

Erdölreserven und deren Verfügbarkeit *)

Manfred Lorbach, Leoben **)

In der Arbeit versucht der Verfasser, die Verfügbarkeit an Erdölreserven zu trennen zwischen der politischen Verfügbarkeit und der technischen Verfügbarkeit. Er kommt hierbei zu dem Ergebnis, daß die politische Verfügbarkeit bei weiterer Diversifizierung der Produktionsgebiete nicht als kritisch anzusehen ist. Bei den Erfolgen in bezug auf neue Fördergebiete in den letzten Jahren ist die kritischste Phase einer Versorgungskrise durch politische Gefahren bereits als überwunden anzusehen. Die technische Entwicklung erlaubt immer neue Gebiete der Exploration auf Kohlenwasserstoffe zuzuführen. Insbesondere im Offshorebereich ist die Wassertiefenbegrenzung, die man 1975 noch mit 150 m angeben mußte, bereits auf 1500 m angewachsen. Auch diese Grenze stellt kein endgültiges Limit dar. Unvorstellbar große meeresbedeckte Gebiete sind demzufolge zusätzlich für die Kohlenwasserstoffproduktion verfügbar. Die in jüngster Zeit entwickelten Maßnahmen zur Steigerung der Lagerstättenausbeute lassen heute schon die Vermutung zu, daß eine Verdoppelung der Ausbeute aus den vorhandenen Lagerstätten angenommen werden darf. Anhand einer Grafik wird die zu erwartende Entwicklung dargestellt. Unter gewissen, sehr vorsichtig gemachten Prämissen dürfte es möglich sein, die sicheren Welterdölreserven bis zum Jahre 2000 von derzeit 88 Mrd. Tonnen beinahe zu verdoppeln. Darüber hinaus wird abgeleitet, daß die heute schon als gesichert zur Verfügung stehenden Welterdölreserven auf mehr als 440 Milliarden Tonnen anzusetzen sind. Bei einem konstant angesetzten Jahresverbrauch ab dem Jahre 2000 von etwa 4 Milliarden Tonnen bedeutet diese Aussage eine Weltversorgung mit Erdöl für einen Zeitraum von mehr als 100 Jahren. In einem solchen Zeitraum werden sicher heute noch nicht überschaubare Technologien entwickelt, die auch für die fernere Zukunft die Annahme gestatten, daß die Probleme der Energieversorgung gelöst werden.

In this treatise the author tries to distinguish between availability of oil reserves on political and technical grounds. He reaches the conclusion that by diversification of the productive areas, availability for political reasons is not critical. Due to the successes of bringing on stream new productive areas in the last few years, the critical phase of an availability crisis on political grounds has been passed. Technical developments have resulted in the exploration of new areas in the search for hydrocarbons. For example in the area of offshore drilling the waterdepth limit in 1975 was at 150 m which has now extended to 1,500 m. This is still not the limit. Unimaginably large areas have thus been opened for hydrocarbon production. Measures taken recently to increase recovery efficiency lead to the assumption that doubling of recovery from known fields may be expected. The expected developments are illustrated with the aid of a graph. With certain carefully chosen suppositions it may be possible to double today's proved reserves of 88 billion tons until the year 2000. Furthermore, it is indicated that the oil reserves available today will be increased to 440 billion tons. With the world oil consumption held constant at 4 billion tons per year from the year 2000 on, the world can be supplied for another 100 years according to this statement. In that time span, technological problems will surely be solved to ensure the solution of the energy supply problem.

Dans cet article, l'auteur tente de séparer la disponibilité des réserves de pétrole en disponibilité politique et disponibilité technique. Il arrive à la conclusion que la disponibilité politique, associée à une diversification des domaines de production, ne doit pas être considéré comme menaçante. Compte tenu des progrès accomplis en ce qui concerne les nouveaux domaines d'approvisionnement au cours de dernières années, la phase critique d'une crise pétrolière imputable à des dangers politiques doit être considérée comme pratiquement surmontée. Le développement technique permet de mettre sans cesse à profit de nouveaux sites d'exploration à la recherche des hydrocarbures. En particulier, en ce qui concerne les gisements dans les fonds marins, la limite de profondeur qui était encore en 1975 de 150 m, a déjà atteint 1500 m. Cette limite n'est pas, elle non plus, définitive. Des étendues incommensurables recouvertes par la mer viennent donc s'ajouter à la production des hydrocarbures. Les mesures récemment mises en oeuvre pour augmenter le rendement des gisements exploités permettent dès maintenant de supposer que celui-ci sera doublé. L'évolution à prévoir est donnée sous forme de graphique. Moyennant certains calculs très prudents, il devrait être possible d'ici l'an 2000 de doubler à peu près les réserves mondiales sûres de pétrole qui sont à l'heure actuelle de 88 milliards de tonnes. De plus, on estime que les réserves de pétrole pouvant être déjà considérées à l'heure actuelle comme assurées pourront être portées à 440 milliards de tonnes. Pour une consommation croissante atteignant environ 4 milliards de tonnes en l'an 2000, cette estimation signifie que l'approvisionnement en pétrole sera assuré dans le monde pour plus de 100 ans. Pendant cette période, on mettra certainement au point de nouveaux moyens technologiques non encore précisés à l'heure actuelle, qui permettent de penser que les problèmes d'énergie seront résolus également pour un avenir lointain.

Einleitung

An der Montanuniversität Leoben gibt es seit fast 25 Jahren die Studienrichtung Erdölwesen. Sie zählt seitdem zu einer der stärksten Studienrichtungen hinsichtlich der Studentenzahlen. Auch zur Zeit ist sie mit 181 inskribierten Hörern die zweitstärkste Studienrichtung. Dennoch gibt es

zu wenig Absolventen zur Auffüllung des Bedarfs und der Lücken in der heimischen Erdölgewinnung und derjenigen außerhalb Österreichs.

Es liegt daher nahe, daß anlässlich der Informationswoche der österreichischen Universitäten auch die Studienrichtung Erdölwesen vorgestellt wird. Hierbei soll weniger auf die Forschungen der fachbezogenen Institute und deren Lehre eingegangen werden als vielmehr in Übereinstimmung mit der Thematik dieser Informationsstagnung die Erdölreserven und deren Verfügbarkeit in das richtige Licht gerückt werden sollen. Hierüber bestehen auf Grund mannigfaltiger Fehlinformationen in der Öffentlichkeit zumeist sehr

*) Vortrag, gehalten an der Montanuniversität am 28. März 1979 anlässlich der Informationswoche österreichischer Hochschulen

**) o. Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. Manfred Lorbach, Vorstand des Institutes für Tiefbohrtechnik und Erdölgewinnung

falsche Vorstellungen. Mit diesem Thema soll darüber hinaus gleichzeitig die Bedeutung des Studiums in der Studienrichtung Erdölwesen als zukunftsweisendes Aufgabengebiet erkannt werden können.

Im wissenschaftlichen Rahmen und in gewinnungstechnischer Hinsicht sind die Begriffe Erdöl und Erdgas zweckmäßigerweise unter dem Oberbegriff Kohlenwasserstoffe zusammenzufassen. Sie kommen in der Erdkruste zumeist vergesellschaftet vor, werden nach denselben Prinzipien gesucht und gefördert und sind in vielen Anwendungsbereichen austauschbar. Gleichzeitig stellen die Kohlenwasserstoffe eine Energieform dar, wie sie in weitesten Anwendungsbereichen heute durch nichts anderes ersetzt werden kann. Rund 65% des Weltenergieverbrauches werden durch Kohlenwasserstoffe gedeckt, und auch in Österreich beträgt der Konsum an Kohlenwasserstoffen mehr als 65% des gesamten Energiekonsums (Abb. 1).

Verfügbarkeit

Immer öfter ist die Aussage zu hören, daß die Kohlenwasserstoffreserven nur noch sehr begrenzte Lebensdauer haben. Selbst Autoren, die für sich in Anspruch nehmen, ernst genommen zu werden, haben sowohl in der Vergangenheit wie bis zum heutigen Tag das kurzfristige Ende der Verfügbarkeit von Kohlenwasserstoffen vorhergesagt. Hierbei wird immer wieder davon ausgegangen, daß die in der Erdkruste vorhandenen Reserven in Kürze zu Ende gehen werden. Auf diese Zusammenhänge wird später eingegangen werden.

Machtpolitische Aspekte

Hier soll zunächst darauf hingewiesen werden, daß der Begriff der Verfügbarkeit von Kohlenwasserstoffen nicht nur auf die in der Erdkruste vorhandenen Reserven zu beziehen ist. Wenn es echte kurzfristige Engpässe oder Unterbrechun-

gen in der Verfügbarkeit der Kohlenwasserstoffe geben wird, dann werden diese zweifellos auf politische, wirtschaftspolitische oder finanzpolitische Gründe zurückzuführen sein. Gerade weil die Kohlenwasserstoffe weltweit ganz besonders für die hochzivilisierten und hochtechnisierten Völker von unersetzlicher Bedeutung sind, ist die Belieferung mit Kohlenwasserstoffen oder die Verfügbarkeit von Kohlenwasserstoffen eines der effizientesten Kriterien für die Lebensfähigkeit der Völker. Unter diesen Völkern spielen sich Machtkämpfe bevorzugt an den neuralgischen Punkten der Lebensadern, z. B. der Verfügbarkeit mit Kohlenwasserstoffen, ab. Revolutionen und Streiks lassen zumeist immer die Verfügbarkeit der Kohlenwasserstoffe unterbrechen. Bei Machtkämpfen zwischen den Völkern sind Wirtschaftsboykotts schon immer ein probates Mittel gewesen. Von Kohlenwasserstoffen als Importware von anderen Völkern abgeschnitten zu werden, gehört heute bereits zum Alptraum aller Politiker von Nichtselbstversorgerländern auf diesem Gebiet.

