

Störfallablaufszzenarien, Risikomanagement und Stand der Technik bei der Fracking Technologie

Hans-Joachim Uth

Tangersdorf 19
17279 Lychen

Die Erkundung, Erschließung und Förderung von Erdgas aus nichtkonventionellen Lagerstätten ist mit Risiken verbunden, die von der Bohrung selbst, den oberirdischen technischen Anlagen des Bohrplatzes und vom Transport umweltgefährlicher Stoffe auf der Straße und in Rohrleitungen ausgehen. Zur Ermittlung der erforderlichen Maßnahmen zur Begrenzung der Risiken wird von einem „Worst- Case“ Ansatz (WCS) ausgegangen, der bei Hochrisikotechnologien weit verbreitet ist. Dabei ist die Beschreibung der maximal möglichen Auswirkung gleichbedeutend mit der Festlegung des oberen Endes einer Werteskala aller Sicherheitsmaßnahmen. In einem iterativen Prozess werden die Bedingungen, die zu dem WCS führen, systematisch durch technische und organisatorische Maßnahmen ausgeschlossen, so dass Szenarien mit immer kleineren Auswirkungen entstehen. Als Startpunkt wird mit der Freisetzung, Explosion & Brand des gesamten oberirdischen Inventars an Gefahrstoffen auf dem Bohrplatz begonnen und dann die Szenarien mit immer kleineren Gefahrgutmengen aufgrund der abgestuften Wirksamkeit eingesetzter technischer und organisatorischer Maßnahmen entwickelt. Bei der szenarischen Herangehensweise wird grundsätzlich keine Ursachenanalyse für das angenommene Ereignis durchgeführt. Bei der Bewertung des Szenarios jedoch spielen die Maßnahmen zur Verhinderung der Ursachen, wie verkehrs-, umwelt-, und anlagenbezogener Gefahrenquellen, sowie der Eingriffe Unbefugter eine zentrale Rolle. Beim Vorhandensein mehrerer Gefahrstoffe kommt ein Leitstoffprinzip zum Einsatz. Dabei wird die Gesamtmenge aller vorhandenen Gefahrstoffe als Menge des Leitstoffs berechnet. Der Leitstoff ist der Stoff mit den jeweils größten Auswirkungen. Es werden 8 Hauptszenarien mit insgesamt 29 Unterszenarien modelliert und hinsichtlich der Auswirkungen und Eintrittswahrscheinlichkeiten bewertet [1]. **Bild 1** zeigt die Lokationen der Freisetzungen und **Tabelle 1** fasst die Ergebnisse der Hauptszenarien mit der jeweils größten Auswirkung zusammen.

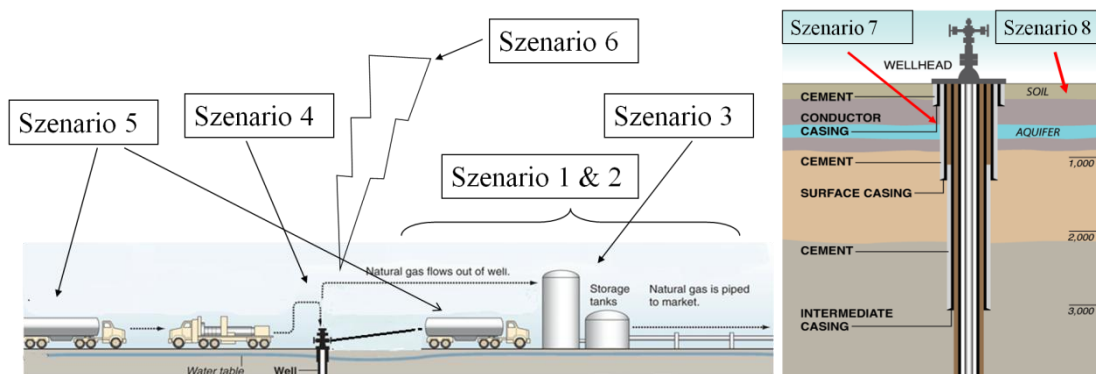


Bild 1 Lokation der Szenarien zur Freisetzung von Gefahrstoffen

Tabelle 1 Hauptszenarien mit der jeweils größten Auswirkung

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

* Wahrscheinlichkeiten stark von den Szenarienbedingungen abhängig. Einzelheiten s. [1]

