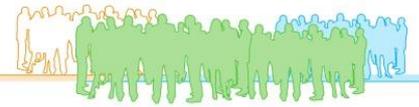


Risiken durch Störfälle bei der Erdgasgewinnung aus unkonventionellen Lagerstätten

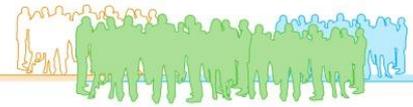
Dr. Hans-Joachim Uth

Sachverständiger für Anlagensicherheit in
verfahrenstechnischen Anlagen, Lychen



Inhalt Gutachten

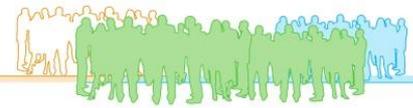
- | Beschreibung Anlage & Verfahren
- | Analyse Gefahrenpotentiale & Worst Case Szenarien & Prognosen
- | Beschreibung Stand der Technik und guten Managementpraxis
- | Praxisbewertung EMPG
- | Schlussfolgerungen & Empfehlungen
- | Anhänge



Risiken bei der Erdgasgewinnung

- | Gefahrenquellen
- | Freisetzung, Brand & Explosion von Gefahrstoffen
- | Auswirkungen
- | Gefährdung von Menschen
 - Brand & Explosion
 - Luftverschmutzung & Vergiftung
 - Verschmutzung Trinkwasser
- | Gefährdung der Umwelt
 - Zerstörung von Ökosystemen

Risiken sind mit der Technik allgemein verbunden
Fracking ist zusätzliches Risiko



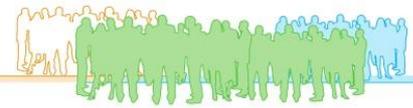
Prognosen anhand von Szenarien

Grundsätze:

- | Szenarien beschreiben den räumlichen und zeitlichen Verlauf eines Schadens
- | Prognose der Wahrscheinlichkeiten

Szenarientechnik:

- | Ausgangspunkt ist der „Worst case“, daraus werden **Maßnahmen zur Vermeidung & Begrenzung** der Unfälle abgeleitet.

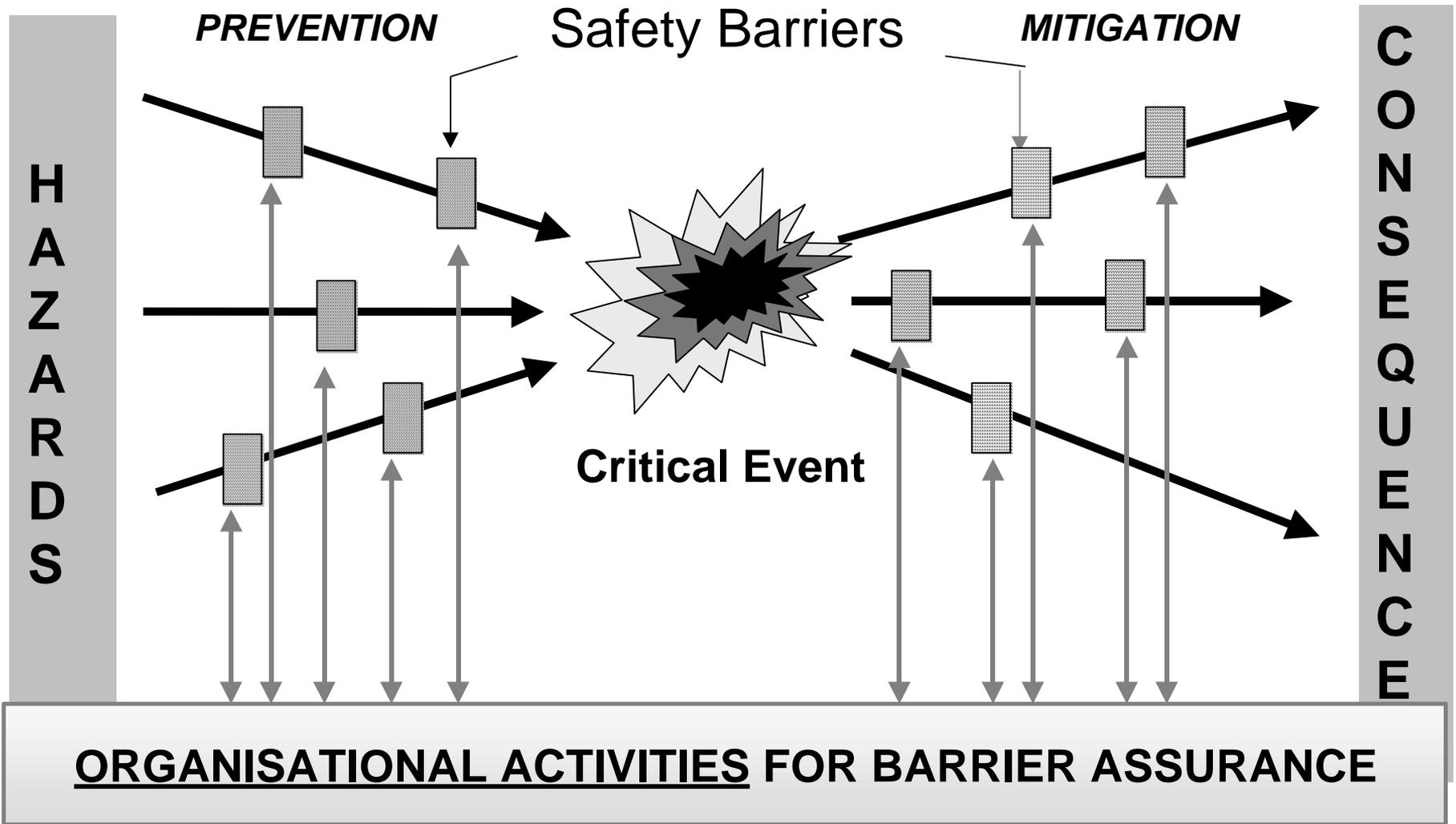


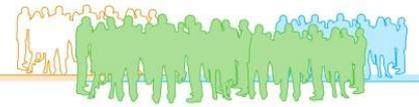
Prognosen anhand von Szenarien

Beispiel Druckgeräte (Deterministischer Ansatz in 4 Stufen)

1. Grundlegende technische Anforderungen **nicht** erfüllt
→ Behälterbersten kann nicht ausgeschlossen
2. Grundlegende technische Anforderungen erfüllt → Ein Leck entsprechend **DN 80*** kann nicht ausgeschlossen werden .
3. Zusätzliche technische Anforderungen und Anforderungen gegen den Eingriff Unbefugter erfüllt
→ Ein Leck entsprechend **DN 25*** kann nicht ausgeschlossen werden .
4. SMS, Überwachung durch eine befähigte Person, unabhängige benannte Stelle erfüllt → Ein Leck entsprechend **DN 10*** kann nicht ausgeschlossen werden

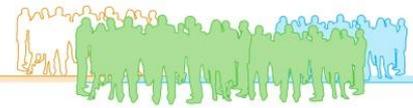
* Norm Durchmesser in [mm]





