



Bohrungsintegrität



Kurt M. Reinicke
TU Clausthal

Niedersächsische Energietage 2016
2. November, Goslar



Macondo Blowout, USA

- 20 April 2010
- 11 Tote
- Größter Offshore
Ölschaden nach einer
Explosion und Untergang
der Bohr-Plattform
Deepwater Horizon
- Geschätzte Ausflussmenge
ca. 4.9 Millionen Barrels
Erdöl (780,000 m³) in 87
Tagen
- Folgekosten ca. \$ 40 Mrd.





BOHRUNGSINTEGRITÄT

Aktivitäten seit Macondo ?

- Norsk olje&gass (Jun 2011): “117 – Recommended guidelines for well integrity” **(79 Seiten)**
- NORSOK (Juni 2013): „Standard D-010: Well integrity in drilling and well operations **(221 Seiten)**
- ISO/TS 16530-2 (Aug 2014-Entwurf): “Part 2: Well integrity for the operational phase”, First edition (Entwurf) **(87 Seiten)**
- ISO/TS 16530-1/ API (Mar 2015-Entwurf): “Petroleum and natural gas industries – well integrity – Life cycle governance” (Entwurf) **(114 Seiten)**
- UK Oil & Gas (Mar 2016): „Well Life Cycle Integrity Guidelines“, Issue 3 **(159 Seiten)**
- BVEG (Jun 2014) „Praxis der hydraulischen Bohrlochbehandlung für konventionelle Speichergesteine“ **(67 Seiten)**
- BVEG (Sep 2015): „Bohrlochkontrolle - Bohren, Workover, Well Intervention“ **(54 Seiten)**
- BVEG (in Abstimmung): „BVEG Technische Regel Bohrungsintegrität“ **(105 Seiten)**



E&P

- DEA Deutsche Erdöl
- CE Petroleum
- ExxonMobil Production
- GDF Suez E&P
- RAG-Aufsuchungs AG
- Wintershall Holding

Service

- Angers Söhne

Speicher

- astora
- Berliner Erdgasspeicher
- Uniper
- ESK
- EWE Gasspeicher
- IVG Caverns
- KBB Underground Technologies
- NWK
- RWE Gasspeicher
- Storengy
- UGS Mittenwalde
- VNG Gasspeicher



- **Definition des Standes der Technik** ausgehend von den Praktiken, wie
 - geübt in der deutschen Industrie
 - dokumentiert in der einschlägigen Literatur
 - ergänzend zu gesetzlichen und behördlichen Vorgaben, technischen Regelwerken und unternehmensinternen Vorgaben.
- Regelung für **Tiefbohrungen auf dem Festland**.
 - **Barrieren-basiert**
 - Erfassung der **Lebenszyklusphasen** Auslegungsgrundlagen, Auslegung, Herstellung, Betrieb, Verfüllung
 - für die wichtigsten **Bohrungstypen** in Deutschland
 - für **Neu- und für Altbohrungen**
- Standard – kein Management System