**nicht quantifizierbar, Ereignisse durch äußere Gefahrenquellen und Eingriff Unbefugter ausgelöst

Die Ereignisse mit den größten Auswirkungen auf Mensch und Umwelt sind Blow-Out-Ereignisse von Erdgas (Sauergas), Brand des gesamten Inventars an Dieselkraftstoffen, die als Betriebsstoffe auf dem Bohrplatz gelagert werden und Freisetzung größerer Mengen wassergefährdender Stoffe während des Transports.

Risikomanagement

Neben der technischen Integrität der Anlagen sind die Organisation der Sicherheit und die Notfallvorsorge besonders wichtig [2]. Diese Erkenntnis begann sich Anfang der Neunzigerjahre des vergangenen Jahrhunderts aufgrund einer Reihe spektakulärer Störfälle durchzusetzen. Mit einer weiteren Steigerung der technischen Sicherheit konnte nur noch eine geringe Zunahme der gesamten Sicherheit erreicht werden. Daher wurden Systeme für das Sicherheitsmanagement (SMS) entwickelt, die heute in allen risikobehafteten Industriebetrieben Standard sind. Sie haben als gesetzliche Anforderungen u.a. ins bergrechtliche Genehmigungsverfahren Eingang gefunden. Parallel dazu werden Elemente des SMS auch in der behördlichen Überwachungspraxis angewendet. Im Rahmen von Audits werden die örtliche Einbindung des Betriebs, die Beziehung desselben mit seiner Umgebung sowie die betriebsinternen Abläufe und Strukturen zur Sicherstellung der Umsetzung aller gesetzlichen und unternehmensspezifischen Anforderungen überprüft. Die Weiterentwicklung des Sicherheitsmanagements mündet in fortgeschrittene Sicherheitskulturen, die neben den spezifischen Belangen des Betriebs dessen Einbettung in die örtliche und soziale Struktur am Standort beinhalten [3]. Eine Sicherheitskultur zeichnet sich dadurch aus, dass Anlagensicherheit Chefsache und gleichzeitig Querschnittsaufgabe ist. Anlagensicherheit muss darüber hinaus organisiert sein; z.B. durch Schaffung und Integration eines Sicherheitsmanagementsystems. Das

Personal ist entsprechend ausgebildet, und für das Personal von Fremdfirmen bzw. Kontraktoren gelten die gleichen hohen Sicherheitsstandards. Das Unternehmen stellt ausreichende zeitliche und finanzielle Ressourcen zur Verfügung. Es werden Indikatoren für die Sicherheit definiert und Lehren aus Betriebserfahrungen und Unfällen gezogen. Durch Auditing und Management Reviews wird die Anlagensicherheit regelmäßig überprüft.

Notfallmanagement ist Bestandteil des SMS. Es dient dazu, in Notfällen angemessene Reaktionen sicherzustellen. Um eskalierende Situationen zu bewältigen, muss ein mehrstufiges „Response“-System vorhanden sein. Dabei ist es besonders wichtig, dass die Schnittstelle zwischen der betrieblichen und der öffentlichen Gefahrenabwehr reibungslos funktioniert. Ebenso wichtig ist es, dass die Gefahrenabwehr auf spezifische Gefahren durch Gefahrstoffe vorbereitet ist. Dies schließt sachgerechte Informationen an die Öffentlichkeit im Vorfeld ein.