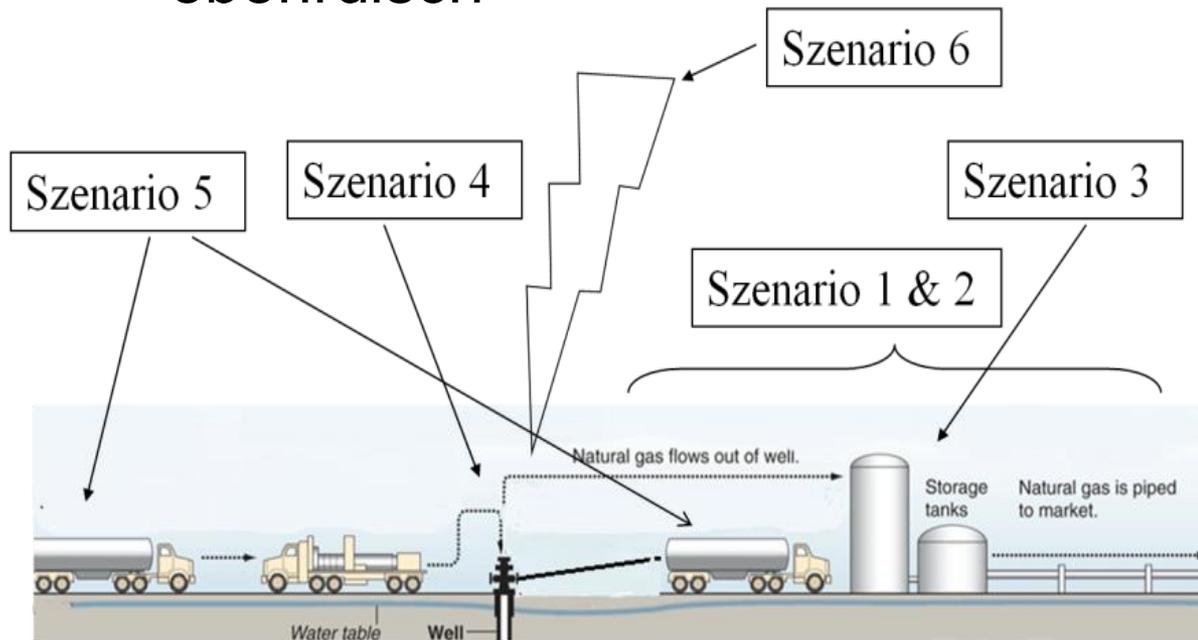
Grundsätze zur Szenarienfestlegung

- | Annahmen zum Versagen technischer und organisatorischer Sicherheitsmaßnahmen trotz Einhaltung des Standes der Technik
- | Keine Beachtung kausaler Zusammenhänge
-Ursachenneutralität-
- | Häufung konservativer Annahmen
- | Beachtung naturgesetzlicher Zusammenhänge
- | Szenarien werden hinsichtlich ihrer **räumlichen** Ausdehnung und ihres **zeitlichen** Verlaufs charakterisiert
- | Transparenz der szenarischen Festlegungen

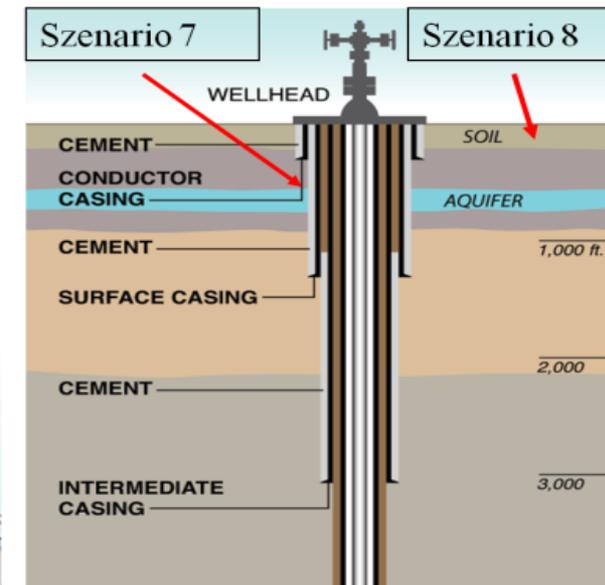


Störfallszenarien bei der Erdgasgewinnung (incl. Fracking)