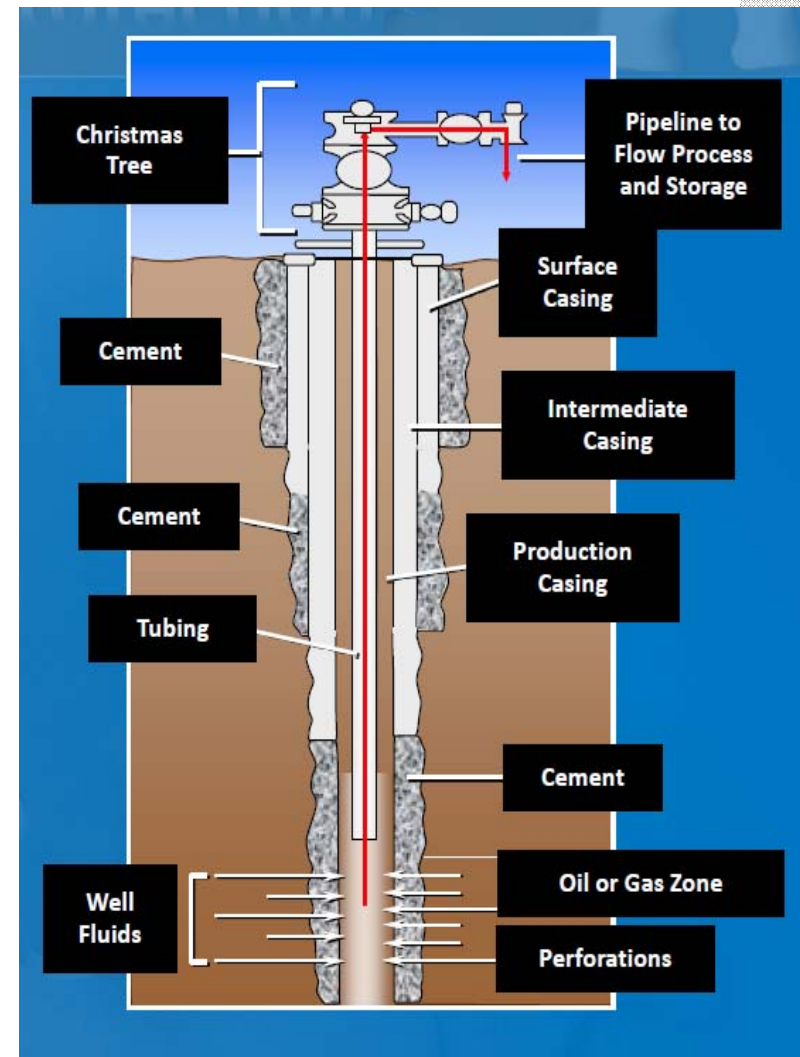
Standard-Entwicklung

aufbauend auf dem Konzept von Bohrungsbarrieren

(wie z.B. definiert durch ISO und NORSOK)

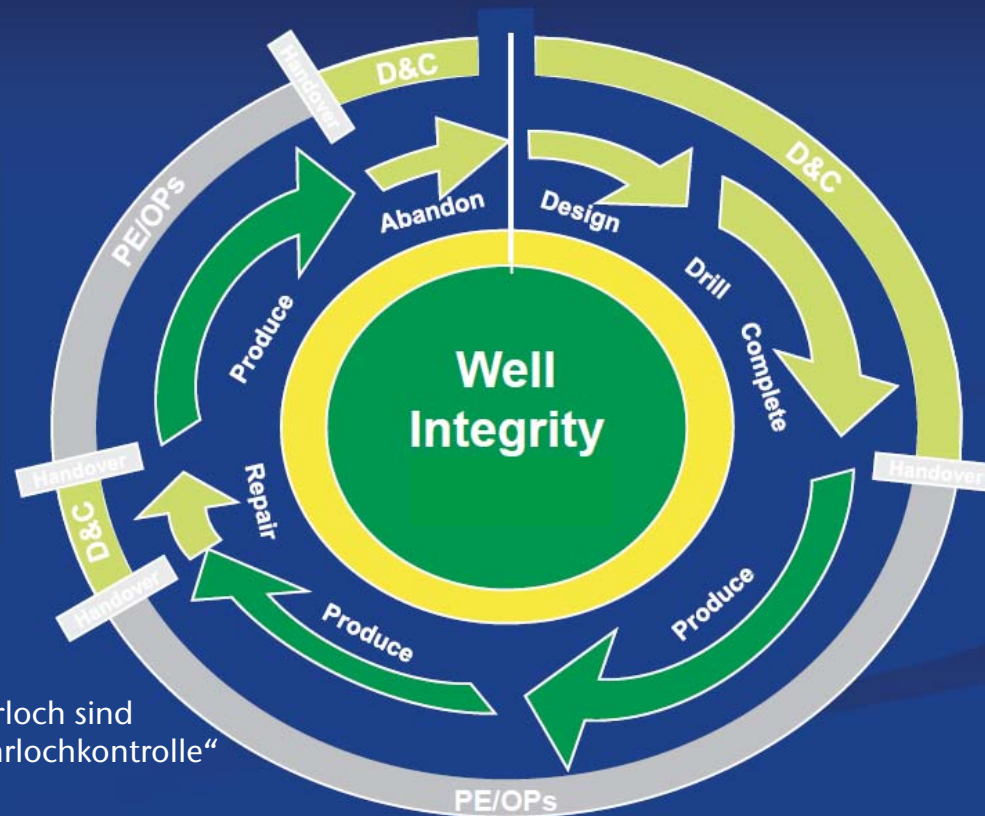
... mit

- Bohrungstyp-abhängigen Anforderungen und
- Maßnahmen zu ihrer Erfüllung.



