

 TECHNISCHE UNIVERSITÄT BERGAKADEMIE FREIBERG
Die Ressourcenuniversität. Seit 1765.



***Herausforderungen an moderne Ingenieure,
dargestellt an Beispielen aus der
Öl- und Gasgewinnung***

18. Tage des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts
8. März 2012, Erfurt
Prof. Dr.-Ing. Matthias Reich



Was soll man studieren?



Jeder Mensch braucht Energie!

- Heizung
- Beleuchtung
- Transport
- Elektronische Produkte
- Alles, was aus Öl hergestellt wird
 - Kosmetik
 - Coole Brillen
 - Klamotten
 - CDs
 - ...



3

Ohne Energie verliefе unser Leben völlig anders!

- Heizung
- Beleuchtung
- Transport
- Elektronische Produkte
- Alles, was aus Öl hergestellt wird
 - Kosmetik
 - Coole Brillen
 - Klamotten
 - CDs
 - ...



4

Wir alle brauchen Energie!



...aber „Energie“ hat oft ein negatives Image!



5

Wir alle brauchen Energie!

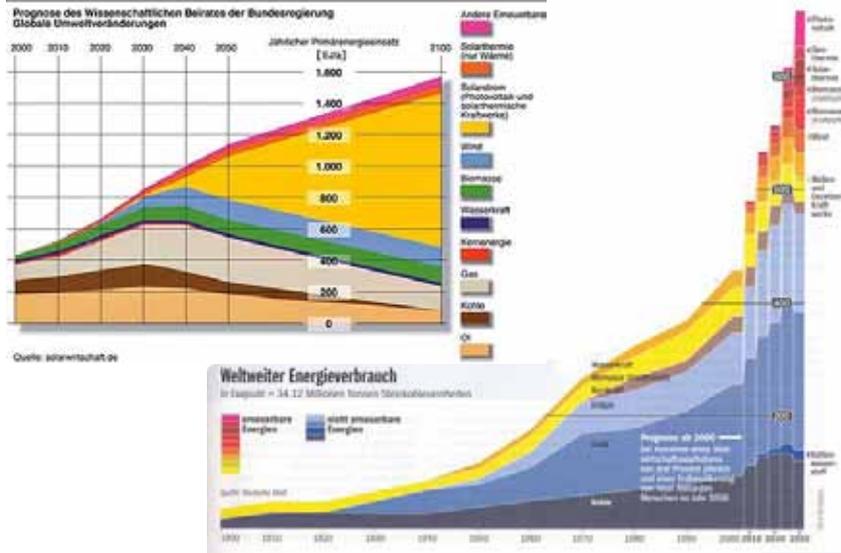
- knapp 30% unserer Energie können bereits aus regenerativen Quellen gewonnen werden



6

Entwicklung des Welt-Energiebedarfs

Veränderung des weltweiten Energiemixes bis 2100



7

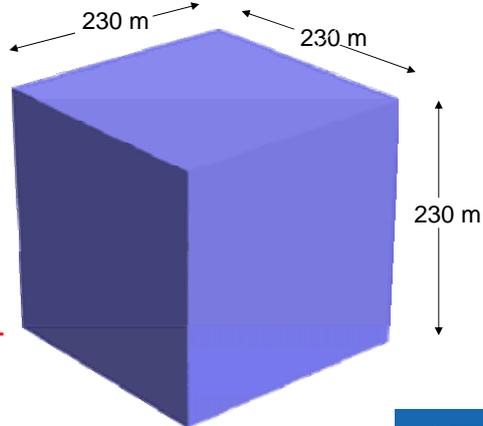
Weltweite, tägliche (!) Rohölförderung: ca. 76.000.000 Barrel*

entspr. 12.100.000 m³/Tag

* fast 13.000.000.000 USD/Tag



immer gesucht: Erdöl-Ingenieure



8

Beginn des Erdölzeitalters

um 1850:

Destillation von Rohöl liefert brennbare, klare Flüssigkeit: „kerosine“ (keros griech. = Wachs)