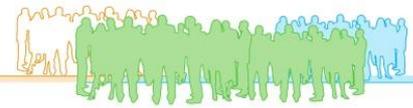
oberirdisch



unterirdisch



Insgesamt 8 Hauptszenarien mit
29 Unterszenarien

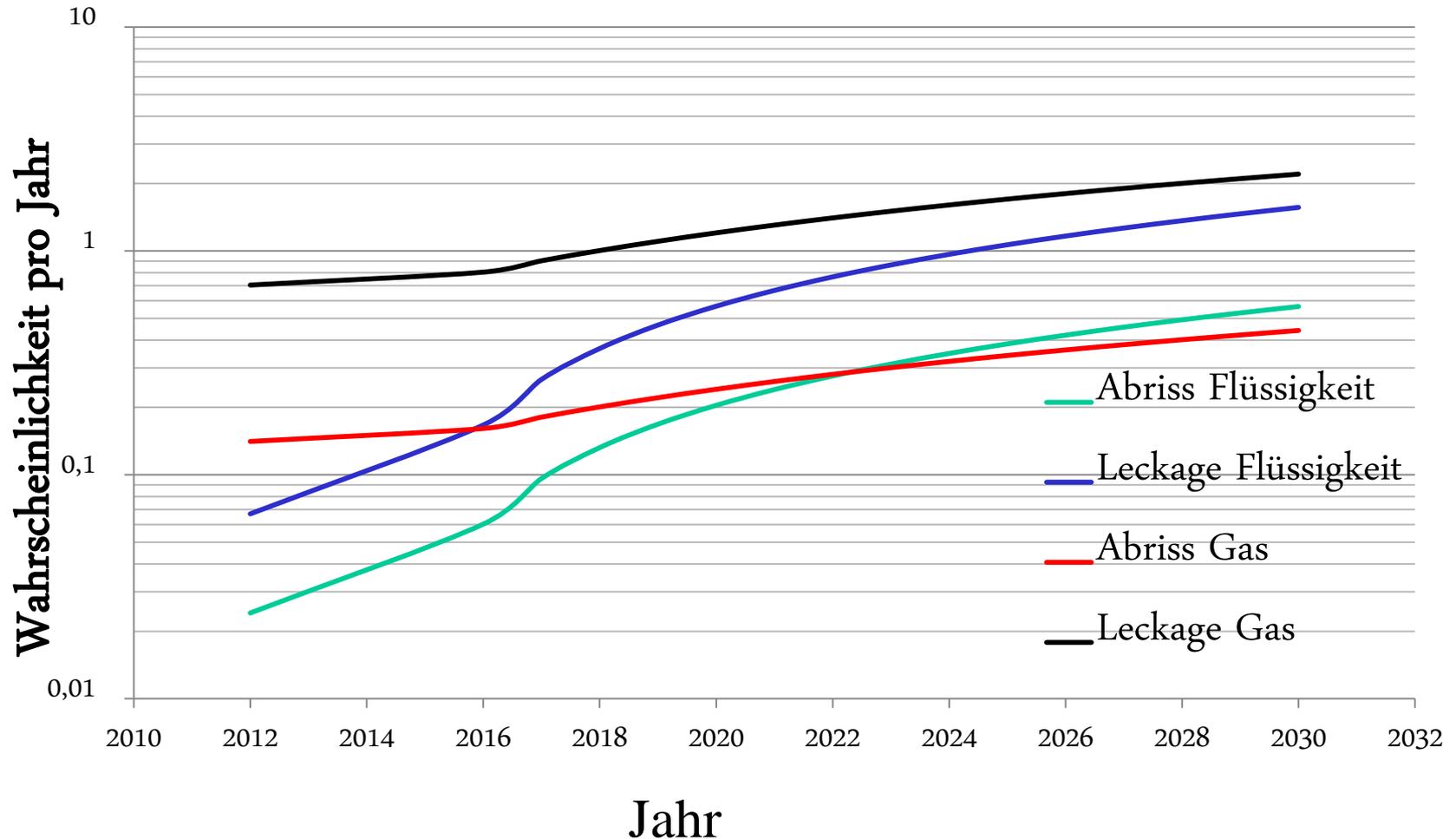


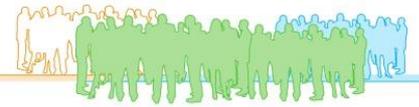
Maximale Wirkungsradien und -mengen

Nr	Leitstoff	Wärmestrahlung [m für 1,6 kW/m ²]	Humantox [m für AEGL1/3]	Ökotox [t]	Wahrscheinlichkeiten [Ereignisse/a]
<u>1</u>	Diesel	347	-	28	sehr selten
<u>2</u>	Diesel	276	-	-	sehr selten
<u>3</u>	Diesel/ Chemikalien	245	192/72	-	1,2 x 10 ⁻²
<u>4</u>	Frackfluid	-	-	14	4,7 x 10 ⁻²
<u>5</u>	Frackfluid	-	-	12 - 30	0,14 – 3,2
<u>6</u>	Erdgas/H ₂ S	30	2400/150	-	sehr selten
<u>6.3</u>	Erdgas/H ₂ S/ Spülfluid	187	21km/1,3km	244-302	>1 x 10 ⁻³ [E/Bohrung]
<u>7</u>	Frackfluid	-	-	360 [t/d]	sehr selten
<u>8</u>	Frackfluid Erdgas/H ₂ S	116	606/36	60	0,14 – 0,7



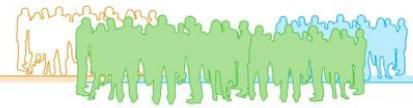
Prognose der Rohrleitungsversagen





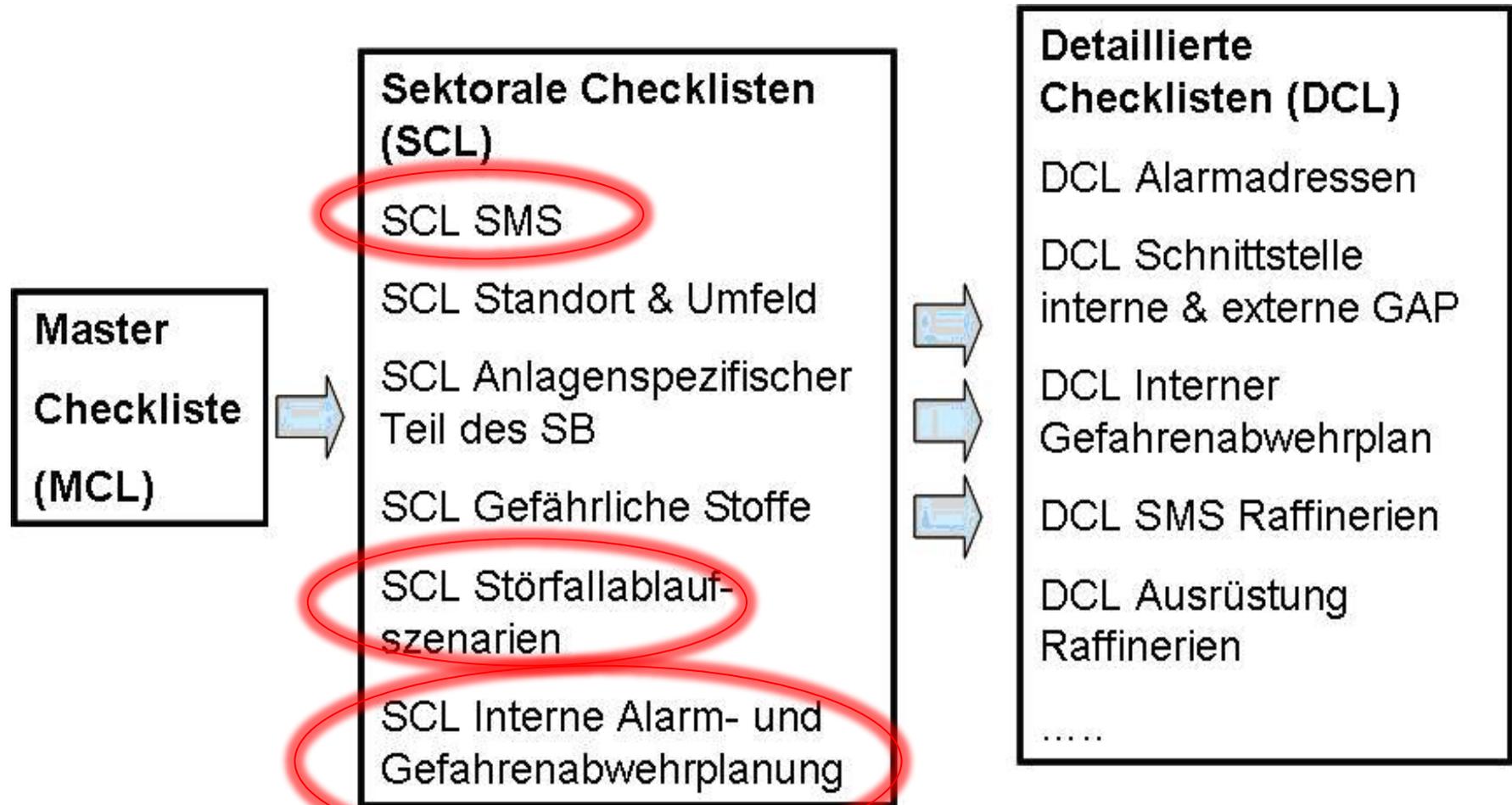
Beschreibung Stand der Technik & Guten Managementpraxis

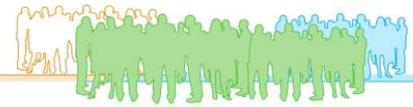
- | Stand der Technik in Hochrisikotechnologien der Chemischen Industrie (Betriebsbereiche nach StörfallV)
- | Anforderungen einer Sicherheitskultur (Empfehlungen der KAS)
- | Allgemein anerkannte Regeln der Technik



Praxisbewertung EMPG

Checklistenverfahren



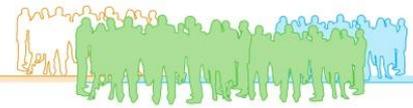


Praxisbewertung EMPG

Informationen über das Managementsystem und die Betriebsorganisation (SMS)

- | Das OIMS reflektiert den aktuellen Stand der guten Managementpraxis bei Sicherheitsmanagementsystemen. Alle relevanten Bereiche werden ausführlich adressiert.
- | Die weitergehenden Elemente einer guten Sicherheitskultur, soweit sie im Ermessen der EMPG liegen, wurden aufgenommen.
- | Die Umsetzung in der Praxis konnte an Hand von Stichproben über Nachweise & Verfahrensweisen nachvollzogen werden. Es wurden **keine Beanstandungen** gefunden.



