

Lernkärtchen für Risikoanalyse

Prof. W. Kröger

2. Teil

Frühling 2006

Erstellt durch
Tobias Bruderer

Konsequenzenanalyse, Ablauf

Tobias Bruderer

Seite 1 von 42

Frage

Modellierung der Ausbreitung

Darstellung der Resultate der Konsequenzenanalyse

1. Charakterisierung der Freisetzung durch Herleitung eines Quellterms (Art der Stoffe, Menge, Ausbreitungsraum, Emissionshöhe, Zeitangaben, Energiefreisetzung)
2. Modellierung des Transport (Verteilung, Verweilzeit, Wirkungen energetischer Freisetzungen)
3. Einbezug von Schutz- und Gegenmassnahmen
4. Belastungspfade
5. Gesundheitliche Auswirkungen toxischer und energetischer Freisetzungen (Dosis-Risiko-Modelle)
6. Berechnungsmethoden der Schadensermittlung
Beispiel: Radiotoxische Stoffe (chem. Stoffe → Probit-Ansatz)
Bestimmung der potentiell schädlichen Strahlendosis, Berücksichtigung von Notfallmassnahmen, Präventivmassnahmen, Ableitung des individuellen Todesrisikos, Bestimmung der Exposition der Bevölkerung, Bevölkerungsdichte, Kollektivdosis

Eintrittshäufigkeits-Ausmass-Diagramme. (siehe 6.13)
y-Achse: kumulierte Wahrscheinlichkeiten
x-Achse: Ausmass, z.B. Anzahl Toter von Spätschäden im Einzugsgebiet
Es kann die Wahrscheinlichkeit herausgelesen werden, welche zu X oder weniger Toten führt.

Gauss'sches Fahnen-Modell
Immissionskonzentration am betrachteten Ort = Funktion von Emissionsrate, mittlerer Geschwindigkeit, Quellhöhe (z.B. Rauchfahne), Windrichtung, Streuung der Konzentrationsverteilung

Störfallszenarien

Tobias Bruderer

Seite 7 von 42

Frage

Bewertung toxischer Wirkungen einer Freisetzung (Dosisberechnung)

Tobias Bruderer

Seite 11 von 42

Frage

Berücksichtigung von Sicherheitseinrichtungen

Tobias Bruderer

Seite 9 von 42

Frage

Wie ist eine Dosis definiert?

Tobias Bruderer

Seite 13 von 42

Frage

Störfall mit wassergefährdeten Stoffen

- Auffangbecken
- vorbereitete Kellergeschosse

Störfall mit giftigen Gasen

- luftdichte verschliessbare Räume
- mobile Gaswäscher

Störfall mit Brand

- baulicher Brandschutz
- Sprinkleranlagen

Dosis = k * Konzentration * Expositionszeit

Mit der Konstanten k = Funktion(Luft/Blut – Übergang), meistens k = 1 deshalb

Toxische Last = Summe(Ci^n * ti)

C: Konzentration, n: Stoffkonstanten, t: Expositionszeit

Mit n der Stoffkonstanten, welche nur für eine begrenzte Anzahl chemischer Substanzen existiert.

Die Toxische Last kann mittels Probit-Ansatz in die wichtige prozentuale Mortalität einer Population (Todeswahrscheinlichkeit) umgerechnet werden. Die Todeswahrscheinlichkeit ist wesentlich abhängig vom Anteil der Population innerhalb bzw. ausserhalb von Gebäuden.

Konsequenzenanalyse bei der Freisetzung von Chemikalien**Schrittweises Modellieren:**

1. Freisetzung
2. Ausbreitung
3. Wirkung
4. Exposition

Die obigen Grössen werden durch Bestimmungsgrössen (z.B. bei Leckmenge bei der Freisetzung) und Einflussparameter(z.B. Ursache der Leckage bei der Freisetzung bzw. Bevölkerungsdichte bei der Exposition)

Im Gegensatz zu den USA gibt es in Europa noch keine Richtwerte für Chemikalien, die auf den Ereignisfall zugeschnitten sind. Es gibt jedoch allgemeine Grenzwerte:

-**MAK**(max. Arbeitsplatzkonzentration): Gefährdung der Bevölkerung erst bei Überschreitung des MAK

-**IDLH**(immediately dangerous to life and health): Dieser Grenzwert ist mit Vorsicht zu geniessen, da er sich nur auf eine 30 Minuten Wirkung auf gesunde, männliche Erwachsenen bezieht.