Lebenszyklen

- ✓ Auslegungsgrundlagen
- ✓ Auslegung
- ✓ Herstellung
- ✓ Betrieb/Instandhaltung
- ✓ Verfüllung

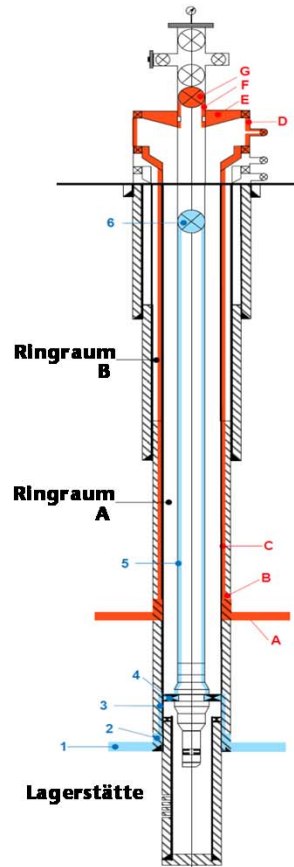


Bohren, Aufwältigungen und Arbeiten im Bohrloch sind Gegenstand der BVEG Technischen Regel „Bohrlochkontrolle“

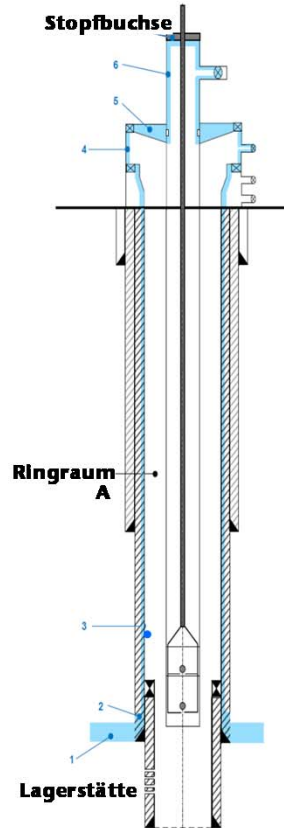
Verändert aufbauend auf
SPE 102524: "Well Integrity Operations at Prudhoe Bay, Alaska"