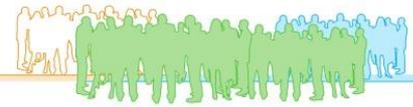


Praxisbewertung EMPG

Risikoabschätzung, Störfallablaufszenarien

- | Das verwendete System ist auf langjährige Betriebserfahrung aufgebaut, aus diesem Grund **grundsätzlich retrospektiv**.
- | Zur Ermittlung der Risiken beim Bohrbetrieb findet **keine systematische Analyse** der einzelnen Anlageteile und deren Zusammenwirken im verfahrenstechnischen System statt, mithin können **neu eingeführte Systemänderungen** nicht prospektiv hinsichtlich ihrer Sicherheit beurteilt werden.
- | Der Eingriff des Menschen (Bediengefahren) wird in dem System **nicht hinreichend berücksichtigt**.
- | Die im Ergebnis abgeleiteten Präventivmaßnahmen und Maßnahmen zur Schadensbegrenzung sind sehr allgemeine Sicherheitsmaßnahmen, die mit den spezifischen Gefahren bestenfalls nur **mittelbar** verknüpft sind.



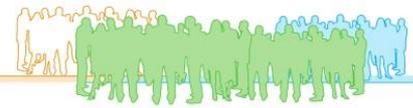


Praxisbewertung EMPG

Alarm- und Gefahrenabwehrplanung

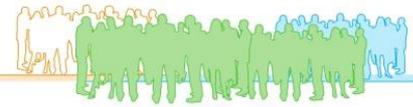
- | Die Notfallplanung orientiert sich in erster Linie auf den Schutz der Beschäftigten.
- | Der Nachbarschaftsschutz (Drittsschutz) wird anhand **generischer, nicht einzelfallbezogener** spezifischer Szenarien geplant.
- | Die Zusammenarbeit von betrieblicher und öffentlicher Gefahrenabwehr ist vorwiegend informeller Art.
- | Mögliche **Umweltschäden** werden bei der Notfallplanung **nicht ausreichend** betrachtet, hier besteht Verbesserungsbedarf, z.B. Planung von Abwehrmaßnahmen bei drohender GW Verschmutzung, Monitoring & Sanierungsplanungen.
- | **Facit: Die Notfallplanung bietet gemessen an den Anforderungen an eine zeitgemäße Störfallvorsorge Verbesserungspotential.**





Zusammenfassung

- | Nach Einschätzung des Expertenkreises sind die technischen Risiken (obertägige Anlagen und Transport sowie Bohrloch) hinsichtlich der Gesamtrisikobewertung besonders bedeutsam.
- | Risikomanagement der ExxonMobil zielt vor allem auf Sicherheit der Arbeitnehmer und Drittschutz. Dafür gibt es ein ausgefeiltes System von technischen und organisatorischen Vorkehrungen.
- | Im Hinblick auf Umweltrisiken gibt es substantielle Verbesserungsmöglichkeiten (Überwachung Pipelines Bohrlöcher, Management-, Monitoring-, Notfall- und Sanierungsmaßnahmen). Dazu enthalten die Gutachten umfangreiche Vorschläge.



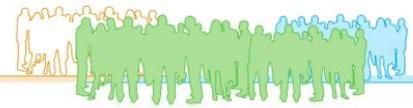
Gutachten im Rahmen des Erdgas-Dialogs:

„Technische Sicherheit von Anlagen und Verfahren zur Erkundung und Förderung von Erdgas aus nichtkonventionellen Lagerstätten“

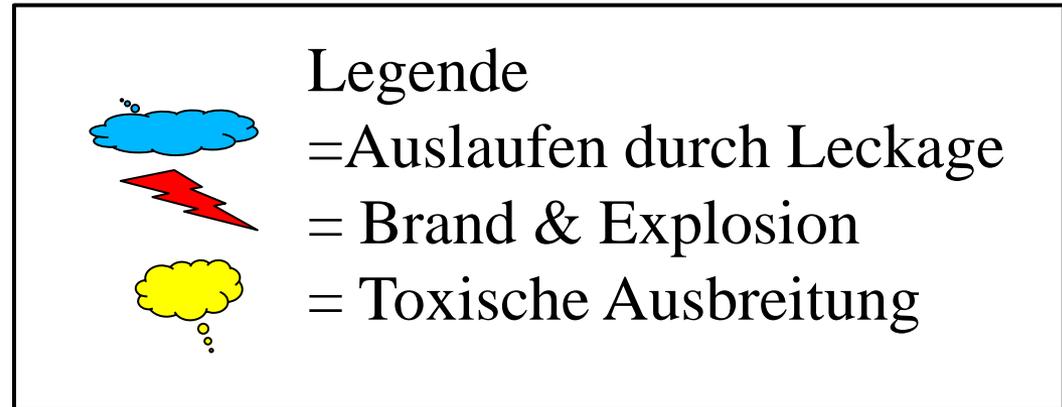
15. Mai 2012

Quelle: <http://dialog-erdgasundfrac.de/gutachten/technische-sicherheit>

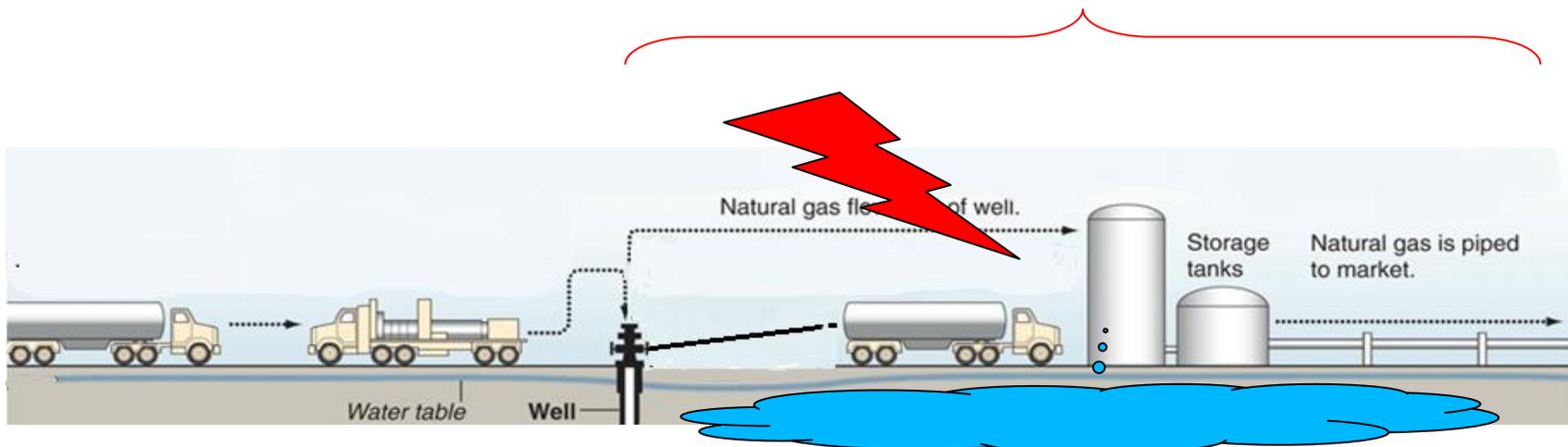
Danke für die Aufmerksamkeit !

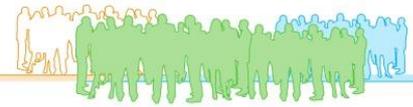


Oberirdische Szenarien



Szenario 1 (WZF) & Szenario 2 (WZFR)





Szenarien (oberirdisch)

1. Worst Case (Fracking) - WCF

Freisetzung, Brand & Explosion des gesamten chemischen Inventars, welches für den Frack auf dem Bohrplatz bereitgestellt wird und den am Bohrplatz üblicherweise vorhandenen Betriebs- & Hilfsstoffe. Verdampfen bzw. Versickern der Chemikalien.