-**ERPG**: Richtlinien der USA, es sind Konzentrationswerte, welche ab einem bestimmten Schweregrad über eine bestimmte Zeit Schutzmassnahmen auslösen. Die Werte beziehen sich sinnvollerweise auf eine heterogene Bevölkerung.

Wichtig: Ist die freigesetzte Substanz mutagen, kanzerogen oder teratogen?

Risikobewertung / Risikobeurteilung: Wie sicher ist sicher genug?

Tobias Bruderer

Seite 15 von 42

Frage

ALARP-Prinzip: Kosten-Nutzen-Vergleich

Tobias Bruderer

Seite 19 von 42

Frage

Störfallverordnung: Darstellung der Schadensausmasse

Tobias Bruderer

Seite 17 von 42

Frage

Vorgehen beim ALARP-Prinzip

Tobias Bruderer

Seite 21 von 42

Frage

Wirkungen von Schäden auf: Leben und Gesundheit des Menschen, Lebensgrundlagen, Sachwerte

Indikatoren dafür: Todesopfer, Verletzte, Verunreinigte Gewässer / Böden usw, Sachschäden

Ausmass abschätzen: Anhand der Indikatoren, Grenzwert einer Schwere Schädigung lösen den Katastrophenschutz (dafür gilt die StFV) aus.

Als Grundlage der Ausmass-Abschätzung: werden Wertefunktionen verwendet, Unsicherheiten müssen diskutiert werden jedoch nicht ausgewiesen werden.

Beurteilung der Tragbarkeit eines Risikos: durch Summenkurve (S 7.11)

x-Achse: Wert eines Störfallindikator von 0 bis 1

y-Achse: Auftretenswahrscheinlichkeit

Auf dem Graphen gibt es verschiedene Bereiche: Nicht schwere Schädigung, akzeptabler Bereich, Übergangsbereich, Nicht akzeptabler Bereich. Der Übergangsbereich führt ggf. zur Verfügung von zusätzlichen Sicherheitsmassnahmen bzw. Betriebseinschränkung/-verbot. Erst der letzte Bereich führt zur Verfügung von zusätzlichen Sicherheitsmassnahmen ggf. Betriebsbeschränkungen.

1. Identifizierung von Einflussfaktoren und Optionen
2. Quantifizierung der relevanten Faktoren
3. Vergleich und Auswahl von Optionen
4. Sensitivitätsanalyse
5. Resultate

Klare interne oder behördliche Forderungen

- Eintrittshäufigkeit eines unerwünschten Ereignisses darf nicht überschritten werden
- Risiko soll kleiner als das einer Alternativen sein, oder als bestimmte unausweichliche bzw. offensichtliche Risiken (Grenzwertkurven – individuell, kollektiv z.B. Verkehrsunfälle)
- Ausschlusskriterien (z.B. max. Schadenswert)

Notwendigkeit des Abwägens

- Vergleich von Risikoinformationen (F/C – Diagramme, S 7.4, Problem der Aggregation, Wertvorstellungen!)
- ALARP-Prinzip (as low as reasonably practicable,) d.h. Kosten-Nutzen- Vergleich risikoreduzierender Massnahmen
- Wirksamkeit eingesetzter Mittel vergleichen (Rettungskosten)

Optimum wenn das Verhältnis der vermiedenen Unfallkosten zu den investierten Sicherheitsmittel vernünftig ist. Verhältnis wird von der Bevölkerung bzw. den Arbeitern akzeptiert, wenn das Risiko im allgemein akzeptabeln bzw. tolerierbaren Bereich liegt (S 7.14)

Details zum ALARP-Prinzip

Tobias Bruderer

Seite 23 von 42

Frage

StfV: Geltungsbereich, Mengenschwellen

Tobias Bruderer

Seite 27 von 42

Frage

StfV: Schwerpunkte, Ablauf, Wichtige Begriffe

Tobias Bruderer

Seite 25 von 42

Frage

PRA: Betrachtungsweisen, Wichtige Begriffe

Tobias Bruderer

Seite 29 von 42

Frage

StFV = Störfallverordnung

Schwerpunkte: Erfassen von Risiken für die Bevölkerung und Umwelt, Störfallvorsorge durch Eigenverantwortung der Betreiber, Störfallbewältigung durch Inhaber, Kontrollieren der Eigenverantwortung durch Behörde, Verbessern der Information der Bevölkerung

Ablauf: wenn StFV zum Zug kommt: Kurzbericht durch Inhaber wird von Behörde geprüft, beurteilt. Akzeptiert falls keine schweren Schäden zu erwarten sind.