- brennt viel heller als Tran (Wale fast ausgerottet)
- Probleme:
 - Kerosin enthält u.a. Benzin und explodiert entsprechend leicht!
 - Bildet beim Verbrennen in herkömmlichen Lampen viel Ruß
- Abraham Gesner entwickelt ein Verfahren zur Herstellung von Petroleum (explodiert nicht so leicht, rußt aber immer noch sehr)



1855:

Erfindung der Petroleumlampe

9

Die ersten offiziellen Ölbohrungen in den USA



"Colonel" Drake, 1859



Ölfeld in Titusville

10

Erste Ölbohrungen in Deutschland

- 17. Jh. Teerkühen bei Wietze (Wagenschmiere, Medizin)
- 1858 erste "erfolglose" Ölbohrung in Wietze bei Celle, 35 m tief (sollte eigentlich Braunkohle finden)
- 1876 Beginn der Erdölproduktion in Wietze
- 1910 Wietze liefert 80% der Deutschen Erdölförderung, über 2000 Bohrungen, davon 1600 fündig
- 1925 erste deutsche Rotary Ölbohrung in Nienhagen
- 1963 Ende der Erdölförderung in Wietze (über 3 mio t Öl)
- heute: Erdölmuseum in Wietze



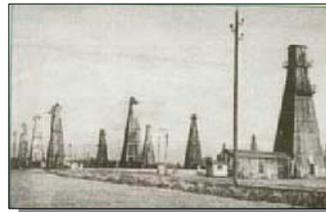
Ortswappen von Wietze



Ortswappen von Nienhagen

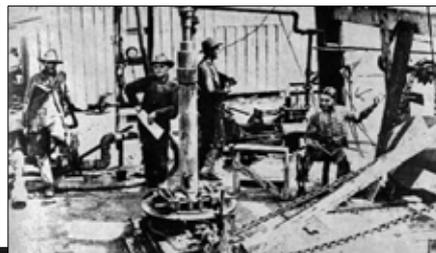


Ölfelder bei Wietze (um 1900)



11

1901: erste Rotary Bohrung in Spindletop, Texas



12

1909: Howard H. Hughes erfindet den Rollenmeißel



13

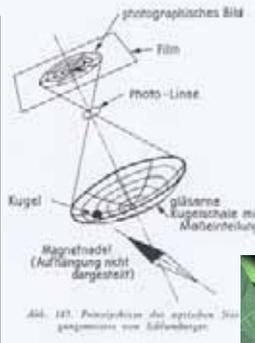
Ölfelder in den 1920er Jahren



→ acid bottle test

14

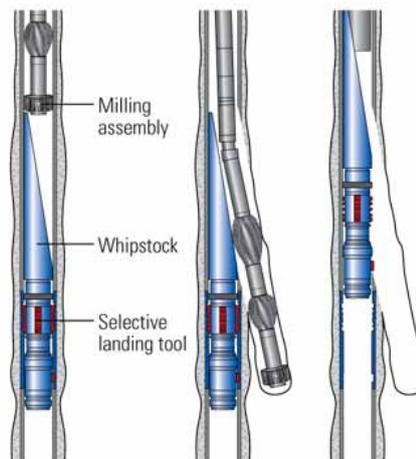
1929: John Eastman erfindet die Single Shot Messung



15

1932: Erfindung des Whipstocks

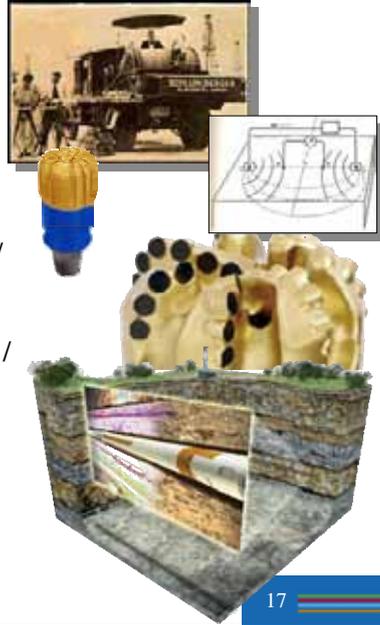
Install retrievable whipstock and mill casing exit.