Auswirkung: *Kontamination Boden und Grundwasser, bzw. Emissionen in Luft. Wärmestrahlung und Explosionswirkung.*

- 1.1 Lachenbrand von 28,1 t Gefahrstoffe
- 1.2 Lachenbrand von 7,6 t Diesel
- 1.3 Auslaufen & Versickerung von 28,1 t Gefahrstoffe
- 1.4 Explosion

Wahrscheinlichkeit: Sehr seltene Ereignisse, Durch Eingriffe von Außen.



Szenarien (oberirdisch)

2. Worst Case (Fracking - reduziert) - WCFR

Freisetzung des gesamten Inventars an Gefahrstoffen, welches auf dem Bohrplatz bereitgestellt wird. Die passiven Sicherheits-einrichtungen werden berücksichtigt: Auffangen der gesamten Freisetzung auf dem inneren Bohrplatz (2550,36 m²),

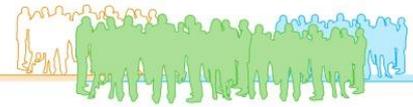
Auswirkung: Freisetzung, Brand & Explosion der Gefahrstoffe.

Explosionswirkung & Wärmestrahlung, toxische Emissionen in Luft.

- 2.1 Lachenbrand von 28,1 t Gefahrstoffe
- 2.2 Lachenbrand von 7,6 t Diesel
- 2.3 Auslaufen von 28,1 t Gefahrstoffe
- 2.4 Explosion

Wahrscheinlichkeit: Sehr seltene Ereignisse, Durch Eingriffe von Außen.





Oberirdische Szenarien

Legende



= Auslaufen durch Leckage

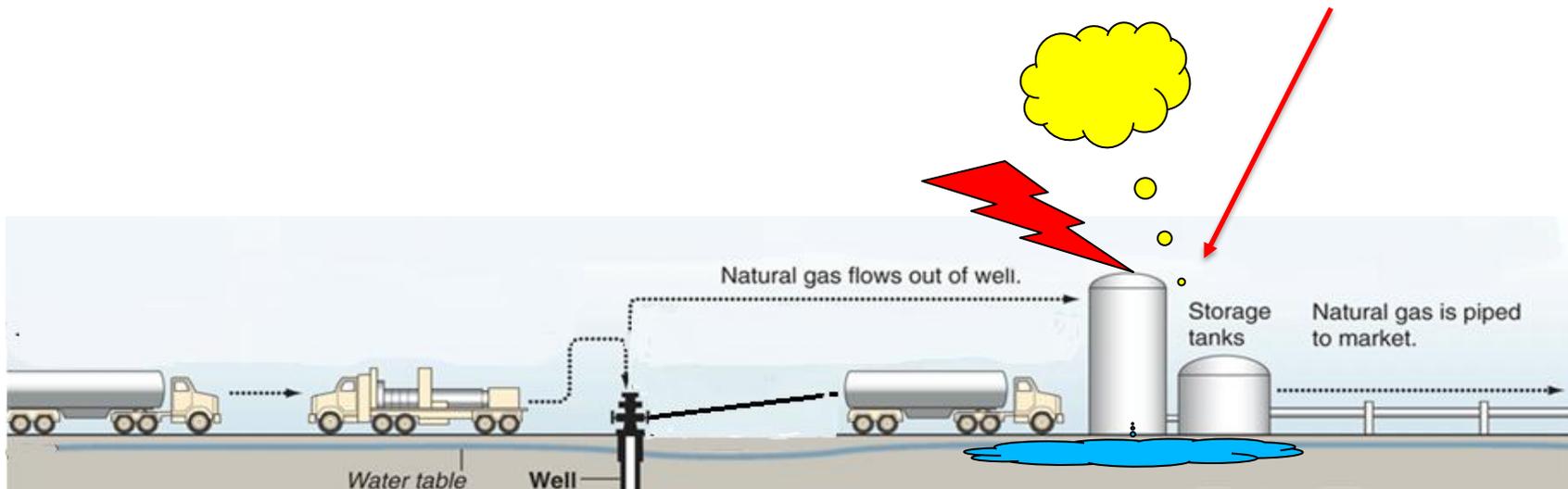


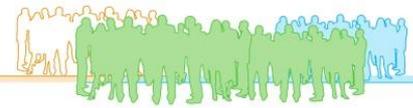
= Brand & Explosion



= Toxische Ausbreitung

Szenario 3 (GZM)





Szenarien (oberirdisch)

3. Größte zusammenhängende Masse - GZM

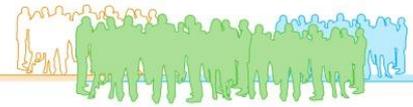
Freisetzung der GZM eines Lagerbehälters ausgewählter Gefahrstoffe auf dem Bohrplatz. Die passiven Sicherheitseinrichtungen werden berücksichtigt.

Auswirkungen: Freisetzung, Brand & Explosion der Gefahrstoffe. Explosionswirkung & Wärmestrahlung, toxische Emissionen in Luft.

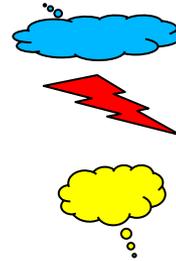
- 3.1 Freisetzung Butoxyethanol aus 1 m³ IBC
- 3.2 Brand Butoxyethanol
- 3.3 Freisetzung Essigsäureanhydrid aus 1 m³ IBC
- 3.4 Lachenbrand von 16,9 t Diesel

Wahrscheinlichkeit: Seltene Ereignisse, Standardszenario für Gefahrenabwehrplanung. Abschätzung aus ZEMA ca. alle 80 Jahre.





Oberirdische Szenarien



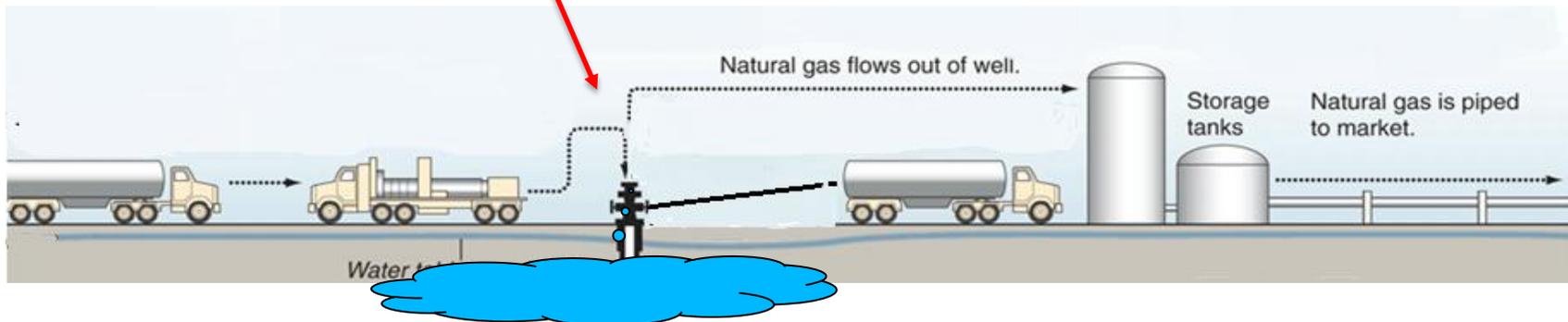
Legende

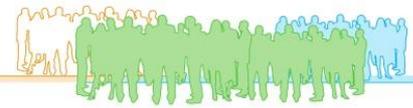
= Auslaufen durch Leckage

= Brand & Explosion

= Toxische Ausbreitung

Szenario 4





Szenarien (oberirdisch)

4. Versagen Panzerschlauch – WCP

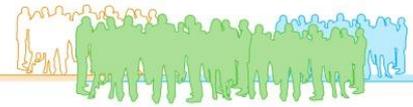
Abriss von Panzerschlauch (ca. DN 100) vom Manifold während Frackverpumpung, Abschaltung Pumpe von Hand innerhalb 2 Minuten. Freisetzung Frackfluid. → Freisetzung Frackfluid, Verspritzen über Bohrplatzgrenzen. Die passiven Sicherheitseinrichtungen werden berücksichtigt.