Sonst Risikoermittlung von Behörde verfügt durch Inhaber erstellt und wieder von Behörde geprüft, beurteilt. Akzeptiert bei tragbarem Risiko.

Sonst werden zusätzliche Massnahmen von der Behörde verfügt.

Wichtige Begriffe: Risiko, Gefahrenpotential (=Gefahr), Störfall d.h. ausserordentliches Ereignis im Betrieb bzw. Verkehrsweg mit erheblichen Einwirkungen ausserhalb des Betriebsareals bzw. Verkehrsweges.

PRA = Probabilistische Risikoanalyse

Betrachtungsweisen wichtig: Statistisch, Deterministisch und Probabilistisch (S 9.5)

Wichtige Begriffe: Ereignisse (z.B. Pumpe fällt aus), Wahrscheinlichkeiten (Klassisch via relative Häufigkeit, Frequentistisch via Grenzwert der relativen Häufigkeit bei vielen Wiederholungen, Subjektiv: Häufigkeit nach Erwartung des Individuums), Frequenz (zeitbezogene Häufigkeit z.B. Anzahl pro Jahr), weitere (S 9.7)

1. Identifizierung von Einflussfaktoren und Optionen
 - Einteilung der Faktoren in quantifizierbare (z.B. Kosten, Strahlendosis) und andere (z.B. politische Entscheidungen)
 - Kosten als zentrale Faktoren für Schutzmassnahmen (Kapitalkosten, Betriebskosten) und Schadenskosten nach Schutzmassnahmen (Gesundheitsschädigende und andere z.B. Imageverlust).
 - **Optionen:** Aus den Einflussfaktoren ergeben sich oft technische und organisatorische Varianten zur Expositionsminimierung (z.B. Brandtüren, Schutzausrüstung)
2. Quantifizierung der relevanten Faktoren auf Basis von Modellen und Simulationen
3. Vergleich und Auswahl der Optionen
 - bei komplexen Problemen kommen quantitative, entscheidungsunterstützende Techniken z.B. Kosten-Nutzen-Analysen: Ökonomisches Tool, Vergleich versch. Szenarien, Monetarisierung, einfache Aggregation, Beste Variante ist die mit den tiefsten Gesamtkosten (S 7.20)

Geltungsbereich: Betriebe mit gewisser Menge ans Stoffen, Produkten, Sonderabfälle. Betriebe mit gefährlichen Mikroorganismen. Verkehrsanlagen mit gefährlichen Gütern. Eisenbahnanlagen, Durchgangsstrassen und der Rhein als Schifffahrtsstrasse. Ausserhalb Geltungsbereich: Rohrleitungsanlagen (z.B. Pipelines), AKWs, Betriebe mit industriellen, gewerblichen hergestellten Gebrausgegenständen

Mengenschwellen: Liste für 56 Stoffe (1kg – 500t), Allgemeine Beschreibungen für Sonderabfälle (Anorganische Abfälle mit gelösten Metallen → MS = 2000kg), sonst Stoffkriterien (Giftigkeit, Brand- und Explosionseigenschaften)
Details zum Kurzbericht (S 7.29-31)

PRA: Ablauf für AKWs

Tobias Bruderer

Seite 31 von 42

Frage

PRA: Level 2: Freisetzungspfade

PRA: Level 3: Konsequenzen abschätzen (Aufgabe, Benötigte Infos)

Tobias Bruderer

Seite 35 von 42

Frage

PRA: Level 1 (Aufgabe, Benötigte Infos, Resultate)

Tobias Bruderer

Seite 33 von 42

Frage

PRA: Ergebnisdarstellung. Wie kommen solche Diagramme zustande?