16

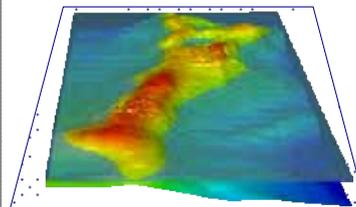
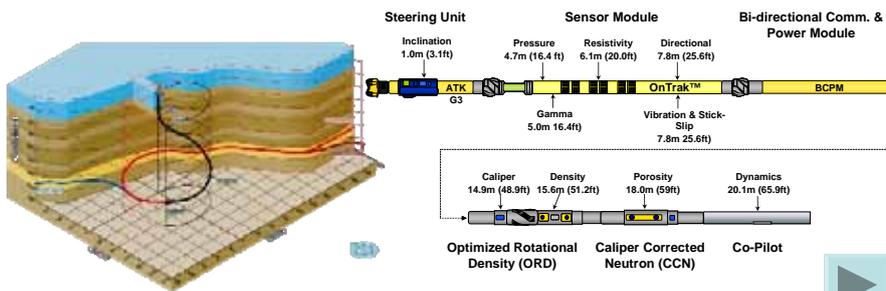
Ausgewählte weitere Meilensteine der Tiefbohrtechnik

- 1920er Jahre: Formation Evaluation (Gebr. Schlumberger erfinden Resistivity-Messung)
- 1960er Jahre: oberflächenbesetzte Diamantmeißel
- 1970er Jahre: PDC-Meißel / Bohrmotoren / MWD / Bohren von Tangenten
- 1980er Jahre: Horizontalbohrtechnik
- 1990er Jahre: LWD / Reservoir Navigation /
- seit 2000: Halbautomatische Richtbohrsysteme / viele neue LWD-Komponenten (Nuclear Magnetic Resonance, Formation Pressure Tester usw.) / Extended Reach Bohrungen



17

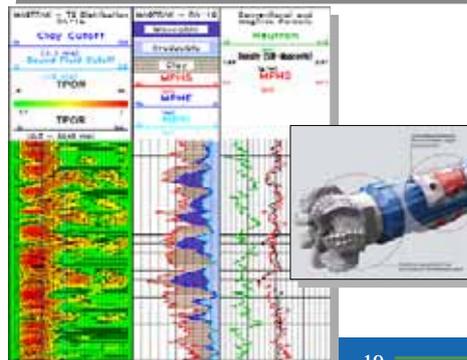
Ölsuche heute



18

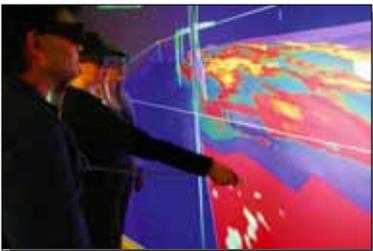
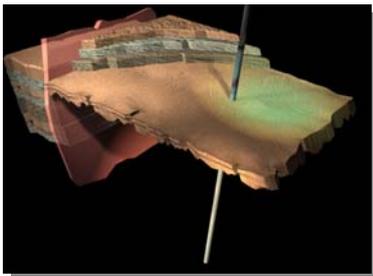
Stand der Bohrtechnik

- **Tiefbohrungen**
 - bis 12.000 m Vertikalteufe
- **Extended Reach Bohrungen**
 - MD/TVD > 9
 - bis 13.000 m Gesamtlänge
- **Extreme Temperaturen und Drücke**
 - Standard-Elektronik: bis 150 °C
 - HT Elektronik: bis 180°C
 - bis über 1000 bar statischer Druck
- **Hochentwickelte „while drilling“ Messtechnik**
- **Halbautomatisierte Bohrgarnituren**
- **Automatisierte Bohranlagen**