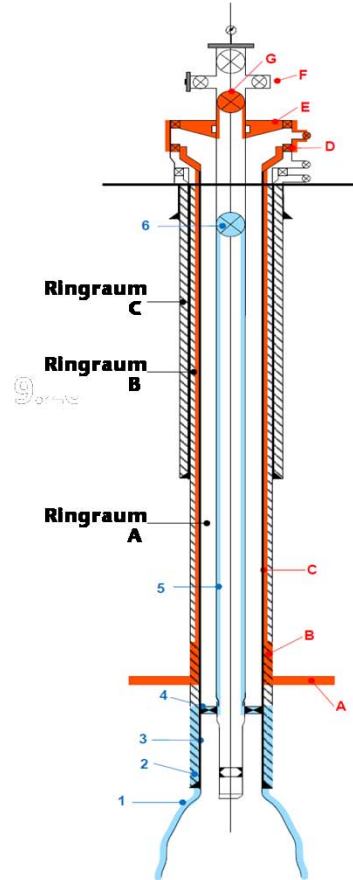
Erdgasbohrung



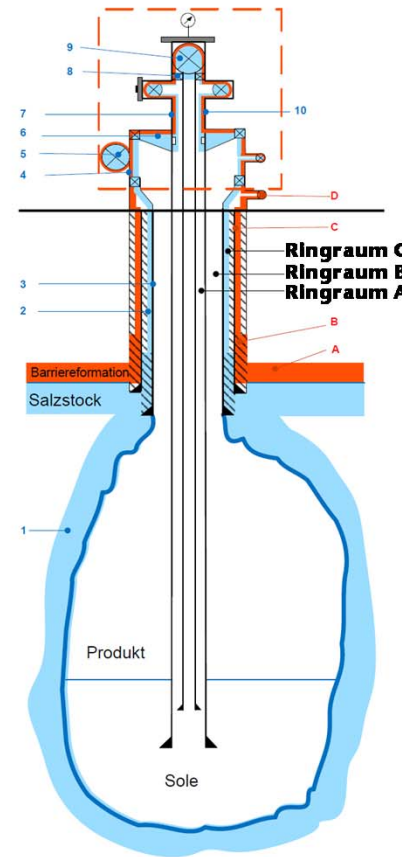
Erdölbohrung



Gas-Kavernen Bohrung



Flüssigkeits-Kavernen Bohrung



Barriere 1
Barriere 2



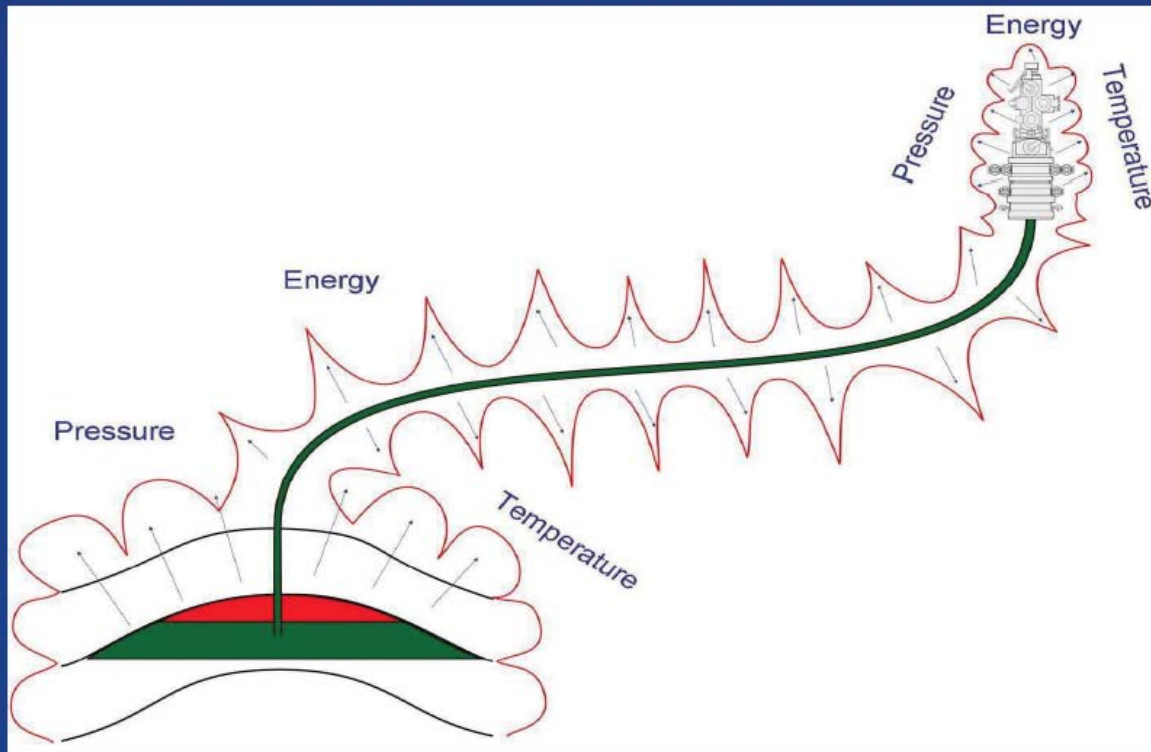
- Standard für **Neubohrungen**
- Für **Bestandsbohrungen** mit abweichender Herstellung
 - Beschreibung von Verfahren und Bedingungen, mit denen die Schutzziele gewährleistet werden können



BOHRUNGSINTEGRITÄT

Definition NOROK

“Application of technical, operational and organizational solutions to reduce risk of uncontrolled release of formation fluids throughout the life cycle of a well” (NORSOK D-010)



SPE 102524: "Well Integrity Operations at Prudhoe Bay, Alaska"



“Application of technical, operational and organizational solutions to reduce risk of uncontrolled release of formation fluids throughout the life cycle of a well” (NORSOK D-010)

Andere Definitionen

EPA: ... if “(1) there is no significant leak in the casing, tubing, or packer; and (2) there is no significant fluid movement into an underground source of drinking water through vertical channels adjacent to the (injection) wellbore”.

ISO: “Containment and the prevention of the escape of fluids (i.e. liquids or gases) to subterranean formations or surface” egrität wird

Oil & Gas UK: wie NORSOK



SPE 102524: "Well Integrity Operations at Prudhoe Bay, Alaska"



Die technische Integrität einer Bohrung ist gegeben

... wenn die in einer Bohrung enthaltenen Fluide bei jeder möglichen Kombination von Druck und Temperatur, der sie innerhalb der vorgesehenen Betriebsbedingungen ausgesetzt werden können, sicher beherrscht werden.

Technische Integrität wird erreicht mit Hilfe von Barrieren



Barrieren laut ISO

- **Hardware (Bohrungsbarrieren)**
- **Praktiken, Prozeduren, Überwachungs- und Steuerungssysteme (Betriebliche Barrieren)**
- Kompetenz, Ausbildung der handelnden Personen
- Organisation und Kontrollen



