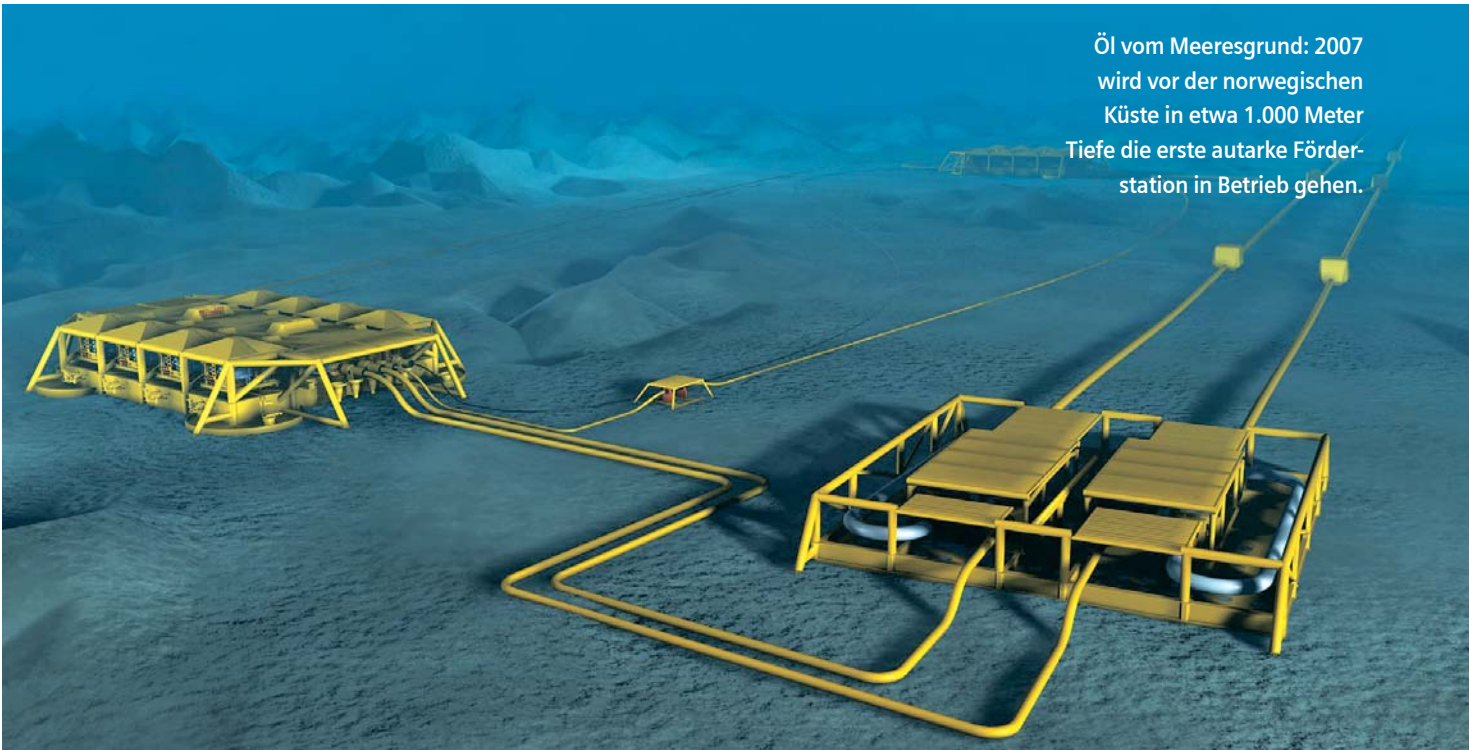


Öl vom Meeresgrund: 2007 wird vor der norwegischen Küste in etwa 1.000 Meter Tiefe die erste autarke Förderstation in Betrieb gehen.



Da der Bedarf an Öl weiter steigt, rücken nun Lagerstätten ins Blickfeld, deren Ausbeutung bisher zu teuer war: Vorkommen in der Tiefsee oder Ölsande. Zur Gewinnung von Treibstoffen bietet sich auch die Verflüssigung von Erdgas an.

Schwarzes Gold neu entdeckt

Erdöl und Erdgas decken mehr als die Hälfte des Weltenergiebedarfs. „In den nächsten 50 Jahren muss die Förderung von Erdöl nochmals um fast ein Drittel und die von Erdgas auf rund das Dreifache gesteigert werden“, prognostiziert Wolfgang Stahl von der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe angesichts der Bevölkerungs- und Wirtschaftsentwicklung. Das Zeitalter des billigen Erdöls nähert sich jedoch dem Ende: Die Förderung aus konventionellen Quellen wird laut der Internationalen Energieagentur (IEA) im nächsten Jahrzehnt ihren Höhepunkt erreichen.