Tobias Bruderer

Seite 37 von 42

Frage

Auslösendes Ereignis = Zwischenfall, welcher Gegenmassnahme erfordert da sonst Kernbeschädigt wird

Aufgabe: Identifikation von Auslösenden Ereignissen, Einteilung in Kategorien, Abschätzen ihrer Häufigkeiten → Fehlerbäume, Ereignisbäume (Unterschiede S 9.16)

Benötigte Informationen: Häufigkeit auslösender Ereignisse (Daten, Erfahrungswerte), Systemzuverlässigkeit (einzelner Komponenten, menschliche Zuverlässigkeit, gebräuchliche Fehlermechanismen), Instandhaltung, Systembeschreibung via Handbücher

Resultate: Diagramme mit x-Achse: Beobachtetes AKW, y-Achse: Frequenz

Risikodarstellung via F/C-Diagramme (Frequenze-Consequences), welche das Risiko als Funktion von Eintrittshäufigkeit und Konsequenzen darstellen. (S. 9.17 und S 9.34)

Grundlage solcher Kurven:

- Begrenzte Zahl von Quelltermen, die Unfallsequenzen mit Freisetzungspfaden bündeln sowie zugehörigen Häufigkeiten.
- Modellierung der Ausbreitung, Exposition und Wirkung durch Gewichtung der Beeinflussungsfaktoren anhand ihrer bedingten Wahrscheinlichkeiten: Windrichtung → Sektorenwirkung, Windstärke → Verteilung der Schadstoffe, Niederschlag → Deposition
- Zusammenfassung der Konsequenzen aller Quelltermklassen, Ordnen nach zunehmender Schwere, zugehörige Häufigkeiten aufzeigen.

Level 1: Auslösendes Ereignis → Frequenz der Kernschadens

Level 2: Freisetzungspfade → Frequenz und Menge der freigesetzten Radionukleide, Quellterm

Level 3: Konsequenzenanalyse → Frequenz und Quantifizierung von Umwelt- und Gesundheitsschäden

Überblick (S 9.17)

Phänomene im Sicherheitsbehälter und prinzipieller Freisetzungspfade aus dem AKW → Ereignisbaum für den Quellterm Beschreibung des Quellterms

Aufgabe: Modellierung der Verteilung und Verweilzeit der Isotope in der Umwelt, Bestimmung der potentiellen Strahlendosis, dann Dosis bei Berücksichtigung von Schutzmassnahmen, Ableitung des individuellen Todesrisikos, Bestimmung der Kollektivdosis via Exposition der Bevölkerung und Bevölkerungsdichte, Ableitung des kollektiven Todesrisikos

Benötigte Informationen: Daten zu Isotopen, Meteorologische Daten, Populationsdaten, Ökonomische Daten

PRA: Unsicherheiten, Grenzen

Lernkärtchen für Risikoanalyse
Prof. W. Kröger
2. Teil

Frühling 2006

Erstellt durch
Tobias Bruderer

Tobias Bruderer

Seite 39 von 42

Frage

Lernkärtchen für Risikoanalyse
Prof. W. Kröger
2. Teil

Frühling 2006

Erstellt durch
Tobias Bruderer

Lernkärtchen für Risikoanalyse
Prof. W. Kröger
2. Teil

Frühling 2006

Erstellt durch
Tobias Bruderer

Lernkärtchen für Risikoanalyse

Prof. W. Kröger

2. Teil

Frühling 2006

Erstellt durch
Tobias Bruderer

Lernkärtchen für Risikoanalyse

Prof. W. Kröger

2. Teil

Frühling 2006

Erstellt durch
Tobias Bruderer

Unsicherheiten

- Vollständigkeit der auslösenden Ereignisse
- Datenunsicherheiten und Fehlerfortpflanzungen

Grenzen

- Komponenten-Ausfallswahrscheinlichkeit mit konstanten Ausfallsraten (Verschleiss und Frühausfälle werden nicht modelliert)
- Menschliche Faktoren werden oft nicht berücksichtigt (Etwas nicht machen ist erfasst, jedoch etwas anderes machen nicht, z.B. alle roten Knöpfe drücken)
- Beschreibung von Ausnahmezuständen schwierig: Terrorattacke, Cyberattacke, Innere Sabotage

Lernkärtchen für Risikoanalyse

Prof. W. Kröger

2. Teil

Frühling 2006

Erstellt durch
Tobias Bruderer