BOHRUNGSBARRIEREN

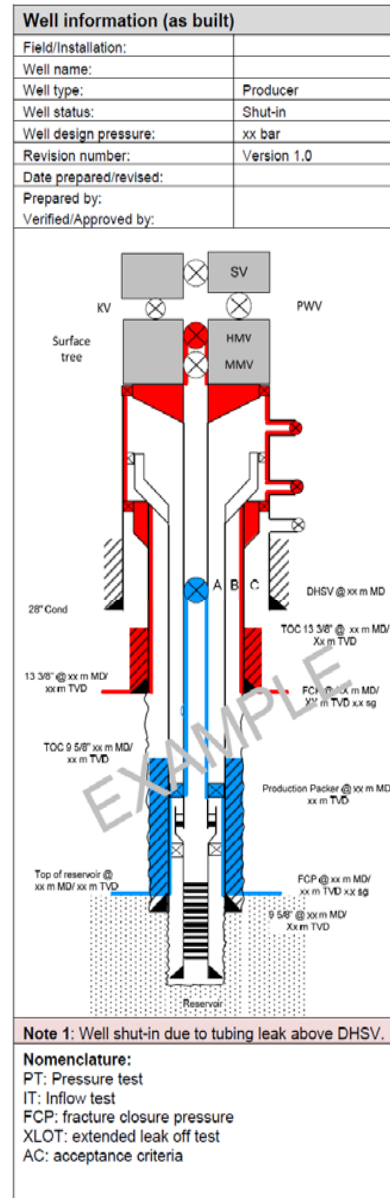
Definition NOROK/ISO/BVEG

Kombination von einer oder mehreren Bohrungsbarriere-Elementen (WBE), die

- Verlust der Umschließung („Containment“)
- Fluid-Austritt in die Umwelt
- Fluid-Bewegung zwischen durchteuften Formationen verhindern

