



JEREMY B. BENTHAM

Wasserstoff statt Öl: Noch 50 Jahre reichen die Ölreserven. Erstaunlich ist, mit welcher Selbstverständlichkeit die Welt diese Ressourcen aufbraucht, die dann nicht mehr zu generieren sind. Shell sucht Wege aus dieser Abhängigkeit. Wasserstoff scheint die Lösung zu sein. Doch für eine Umstellung braucht es gigantische Neuinvestitionen. Jeremy B. Bentham, CEO von Shell Hydrogen mit Sitz in Amsterdam, sagt "persönlich", wie es gehen könnte.

Interview: **Oliver Prange** Fotos: **Marc Wetli**

“**Ein Grossteil des Öls geht auf dem Weg verloren. Warum?**

“Ja, vom Ölfeld bis zum Autotank gehen 84 Prozent der Energie verloren. Wenn man das ganze Energiesystem eines Landes nimmt, so kann man sagen, dass rund 60 Prozent der Energie, die ursprünglich im Rohstoff vorhanden war, verloren geht.

Wenn Sie schon mal auf einem Ölfeld waren, dann wissen Sie, dass dieser Rohstoff schwarz, zähflüssig und übelriechend ist und dass dieser Stoff zunächst raffiniert werden muss. Ein gewisser Anteil der Energie geht bereits bei der Refinement des Öls verloren. Die Energie schliesslich, die

man im Tank eines normalen benzinbetriebenen Autos gespeichert hat, geht nur zu 16 Prozent in Kraft über, die das Fahrzeug bewegt. Viel von der ursprünglichen Energie wird bei der Verbrennung vergeudet und geht in Form von Hitze verloren. Beim Beschleunigen und anschliessenden Abbremsen, beim 'stopp and go' also, geht ebenfalls viel Energie verloren. Aus diesem Grund werden neue Technologien im Motorenbau ausprobiert, wie etwa beim Hybrid-Motor, bei dem ein Teil der abgegebenen Energien wieder verwendet und einem Elektromotor zugeführt wird.”

Wann gehen unsere Ölressourcen zu Ende?

“Noch bestehen grosse Ressourcen an fossilen Brennstoffen. Beim jetzigen Verbrauch an

Kohle zum Beispiel dürften die bekannten Kohlevorräte noch für rund 200 Jahre reichen. Beim Öl reden wir von rund 50 Jahren. Diese traditionellen Brennstoffe werden im Energie-Mix der Zukunft weiterhin wichtig bleiben. Doch der Druck, wirtschaftlichere Energiesysteme zu entwickeln, wird in den nächsten Jahren bestimmt zunehmen. Insbesondere in unterentwickelten Ländern wird dieser Druck immer grösser. Die Armen können sich keine teuren Brennstoffe und Energien leisten, wobei gerade sie darauf angewiesen sind, wenn sie die wirtschaftliche Entwicklung in ihren Ländern ankurbeln wollen. Wir rechnen

damit, dass diese Länder zwei- bis dreimal so viel Energie wie heute zur wirtschaftlichen Entwicklung brauchen werden. Gleichzeitig besteht ein Druck darin, in Zukunft sauberere Energie zu produzieren.”

Welche Bedeutung haben die neuen Märkte in Asien in Bezug auf die Gewinnung von Rohstoffen und den Verbrauch von Energie?

“Die wirtschaftliche Entwicklung in Ländern wie China und Indien hat einen gewaltigen Einfluss auf den weltweit bestehenden Energie-Mix. Das durchschnittliche Pro-Kopf-Einkommen liegt in diesen Ländern unter 5000 Dollar. In den nächsten 50 Jahren soll dieses Einkommen – so das Bestreben – um ein

Mehrfaches wachsen. Parallel dazu wird natürlich der Bedarf an Energie zunehmen. Schon jetzt besteht in China ein zunehmender Bedarf an Öl, und dies wird in anderen Ländern in Zukunft gleich sein. Die Regierungen dieser Länder machen sich aber nicht nur Gedanken über die steigende Nachfrage nach Energie, sondern auch über sauberere Energie. China und Indien sind zum Beispiel der internationalen Interessensgemeinschaft für Wasserstoff-Energie beigetreten, um die Entwicklung auf diesem Gebiet zu verfolgen.”