Durch derartige Maßnahmen ist die Unterbrechung der Verfügbarkeit an Kohlenwasserstoffen kurzzeitig jedenfalls immer denkbar. Dennoch müssen solche Zustände auf lange Sicht gesehen als unkritisch angesehen werden. Durch Reservenhaltung in solchen Ländern, durch Einschränkungen des Verbrauchs und durch Umverteilung der Importländer wird man eine derartige Situation im allgemeinen überwinden. Je mehr es gelingt, neue Produktionsgebiete für Kohlenwasserstoffe außerhalb der bisherigen Produktionsgebiete zu entdecken, wie das gerade in den letzten Jahren der Fall war, umso mehr kann eine politisch bedingte Unterbrechung der Verfügbarkeit an Kohlenwasserstoffen als unkritischer Zustand gelten.

Aber auch bei der bisherigen Weltsituation ist eine langfristige Unterbrechung der Verfügbarkeit nicht wahrscheinlich. Für die Hauptförderländer ist der Erdöllexport heute noch oft die einzige Exportproduktion. Die meisten Länder sind auf diese Produktion und ihren Export ebenso stark angewiesen wie die Konsumentenländer auf den Verbrauch. Da die Welt aber einen beträchtlichen Überschuß an Erdöl- und Erdgasproduktionsstätten besitzt, ist eine langfristige Boykottierung großer Konsumentengebiete undenkbar.

Auch Unterbrechungen der Verfügbarkeit von Kohlenwasserstoffen auf Grund von technisch-wirtschaftlichen Gegebenheiten müssen als unkritisch angesehen werden. Solche Bedingungen sind nur dann zu erwarten, wenn große Energielieferanten ausfallen sollten und eine zusätzliche Bedarfsdeckung durch Kohlenwasserstoffe erforderlich ist. Derartige Gegebenheiten können nur auf Grund von Katastrophen wie z. B. Ausfall von Wasserkraft-, Kohle- oder Atomkraftwerken eintreten, was in einer tatsächlich gefährlichen Akkumulierung kaum zu erwarten sein wird.

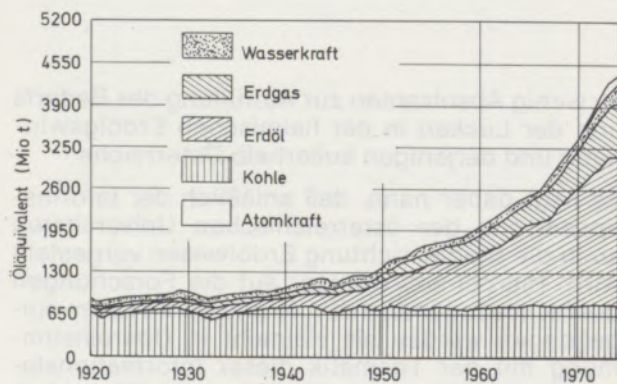


Abb. 1

Entwicklung des Weltenergieverbrauches
ohne UdSSR, Osteuropa, China

Quelle: Shell-Erdöl-Info. Nov. 1975

Finanzpolitische Aspekte

Als letzte politische Begründung für das Ausbleiben von Kohlenwasserstoffen bleiben die finanzpolitischen Aspekte übrig. Gerade durch sie sind die US-Amerikaner wie kein anderes Land der Erde in den letzten fünf Jahren betroffen worden. Für sie sind die Importölpreise seit 1974 um ca. 40% angestiegen. Das ist aber weniger auf die Preiserhöhungen der Erdölproduzentenländer als auf den Dollarverfall zurückzuführen. Österreich hat z. B. im gleichen Zeitraum von 1974 bis einschließlich 1. April 1979 eine Importverteuerung von lediglich 10,8% hinnehmen müssen. Diese Berechnung basiert auf dem Importpreis für arabische Qualitätsware unter Einrechnung der Schillingparität zum US-Dollar.

Somit ist die in den USA ausgelöste Situation der Grund dafür, daß auch in Ländern, in denen keine vergleichbare Erdölverteuerung auf Grund erhöhter Importpreise erfolgte, unkritisch übernommene Pressemeldungen zu lesen waren, die im Inland den Eindruck erweckten, als wenn auch hier eine vergleichbare Verteuerung eingetreten wäre. Oft sind in solchen Ländern weniger die Weltmarktpreise als landeseigene Maßnahmen für die Preiserhöhungen maßgebend.

Für alle Länder aber ist naturgemäß die Verteuerung der Kohlenwasserstoffimporte eine Belastung der Handelsbilanz. Ein Überhandnehmen des Handelsbilanzdefizits muß zwangsläufig zu Einschränkungen auf der Importseite führen, wenn es nicht gelingt, die Exportsituation dem Importbedürfnis anzupassen oder Alternativenergien zu entwickeln. Ohne auf die Möglichkeiten der Alternativenergien hier näher eingehen zu können, sei der Hoffnung auf diese hier nur ein Dämpfer aufgesetzt. Eine wesentliche Ausweitung des Energieangebotes auf der Basis Kohle, Kernenergie, Wasserkraft, Geothermie, Solarenergie und anderer Energiearten stößt zumeist auf mannigfache Schwierigkeiten. Meistens sind diese Energieformen keine echten Alternativen zu den Kohlenwasserstoffen, sowohl von der Seite der Preise, der Verwendbarkeit, der Verfügbarkeit als auch der Umweltgegebenheiten her. In absehbarer Zeit ist durch sie keine durchgreifende Änderung in bezug auf den Konsum von Kohlenwasserstoffen zu denken.

Absicherung durch eigene Erdölförderung

Will sich demzufolge ein Land heute und für die weitere Zukunft in bezug auf die Energieversorgung weitestgehend absichern, dann ist die Entwicklung einer eigenen leistungsstarken Erdölindustrie als nächstliegende Lösung anzusehen. Es wäre falsch zu glauben, daß nicht gerade Aktivitäten auf diesem Gebiet und die daraus zu erwartenden Erfolge eine geringere Erfolgchance hätten als auf anderen Gebieten der Energiedarbietung. Umgekehrt muß man folgern, daß

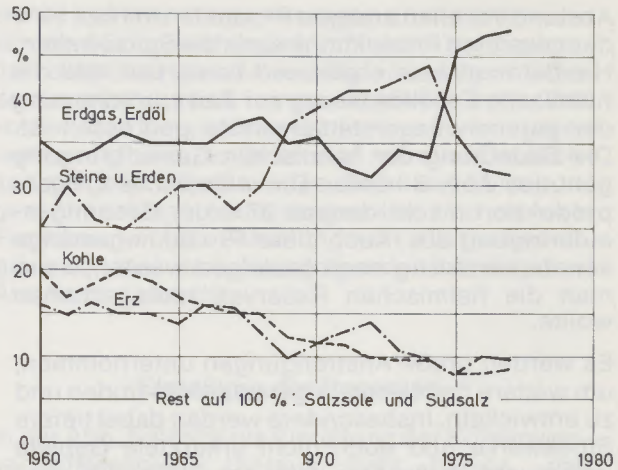


Abb. 2
Prozentuelle Aufteilung der Produktionswerte der österreichischen Bergbauprodukte
Quelle: Österreichisches Montanhandbuch

jedes Land auch bei keiner eigenen bereits vorhandenen Erdöl- und Erdgasgewinnungsindustrie echte Chancen hat, sich am weltweiten Engagement der Diversifizierung von Förderprovinzen erfolgreich beteiligen zu können.

Zum Glück ist Österreich nicht zu den benachteiligten Ländern auf dem Gebiet der Kohlenwasserstoffe zu zählen. Österreich verfügt über eine eigene leistungsstarke Erdölindustrie, über eine eigene Produktion und ausländische Konzessionen sowie ein weltweites Engagement. Die Bemühungen in dieser Richtung sollten mit allen verfügbaren Möglichkeiten vorangetrieben werden.

Die Bedeutung der heimischen Erdöl- und Erdgasindustrie ist aus Abb. 2 ersichtlich. Hier erfolgt die prozentuelle Aufteilung der Produktionswerte der österreichischen Bergbauprodukte. Aus ihr geht hervor, daß Erdöl und Erdgas mit großem

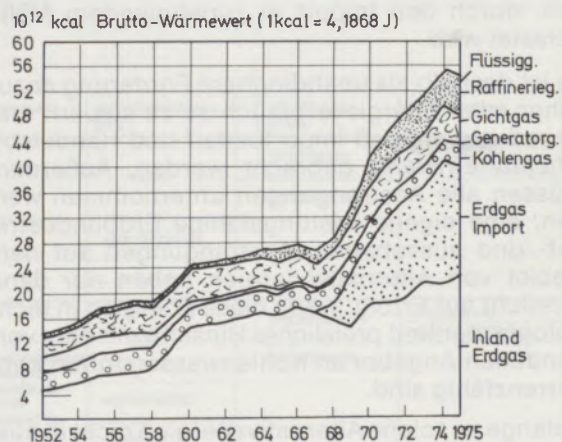


Abb. 3
Gasaufbringung in Österreich nach ÖMV-Erdgasbetrieb

Abstand vor allen anderen Produkten mit fast 50% der gesamten Produktionswerte die Spitze halten. Hierbei muß man ergänzend bemerken, daß die heimische Erdölförderung zur Zeit zur Schonung der eigenen Lagerstättenvorräte gedrosselt ist. Die Bedeutung der heimischen Gasaufbringung geht aus Abb. 3 hervor. Die inländische Erdgasproduktion macht danach 37% der Gesamtgasaufbringung aus. Auch diese Produktionsmenge könnte kurzfristig noch gesteigert werden, wenn man die heimischen Reserven nicht schonen wollte.