Je nach Risikohöhe, Einsatz von

- einer (primären) Barriere oder
- zwei (primärer und sekundärer) Barrieren

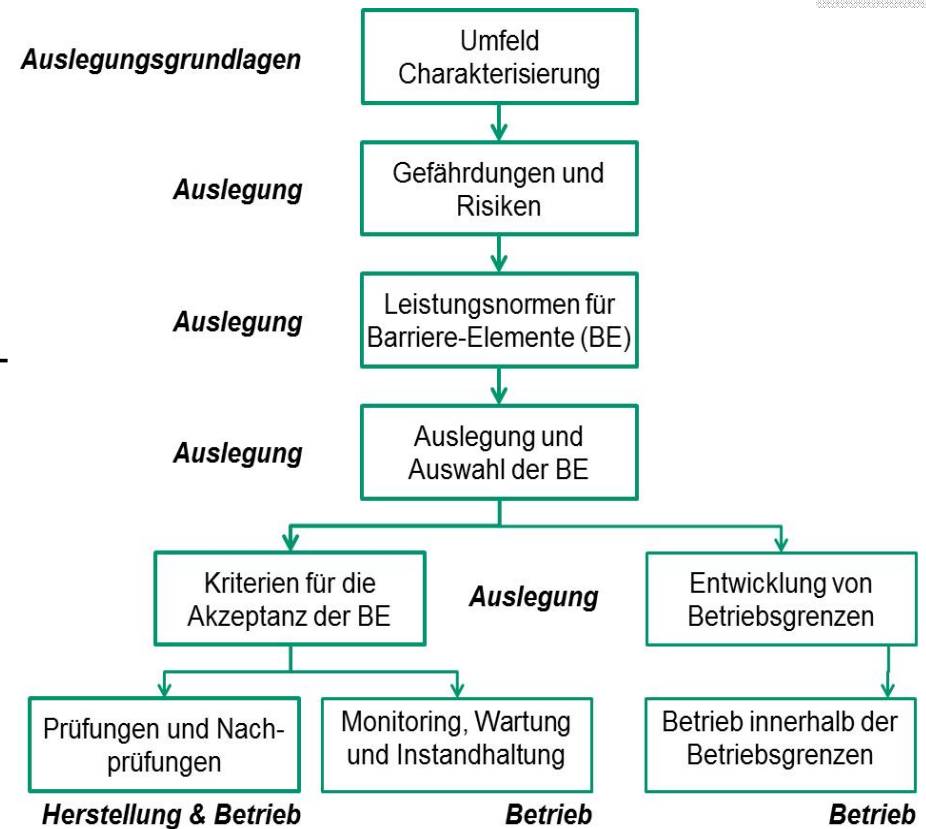


Well barrier elements	EAC table	Verification
		Monitoring
Primary well barrier		
In-situ formation (cap rock)	51	FCP: xx s.g. Based on field model n/a after initial verification
Casing cement (9 5/8")	22	Length: xx mMD Cement bond logs Daily pressure monitoring of B-annulus
Casing (9 5/8")	2	PT: xx bar with x s.g. EMW n/a after initial verification
Production packer	7	PT: xx bar with x s.g. EMW Continuous pressure monitoring of A-annulus
Completion string	25	PT: xx bar with x s.g. EMW Continuous pressure monitoring of A-annulus See Note 1.
Completion string component (chemical injection valve)	29	PT: xx bar with x s.g. EMW Periodic leak testing AC DHSV: xx bar/xx min
Downhole safety valve (incl. control line)	8	IT: xx bar (DHSV) PT: xx bar (control line) Periodic leak testing AC DHSV: xx bar/xx min
Secondary well barrier		
In-situ formation (13 3/8" shoe)	51	FCP: xx s.g. Based on XLOT n/a after initial verification
Casing cement (13 3/8")	22	Length: xx mMD Method: Volume control Daily pressure monitoring of C-annulus
Casing (13 3/8")	2	PT: xx bar with x s.g. EMW Daily pressure monitoring of C-annulus
Wellhead (casing hanger with seal assembly)	5	PT: xx bar Daily pressure monitoring of C-annulus/ Periodic leak testing
Wellhead / annulus access valves	12	PT: xx bar Periodic leak testing of valve AC: xx bar/xx min.
Tubing hanger (body seats and neck seal)	10	PT: xx bar Periodic leak testing
Wellhead (WH/XT Connector)	5	PT: xx bar Periodic leak testing
Surface tree	33	PT: xx bar Periodic leak testing of valve AC: xx bar/xx min



Praktiken, Prozeduren, Überwachungs- und Steuerungssystemen um

- Mit Hilfe von Leistungsnormen Bohrungsbarrieren/-Elemente (BE/BBE) belastungsgerecht auszulegen
- Mit Hilfe von Akzeptanzkriterien BE/BBE-Wirksamkeit nach Einbau nachzuweisen
- Durch Monitoring/Steuerung Bohrungsbetrieb innerhalb der BBE-Leistungsgrenzen sicherzustellen
- Durch Wartungsmaßnahmen BBE-Wirksamkeit zu erhalten
- BBE-Wirksamkeit wiederkehrend nachzuweisen
- Anomalien und Ausfälle von integritätsrelevanten Komponenten zu managen.



Integritätsmanagement Prozess

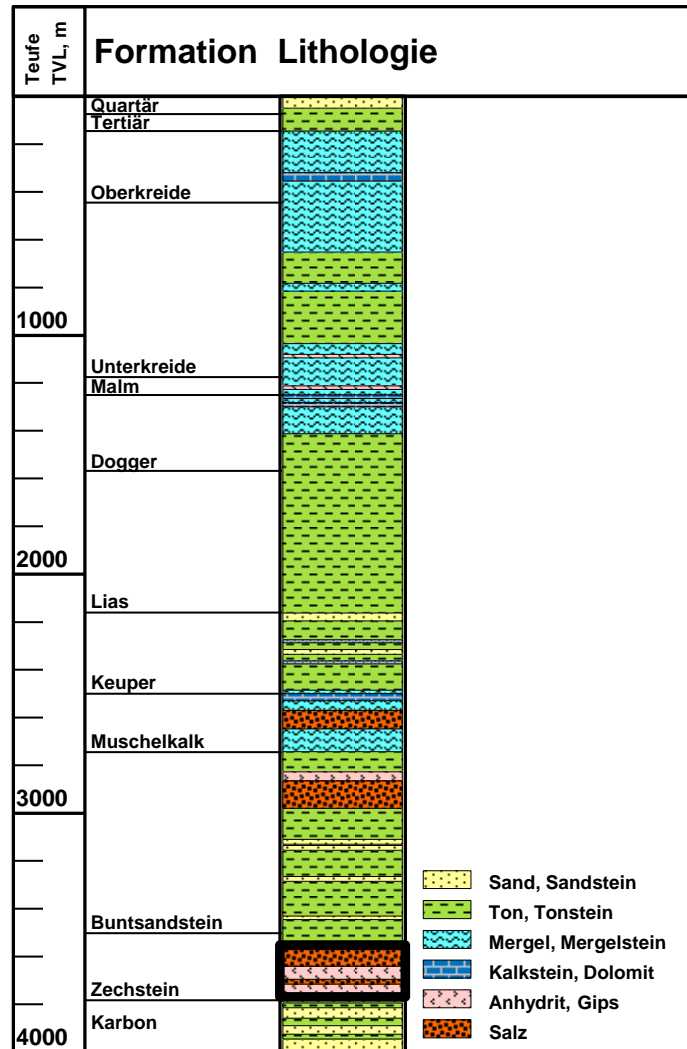


Auslegungsgrundlagen: Schaffung einer Basis für die Auslegung der Bohrung bestehend aus Informationen zu

- Oberfläche (z.B. Anwohner, Schutzgebiete, Bodennutzung, Kulturgüter etc.)
- **geologischem Untergrund** (Grundwasser, Deckgebirge, Zielformation)
- erwarteten Betriebsbedingungen (Druck, Temperatur, Medium, ...)