Dies erstaunt, wenn man hört, dass zum Beispiel China 15 Atomkraftwerke im Bau hat und alle zwei Wochen eine Kohlmine ihren Betrieb aufnimmt?

“Kohle ist Chinas Fundament in der Energiegewinnung. Aber wir dürfen nicht vergessen, dass mit Kohle kein Auto angetrieben werden kann. Es gibt zwar technische Versuche, Kohle in Flüssigkeit umzuwandeln, mit der schliesslich Fahrzeuge angetrieben werden können. Wir sind bei der Entwicklung dieser Technologie dabei, aber das wird eine Nischentechnologie bleiben. Um Autos auf die Strasse zu bringen, wird man auch in China vorderhand auf Öl angewiesen sein.”

In Ihren Szenarien werden erneuerbare Energien in Zukunft weit wichtiger werden als etwa Atomkraftwerke. Warum dies?

“Bis im Jahre 2020 oder 2025 werden wir gut ausgebaute Gas-Infrastrukturen haben und wissen, wie viel Gas-Ressourcen weltweit bestehen. Bis dann werden wir auch bei den

“Wasserstoff wird nicht alle Probleme lösen, aber einen grossen Teil davon.”

“Die Ölvorräte werden noch für rund 50 Jahre reichen.”



erneuerbaren Energien grosse Fortschritte gemacht haben – zum Beispiel in der Biogastechnologie, der Wind- oder Solarenergiegewinnung. Wie Sie wissen, hat die Atomenergiegewinnung nicht wenige Gegner und bis in 15 oder 20 Jahren wird man sich für erneuerbare Energien oder die Atomenergie entscheiden müssen. In diesem Zusammenhang haben wir ein Szenario entwickelt, das erneuerbare Energien als zukunftssträchtiger zeigt. Voraussetzung dafür ist, dass keine politischen Umschwünge und keine neuen technischen Entwicklungen geschehen, welche das Pendel in die andere Richtung ausschlagen lassen.“

“Bis ins Jahr 2010 oder 2012 werden wasserstoffbetriebene Fahrzeuge serienmässig gebaut.”

zenten und die Automobil-Lobby gar keine Änderung des Ist-Zustandes anstreben. Wie stellen Sie sich dazu?

“Ich kann nur für Shell sprechen. Wir haben Kunden, die Energie möchten und wir wollen diese Energie in attraktiven Angeboten bereitstellen. Wir glauben, dass unsere Kunden in Zukunft einen Mix aus verschiedenen Energien verlangen werden. Einerseits

werden dies die traditionellen Brennstoffe sein, die allerdings zunehmend sauberer sein müssen. Darum investieren wir viel in die Entwicklung von saubererem Benzin und Diesel. Andererseits forschen wir im Bereich Biogas- und Wasserstofftechnologie. Wir glauben, dass insbesondere die letzt genannte Technologie

für den Kunden der Zukunft von grossem Interesse sein wird. Dies wird – wie bereits erwähnt – in 15 oder 20 Jahren der Fall sein. Aber bereits jetzt sind wir in unserer Forschung diesbezüglich recht weit fortgeschritten. Dasselbe gilt – so denke ich – auch für unsere Partner im Bau von Automobilen.“

Ich habe gelesen, dass man den weltweiten Ölverbrauch bereits heute um 30 Prozent reduzieren könnte, wenn man alle neuen Technologien zusammenlegen würde. Stimmt das?

“Diese Zahl wird in etwa stimmen. Wir haben bei Shell einige Erfahrung im Zusammenhang mit Abläufen, bei denen viel Energie wie etwa bei unseren Raffinerien verwendet wird. Wir nützen dieses Know-how und geben es in Form unserer Produkte den Konsumenten weiter. Aus verbesserten Technologien können wir den Energieverbrauch tatsächlich um 10 Prozent bis 30 Prozent senken.“

Welches sind die unsicheren Faktoren bei der Wasserstofftechnologie?