Es werden große Anstrengungen unternommen, um weitere heimische Lagerstätten zu finden und zu entwickeln. Insbesondere werden dabei tiefere Stockwerke und noch nicht erkundete Gebiete untersucht. Außerdem versucht Österreich aber auch, im Ausland Öl zu finden und sich an ausländischen Gebieten zu beteiligen. So z. B. in Tunesien, Libyen, Ägypten, Kanada und in der Irischen See.

Darüber hinaus werden aber auch alle Anstrengungen unternommen, die relativ geringen Ausbeuteraten der eigenen Lagerstätten zu verbessern. Dies ist ein weites Gebiet für Forschungen und Tätigkeiten hochqualifizierter Erdölingenieure. Hierüber wird an anderer Stelle noch zu berichten sein.

Faßt man die bisherigen Ausführungen über die Verfügbarkeit zusammen, so muß festgestellt werden, daß es mehrere Schwachstellen bei der notwendigen Belieferung von Erdölverbraucherländern gibt. Bei machtpolitischen Auseinandersetzungen kann jedoch bei der großen Anzahl von Förderprovinzen nicht grundsätzlich unterstellt werden, daß ein Land oder mehrere Länder von der Belieferung gänzlich ausgeschlossen werden. Ebenso wenig ist die Erhöhung der Erdölpreise als eine grundsätzliche Gefährdung bei der Belieferung zu erkennen. Sicher aber ist, daß das eingesetzte Kostenbewußtsein auf dem Energiesektor zu Sparmaßnahmen zwingen sollte und sich jeder darüber klar ist, daß die budgetäre Situation aller Länder, die Kohlenwasserstoffe importieren müssen, durch den Import in zunehmendem Maße belastet wird.

Es ist deshalb als unabdingbare Forderung anzusehen, den Energieverbrauch so zu steuern und zu reduzieren, daß Importbedarf und Handelsbilanz in Einklang gebracht werden. Außerdem müssen alle Anstrengungen unternommen werden, eine eigene leistungsfähige Erdölindustrie auf- und auszubauen. Anstrengungen auf dem Gebiet von Alternativenergien haben nur dann Aussicht auf Erfolg, wenn diese Energien in technologischer und preislicher Hinsicht mit dem vorhandenen Angebot an Kohlenwasserstoffen konkurrenzfähig sind.

Solange es solche Alternativenergien nicht in ausreichender Menge und Qualität gibt, muß die Erdölindustrie in die Lage versetzt werden, weltweit möglichst viele zusätzliche Förderprovinzen

zu finden und in Produktion zu nehmen, um die politischen Gefahren einer Lieferunterbrechung durch einzelne Erzeugerländer zu reduzieren. Zusätzliche Förderprovinzen geben darüber hinaus die Möglichkeit, eine Preisfestsetzung des Erdöls durch wenige Produzentenländer zu verhindern. Die Steigerungen des Weltmarktpreises der Kohlenwasserstoffe haben sich, verglichen mit anderen Wirtschaftsgütern, in sehr begrenztem Rahmen bewegt. Nur im US-Dollarbereich erscheinen die Preissteigerungen der Kohlenwasserstoffe auf Grund des inzwischen eingetretenen Dollarverfalls exorbitant hoch. Die Gesteigungskosten von Alternativenergien liegen im allgemeinen noch weit über den Preisen der Kohlenwasserstoffenergie. Deren weitere Steigerung ist daher unausweichlich.

Kohlenwasserstoffreserven

In den vergangenen Jahrzehnten beherrschte auf dem Gebiet der Kohlenwasserstoffe das Überangebot den Markt. Als Folge davon war bis 1973 ein ständiger, relativer Verfall der Weltpreise festzustellen. Nach der Erhöhung und Beruhigung der Weltpreise im Zeitraum 1973 bis 1974 hat wiederum das Überangebot an Kohlenwasserstoffen auf dem Weltmarkt diesen Preis in Richtung einer relativ geringen Preissteigerung beeinflusst. Die vorhandenen Produktionskapazitäten an Erdöl und Erdgas werden in der Welt bei weitem nicht ausgenutzt. Während seit einigen Jahren die Pro-

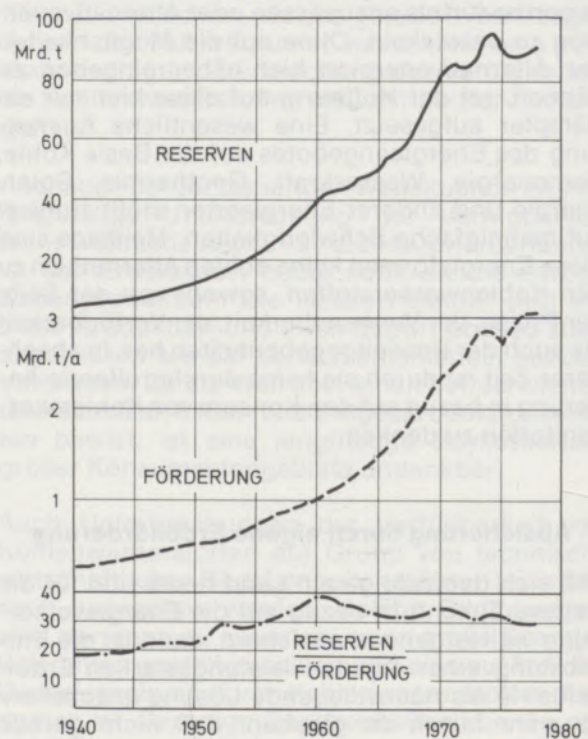


Abb. 4

Weltölrreserven, -förderung
Verhältnis Reserven – Förderung
Quellen: Int. Petr. Enzykl. 78, Stahmer-Studie

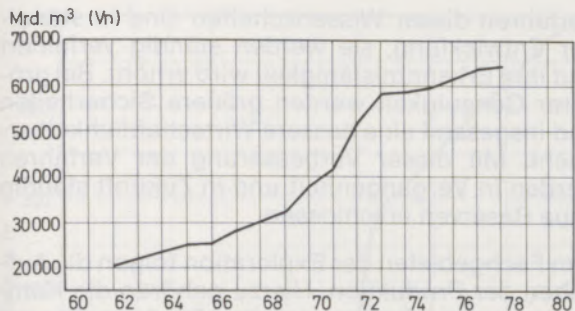


Abb. 5

Entwicklung der Welterdgasreserven
Quelle: World Oil

duktionssteigerung nicht mehr das bis dahin bekannte Ausmaß erreichte, haben die Welterdöl- und -erdgasreserven grundsätzlich eine steigende Tendenz beibehalten (Abb. 4).

Ein kurzfristiger starker Anstieg bei den Welterdölreserven 1973, der durch einen gleichartigen kurzfristigen Abfall danach begleitet war, ist auf Grund von Abweichungen bei der Reservenermittlung zurückzuführen. Aus der Abb. 4 unten geht hervor, daß die Weltreserven trotz steigender Förderung bereits seit mehr als 20 Jahren jeweils für 30 zukünftige Verbraucherjahre ausreichen. Bei derzeit etwa 90 Milliarden Tonnen Erdölreserven und einer Jahresförderung von rund 3 Milliarden Tonnen ist bis heute an der Bevorratung mit Erdöl für einen Zeitraum von ca. 30 Jahren keine Änderung eingetreten.

Aus der Abb. 5, in der die Entwicklung der Welterdgasreserven ausgewiesen wird, geht ebenso hervor, daß die Welterdgasreserven ständig steigen und zurzeit bei $6,5 \cdot 10^{14} \text{ Nm}^3$ liegen. Diese unvorstellbare Erdgasreserve hat in Vergangenheit in zunehmendem Maße dazu geführt, große transkontinentale Leitungen an die Verbraucher heranzuführen und ständig neue Verbrauchergebiete zu erschließen. Es wäre unmöglich und falsch, heute schon den Versuch zu unternehmen, diese gigantische vorhandene Welterdgasreserve, die ständig im Steigen begriffen ist, auf einen vor uns liegenden Verbrauchszeitraum begrenzen zu wollen.

Es erhebt sich immer wieder die bange Frage, ob die vorher erwähnten 30 Jahre Lebensdauer der Erdölreserven das letzte Wort bezüglich der Erdölzukunft darstellen. So steht es jedenfalls heute in allen Zeitungen, und so hat es auch der Club of Rome publiziert.

Und sicher wären diese Aussagen richtig, wenn die gesamte Erdölindustrie der Welt von nun an nichts mehr unternimmt, um weitere Lagerstätten aufzuschließen und vorhandene Lagerstätten besser auszufördern als bisher. Und sicher wären diese Angaben richtig, wenn die nachwachsenden Generationen und insbesondere unsere heutige Jugend nur noch glaubten, die Hände in den Schoß legen zu können und die Früchte ernten wollten, die ihnen übergeben wurden. Ebenso

sicher stimmen diese Aussagen aber nicht, wenn wir wie bisher auch in Zukunft weiterhin Exploration betreiben und die vorhandenen Lagerstätten besser auszunutzen lernen als jeweils in der Zeit vorher. Daß hierzu laufend intensive Forschungen notwendig sind, sollte einmal mit aller Deutlichkeit ausgesprochen werden. Daß diese Forschungen ohne Frage bedeutungsvoller sind als viele Forschungen zur Schaffung von Alternativenergien, sei hier dem Nachfolgenden vorweg zum Ausdruck gebracht.