Die ausführliche Beschreibung der Anlage sowie des Umfelds ist eine unabdingbare Voraussetzung zur verantwortungsvollen Durchführung der unternehmerischen Tätigkeit. Ebenso die detaillierte Abschätzung der mit der unternehmerischen Aktivität verbundenen Risiken. Die dafür erforderlichen Informationen liegen häufig nur beim Betreiber intern vor. In den Betriebsplänen nach BBergG wird nur eine Teilmenge der vorhandenen Informationen veröffentlicht. Zusätzlich liegt eine Reihe wichtiger Informationen, insbesondere zum Umfeld der Anlage bei den zuständigen Aufsichtsbehörden. Diese können durch kooperatives Zusammenwirken von Betreiber und Behörden nutzbar gemacht werden. Diese Informationen sollten grundsätzlich den vor Ort Betroffenen sowie der Öffentlichkeit zur Verfügung stehen. Damit können staatliche- und Eigenüberwachung ergänzt werden durch den Einbezug aller Beteiligten (Sachverständige, Nachbarschaft, Bürgerinitiativen, Natur- und Umweltschutzverbänden).

Stand der Technik und Gute Managementpraxis

Die Gestaltung eines sicheren Betriebs zum Aufsuchen und Gewinnen von Erdgas erfolgt auf der Grundlage bewährten Regeln der Technik. Die Rahmenanforderungen werden im Sinne einer Zielorientierung im BBergG und den danach erlassenen Verordnungen beschrieben. Sind Umwelt- und sonstige Gefährdungen nicht auszuschließen sind darüber hinaus auch die Anforderungen des Gewässerschutzes (WHG und der daraus abgeleitete Verordnungen & Verwaltungsvorschriften), des Immissionsschutzes (BImSchG und Verordnungen) sowie die Vorschriften der technischen Sicherheit (Geräte- und Produktsicherheitsgesetz – GPSG), des Arbeitsschutzes (GefStoffV, ArbStV, etc), dem Transport von Gefahrstoffen in Rohrleitung und auf der Straße (Energiewirtschaftsgesetz – EnWG, Gefahrstoffbeförderungsgesetz – GGBefG, Umweltverträglichkeitsprüfungsgesetz UVP) zu erfüllen. Zu den aus den einzelnen Rechtszügen abgeleiteten Technischen Regelwerken gesellen sich noch Technische Normen (z.B. DIN EN, API) sowie Empfehlungen öffentlicher und privater Körperschaften, wie DVGW, BG, VDI, WEG, LAWA, etc. Hinsichtlich der Gestaltung von Organisation & Technik des Bohrlochs sind die Normen des American Petroleum Institut (API) [4] weltweit von besonderer Bedeutung.

Nach dem deterministischen Grundkonzept wird davon ausgegangen, dass, wenn alle einschlägigen Anforderungen des technischen Regelwerkes und der guten Managementpraxis, d.h. der Stand der Technik erfüllt sind, keine Gefahren für Mensch und Umwelt zu besorgen sind. Im Vordergrund zur Sicherstellung der Umsetzung der Anforderungen in die betriebliche Praxis steht die Betreiberverantwortung. Zusätzlich wird die Umsetzung der in der Genehmigung/der Erlaubnis

geforderten Bedingungen behördlich überwacht. Die Behörde kann sich dabei der Dienstleistung Dritter (Sachverständiger) bedienen.

Für die Festlegung des Standes der Technik im Bereich des Bergrechts spielen die Empfehlungen des Wirtschaftsverbandes Erdöl- und Erdgasgewinnung (WEG) eine wichtige Rolle. Dabei werden die Empfehlungen i.d.R. durch Rundverfügungen der obersten Bergbehörden rechtlich verbindlich umgesetzt. **Tabelle 2** zeigt die wichtigsten WEG Empfehlungen.