Auswirkungen: *Kontamination Boden und Grundwasser*

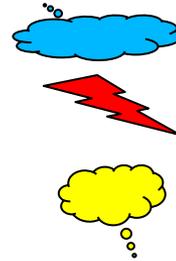
– 4.1 Freisetzung & Versickerung von 14,5 m³ Frackfluid

Wahrscheinlichkeit: Die Ereigniswahrscheinlichkeit setzt sich aus den Systemkomponenten zusammen, sie muss systemanalytisch im Einzelfall bestimmt werden. Überschlägig ist mit dem Versagen des Panzerschlauchs alle 21 Jahre zu rechnen.





Oberirdische Szenarien



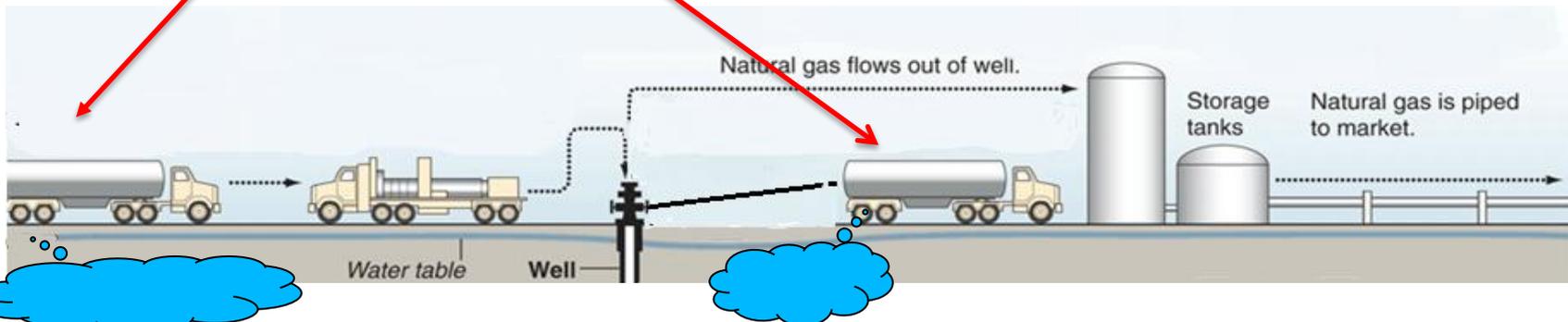
Legende

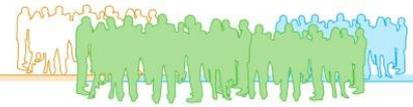
= Auslaufen durch Leckage

= Brand & Explosion

= Toxische Ausbreitung

Szenario 5





Szenarien (oberirdisch)

5. Tankerunfall, Bohrplatz , Transport- WCT

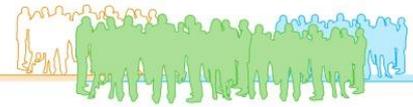
Unfall des Tanklastzuges (TKW) mit Freisetzung des gesamten Tankinhalts von 30 t auf das Erdreich.

Auswirkungen: *Kontamination Boden und Grundwasser*

- 5.1 Auslauf TKW (30 t) mit Backflow
- 5.2 Auslauf Chemikalientransporter für Frackchemikalien außerhalb des Bohrplatzes.
 - Fall a: gesamte Ladung des LKW (max. 12 t)
 - Fall b: GZM = IBC mit 1 m³ (max. 1 t)
- 5.3 Gesamtbetrachtung TKW Transport Backflow & Haftwasser. Bei 100 Fracks pro Jahr und 45 km Transportweg ist mit einem zusätzlichen TKW Unfall alle 3 Jahre zu rechnen.

Wahrscheinlichkeit: Gefahrguttransport auf Straße: $1,0 \times 10^{-7}$ [1/Tonne x km x Jahr]; Umgang mit WGS (HBV Anlagen) : 4×10^{-3} [1/Jahr]





Oberirdische Szenarien

Szenario 6

Legende



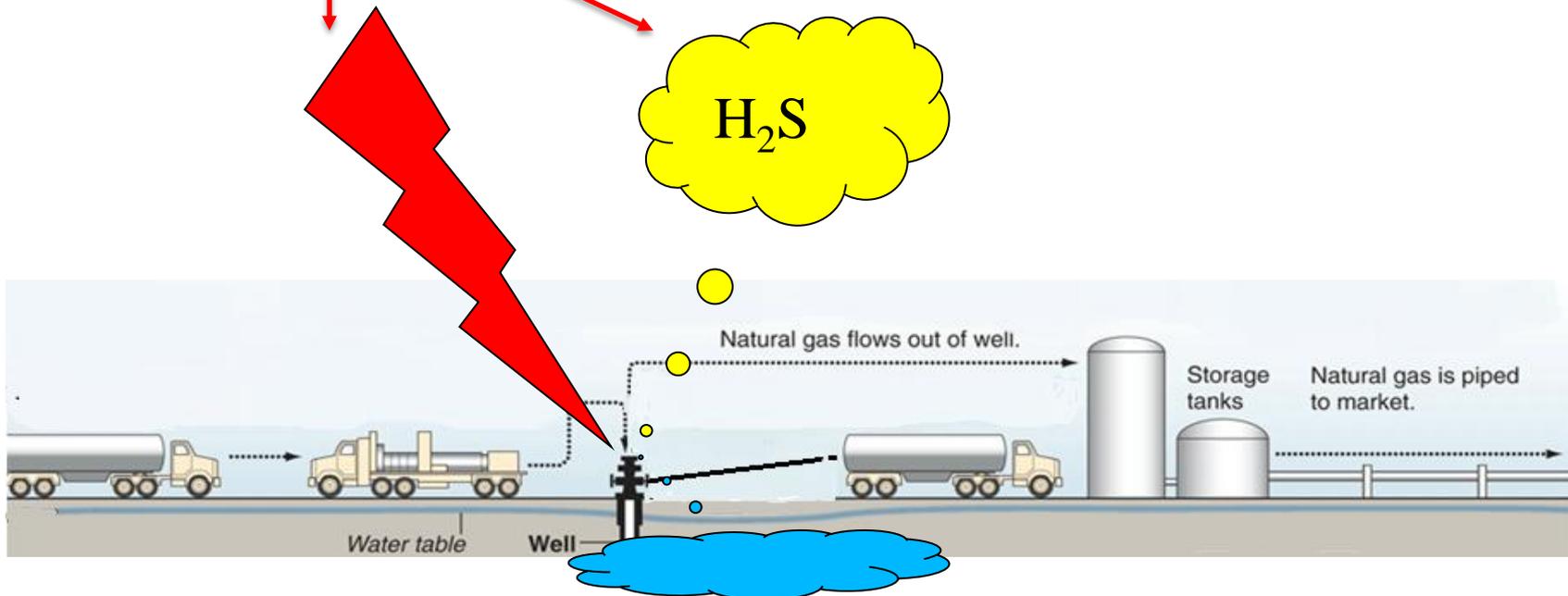
= Auslaufen durch Leckage

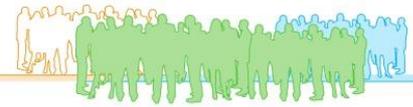


= Brand & Explosion



= Toxische Ausbreitung





Szenarien (oberirdisch)