Einteilung der Reserven

In der Abb. 6 erfolgt die Einteilung der Kohlenwasserstoffreserven. Hieraus geht hervor, daß die Einteilung der Reserven wie bei keinem anderen Rohstoff der Erdkruste wesentlich differenzierter erfolgen muß und deshalb der Reservenbegriff auch so oft falsch verstanden wird. Von allen in den Weltstatistiken ausgewiesenen und die Bevölkerung beunruhigenden Reserven wird immer nur die relativ kleine Gruppe der sicheren Primärreserven erwähnt. Die sicheren Reserven sind aber gleichzeitig die bereits produzierbaren Reserven, also solche, für welche alle Investitionen zur Förderung bereits erfolgt sind. Sie sind nach ihrem Wahrscheinlichkeitsgrad gesichert und nach ihrem Erschließungszustand fast ausnahmslos bereits erschlossen. Der ausgewiesene Bereich unerschlossener sicherer Reserven ist verschwindend klein. Von diesen sicheren erschlossenen Reserven steht aber weltweit nur ein Teil in Förderung. Der große, nicht in Förderung stehende Teil bildet die Versorgungsgrundlage für die Zukunft. Neben diesen Primärreserven gibt es die Sekundärreserven, das sind die in den gefundenen Lagerstätten mit primären Verfahren nicht gewinnbaren Anteile des Ölinhaltes. Diese Anteile erhöhen sich von Jahr zu Jahr, doch werden sie nach einer Studie der Internationalen Energieagentur 1977 bei den sicheren Reserven weltweit nicht mitgerechnet. Zu welcher falschen Aussage dieser Tatbestand führt, wird später ausgeführt.

Energiequelle	Wahrscheinlichkeitsgrad	Erschließungszustand	Förderzustand
Primärreserven	sicher	erschlossen	in Förderung nicht in Förderung
		unerschlossen	
	wahrscheinlich		
	möglich		
Sekundärreserven (Simulation Sekundärverfahren Enhanced Recovery)	sicher	erschlossen	in Förderung nicht in Förderung
		unerschlossen	
	wahrscheinlich		
	möglich		

Abb. 6

Einteilung der Kohlenwasserstoffreserven

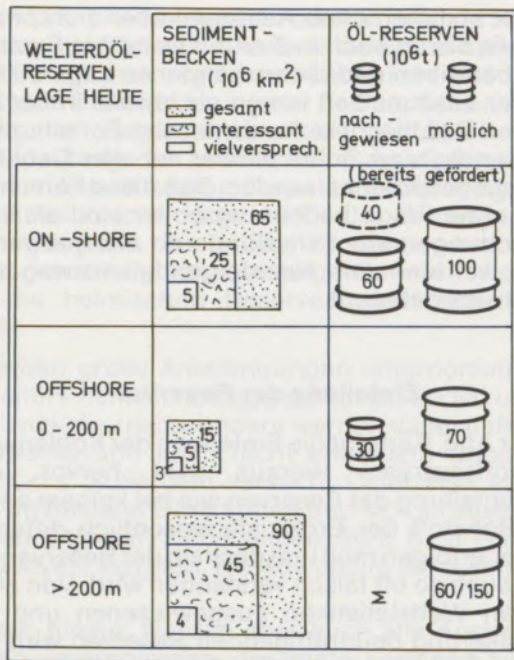


Abb. 7

Welterdölreserven – Situation 1976
 Quelle: Unitar/liasa-Konferenz Laxenburg 1976

Hier soll nur noch so viel ergänzt werden, daß bei den ausgewiesenen Reserven der Welt lediglich die sicheren, nicht aber die wahrscheinlichen und möglichen und auch nicht die sicheren, wahrscheinlichen und möglichen Sekundärreserven mitgerechnet werden.

Aus der Abb. 7 geht hervor, daß die onshore und offshore nachgewiesenen Ölreserven derzeit 90 Milliarden Tonnen ausmachen. Die möglichen Ölreserven werden onshore mit 100 Milliarden und offshore im Bereich bis 200 m Wassertiefe mit zusätzlich 70 Milliarden und offshore in Wassertiefen über 300 m mit bis zu 150 Milliarden Tonnen ausgewiesen. Wenn man also die heute interessant erscheinenden noch nicht untersuchten Sedimentbecken untersucht haben wird, werden statt der ausgewiesenen 90 Milliarden Tonnen mehr als 300 Milliarden Tonnen sichere Erdölreserven zur Verfügung stehen. Bei dieser Zahl ist wiederum lediglich eine Lagerstättenausbeute von 25% in Rechnung gestellt worden.

Rhythmus der Kohlenwasserstoffproduktion

In allen Erdölgesellschaften der Welt gehen die Arbeitsgebiete Exploration und Produktion sowie Verarbeitung und Verkauf im gleichen Rhythmus nebeneinander her. Hat die Exploration, d. h. die Untersuchung neuer Gebiete, zum Erfolg geführt, dann übernimmt dieses Gebiet die Produktion, und die Betriebskapazität der Exploration wandert in neue Gebiete weiter.

Die Exploration der Erdölgesellschaften liegt in Händen der geologischen, geophysikalischen und bohrtechnischen Betriebsabteilungen. Die

Verfahren dieser Wissenschaften sind in ständiger Entwicklung, sie werden ständig verfeinert und ihre Erkenntnisfähigkeit wird erhöht. Bei größerer Genauigkeit werden größere Sicherheiten und insgesamt eine bessere Wirtschaftlichkeit erreicht. Mit dieser Verbesserung der Verfahren werden in Vergangenheit und in Zukunft ständig neue Reserven erschlossen.

Den Fachgebieten der Exploration folgen die Aufgaben der Produktion. Hierzu gehören die Komplettierungsmaßnahmen, die Fördermethoden und die verschiedenen Verfahren der Aufbereitung des Rohproduktes. Auch alle diese Verfahren unterliegen einer sehr starken Forschung und Entwicklung. Nicht zuletzt drückt sich dies im Erreichen größerer Teufen aus, die man noch bis vor wenigen Jahren für unmöglich gehalten hat. Mit dem Erreichen größerer Teufen werden aber auch die Reservemöglichkeiten der Welt ständig vergrößert.

Die Abb. 8 gibt einen Eindruck vom Weg der maximalen Bohr- und Produktionsteufen wieder. Hierbei gehen die maximalen Bohrteufen den maximalen Produktionsteufen um etliches voraus. Die maximale Bohrteufe liegt bei fast 10.000 m, die maximale Teufe bei der Gasproduktion bei rund 8000 m und die maximale Erdölproduktion bei 6500 m.

Während die Exploration auch eine regionale Verteilung ihrer Aktivitäten über die ganze Welt an-

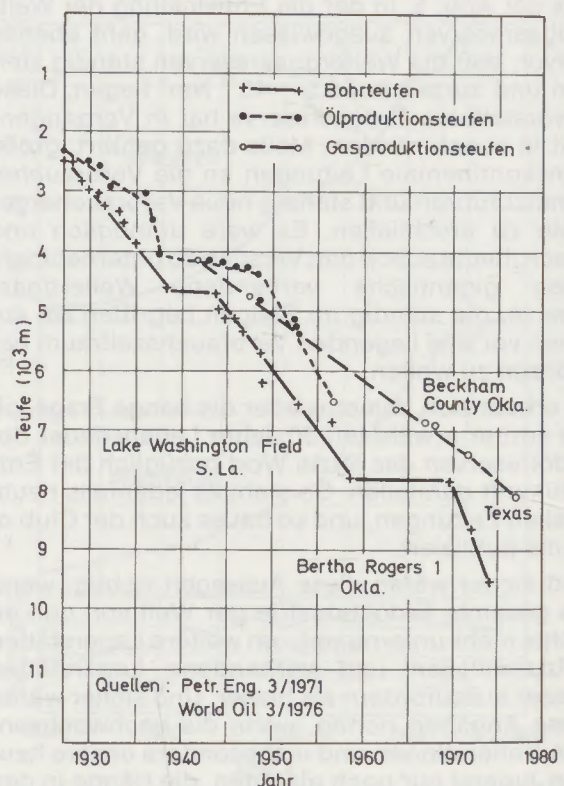


Abb. 8
 Maximale Bohr- und Produktionsteufen

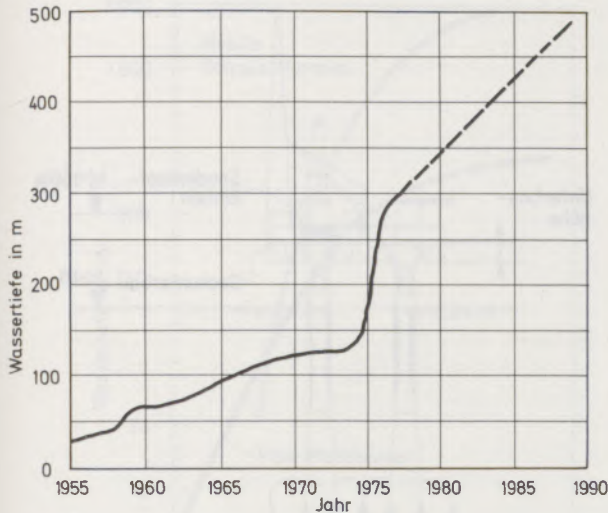


Abb. 9

Entwicklung der Wassertiefenkapazität bei Offshore-Produktion

strebt, werden die neuen Techniken auch dazu angewendet, größere Sedimentmächtigkeiten zu untersuchen und zu produzieren.

Offshoretechnologie

Die Erdölaktivitäten haben aber nicht an den Ufern unserer Kontinente haltgemacht. Mit den fünfziger Jahren ging die Erdölexploration und -produktion auch in die meeresbedeckten Gebiete. In der Abb. 9 ist erkennbar, daß die beherrschbaren Wassertiefen bis 1973 fast linear bis auf 150 m angestiegen waren. Seitdem ist ein großer technologischer Sprung zu verzeichnen. Förder-technisch beherrscht man derzeit Wassertiefen von mehr als 300 m und kann Tiefen bis mehr als 1500 m in wenigen Jahren als technologisch beherrschbar deklarieren. Als Folge hiervon werden zusätzlich enorme Gebiete unserer Erde für die Exploration und Produktion der Kohlenwasserstoffe erschlossen.