Tabelle 2 Empfehlungen und Richtlinien des WEG

Art	Titel	Jahr
Richtlinie	Werkstoffrichtlinie für schwefelwasserstoffbeaufschlagte Systeme	1987
Empfehlung	Musterplan für die Durchführung der ärztlichen Vorsorgeuntersuchungen in Unternehmen der Erdöl- und Erdgasgewinnung (Stand: 2/93)	1993
Richtlinie	Richtlinie für GFK-Feldleitungen zum Transport von Flüssigkeiten (Stand 12/96)	1997
Richtlinie	Richtlinie für GFK-Feldleitungen zum Transport von Erd- und Erdölgasen	1997
Empfehlung	Leitfaden Kathodischer Korrosionsschutz (Stand: 3/99)	1999
Empfehlung	Merkblatt für den Umgang mit gefährlichen Stoffen in Erdgas- und Erdölbetrieben „Schwefelwasserstoff“ (Stand: 7/99)	1999
Beispiel-sammlung	Beispielsammlung zur Anlagenverordnung VAwS (Stand 2/99)	1999
Empfehlung	Merkblatt für den Umgang mit gefährlichen Stoffen in Erdgas- und Erdölbetrieben „Quecksilber“ (Stand: 08/00)	2000
Richtlinie	Richtlinie über die Errichtung elektrischer Anlagen sowie die Prüfung elektrischer Anlagen und (Stand: 06/01)	2001
Richtlinie	Richtlinie über elektrischer Betriebsmittel in Erdöl-, Erdgas- und Unterspeicher-Betrieben (Stand: 06/01)	2001
Richtlinie	Richtlinie für die Berechnung von Futterrohren für Erdöl- und Erdgasbohrungen	2002
Empfehlung	Empfehlung Bohrlochkontrolle (Stand 2/02)	2002
Beispiel-sammlung	Beispielsammlung für Anforderungsklassen an MSR-Einrichtungen mit Schutzfunktion in Erdöl-, Erdgas- und Unterspeicherbetrieben Stand: 06/03	2003
Beispiel-sammlung	Richtlinie zur Ermittlung von Fristen für Prüfungen an Feldleitungen gemäß TRFL (Stand: 7/2003)	2003
Empfehlung	Empfehlung Einstufung von bestehenden Druckbehältern in die Klassifizierung gemäß DruckgeräteVO und zur Ermittlung der Prüffristen (Stand: 10/04)	2004
Empfehlung	Handlungsempfehlung zur Bestellung von Druckgeräten und zur Ermittlung von Prüffristen in den Mitgliedsfirmen des WEG (Stand: 12/04)	2004
Empfehlung	Leitfaden für Arbeiten mit natürlicher Radioaktivität (Stand: 04/06)	2006
Richtlinie	Futterrohrberechnung (Stand 6/06)	2006
Empfehlung	Leitfaden Gestaltung des Bohrplatzes (Stand: 08/06)	2006
Empfehlung	Empfehlungen zur Festlegung explosionsgefährdeter Bereiche (Stand: 7/07)	2007
Beispiel-sammlung	Beispielsammlung für die Festlegung von explosionsgefährdeten Bereichen (Stand: 07/07)	2007
Empfehlung	Leitfaden für Coiled Tubing Einsätze (Stand: 8/08)	2008
Empfehlung	Leitfaden Umgang mit der Gefahrstoffverordnung/ Einstufung der Gefahrstoffe gemäß § 7 GefStoffV (Stand: 2/09)	2009
Empfehlung	WEG-Leitfaden für GFK-Feldleitungen zum Transport von Flüssigkeiten (Stand: 07/10)	2010
Empfehlung	Handlungsempfehlung Maschinenrichtlinie (Stand: 04/11)	2011

Zur Vorbereitung des Frackfluids sind der Wasser/Propellant – Mischung verschiedene Chemikalien zuzusetzen. Die Verwendung dieser Chemikalien am Bohrplatz unterliegt den Vorschriften zum Umgang mit Gefahrstoffen (GefahrstoffV) und ggf. wassergefährdenden Stoffen (VAWs). Da diese Stoffe mit Lastwagen herangefahren werden sind ebenfalls die Vorschriften für den Transport gefährlicher Güter (GGBefG) einschlägig.