19

Stand der Lagerstättentechnik



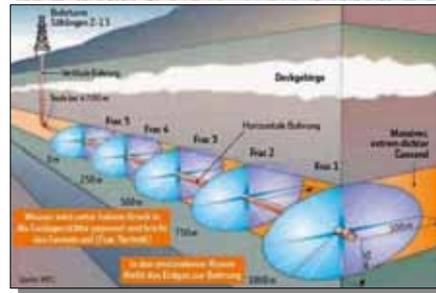
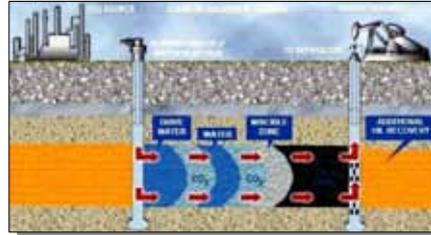
- **3-D und 4-D Simulationen der Lagerstätte**
 - Sättigungsverteilung
 - Öl-/Wasser Kontakt
 - multiple Lagerstätten
 - Störungen
 - Optimale Platzierung von Bohrungen
- **Trotzdem Entölungsgrad nur max. ca. 40%**
 - mindestens 60% des Öls bleibt in der Lagerstätte!



20

Umwandlung von Ressourcen zu Reserven

- **Steigerung des Nutzungsgrades konventioneller Lagerstätten (EOR)**
 - Dampf
 - CO₂
 - Polymere
- **Sichere Erkundung und Nutzung konventioneller Lagerstätten in unkonventionellen Gebieten**
 - Tiefsee
 - Polarregionen
- **Entwicklung umweltfreundlicher Technologien zur Nutzung von**
 - Tight Gas Lagerstätten
 - Schweröl, Ölsande
 - Gashydrat
 - Methanvorkommen in Kohleflötzen (Grubengas)
- **Entwicklung alternativer Energien**
 - Stromgewinnung aus Tiefengeothermie



21

Unsere Erde: zu 70% mit Wasser bedeckt



Anteil Offshorebohrungen an Ölproduktion: 35%

Anteil Deepwater: 10%
Tendenz: steigend

22

Historische Entwicklung der Offshore Bohrtechnik



- 1897: Sandaufschüttung, Holzstege am Strand
- 1911: Holzpilelern gegründete Bohrplattform
- 1920: Stahlkonstruktion, Lake Maracaibo, Venezuela
- 1937: Bohrinself 13 Meilen vor der Küste von Texas in 4,3 m
- 1951: Erstes Bohrschiff (Submarex), 1958 Ozean tauglich



23

Hubplattform (JACKUP RIG)

- Schwimmfähiger Grundkörper
- Bohrplatz ragt an einer der drei Seiten hinaus
- Abstützung auf dem Meeresgrund
- Gittermasten vertikal verfahrbar



Quelle: Reich, M.,
Auf der Jagd im Untergrund



Quelle: www.peterheadport.co.uk

24

Bohrinsel

- Ortsstabil
- Fest verankert auf dem Meeresgrund
- Beton oder Stahlkonstruktion als Unterbau



Quelle: Reich, M.,
Auf der Jagd im Untergrund



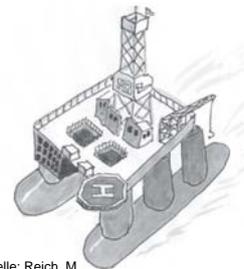
Quelle: www.nexans.de

25

Halbtaucher

(Semi Submersible)

- Für größere Meerestiefen
- Im Einsatz Absenkung von Ponton und Stützen bis etwa zur Hälfte
 - Besonders stabile Lage trotz Seegang



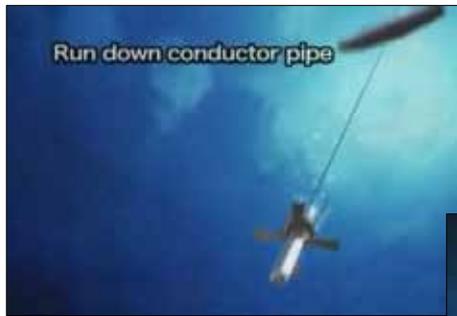
Quelle: Reich, M.,
Auf der Jagd im Untergrund