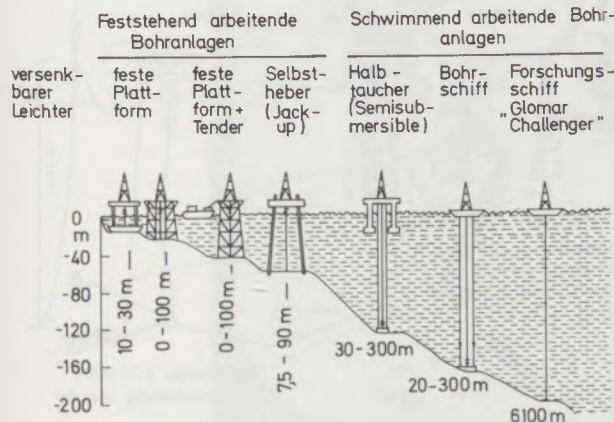


Abb. 10

Einsatzbereiche von Offshore-Bohranlagen in Abhängigkeit von der Wassertiefe nach Zuncke 74

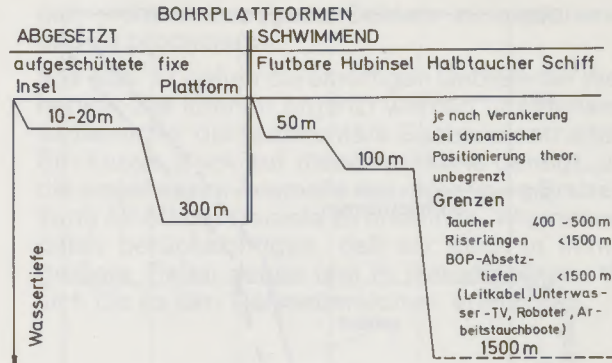


Abb. 11

Einsatzbereiche von Bohrplattformen (1978)

Dieser technologische Sprung im Offshorebereich fällt mit der Preiserhöhung des Erdöls 1973 zusammen. Höhere Preise erlauben kostenaufwendigere Verfahren. Hat man bisher fast vornehmlich die Wassertiefe durch auf dem Meeresboden abgesetzte Plattformen zu überwinden versucht, so werden größere Wassertiefen nur noch mit Hilfe schwimmender Plattformen beherrscht (Abb. 10). In Abb. 11 ist die Grenze von Halbtauchern und Schiffen als Bohrplattformen bei ca. 1500 m angegeben. Diese Grenzen ergeben sich differenziert nach den vorgesehenen Technologien z. B. beim Einsatz von Tauchern bei rund 500 m und beim Einsatz von Tauchbooten in Anbetracht der notwendigen Rohrleitungen bis zur Wasseroberfläche (Riser) und den Absperrorganen der Bohrungen auf dem Meeresboden bei maximal 1500 m. Diese Grenze ist aber durchaus im Fluß und wird sicher in wenigen Jahren bereits

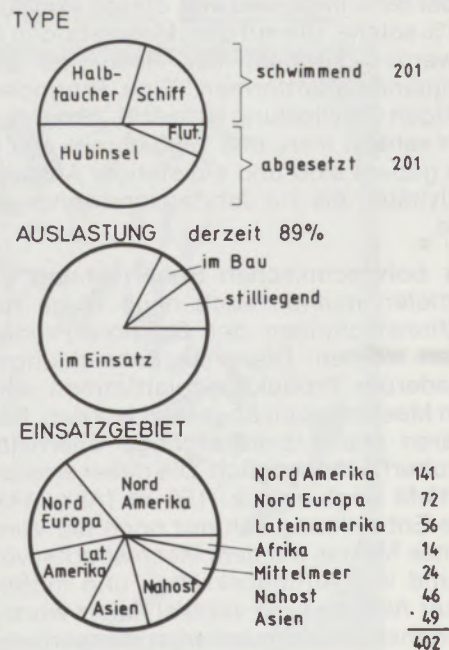


Abb. 12

Offshore-Bohrplattformen 78
Quelle: Int. Petr. Encycl. 78

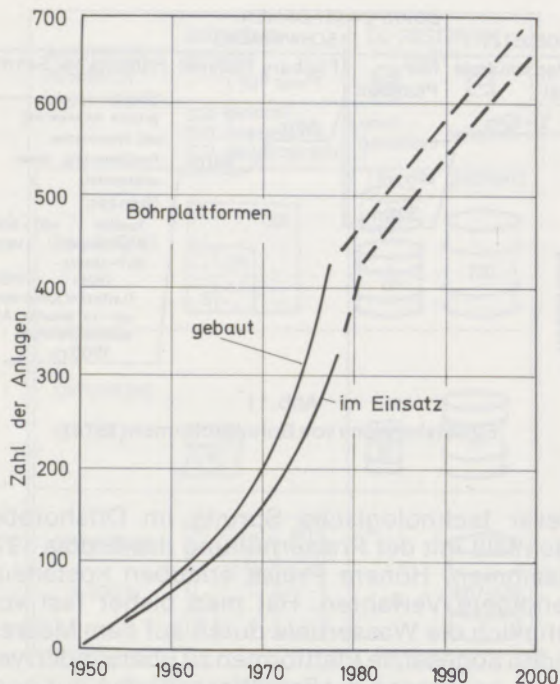


Abb. 13

Bau und Einsatz von Bohrplattformen
Quelle: OGJ, August 77

überschritten werden. Damit wird die Technologie der Erdölgewinnung in noch tiefere Wasserebenen vorstoßen und wiederum noch mehr Reservemöglichkeiten erschließen.

Aus der Abb. 12 gehen die Offshorebohrplattformen in ihrer weltweiten Verteilung und in ihren Konstruktionseigenarten hervor. Insgesamt sind 402 Plattformen gebaut worden, deren Auslastung bei 89% liegt, und von diesen Plattformen sind 50% solche, die auf dem Meeresboden abgesetzt werden können; der Rest sind bereits schwimmende Plattformen. Eine Prognose der zukünftigen Entwicklung ist in Abb. 13 dargestellt. Danach schätzt man, daß 1980 bereits 500 Plattformen gebaut sind und ein stetiger Anstieg dieser Aktivitäten bis zur Jahrtausendwende anhalten wird.

Mit der bohrtechnischen Beherrschung großer Wassertiefen mußten auch neue Wege für die Produktionstechniken der Offshore-Produktion gefunden werden. Die erste Entwicklungsstufe sah wiederum Produktionsplattformen vor, die auf dem Meeresboden abgesetzt wurden. Bei diesen waren alle Arbeitsvorgänge oberhalb der Wasseroberfläche möglich. Die dabei erreichbare Wassertiefe liegt bei ca. 150 m (Abb. 14). Die nächste Entwicklung sah nur noch die Verankerung eines Mastes auf dem Meeresboden vor, der auf Grund von Auftriebskräften und mittels zusätzlicher Abspannung vertikal fixiert wurde. Mit diesen Konstruktionen hat man Wassertiefen bis 300 m erreicht und wird diese in Zukunft überschreiten. Die soeben aus dem Erprobungsstadium hervorgegangene Weiterentwicklung

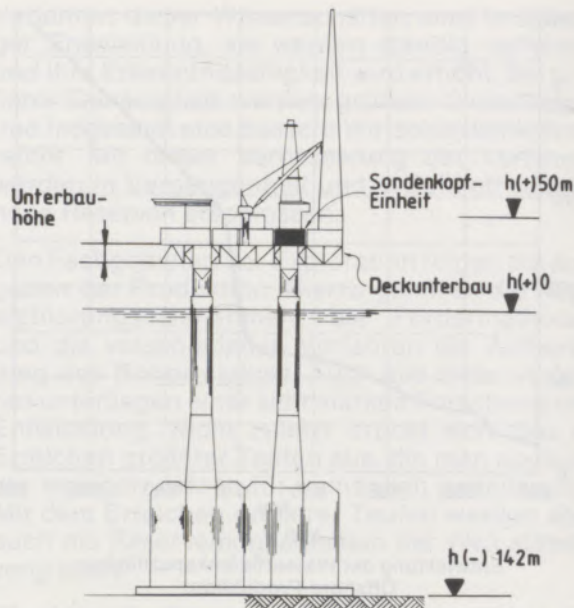


Abb. 14

Aufbau der Brent-C-Plattform

verfolgt das Ziel der Unterwasserkompletterung (Abb. 15). Bei dieser werden die einzelnen Sonden nicht mehr mit ihren Rohrleitungen direkt bis über die Wasseroberfläche geführt, sondern mit allen notwendigen Sondenmanipulationseinrichtungen auf dem Meeresboden installiert. Von dort führen die Produktionsleitungen sodann zu einer schwimmenden Plattform, von wo aus die Fördermengen zur Ölverladung mittels Schiffen oder zur Weiterleitung mittels Pipelines gespeichert, entgast und aufbereitet werden können. Aus Abb. 16 geht hervor, daß auf Grund dieser Technik, die, wie gesagt, das Erprobungsstadium hinter sich gebracht hat, in Zukunft Wassertiefen zur Produktion von Erdöl und Erdgas bis wieder mindestens 1500 m nach dem derzeitigen Stand erreicht werden können. Auch diese Wassertiefe stellt jedoch

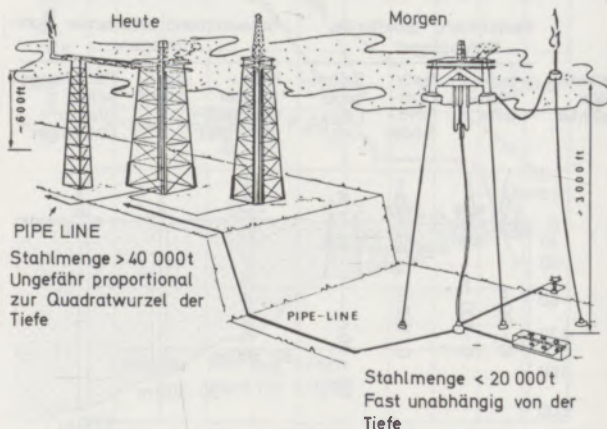


Abb. 15

Künftige Entwicklung von Offshore-Fördersystemen mit zunehmender Wassertiefe (Pipeline-Transport)
Quelle: Comtet, IIASA und Unitar 1976