Für alle verwendeten Gefahrstoffe müssen am Bohrplatz Sicherheitsdatenblätter vorgehalten werden. Die Personen, die mit den Gefahrstoffen umgehen sind über die Gefahren und fachgerechten Umgang zu unterweisen. Darüber sind Nachweise zu erstellen. Zur Sicherstellung arbeitsschutzrechtlicher Anforderungen wird ein Sicherheits- und Gesundheitsschutzdokument nach § 3 ABergV erstellt und dokumentiert. Das eingesetzte Personal ist nach den Vorgaben der WEG-Empfehlung Bohrlochkontrolle [5] ausgebildet und unterwiesen.

Bei der Verpumpung der Frackfluid wird mit Hochdrucktechnik gearbeitet, die sich daraus nach den Vorschriften des GPSG ergebenden Anforderungen [6], z.B. Eignungsnachweis der verwendeten Rohrleitungen und Armaturen, Prüfungsnachweise, Kennzeichnung und Freihaltung von Gefahrenzonen während der Verpumpung, Kennzeichnung von Ex-Bereichen. Es ist vor Beginn der Verpumpung die gesamte Anlage auf Funktionsfähigkeit und Dichtigkeit zu prüfen und darüber einen Nachweis zu erstellen. Das Frackingverfahren wird im Sonderbetriebsplan detailliert beschrieben. Folgende Prüfungen sind durchzuführen und gegenüber der Behörde nachzuweisen:

1. Analyse der Verträglichkeit der Frackfluide einschl. der eingesetzten Chemikalien mit den Lagerstättenfluiden,
2. Analyse der lithostatische Druckverhältnisse
3. Entsorgungsplan Backflow/Haftwasser
4. Integritätsbewertung der Bohrung, Ringraumdrücke, Lastannahmen

Zu 1: In Laboruntersuchungen muss die Verträglichkeit der Frackfluid mit den chemischen Eigenschaften der Zielhorizonte untersucht werden. Beispielsweise können stark basische Frackkomponenten zu Lösungs- und Fällungsreaktionen führen, deren Produkte nach der Frackbehandlung wieder mobilisiert und ausgefördert werden können. Dazu müssen Verfahren angegeben werden.

Zu 2: Detaillierte Dokumentation der geologischen Verhältnisse im Bereich der Bohrung mit Angaben der lithostatischen Drücke, zu erwartenden Verwerfungen, etc.

Zu 3: Enthält die Mengen und abfalltechnische Klassifizierung der während des Frackbetriebs anfallenden Abfälle. Hauptanteil ist der Backflow/Haftwasser aus der Frackbehandlung.

Zu 4: Für das Bohrlochsystem, in dem der Frack durchgeführt wird, werden die hydraulischen Belastungen simuliert. Dabei werden maximale Lastannahmen, z.B. Brechen der Formation, Screen-out formuliert und mit den zu erwartenden Beanspruchungen durch den Frackvorgang verglichen. Im Ergebnis muss durch Rechnungen nachgewiesen werden, dass die maximalen Lastannahmen mit dem vorhandenen Rohrleitungssystem (für das Sicherheitsfaktoren angegeben sind) sicher bewältigt werden können. Zur Technischen Auslegung der Komponenten des Rohrleitungssystems s. WEG – Technische Regel „Futterrohberechnung“ [7]. Ebenfalls sind die im System einzuhaltenen und zu überwachenden Ringraumdrücke anzugeben.