Quelle: www.cargolaw.com

26

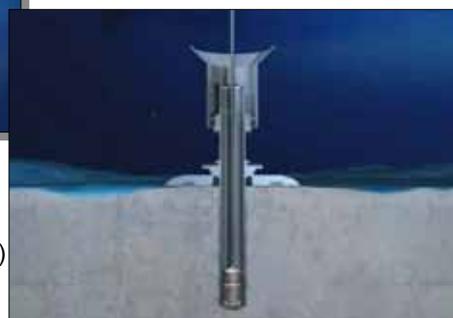
1.) Bohransatzpunkt schaffen (Standrohr)



Einrammen in die weichen Sedimentschichten

27

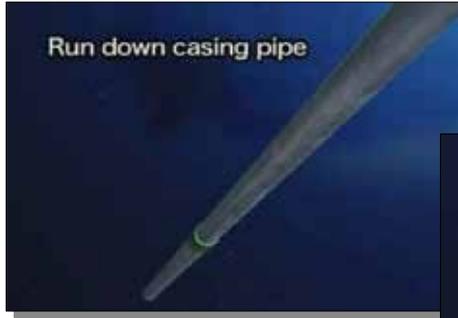
2.) Bohrmeißel einfahren, erste Sektion bohren



Bohrpflung (Meerwasser) und Bohrklein treten ins Meer aus

28

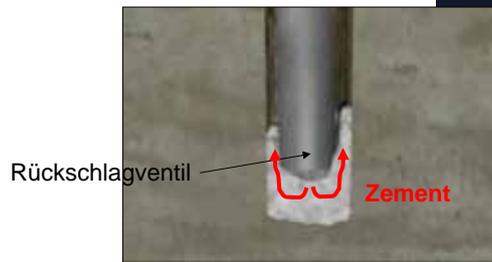
3.) Setzen der Ankerrohrtour



Einfahren am Bohrgestänge



Zementieren im (festen) Gebirge



29

4.) Preventer und Riser installieren



Einfahren des BOP am Riser

Verbindung mit Ankerrohrtour



30

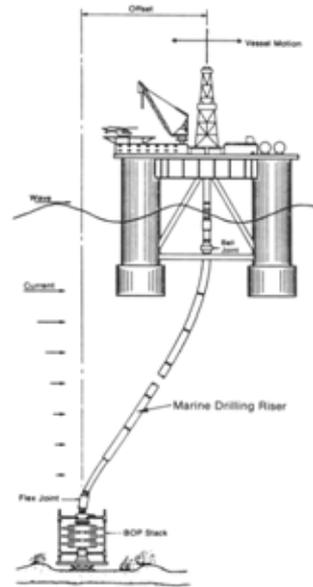
Marine Riser



Quelle: acersolutions.com



Quelle: BP



Marine Drilling Rig with Marine Drilling Riser

31

Unterkünfte für die Mannschaft



32

Sicherheitstraining

- Helicopter evacuation
- Fire Fighting
- Survival in cold water
- Erste Hilfe
- Rettungsboote
- Safety Drills
- Gesundheits-Check
- Drogen / Medikamentenpolicy
- Krankenhaus / Arzt



33

Blowouts

Blowout: unkontrolliertes Austreten von Fluiden (Gas, Öl, Wasser) aus einer Bohrung



Zu Beginn des Ölzeitalters vor 150 Jahren: Blowouts normal (und sogar erwünscht!!!!)

1930er Jahre: Myron Kinley entwickelt das Feuerlöschen mit Dynamit

1962: Beginn der Karriere Red Adairs

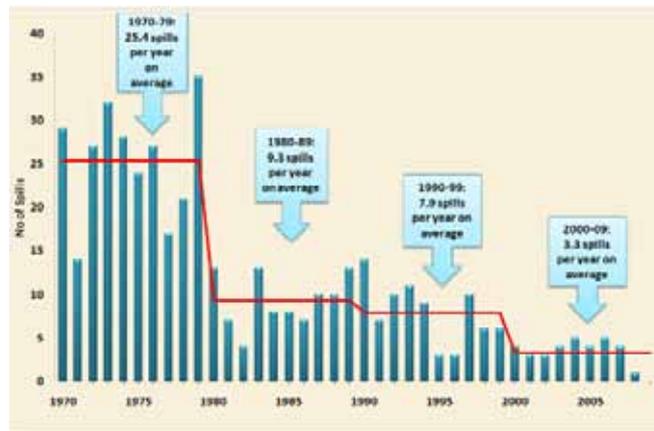
1989: Zusammenschluss der Nordseeanrainerstaaten zwecks einheitlicher Bohrlochkontrollschulung