Die Lücke könnten Ressourcen füllen, deren Ausbeutung bislang zu aufwändig war. Lagerstätten wie Ölsande (siehe Kasten S. 52)

oder abgelegene Gasreservoirs können schon beim heutigen Ölpreis von 20 bis 30 Dollar pro Barrel wirtschaftlich abgebaut werden. Größere Öl- und Gasvorkommen werden vor allem im Meeresboden vermutet, bei Wassertiefen zwischen 500 und 2.000 Meter – was die Förderung sehr schwierig macht. „Feststehende Bohrseln können hier nicht mehr eingesetzt werden“, erklärt Fritz Kleiner von Siemens Power Generation (PG) in Erlangen. Schwimmende Bohrseln wären zwar möglich, können das Öl-Wassergemisch aber nur unter hohem Energieaufwand über die lange Strecke an die Wasseroberfläche befördern, denn der natürliche Förderdruck reicht dafür oft nicht aus.

Ein Teil der Produktionsanlagen muss daher auf den Meeresboden verlegt werden. Für Aufbau und Wartung solcher Unterwasser-Plattformen ist eine Armee von Robotern nötig, die entweder von einem Schiff aus ferngesteuert werden oder sogar autonom arbeiten. Der enorme Druck und das korrosive Meerwasser belasten das Material. „Auch die Zuverlässigkeit von elektronischen Bauteilen muss auf die Spitze getrieben werden, jede Reparatur ist extrem teuer“, sagt Kleiner.

Ein Team um Joost Wijnant von Siemens PG in Hengelo, Niederlande, hat für derartige Zwecke dichtsichere Kompressoren mit Magneten entwickelt, die ohne Schmieröl auskommen und für viele Jahre wartungsfrei sind.

„Wir haben 15 Maschinen an Land damit ausgestattet, später sollen sie offshore arbeiten, und dann kann man auf den Meeresboden gehen“, sagt Wijnant. Die erste völlig autarke Unterwasser-Förderstation wollen 2007 mehrere Ölkonzerne und die norwegische Staatsfirma Petoro am Gasfeld „Ormen Lange“ in Betrieb nehmen. Es liegt 120 Kilometer vor der norwegischen Küste in 3000 Meter Tiefe bei einer Wassertiefe von 800 bis 1.100 Meter und ist wegen der rauen Wetterbedingungen nur fünf Monate im Jahr von der Oberfläche zugänglich.

Flüssiges Erdgas. Erdöl wird immer schwieriger zu gewinnen, aber Erdgas ist noch reichlich vorhanden. Wegen gestiegener Gaspreise ist die Nutzung des früheren Beiprodukts der Ölgewinnung nun auch an entlegenen Lagerstätten rentabel. Schon seit Ende der 60er Jahre wird unter Druck verflüssigtes Erdgas mit Tankern als „Liquefied Natural Gas“

verschifft. In jüngster Zeit wandeln Erdölkonzerne das Gas öfter schon an der Quelle chemisch in ein synthetisches Rohöl um. Dieses „Gas-to-Liquid-Verfahren“ (GTL) verbindet die Kohlenstoff-Atome des Erdgases (vor allem CH₄) zu Ketten mit bis zu 20 Kohlenstoff-Atomen. Aus diesem dann flüssigen Kohlenwasserstoff-Gemisch gewinnt die Industrie verschiedene Kraftstoffe, insbesondere Diesel.

Inzwischen wurde dieser Prozess so optimiert, dass schwefelfreier GTL-Diesel preislich mit entsprechend reinen Kraftstoffen aus Rohöl mithalten kann. „In den nächsten Jahren werden viele Gasraffinerien gebaut“, berichtet Mirko Wutkewicz von Siemens Corporate Technology in Erlangen. So investieren Shell und die südafrikanische Firma Sasol fünf Milliarden Dollar in zwei GTL-Anlagen in Katar, die im Jahr 2011 pro Tag 177.000 Barrel Diesel, Kerosin, Schmieröle, Naphta (Rohbenzin) und Paraffine herstellen sollen.