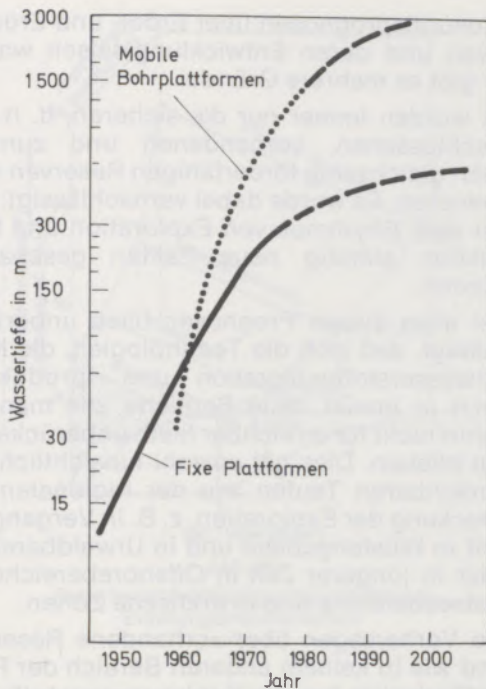


Abb. 16

Bohrtechnisch beherrschbare Wassertiefen
Quelle: OGJ, August 77

keine endgültige Aussage dar. Es wird prognostiziert, daß Mitte der achtziger Jahre auch diese Grenze bereits überschritten werden wird. Wir brauchen uns also auch wegen zukünftiger noch zu erschließender Gebiete keine Sorgen zu machen. Die Technologien sind bereits vorhanden, völlig neue und in die bisherigen Berechnun-

gen nicht einbezogene Gebiete zu explorieren und zu produzieren.

Aus Abb. 17 gehen die ölhöffigen Gebiete der Welt hervor. Sie können ergänzt werden um Tiefwasserbereiche, die sedimentäre Gesteine enthalten. Ein kurzer Blick auf diese Weltkarte genügt, um die ungeheuren Ausmaße der regionalen Erstreckung ölhöffiger Gebiete zu erkennen. Wir müssen dabei berücksichtigen, daß wir auch in immer größere Tiefen gehen und in Wassergebiete, die sich bis zu den Tiefseebereichen erstrecken.

Lagerstättenphysik

Wurden bisher die Technologien der Kohlenwasserstoffgewinnung beschrieben, die man heute als konventionell und allgemein bekannt hinstellen darf, so hat sich in den letzten Jahren eine Entwicklung angebahnt, die völlig neue Wege beschreitet, um nach grundsätzlich anderen Methoden der Welt zusätzliche Kohlenwasserstoffreserven zu erschließen. Dies sind die Methoden der Lagerstättenphysik, eines Fachgebietes, das dem Nichtfachmann noch gänzlich unbekannt ist, dessen Bedeutung auch heute noch nicht in vollem Umfang erkannt wird und das sich gänzlich anderer als der bisherigen Methoden bedient. Die Montanuniversität Leoben hat dieser Entwicklung Rechnung getragen und ein eigenes lagerstättenphysikalisches Institut bereits vor zehn Jahren beantragt und 1977 mit einem Ordinarius besetzt.

Aus der Abb. 18 gehen die Hauptarbeitsgebiete zur Gewinnung flüssiger und gasförmiger Roh-

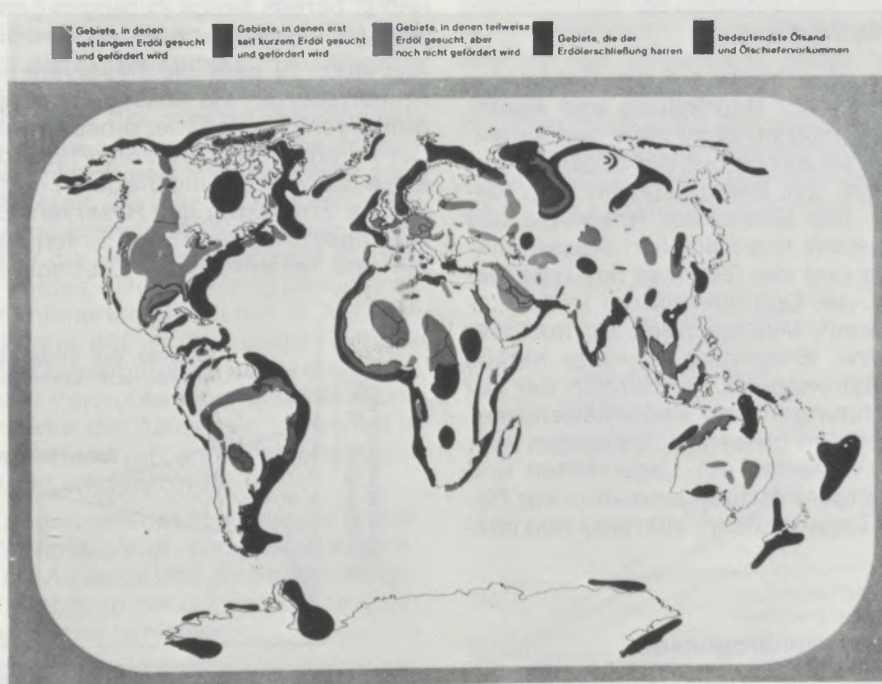


Abb. 17

Die ölhöffigen Gebiete der Welt
Quelle: Esso 1978

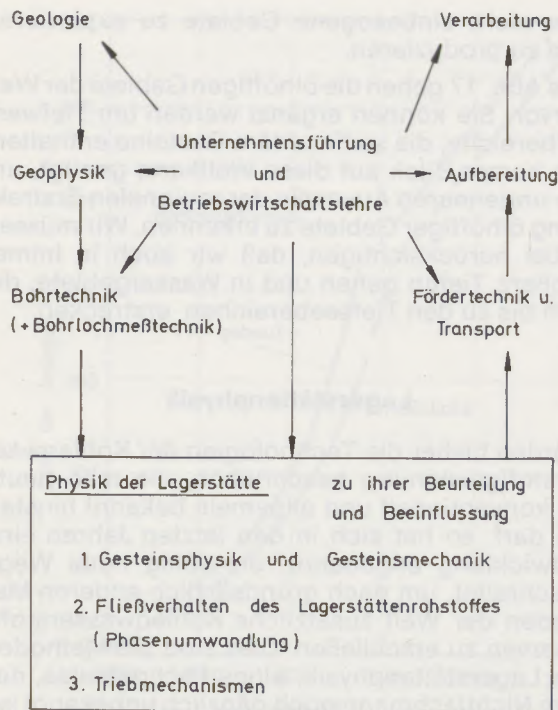


Abb. 18

Aufgabenbereiche der Gewinnung flüssiger und gasförmiger Rohstoffe aus Bohrlöchern

stoffe aus Bohrlöchern, also insbesondere der Kohlenwasserstoffe, hervor. Die großen einzelnen Fachgebiete Geologie, Geophysik, Bohrtechnik, Fördertechnik, Aufbereitung und Verarbeitung wurden bereits erwähnt. Alle diese Gebiete werden durch die Techniken moderner Unternehmensführung und den Gesetzen der Betriebswirtschaftslehre unterworfen.

Sie alle können aber heute auf das Gebiet der Lagerstättenphysik zur Beurteilung und Beeinflussung der Lagerstätten nicht mehr verzichten. Im einzelnen umfaßt das Gebiet der Lagerstättenphysik das Gebiet der Gesteinsphysik und Gesteinsmechanik, das Gebiet der Rheologie des Lagerstättenrohstoffes einschließlich dessen Phasenumwandlung und des Gebietes der Triebmechanismen bzw. der Optimierung der in der Lagerstätte wirksamen Mechanismen zur maximalen Entölung bzw. Entgasung. Darüber hinaus fällt der Lagerstättenphysik der Bereich der Lagerstättenberechnungen und Lagerstättensimulationen zu. Sie liefert bessere Vorhersagen über das zukünftige Verhalten der Lagerstätten und damit eine günstigere Ausgangsposition zur Beeinflussung der Lagerstätte im Interesse maximaler Ausbeute.

Reservenprognosen

Wer die Entwicklung der letzten fünfzig Jahre in der Erdölindustrie mitverfolgt hat, hat sich daran gewöhnen müssen, daß immer und zu allen Zeiten

alle Zukunftsprognosen über Erdöl- und Erdgasreserven und deren Entwicklung falsch waren. Dafür gibt es mehrere Gründe:

1. Es wurden immer nur die sicheren, d. h. die erschlossenen, vorhandenen und zumeist auch gleichzeitig förderfähigen Reserven ausgewiesen. Es wurde dabei vernachlässigt, daß mit dem Rhythmus von Exploration und Produktion ständig neue Fakten geschaffen werden.
2. Bei allen diesen Prognosen blieb unberücksichtigt, daß sich die Technologien, die Kohlenwasserstoffexploration und -produktion auch in immer neue Bereiche, die man bis dahin nicht für erreichbar hielt, unberücksichtigt blieben. Dies gilt sowohl hinsichtlich der erreichbaren Teufen wie der regionalen Erstreckung der Exploration, z. B. in Vergangenheit in Wüstengebiete und in Urwaldbereiche oder in jüngerer Zeit in Offshorebereiche, in Tiefseebereiche und in arktische Zonen.
3. Die Vorhersagen über vorhandene Reserven sind wie in keinem anderen Bereich der Rohstoffindustrie bei der Kohlenwasserstoffindustrie außerordentlich schwierig. Selbst bei gefundenen Lagerstätten ist die Aussage über die dort gespeicherte Menge exakt erst bei Aufgabe des Feldes möglich.
4. Bei allen Vorhersagen blieben in Vergangenheit die sekundären und tertiären Entölungsmethoden unberücksichtigt. Es ist auch in Zukunft zu erwarten, daß hierüber nur sehr zögernde und sehr vorsichtige, d. h. unterbewertende Aussagen gemacht werden.

