel lassen sich die Grenz- und Zielwerte für gesellschaftliche Risiken nach ähnlichen Verfahren wie die für individuelle Risiken (durch Bearbeitung von dafür notwendigen statistischen Daten) definieren. Eine weitere Überlegung für die Begründung von Risikokriterien ist, ein bestimmtes Risikoniveau (Anzahl x Häufigkeit) konstant zu halten. Damit wird zugleich die Beziehung zwischen individuellen und gesellschaftlichen Risikokriterien abgebildet.

Fazit

Durch die in Kraft getretene Seveso-III-Richtlinie bietet sich die Möglichkeit, einheitliche Grenz- und Ziel-Risikokriterien für alle EU-Mitglieder zu entwickeln und durchgängig anzuwenden. Dies wäre eine wichtige Voraussetzung, ein vergleichbares und möglichst hohes Sicherheitsniveau bei allen EU-Staaten zu erreichen.

Die bereits in anderen Ländern existierenden Erfahrungen bei der begründeten Festlegung von sicherheitsrelevanten Grenzwerten könnten als Vorbild für eine nationale Lösung dienen. Hierbei könnte die Auswertung eigener statistischer Daten und die Anwendung der oben skizzierten Methoden in eine sinnvolle Umsetzung der Seveso-III-Richtlinien münden.

TS 293

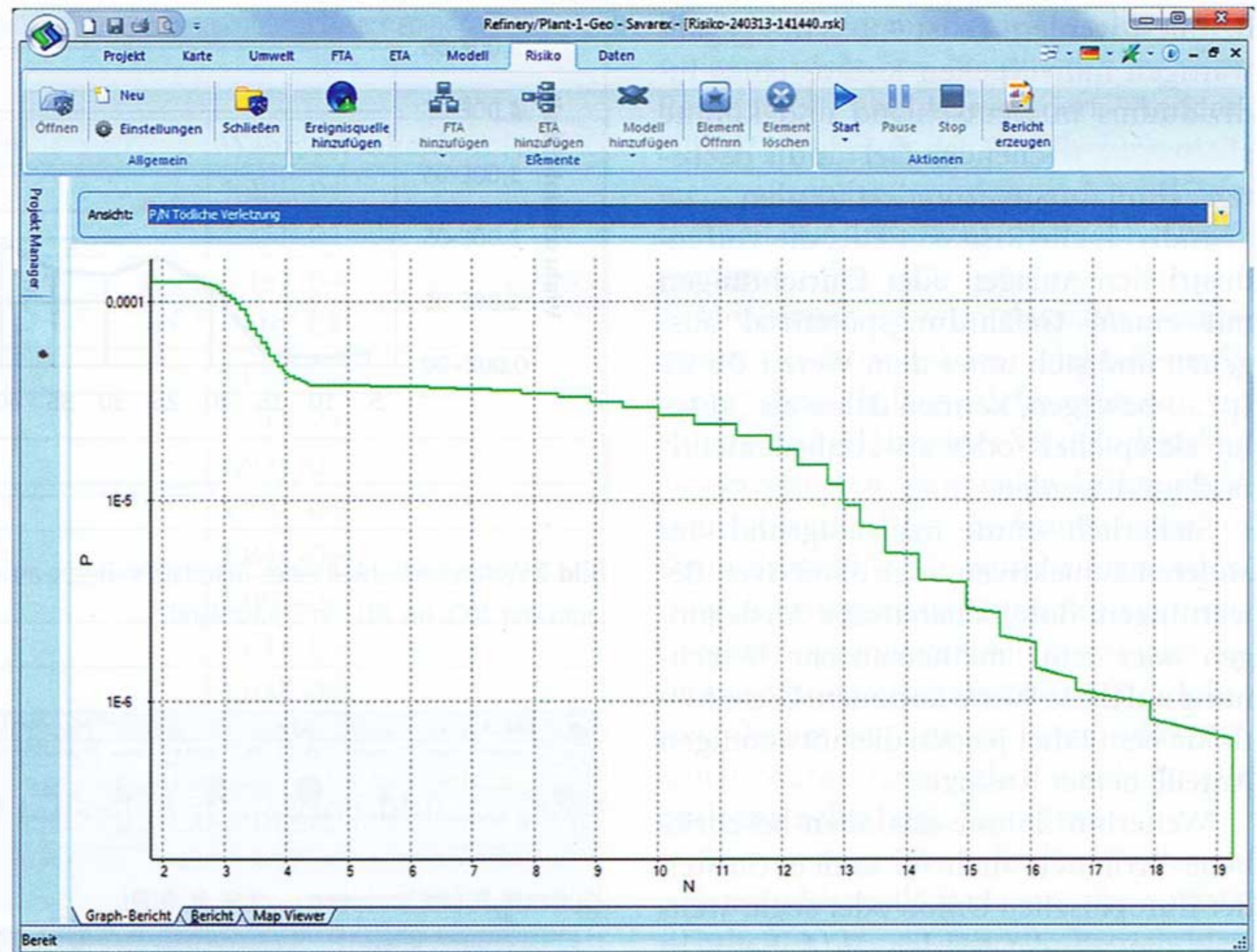


Bild 4 Darstellung der „gesellschaftlichen Risiken“ eines Betriebs in der IT-Anwendung „Savarex Studio“.



Autor

Dipl.-Phys. Ing.-Inform.
Waldemar Witt,
Geschäftsführer,
Savarex GmbH,
Hannover:

Literaturverzeichnis

- [1] Richtlinie 2012/18/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 4. Juli 2012 zur Beherrschung der Gefahren schwerer Unfälle mit gefährlichen Stoffen, zur Änderung und anschließenden Aufhebung der Richtlinie 96/82/EG des Rates. ABl. EU Nr. L 197 vom 24. Juli 2012, S. 1-37.
- [2] Witt, W.: Umsetzung der Seveso-III-Richtlinie. Notwendigkeit von Informationstechnologie. TS 3 (2013) Nr. 1/2, S. 28-30.
- [3] Kaplan, S.; Garrick, B. J.: On the quantitative definition of risk", Risk Analysis 1 (1981) Nr. 1, S. 11-27.
- [4] Konersmann, R.: Zur Festlegung von Risikogrenzwerten. TS 3 (2013) Nr. 1/2, S. 32-36.
- [5] Lee, T. R.: The public's perception of risk and the question of irrationality. In: The Royal Society (Hrsg.): The assessment and perception of risk.. London 1981.
- [6] DIN 5493-2: Logarithmische Größen und Einheiten – Teil 2: Logarithmierte Größenverhältnisse, Maße, Pegel in Neper und Dezibel. Berlin: Beuth-Verlag 1994.
- [7] www.destatis.de
- [8] Preston, S. H.; Keyfitz, N.; Shoen, R.: Causes of death – life tables for national populations. New York: Seminar Press 1972.