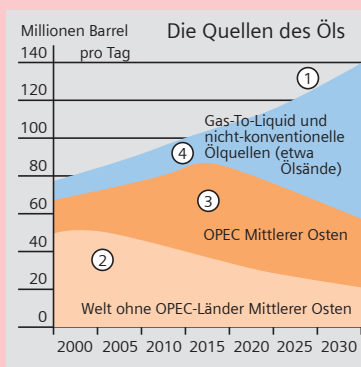
Beim GTL-Prozess, den 1925 die deutschen Forscher Franz Fischer und Hans Tropsch entwickelten, wird das reaktionsträge Methan bei hohen Temperaturen mit Sauerstoff in Synthesegas umgewandelt, eine Mischung aus Wasserstoff und Kohlenmonoxid. Dies macht bis zu 60 Prozent der Gesamtkosten aus. Teuer ist vor allem der Sauerstoff, der durch energieintensive Luftverflüssigung gewonnen wird. „In zehn bis 15 Jahren könnte Sauerstoff aus der Luft aber kostengünstig mit keramischen Membranen abgetrennt werden, ähnlich denen in oxidkeramischen Brennstoffzellen“, sagt Wutkewicz. Synthesegas wird auch in neuen Kohlekraftwerken, so genannten IGCC-Anlagen, erzeugt (siehe Artikel S. 44).

Im zweiten Schritt des Fischer-Tropsch-Prozesses reagiert Synthesegas zu wachsartigen Paraffinen. Diese langkettigen Kohlenwasserstoffe werden danach wieder gespalten. Über die Wahl des Katalysators ist der Anteil der verschiedenen Kohlenwasserstoffe im Rohöl variabel einstellbar. Die Industrie bevorzugt so genannte Mitteldestillate, aus denen sie Diesel und Kerosin herstellt. Bei den Kohlendioxid-Emissionen liegt GTL-Diesel wegen der energieintensiven Herstellung etwa gleichauf mit konventionellen Kraftstoffen.

Designer-Treibstoffe. Der größte Vorteil von GTL-Diesel: Er ist besonders rein und enthält praktisch keinen Schwefel oder aromatische Kohlenwasserstoffe, wie etwa das Krebs erregende Benzol. Mit Zusatzstoffen versehen, die die Schmierwirkung des Schwefels ersetzen, kann GTL-Diesel in jedem Dieselmotor verwendet werden – bei verbesserten Abgaswerten, wie ein Test von VW und Shell jüngst zeigte. GTL-Diesel ist den Motorenentwicklern sehr willkommen, weil damit erstmals an die Motoren angepasste „Designer Fuels“ möglich werden. „Neue Abgasgrenzwerte können nur eingehalten werden, wenn die Kraftstoffe eine genau definierte Zusammensetzung haben“, berichtet Dr. Herbert Stocker, zuständig für die Koordination Vorentwicklung bei Siemens VDO Automotive Powertrain in Regensburg. Die EU hat die Voraussetzung dafür bereits geschaffen: Ab 2005 darf Diesel höchstens 0,005 Prozent Schwefel enthalten, ab 2011 nur noch 0,001 Prozent. ■ Ute Kehse

AUS TEER WIRD BENZIN

2003 wurde Kanada quasi über Nacht zum zweit erdölreichsten Land der Erde: Die OPEC erklärte Ölsand-Vorkommen im Norden der Provinz Alberta zu einer „sicher bestätigten Reserve“. Das dort vorhandene Öl würde ausreichen, um die Welt hundert Jahre lang zu versorgen, gibt die Regierungsbehörde Natural Resources Canada an. Ölsand ist eine Mischung aus Sand, Ton, Wasser und langkettigen Kohlenwasserstoffen, so genanntem Bitumen. Eine Alternative zum Tagebau ist der Abbau mit heißem, unter Druck stehendem Wasserdampf, der teilweise mit Lösungsmitteln versetzt ist. Diesen pumpen die Ölgesellschaften in die Erde, woraufhin das verflüssigte und von Sand befreite Bitumen herausquillt. Der technische Aufwand, den teerartigen Stoff in Rohöl zu verwandeln, ist groß. Das zerbröselte Bitumen wird mit heißer Natronlauge von anderen Bestandteilen getrennt. Dann werden die Ketten aus teils mehr als tausend Kohlenstoff-Atomen gespalten und mit Wasserstoff angereichert. Nach weiteren Veredelungsschritten entsteht ein synthetisches Rohöl, das zu Diesel, Benzin, Schweröl oder Kerosin verarbeitet werden kann.



- ① Wegen des Bevölkerungswachstums und der Wirtschaftsentwicklung wird die Nachfrage nach Öl weiter wachsen.
- ② + ③ Die konventionelle Ölförderung wird ihren Höhepunkt etwa um 2015 überschreiten.
- ④ Ab diesem Zeitpunkt werden dann verstärkt nichtkonventionelle Quellen und das Gas-to-Liquid-Verfahren (Öl aus Erdgas) genutzt.