6. Worst Case (Gasausbruch)* -WCG

Abriss des Blow out Preventers (BOP); Methan-Freisetzung aus Bohrloch mit Volumenstrom von 5000 m³/h,

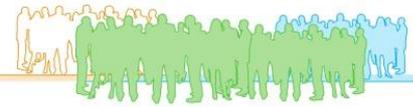
Auswirkung: *Wärmestrahlung & Freisetzung als Sauergas mit 25 % H₂S ohne Zündung. GW-Belastung*

- 6.1a Freisetzung mit toxische Wirkung H₂S
- 6.1b Brand Freistrahle senkrecht
- 6.3 Blow out, Auswurf Spülfluid (2 Szenarien)

Wahrscheinlichkeit: für Kicks nach EMPG: > 1000 Bohrungen. Bei ca. 100 Bohrungen pro Jahr ist mit einem Kick alle 10 Jahre zu rechnen.

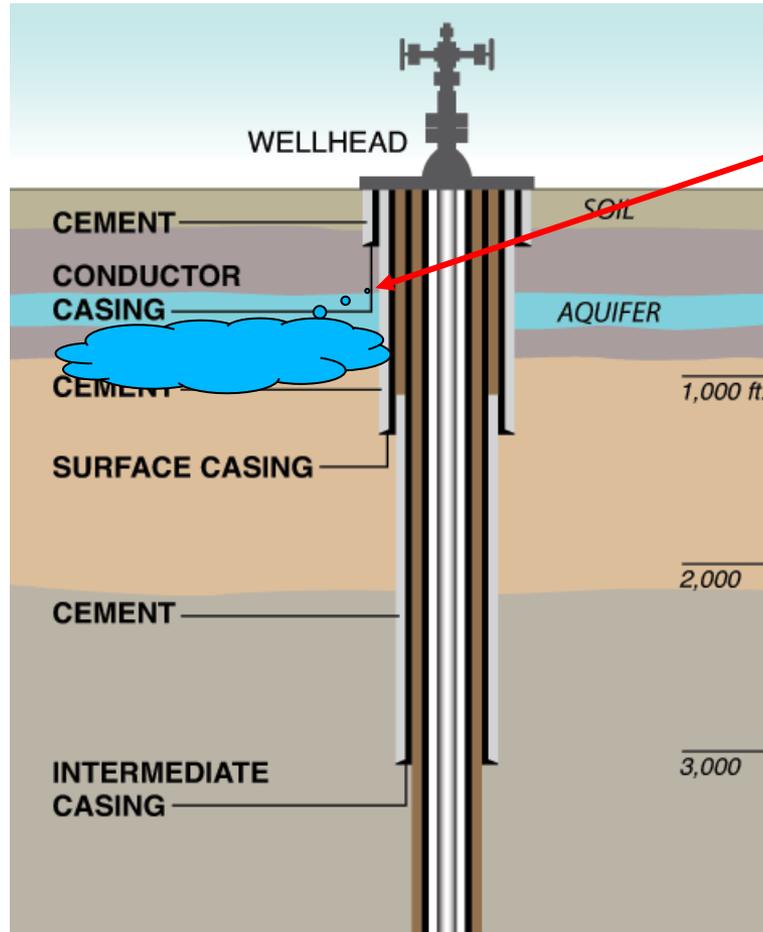
*Hinweis: In Shalegashorizonten ist i.d.R. nicht mit Sauergas zu rechnen, aber bei Tiefbohrungen kann grundsätzlich nicht ausgeschlossen werden, dass Gasblasen auch mit Sauergas, etc angebohrt werden.



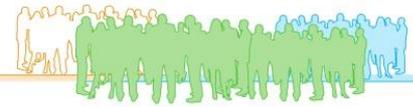


Unterirdische Szenarien

Szenario 7



Grafikquelle: <http://www.propublica.org/article/anatomy-of-a-gas-well-426>



Szenarien (unterirdisch)

7. Leckage unterirdisch durch Rohrstrecke - WCB

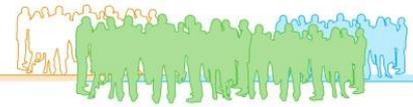
Frackfluid Austritt in nutzbares Grundwasser durch Undichtigkeit von Zement, Rohrleitung. Bildung einer Schadstoffblase im GW Horizont.

Auswirkung: Grundwasserkontamination

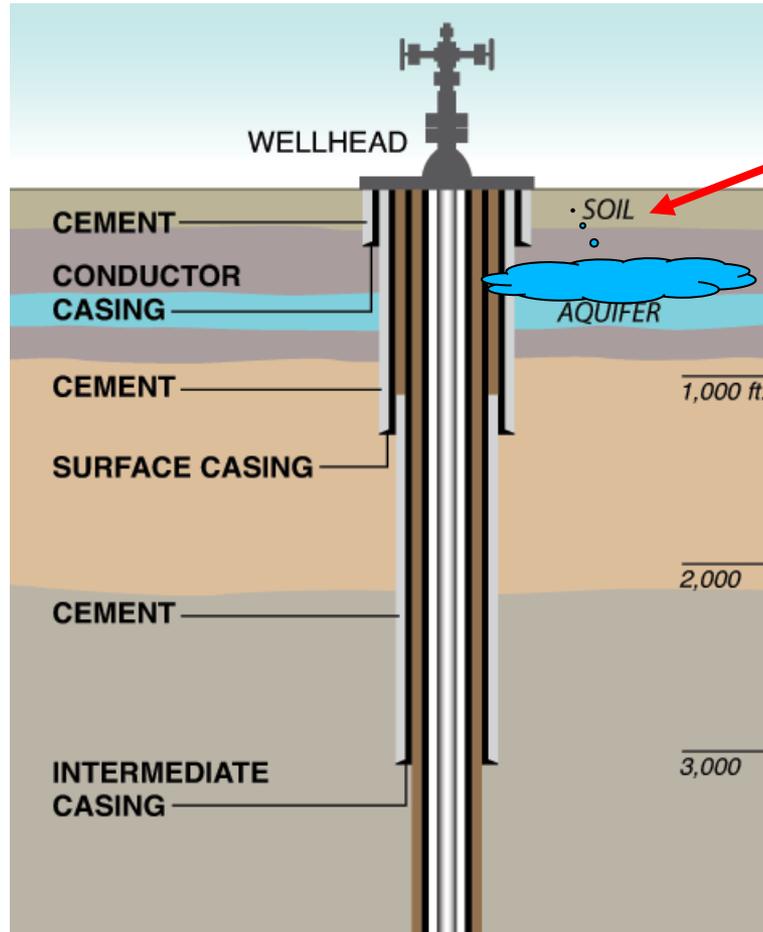
- 7.1 Verpumpung von Frackfluid mit Rohrbruch. Detektionszeit 5 Minuten. 35 m³ Frackfluid
- 7.2 Sickerleckage Frackfluids von ca. 76 m³
- 7.3 Sickerleckage von 1 % Erdgas während der gesamten Förderphase. Ca. 50 m³/h treten kontinuierlich aus.
- 7.4 Verpumpung von Frackfluid in Versenkbohrung. Rohrbruch mit 360 m³/Tag

Wahrscheinlichkeit: Korrosionsleckagen sind häufig, Rohrbrüche eher selten.