Auslegung: Entwicklung eines Bohrungs-Design, das

- den Geschäftszielen der Bohrung entspricht
- mit Hilfe einer grundsätzlich **doppelten Barrieren-Hülle** den
 - Erhalt der Umschließung der Bohrungsfluide über alle Phasen hinweg gewährleistet
 - Fluid-Fluss auf das innere der Bohrung beschränkt
 - Fluid-Austausch zwischen unterschiedlichen Gesteinsschichten verhindert
 - Schutzziele erreicht.



Charakterisierung des **geologischen Untergrundes**:

- Beschreibung des strukturellen Aufbaus und seiner Schichten
- Feststellung der Grundwasserkörper und der Qualität ihres Inhaltes
- Quantifizierung von Poren- und Frackdruck
- Bewertung von Barriere-Schichten
- Bewertung geologischer Störungssystemen
- Bewertung verfüllter Altbohrungen



Herstellung: Die umweltverträgliche Umsetzung der Planung muss

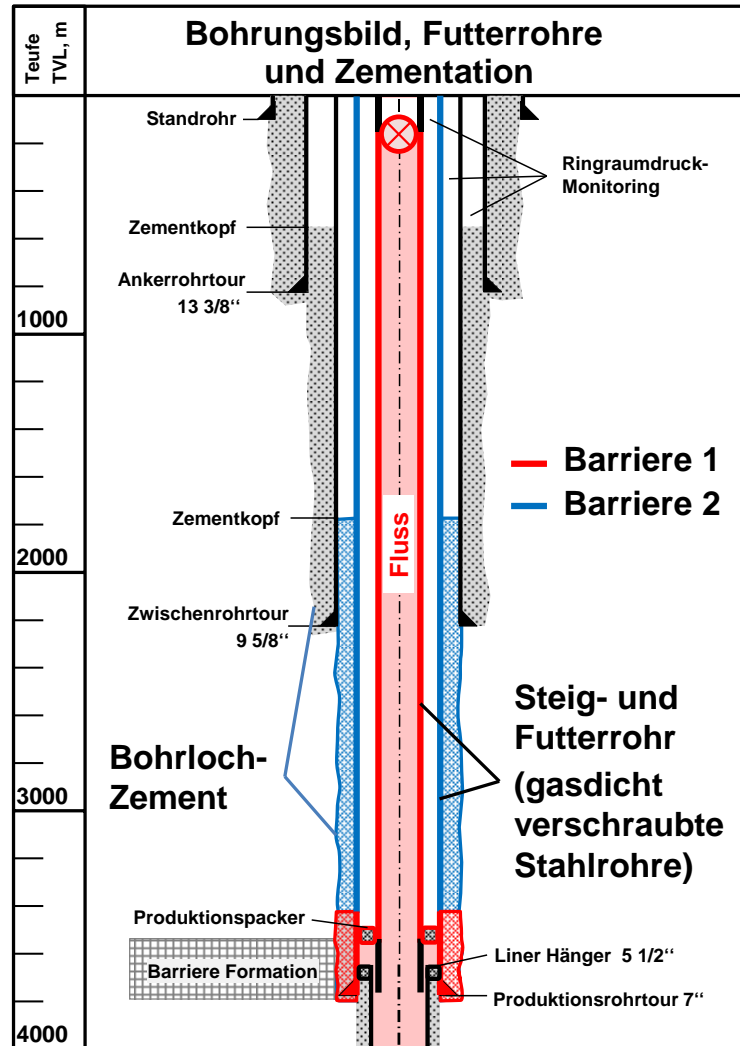
- Geschäfts- und Schutzziele erreichen
- Fluid-Fluss auf das innere der Bohrung beschränken
- zu **Barrieren-Hülle(n)** führen mit nachgewiesener Wirksamkeit im Einklang mit den definierten Akzeptanzkriterien.

Betrieb: Sicherer Betrieb der Bohrung durch

- Monitoring und Steuerung für einen Betrieb innerhalb der Leistungsgrenzen der Bohrungsbarriere-Elemente (BBE)
- Regelmäßige Wartung zum Erhalt der BBE Wirksamkeit
- Wiederkehrende Prüfungen zum Nachweis der BBE Wirksamkeit
- Management von Anomalien und Ausfällen von integritätsrelevanten Komponenten.