Während aus der vorgenannten Aufzählung zu 1. und 2. bereits einige Aussagen gemacht wurden, sei zu 3. und 4. hier noch einiges ergänzt.

Aus Abb. 19 geht die Reservenentwicklung der Primärreserven als Aussage zum jeweiligen Zeitpunkt der Lebensdauer eines Erdölfeldes hervor. Der Fundbohrung folgt die Phase des Abbohrens eines Erdölfeldes und die damit mögliche volumetrische Ermittlung der Reserven. Erst nach vollständigem Abbohren und Erkennen der regionalen und teufenmäßigen Erstreckung der Lager-

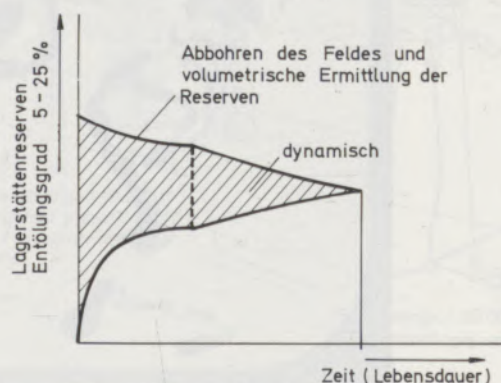


Abb. 19

Reservenentwicklung primär (Erschließungszustand und Förderverhalten)

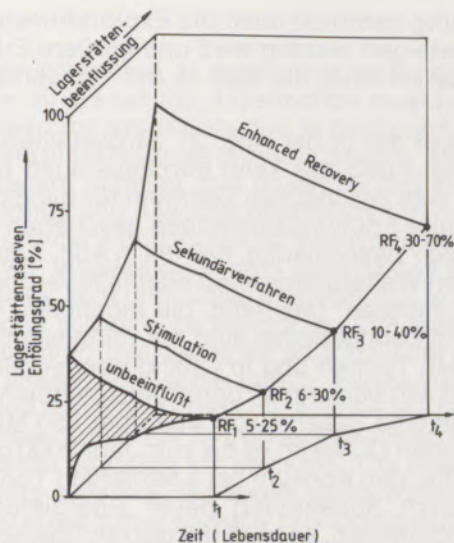


Abb. 20
Reservenenwicklung unter möglichen Entöhlungsmechanismen (Lorbach)

stätte ist die bei Auffinden der Lagerstätte maximale Schwankungsbreite der Aussagengenauigkeit auf etwa die Hälfte der Streubreite eingeeengt. Mit Einsetzen der Förderung können erstmals dynamische Berechnungsmethoden (Material-Bilanz-Berechnungen) zusätzlich zu Hilfe genommen werden. Nur durch ihre Aussagen wird der jeweilige Entöhlungsmechanismus der Lagerstätte mitberücksichtigt. Da sich dieser je nach Änderung der physikalischen Einflußgrößen während der Produktion erst zu einem sehr späten Zeitpunkt stabilisiert, sind genauere Aussagen als letztlich gültige Aussage erst kurz vor Aufgabe eines solchen Fördergebietes möglich. Bei diesem Wissen um die Entwicklung von Förderprovinzen oder Lagerstätten wird der seriöse Lagerstättenphysiker oder die seriöse Erdölgesellschaft niemals einen anderen Weg einschlagen können, als die zukünftigen Reserven sehr vorsichtig zu kalkulieren. Zu jedem Zeitpunkt während der Förderung eines Erdölfeldes bewegt sich die Aussage über die Reserven während der Lebensdauer des Feldes, also jeweils an der unteren Grenze des strichlinierten Bereiches in Abb. 19. Es ergibt sich daraus, daß jedes einzelne Feld und alle Felder in ihrer Gesamtheit zu jedem einzelnen Zeitpunkt mit aller Vorsicht zu beurteilen sind und daher eine Korrektur der Aussagen, bevorzugt in Richtung größerer Reserven, erst zu einem jeweils späteren Zeitpunkt erfolgen muß.

Diese Betrachtungsweise hat aber nur die primären Reserven berücksichtigt. Wesentlich komplizierter werden die Aussage und die Berechnungsmethode unter Einbezug der sekundären und der tertiären Entöhlungsmechanismen.

In Abb. 20 wird im dreidimensionalen Koordinatensystem zunächst die Ermittlung der Primärreserven als Funktion der Zeit wie in Abb. 19 nochmals dargestellt. Dabei wurde eine Endaus-

beute (RF = Recovery Factor) im Bereich von 5 bis 25% bei Förderbeginn angenommen. Dieser Ausbeutefaktor kann, wie die Abb. 20 veranschaulicht, durch Stimulationen, Sekundärverfahren und Enhanced Recovery-Methoden für die gleiche Lagerstätte auf einen Bereich von 30 bis 70% gesteigert werden. Dadurch wird die zunächst als sichere Primärreservenangabe ausgewiesene prozentuelle Entölung von nur wenigen Prozent um ein Vielfaches angehoben. Im allgemeinen wird mit dieser Ausbeutesteigerung auch die Lebensdauer eines jeden Erdölfeldes oder jene der Erdölfelder in ihrer Gesamtheit wesentlich vergrößert oder die Entnahmerate des Feldes gesteigert und damit die Lagerstättenproduktion angehoben werden können. Es ist aber leicht einzusehen, daß man wie bei der Angabe über die Primärreserven erst recht für die Angabe über Reserven auf Grund der aufgezählten Maßnahmen eine große Zahl von stabilisierten Angaben benötigt, die man erst zu einem noch viel späteren Zeitpunkt erhalten kann, als das bei Abschätzung der Primärreserven möglich war.

Das Ergebnis all dieser Überlegungen versucht Abb. 21 zusammenzufassen.

Hierbei ist auf der Abszisse der Zeitraum von 1977 bis zum Jahr 2000 aufgetragen. Die durchgezogene Linie mit der Bezeichnung Nettoreserven ist die prognostizierte Reservenermittlung auf der Basis der 1977 vorhandenen sicheren Reserven in Höhe von 88 Milliarden Tonnen. Die Zeit bis zum Jahr 2000 wird als der Zeitraum angesehen, der für die Einführung aller Maßnahmen zu neuen Entölungsmethoden vorgesehen wird. Natürlich kann sich dieser Zeitraum auch über das Jahr 2000 auf Grund der sich entwickelnden Preis-Kosten-Relation hinausziehen, wenn z. B. bei langsamem Preisanstieg des Erdöls relativ teure Kosten für die Einführung dieser Verfahren eine Verzögerung bedingen.

Bei einer Steigerung der Ausbeute von 25 auf 50% bedeutet dies ein Anwachsen der sicheren Reserven auf das Doppelte (strichlinierte Linie). Unterstellt man im gleichen Zeitraum einen Reserven-

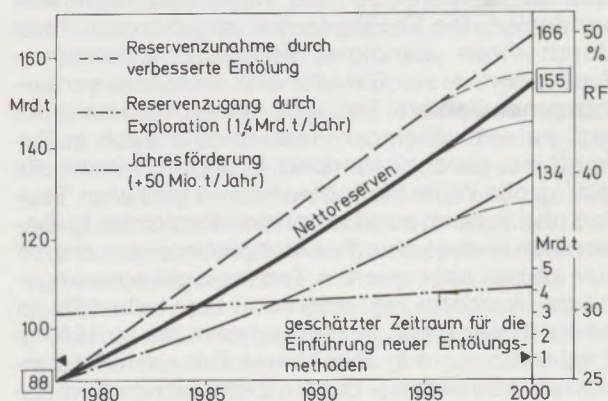


Abb. 21
Prognostizierte Entwicklung von Reserven und Förderung (Lorbach)

zugang durch die fortwährende Exploration von nur 1,4 Milliarden Tonnen/Jahr (strichpunktierte Linie) und nimmt im betrachteten Zeitraum eine Verbrauchssteigerung von jährlich 50 Millionen Tonnen an (strichdoppelpunktierte Linie), so ergibt sich aus diesen Angaben die Entwicklung der sicheren Nettoreserven im betrachteten Zeitraum von 1977 mit 88 Milliarden Tonnen auf 155 Milliarden Tonnen im Jahr 2000. Zu dem Zeitpunkt ist dann der angenommene Verbrauch auf wenig mehr als 4 Milliarden Tonnen angestiegen.

Mit dieser Darstellung soll deutlich gemacht werden, daß bei sehr vorsichtiger Einschätzung der zukünftigen Entwicklung die Nettoreserven keineswegs bis zum Jahr 2000 einem Nullwert entgegensteuern, sondern, daß bei der zu erwartenden Preissteigerung des Erdöls immer mehr zusätzliche Möglichkeiten zur Verfügung stehen, die eine Steigerung der Ausbeute des Lagerstätteninhaltes ermöglichen. Hierbei ist noch nicht berücksichtigt worden, daß bei einer solchen Preis-

steigerung natürlich auch die Explorationsintensität gesteigert werden wird und größere Erfolge zu erwarten sind, als dies in der Annahme geschah.

Folgt man der in der Abb. 21 dargestellten Entwicklung – und das kann durchaus auch unabhängig vom geschätzten Zeitraum für die Einführung neuer Entölungsmethoden geschehen –, so ergibt sich zwangsläufig, daß die in Abb. 7 ausgewiesenen Welterdölreserven ebenfalls verdoppelt werden müssen. Das heißt, die möglichen Ölreserven in Landgebieten sind mit mindestens 200 Milliarden Tonnen und in Offshorebereichen mit mehr als 440 Milliarden Tonnen anzunehmen. Das bedeutet eine Reserve von weit über 650 Milliarden Tonnen Öl. Wenn es bis zum Jahr 2000 gelingen sollte, den Konsum bei 4 Milliarden Tonnen/Jahr durch Substitution neuer Energieformen konstant zu halten, so wird die derzeit überschaubare Reservensituation für noch weit mehr als hundert Jahre erhalten werden können.