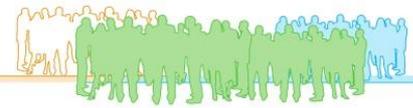


Unterirdische Szenarien



Szenario 8
(Unterirdische Feldleitungen)

Grafikquelle: <http://www.propublica.org/article/anatomy-of-a-gas-well-426>



Szenarien (unterirdisch)

8. Leckage/Beschädigung unterirdisch verlegter Rohrleitung.

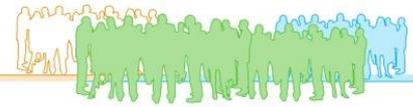
Leckage von Backflow/Haftwasser o. Erdgas durch Korrosion o. Abriss, Entdeckung der Schadstelle während turnusmäßiger Wartung.

Auswirkung: Schadstoffblase im GW Horizont.

- 8.1 Freisetzung Methan aus Feldleitungen mit DN 610. Abriss durch Erdarbeiten. Freisetzungsdauer 3 Stunden. Freisetzung von 170 t..
- 8.2 Freisetzung von Sauerogas aus Feldleitungen mit DN 508 durch Abriss. Ausströmen des gesamten Volumens ($V = 445,9 \text{ m}^3$) zwischen den Absperrarmaturen. Freisetzung von 7 t .
- 8.3 Freisetzung von Backflow aus Feldleitungen mit DN 273. Abriss durch Erdarbeiten. Freisetzungsdauer 3 Stunden. Freisetzung von 66 t.
- 8.4 Freisetzung Erdgas aus Feldleitungen durch Korrosionsleckage über 12 h: 124 t
- 8.5 Freisetzung von Backflow durch Korrosion aus Feldleitungen mit DN 273. In 3 Stunden werden ca. 62 t freigesetzt.

Wahrscheinlichkeit: Korrosionsleckagen ($\lambda = 5 \cdot 10^{-7} [\text{a}^{-1} \text{m}^{-1}]$) sind häufig als Rohabbrüche durch Einwirkung Dritter ($\lambda = 1,8 \cdot 10^{-7} [\text{a}^{-1} \text{m}^{-1}]$).



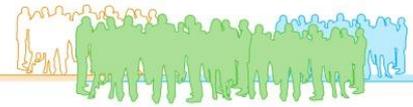


Praxisbewertung EMPG

Informationen über das Managementsystem und die Betriebsorganisation (SMS)

- | Alle wesentlichen organisatorische Verfahrensabläufe sind im OIMS (Operation Integrity Management System) konzernweit in 199 Einzelrichtlinie festgelegt.
- | **Bewertung:**
- | Das OIMS reflektiert den aktuellen Stand der guten Managementpraxis bei Sicherheitsmanagementsystemen. Alle relevanten Bereiche werden ausführlich adressiert.
- | Die weitergehenden Elemente einer guten Sicherheitskultur, soweit sie im Ermessen der EMPG liegen, wurden aufgenommen.
- | Die Umsetzung in der Praxis konnte an Hand von Stichproben über Nachweise & Verfahrensweisen nachvollzogen werden. Es wurden keine Beanstandungen gefunden.

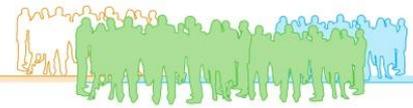




Praxisbewertung EMPG

Risikoabschätzung, Störfallablaufszenarien

- | Risikoabschätzung erfolgt nach generischen Ansatz mit 28 möglichen Szenarien*
- | Eintrittswahrscheinlichkeit und Auswirkung nach einer 5/4-stufigen Matrix eingeordnet und bewertet.
- | In verfahrenstechnischen Nebenanlagen systematische Analyse vorhanden
- | **Bewertung:**
- | Das verwendete System ist auf langjährige Betriebserfahrung aufgebaut, aus diesem Grund grundsätzlich retrospektiv.
- | Zur Ermittlung der Risiken beim Bohrbetrieb findet keine systematische Analyse der einzelnen Anlageteile und deren Zusammenwirken im verfahrenstechnischen System statt, mithin können neu eingeführte Systemänderungen nicht prospektiv hinsichtlich ihrer Sicherheit beurteilt werden.



Praxisbewertung EMPG

Risikoabschätzung, Störfallablaufszenarien

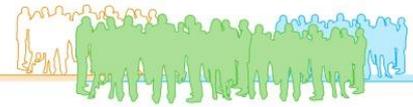
Der Eingriff des Menschen (Bediengefahren) wird in dem System nicht hinreichend berücksichtigt.

Die im Ergebnis abgeleiteten Präventivmaßnahmen und Maßnahmen zur Schadensbegrenzung sind sehr allgemeine Sicherheitsmaßnahmen, die mit den spezifischen Gefahren bestenfalls nur mittelbar verknüpft sind.

Hinsichtlich der Weckung erhöhter Aufmerksamkeit für die Beschäftigten ist das Vorgehen gut geeignet. Dies wird durch den gesamten Ablauf der organisatorischen Orientierung auf sicheres Verhalten und systematischer Auswertung von Betriebserfahrungen auf verschiedenen Ebenen wirksam unterstützt. Insofern darf das Gesamtverfahren zur Kontrolle der vorhandenen Gefahrenpotentiale als angemessen angesehen werden.

Eine dem Stand der Technik & guten Managementpraxis entsprechende Risikoabschätzung bedarf der einzelfallbezogenen systemanalytischen Behandlung der gesamten Anlage. Generische Sicherheitsbetrachtungen ergänzen die einzelfallbezogene Analyse.

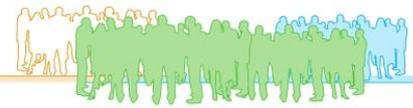




Praxisbewertung EMPG

Alarm- und Gefahrenabwehrplanung

- | **Beispiel: Dokumentation der internen Alarm- und Gefahrenabwehrplanung des Betriebsbereichs Walsrode West Z4a**
- | Notfallmanagement im Rahmen der Betriebspläne mit Alarmadressen & Alarmierungsablauf, Alarmstufen bei Sauergasausbruch (H_2S).
- | Generische Sicherheitskreise für die H_2S Konzentrationen 10 ppm & 75 ppm bei 200m bzw. 400m. Den Unterlagen ist nicht zu entnehmen mit welchen Quelltermen (Massenflüssen, Zeiten) die Festlegungen der Sicherheitskreise erfolgt.
- | Mit Ausnahme des Brandschutzes, keine Angaben zu Ausrüstungen, technischen Abwehrmaßnahmen,
- | Technische Zusammenarbeit bei der Gefahrenabwehr mit der öffentlichen Gefahrenabwehr nicht dargelegt.



Praxisbewertung EMPG

Alarm- und Gefahrenabwehrplanung

Bewertung:

Die Notfallplanung orientiert sich in erster Linie auf den Schutz der Beschäftigten. Der Nachbarschaftsschutz (Drittschutz) wird anhand generischer, nicht einzelfallbezogener spezifischer Szenarien geplant. Die Zusammenarbeit von betrieblicher und öffentlicher Gefahrenabwehr ist vorwiegend informeller Art. Mögliche Umweltschäden werden bei der Notfallplanung nicht ausreichend betrachtet, hier besteht Verbesserungsbedarf, z.B. Planung von Abwehrmaßnahmen bei drohender GW Verschmutzung, Monitoring & Sanierungsplanungen. Die Notfallplanung bietet gemessen an den Anforderungen an eine zeitgemäße Störfallvorsorge Verbesserungspotential.