Empfehlungen aus der Praxisanalyse

Grundsätzlich sollte beim Fracking mit geschlossenen Systemen und Kreisläufen gearbeitet werden, bei Frackfluiden die höchsten Anforderungen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen der WGK 2 ($F_2 + R_2 + I_1 + I_2$ nach VAWS) beachtet werden und die Rohrleitungsanforderungen für Erdgastransport und Backflow-/Haftwassertransport in Feldleitungen nach der RohrFLtgV (o. Einschränkung) erfolgen. Die Nutzung bestehender (alter) Bohrungen für Fracks darf erst erfolgen, nach Drucktests, Dichtigkeitsprüfung und Nachweis der Zementintegrität. Vor jedem Frack sollen geeignete Meßroutinen (loggs) des Bohrlochs & Zementation bis 300 m unter Untergrenze GW-Horizont obligatorisch erfolgen, die Verwendung umweltverträglicher Frackfluids ist verbindlich festzulegen, ggf. durch Festlegung von Verbotstoffen (Liste). Beim Fracking sind unterirdische Sicherheitsabstände zwischen den gefrackten Horizonten einzuhalten, es ist eine Fördereinstellung im Umkreis von 10 km des Frackbohrlochs während der Frackprozedur durchzuführen, danach erfolgt ein Druck- und haftwasserkontrolliertes Anfahren der Förderung nach der Fördereinstellung. Zur Verbesserung des Sicherheitsmanagementsystems wird die Fortentwicklung zu einer Sicherheitskultur nach Empfehlungen der Kommission für Anlagensicherheit (KAS) angeregt [3], die QS der Bohrlochintegrität sollte regeltypisch durch Dritte (Sachverständige) erfolgen, zur Risikoanalyse sind systemanalytische Verfahren einzusetzen und Sicherheitsanalysen für regeltypische Verfahren & Anlagen, wie Bohren, Fracken, Fördern, Gasbehandlung, Backflow-/Haftwasserbehandlung zu erstellen. Es wird angeregt, Ausfallratendatensammlung anzulegen, um die Voraussetzung zur Anwendung quantitative Verfahren (QRA) zu schaffen. Zur Verbesserung des Notfallmanagements wird die Anwendung eines Spezifisches Gefahrenmanagements i.S. SFK-GS-45 empfohlen [8], die Bohrplätze sind gemäß der Anforderungen der LÖRüRL [9] auszulegen, die Schnittstelle betrieblicher/öffentlicher GAP ist nach den Empfehlungen des BMU [10] zu gestalten und es sind die Anforderungen der Risikokommunikation in die betriebliche Praxis umzusetzen.

Literaturverzeichnis

- [1] H.-J. Uth, „Technische Sicherheit von Anlagen und Verfahren zur Erkundung und Förderung von Erdgas aus nichtkonventionellen Lagerstätten,“ 2012. [Online]. Available: <http://dialog-erdgasundfrac.de/gutachten/technische-sicherheit>.
- [2] H. Uth und N. Wiese, „WEKA-Kommentar Anlagensicherheit & Störfallvorsorge, Kissingen 2012,“ 2012.
- [3] K. f. Anlagensicherheit, „KAS-7 „Empfehlungen der KAS für eine Weiterentwicklung der Sicherheitskultur - Lehren nach Texas City 2005 (Bericht des Arbeitskreises Texas City),“ 2008. [Online]. Available: http://www.sfk-taa.de/publikationen/kas/KAS_7.pdf.
- [4] API, ANSI/API Recommended Practice 754, Process Safety Performance Indicators for the Refining and Petrochemical Industries, First Edition, Washington D.C., 2010.

- [5] WEG, „Empfehlung „Bohrlochkontrolle“,“ 2/2002.
- [6] BMA, „TRBS 2141 Gefährdungen durch Dampf und Druck, Teil 1-3“.
- [7] WEG, „Technische Regel Futterrohrberechnung,“ 6/2006.
- [8] Störfallkommission, „SFK-GS-45 Schnittstelle Notfallplanung,“ [Online]. Available: http://www.sfk-taa.de/publikationen/sfk/sfk_gs_45.pdf.
- [9] Niedersachsen, „Richtlinie zur Bemessung von Löschwasser-Rückhalteanlagen beim Lagern wassergefährdender Stoffe (Löschwasser-Rückhalte-Richtlinie - LÖRüRL) vom 31. März 1993,“ (Nds.MBl. Nr. 16, S. 440) , 1993.
- [10] BMU, „Vollzugshilfe zur Störfall-Verordnung,“ 2004. [Online]. Available: <http://www.bmu.de/anlagensicherheit/doc/6133.php> .