“Nehmen wir als Beispiel die Lebensdauer der Brennstoffzellen, die einige tausend Stunden betragen muss. Bei den Zellwänden und Membranen ist man zwar weit fortgeschritten, aber noch nicht dort, wo man sein möchte. Ein weiteres Problem besteht in der Speicherung des Wasserstoffs an Bord der Fahrzeuge. Wir sind bereits fähig, dies zu tun, aber wir brauchen günstigere Tanks. Ansonsten wird das Fahrzeug zu teuer. Es gibt eine Anzahl Probleme, die die Ingenieure noch zu lösen haben. Wir sehen, dass hier grosse Fortschritte gemacht werden. Wir glauben, dass bis ins Jahr 2010 oder 2012 wasserstoffbetriebene Fahrzeuge gebaut werden können. In Massen produziert, werden sie erschwinglich sein. Noch sind die einzelnen Komponenten recht teuer. Nur wenn in Massenproduktion investiert wird, kommen die Preise runter. Wir sprechen hier von Investitionen in Milliardenhöhe.“

Müsste dieses Geld nicht eher in den öffentlichen Verkehr investiert werden?

“Die Gesellschaft und die Politik muss diese Entscheidung treffen. Es mag in diesem Zusammenhang nicht erstaunen, dass die meisten unserer Wasserstoff-Prototypen und Demonstrationsobjekte Busse sind. Gerade in Europa laufen diesbezüglich Versuche, die von einzelnen Regierungen und der EU-Kommission getragen werden. Der öffentliche Verkehr wird auch in Zukunft nur ein Teil des Bedürfnisses ausmachen. Die individuelle Mobilität wird genauso wichtig sein. Shell hat 20 Millionen Kunden, die sich an über 50 000

DIE SHELL-ENERGIE-SZENARIEN FÜR 2050

Szenarien sind keine Prognosen: Die Royal Dutch/Shell-Gruppe hat unter dem Titel "Energy Needs, Choices and Possibilities – Scenarios to 2050" neue Langfrist-Szenarien über die zukünftige Entwicklung des Weltenergiebedarfs veröffentlicht.

Die Öffentlichkeit erwartet, dass als Grundlage für Wirtschaftswachstum und Wohlstand ausreichend Energie zur Verfügung steht und dass diese auch bezahlbar bleibt. Zugleich erwartet sie ein hohes Mass an langfristiger Versorgungssicherheit. Diese Forderungen sind zudem mit dem Schutz der Umwelt und des Weltklimas in Einklang zu bringen; Themen, die vermutlich in den nächsten Jahrzehnten verstärkt in den Vordergrund treten werden.

Dynamics as Usual (Evolutionäre Entwicklung)

In diesem Szenario bestimmen Forderungen der Gesellschaft die Entwicklung der Energiesysteme. Die Ziele saubere, sichere und nachhaltige Energieversorgung werden zunächst im Wesentlichen durch konsequente Weiterentwicklung bekannter Technologien (zum Beispiel des Verbrennungsmotors) angegangen – aber mit einem noch höheren Tempo, als wir es im vorigen Jahrhundert erlebt haben. Die Reichweite des Erdöls wird durch Effizienzverbesserungen bei Förderung und Verbrauch verlängert, sodass Erdöl erst verhältnismässig spät (ab 2040) knapp wird. Dann ersetzen Biokraft- und Biobrennstoffe sukzessive die konventionellen Brennstoffe. Ermöglicht wird dies durch enorme Fortschritte und Durchbrüche in der Biotechnologie – zusammen mit der Entwicklung extrem Energie sparender Fahrzeuge.