Zusammenfassung

Es wurde im einzelnen dargelegt, daß man bei den Erdölreserven und deren Verfügbarkeit unterscheiden muß zwischen der Verfügbarkeit, die im wesentlichen durch politische Maßnahmen in Frage gestellt werden kann, und den tatsächlich insgesamt erschließbaren Mengen an Kohlenwasserstoffen (Reserven). Es wurde darzulegen versucht, daß sowohl machtpolitische wie wirtschafts- und auch finanzpolitische Einflüsse keine kritische Weltsituation erwarten lassen. Die Welt verfügt und wird über weitere Generationen über so viel Öl verfügen, daß Schwierigkeiten in der Versorgung durch politische Maßnahmen nur von kurzer Dauer sein werden. Der Autor ist der Auffassung, daß die Schärfe der politischen Waffe Erdöl bereits nachzulassen beginnt. – Im weiteren wird dargelegt, daß die Welterdölreserven weder gegenwärtig noch in den nächsten hundert Jahren eine ernstlich kritische Situation für die Menschheit erwarten lassen. Die derzeitigen Förderpotentiale liegen über dem Weltkonsum, viele Gebiete werden noch gar nicht bzw. nicht voll produziert. Die Erdölindustrie ist gekennzeichnet durch einen ständigen Gleichschritt zwischen Aufsuchen neuer Gebiete und Produzieren vorhandener Gebiete. Das wird mit der vorhandenen und zu entwickelnden Technologie auch in Zukunft zu gleichbleibenden Erfolgen führen. Es gibt große Aufschlußpotentiale in größeren Teufen und in noch nicht erbohrten Regionen. Insbesondere sind es hier die Offshorebereiche, die mit der bereits entwickelten Technologie eine ungeheure Ausdehnung erfahren. Die Industrie ist heute in der Lage, in Wassertiefen bis zu 1500 m Exploration und in absehbarer Zeit auch Produktion zu betreiben. – Die Entölungsstrategien haben in den letzten zehn Jahren unvorhersehbare Erfolge gezeitigt. In den meisten Lagerstätten ist man heute in der Lage, eine Ausbeutesteigerung

durch zusätzliche Entölungsverfahren zu erreichen. Die derzeit in der Welt ausgewiesenen sicheren Reserven beziehen sich auf eine Entölung der Lagerstätten von nur 25%. Es ist leicht vorhersehbar, daß insbesondere bei steigenden Erdölpreisen die Ausbeute auf mehr als 50% gesteigert werden kann. Es wird in einer Schlußbetrachtung nachgewiesen, daß unter diesen Aspekten bis zum Jahr 2000 die Welterdölreserven sich nicht einem Nullpunkt zuwenden, wie das vom Club of Rome prognostiziert wurde, sondern bei der derzeitigen Reservenzugangssituation und der derzeitigen Steigerung des Weltverbrauchs sich die Nettoreserven von 1977 mit 88 Milliarden Tonnen auf 155 Milliarden Tonnen im Jahr 2000 steigern lassen. Bei Anwendung dieser Erkenntnisse auf die eingangs ausgewiesenen Weltreserven, die als durchaus möglich zu bezeichnen sind, ergibt sich für die Versorgung der Welt eine Erdölreserve von mehr als 440 Milliarden Tonnen oder bei einer Konsumsteigerung von derzeit 3 Milliarden Tonnen auf 4 Milliarden Tonnen im Jahr 2000 und anschließender Konstanthaltung dieses Konsums eine Versorgung der Welt, die auf mehr als hundert Jahre bereits heute als gesichert angesehen werden kann.

Wer in geschichtlichen Zeiträumen zu denken gewohnt ist, der mag diesen Zeitraum als kurz bezeichnen. Wer die Geschwindigkeit technischer Entwicklungen richtig einzuschätzen gelernt hat, wird erkennen, daß wir wegen der Versorgung mit Kohlenwasserstoffen nicht in Panik zu geraten brauchen. Es gilt aber, alle Forschungskapazitäten und finanziellen Mittel auf dem Gebiet der Kohlenwasserstoffe zu mobilisieren, um die hier aufgezeigten Möglichkeiten Tatsachen werden zu lassen.

Summary

It was presented in detail, that when discussing crude oil availability, a distinction must be drawn between the availability due to political decisions and the finite reserves of hydrocarbons. It was tried to present in detail, that power politics as well as economic and financial politics should not result in a critical world situation. The world possesses and will possess over many generations so much crude oil, that difficulties of supply due to political reasons will only be temporary. The author is of the opinion that crude oil as a political weapon has already lost some punch. Furthermore, it is argued that world crude oil reserves will neither in the near future nor in the next 100 years result in a critical situation for mankind. The present day delivery potential lies above world consumption, many areas either partially producing or not at all. The crude oil industry is renowned for maintaining a balance between the search for new areas and production from known resources. This will apply for the future with equal results using known and developing technology. There is a great potential in greater ocean depth and unexplored regions. The offshore areas especially are an expansion area with technology already available. The industry is in a position today to explore in water depth of up to 1,500 m and will shortly be able to commence production from these areas. Crude oil recovery has improved

tremendously over the last 10 years. In most oil fields it is possible to increase production due to improved recovery. Today's proved world oil reserves are based on a recovery factor of 25%. It is easily visualized, that an increase in the price of oil will raise this recovery factor to 50%. It is finally proven that due to these aspects the crude oil reserves will not be zero in the year 2000, as predicted by the Club of Rome, but will, due to the present day known reserves and an increase in world consumption rise, from proved reserves in 1977 of 88 billion tons to 155 billion tons in the year 2000. Using this reasoning for those reserves which may be designated as possible reserves, a world reserve of 440 billion tons is available, or by an increase in consumption from today's 3 billion tons to 4 billion tons in the year 2000, and consequent constant consumption, the world can be assured of supplies for 100 years.

Those who are used to think in historical terms, may describe this as a short time. Those who have learnt to appreciate the speed of technical development will recognize that we should not panic over the supply of hydrocarbons. It is necessary to mobilize all research capacities and financial means in the field of hydrocarbons to transfer these possibilities into fact.

Résumé

On a exposé comment il fallait distinguer, en parlant des réserves de pétrole et de leur disponibilité, entre la disponibilité pouvant être principalement mise en cause par suite de mesures politiques et les quantités totales pouvant être mises à jour (réserves). On a tenté de démontrer qu'aussi bien les facteurs de puissance politique que de politique économique et financière ne font pas prévoir une situation mondiale critique. Le monde dispose et disposera pendant les générations suivantes d'une quantité de pétrole telle que des difficultés d'approvisionnement résultant de mesures politiques ne seront que de courte durée. L'auteur pense que la puissance du pétrole en tant qu'arme politique commence déjà à s'évaporer. Ensuite, on démontre que les réserves mondiales de pétrole ne laissent prévoir, ni maintenant ni au cours des 100 prochaines années de situation critique pour l'humanité. Les potentiels d'approvisionnement actuels sont supérieurs à la consommation mondiale, et de nombreux gisements ne sont pas encore ou très peu exploités. L'industrie pétrolière est caractérisée par une progression constante et équilibrée entre la recherche de nouveaux gisements et l'exploitation de ceux déjà découverts. Compte tenu des procédés technologiques connus et de ceux qui seront développés

à l'avenir, on obtiendra dans ce domaine des résultats tout aussi efficaces. De grandes possibilités de recherche existent aux grandes profondeurs et dans des régions non encore prospectées. Il s'agit notamment des zones de bord de mer, qui prennent une importance énorme avec des moyens technologiques déjà bien mis au point. L'industrie est à l'heure actuelle en mesure d'assurer l'exploration et dans peu de temps aussi l'exploitation jusqu'à 1500 m de profondeur. Les méthodes d'extraction du pétrole ont accompli au cours des 10 dernières années des progrès insoupçonnables. Dans la plupart des gisements on peut aujourd'hui accroître le rendement grâce à des moyens d'extraction complémentaires. Les réserves sûres estimées à l'époque ne se rapportent qu'à une extraction limitée à 25% du pétrole des gisements. On peut facilement imaginer, surtout du fait de l'augmentation des prix du pétrole, que le rendement pourra être porté jusqu'à plus de 50%. On peut donc conclure, si on envisage le problème sous ces aspects, que d'ici l'an 2000 les réserves de pétrole ne tendront pas vers zéro, selon le pronostic du Club de Rome, mais que dans la situation actuelle d'accessibilité des réserves et d'accroissement de la consommation mondiale, les réserves nettes estimées en 1977

à 88 milliards de tonnes s'élèveront en l'an 2000 à 155 milliards de tonnes. En appliquant ces estimations aux réserves mondiales déjà assurées, pouvant être considérées comme tout-à-fait possibles, on aboutit à une réserve de pétrole de plus de 440 milliards de tonnes pour satisfaire les besoins mondiaux. Autrement dit, si la consommation actuelle de 3 milliards de tonnes s'élève à 4 milliards de tonnes en l'an 2000 et reste ensuite constante, on peut considérer que l'approvisionnement est dès maintenant assuré dans le monde pour plus de 100 ans.

Celui qui est habitué à penser en périodes historiques, peut bien considérer qu'il s'agit d'une courte période. Celui qui apprécie à sa juste valeur la vitesse des développements techniques, reconnaîtra que nous n'avons pas besoin d'être pris de panique à cause de l'approvisionnement en hydrocarbures. Mais il faut mobiliser toutes les capacités de recherche et tous les moyens financiers appartenant au domaine des hydrocarbures pour que les possibilités dont on a donné un aperçu puissent prendre corps.