PHASE AUSLEGUNG

Beispiel



- Bohrungsdesign mit doppelter Barrieren-Hülle für Bohrungen mit open-Flow Potential
- Auslegung und Herstellung entsprechend der abgeleiteten Leistungsnormen
- Nachweis der Wirksamkeit der Barriere-Elemente auf Basis der abgeleiteten Akzeptanzkriterien

Wichtige Elemente der Bauwerke:

- sektionsweise eingebrachte Stahlrohre (*Dü Z10: 900 to*)
- zementierte Ringräume zwischen Stahlrohren und Gebirge (*Dü Z10: 300 m³*)

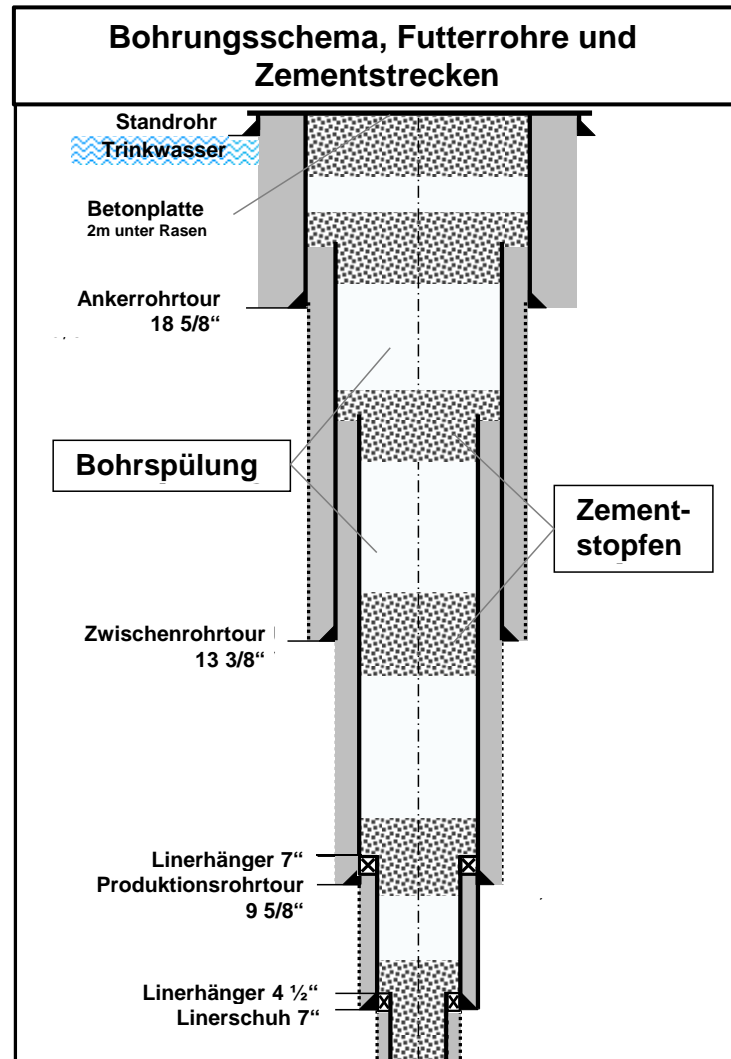


Verfüllung: Dauerhafter Verschluss der Bohrung mit

- Flüssigkeits- und gasdichtem Abschluss über die Länge des Bohrlochs
- Ohne nachteilige Veränderungen des Grundwassers
- Ohne Einbrüche an der Erdoberfläche
- Ohne Beeinträchtigung der späterer Nutzung des Untergrundes zur Gewinnung von Bodenschätzen und Wasser oder zur Tiefspeicherung.

PHASE VERFÜLLUNG

Beispiel



- Verfüllungsplanung die nutzbare Grundwasserleiter, Zufluss- und Querflusshorizonte berücksichtigt
- Auswahl Verfüllungsmaterialien entsprechend ihrer Fähigkeit, die Bohrung dauerhaft dicht zu verschließen
- Einbauplanung der Verfüllungsbarrieren, die eine Verifizierung nach Einbau zulässt
- Barriere-Verifizierung vor und während der Bohrungsverfüllung



- Die BVEG Unternehmen haben sich auf einem für alle Bohrungstypen auf dem Festland in Deutschland einheitlichen Standard verständigt.
- Der Standard definiert den Stand der Technik für die Integrität von neuen Tiefbohrungen auf dem Festland.
- Für Bestandsbohrungen mit abweichender Herstellung, beschreibt er Verfahren und Bedingungen, mit denen die Schutzziele gewährleistet werden können.
- Er schafft ein Referenz-Dokument für Planung, Herstellung, Betrieb und Verfüllung sowie für die Kommunikation mit Dritten.