Seit 1998 weltweit einheitliches Schulungs- und Zertifizierungssystem

- **Primäre Bohrlochkontrolle**
 - keinen Lagerstättenzufluss gestatten
- **Sekundäre Bohrlochkontrolle**
 - Situation kontrollieren
- Verständnis
 - Training
 - Prozeduren

34

Ölkatastrophen im Vergleich



http://sayanythingblog.com/files/2010/05/2009_FIG1.png

35

Unglück der „Deepwater Horizon“ (April 2010)



11 Todesopfer
780.000.000 Liter Öl im Meer

Unfall:

- Verwahrung einer Erkundungsbohrung
- schlechte Zementation
- Kontrollmessungen nicht durchgeführt
- mangelnder Ausbildungsstand der Mannschaft
- fehlerhafte Ausrüstung

36

Folgen des Unfalls für die Umwelt:
780.000.000 Liter Öl!!!!

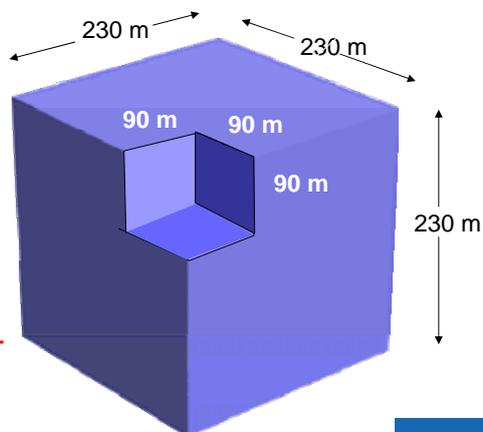


37

Weltweite, tägliche (!) Ölförderung:
ca. 76.000.000 Barrel

entspr. 12.100.000 m³/Tag

Deepwater Horizon Katastrophe:
780.000 m³
entspricht Welt-Ölbedarf von ca. 1,5 h



38

Schlusswort:

- Forderung von uns allen:
 - ständig bessere Lebensbedingungen trotz stark wachsender Bevölkerung**steigender Energiebedarf**
 - Energie soll „bezahlbar“ bleiben**Nur durch Einsatz modernster Technologien erfüllbar**
- **Technologie ohne Risiko gibt es nicht!**
 - weder beim Ölbohren, noch in der Luft- und Raumfahrt, im Kraftwerksbetrieb usw.
 - oft ist der Mensch das Problem
- **Restrisiko muss minimiert werden**
 - Vorschriften, Prozeduren und Gesetze sind bedingungslos einzuhalten
 - Weltweit einheitliche Sicherheitsstandards einführen
 - Notfallpläne und –ausrüstung müssen vorgehalten werden
 - **Erstklassige Ausbildung erforderlich**

Verantwortungsbewusster Umgang mit Rohstoffen
Die beste Energie ist die, die eingespart wird!!!!

39

Bohren ist in vielerlei Hinsicht „extrem“

- **Umgebungsbedingungen**, die Elektronik-Produkte und Materialien aushalten
- **Spitzenleistungen**, die Diamanten zum Verschleiss bringen
- **Extreme Temperaturen**, die...
- **Aggressive Medien**, die...
- **Perforation und Erosion**, die...
- **Zeit**, die...
- **Nur die besten**, die...
- **Extreme Ansprüche**



Engagierte Ingenieure und Wissenschaftler gesucht!!!!

40

Vielen Dank für Ihr
Interesse!



www.add-books.de

Quelle: www.parkerlab.bio.uci.edu