The Spirit of the Coming Age (Revolutionäre Entwicklung)

In diesem Szenario führen die Präferenzen der Verbraucher, neue Technologien und Technologiesprünge zu neuen Wegen, die Energiefrage zu lösen. Die Energieversorgung wird fundamental verändert – und das charakterisiert den "Geist der neuen Zeit". Das Szenario ist im Wesentlichen technologiegetrieben. Es geht um eine Welt voller Experimente – durchaus auch mit Misserfolgen – die letztendlich zu einem System der Energieversorgung führen, das sich um die Brennstoffzelle dreht. Es ist aber auch die Geschichte raffinierter Speicherbehälter ("Fuel boxes"), die den Durchbruch der neuen Technologie erst ermöglichen.

Erdgas – Brücke in die Zukunft

Die Sorge um das Weltklima und Ängste, dass Erdöl, der wichtigste Energieträger der heutigen Zeit, knapp wird, sind treibende Kräfte für Veränderungen, die den Shell-Szenarien zu Grunde liegen. In beiden wird daher nach Lösungen gesucht, die fossile Ära zu verlängern; dementsprechend kommt verstärkt Erdgas ins Spiel. Dieser Wechsel von einem zum anderen endlichen fossilen Energieträger ist in beiden Szenarien jedoch lediglich eine Übergangslösung auf dem Weg zu einer nachhaltigen Energieversorgung. Allerdings spielt Erdgas in den nächsten zwanzig Jahren in jedem Szenario eine Schlüsselrolle. Im Fall "Dynamics as Usual" bildet Erdgas die Brücke zu regenerativen Energien, im Fall von "The Spirit of the Coming Age" ermöglicht es hingegen den Übergang zur Brennstoffzelle und Wasserstofftechnologie.

Die Integration regenerativer Energien

Erneuerbare Energien bestreiten heute nur rund ein Prozent des Primärenergiebedarfs. Fossile Brennstoffe haben weltweit einen Anteil von 85 Prozent. In Westeuropa, wo heute relativ viel Wasserkraft und Kernenergie genutzt wird, beträgt der Anteil 77 Prozent.

Auch wenn die erneuerbaren Energien in den nächsten 25 Jahren stark zulegen werden, kann in beiden Szenarien noch nicht von einem Durchbruch die Rede sein. Dennoch werden sie – sozusagen auf der Beschleunigungsspur – aufholen und zunehmend an Fahrt gewinnen.

Im darauf folgenden Vierteljahrhundert wird sich dieser Trend verstärken. Die nachhaltigen Energiequellen kommen erst dann wirklich auf der Hauptspur an und wechseln nach Ablauf einiger Zeit sogar auf die Überholspur. Die beiden Shell-Szenarien zeigen, dass der Anteil fossiler Brennstoffe bis 2050 weltweit auf gut 60 Prozent zurückgeht. Die Zusammensetzung der fossilen Energieträger fällt in jedem Szenario unterschiedlich aus. Der Anteil von Wasserkraft, Kernenergie und modernen erneuerbaren Energien wie Sonnenenergie, Windkraft und Biomasse liegt in 2050 bei 40 Prozent.

Zweigleisige Strategie

Die Szenarien kommen zu dem Ergebnis, dass der Anstieg des weltweiten Energieverbrauchs in den nächsten 30 Jahren nicht allein aus erneuerbaren Energiequellen befriedigt werden kann. Kohlenwasserstoffe müssen den Grossteil des zusätzlichen Bedarfs decken. Daher wird die Herausforderung darin bestehen, einerseits den modernen erneuerbaren Energiequellen einen

schnellen Start zu ermöglichen, andererseits aber auch das Angebot aus fossilen Quellen zu erhöhen – ohne Umwelt und Klima stärker zu belasten.

Die von vielen erträumte "neue Welt", in der fossile Brennstoffe eine immer unbedeutendere Rolle spielen, ist noch recht weit entfernt. Selbst wenn wir mehr als ein halbes Jahrhundert vorausschauen, werden die fossilen Brennstoffe weiterhin die dominante Energiequelle sein. Denn in dem Szenario "Dynamics as Usual", in dem erneuerbaren Energien ein schnelleres Wachstum beigemessen wird, decken fossile Energien im Jahr 2050 über 60 Prozent des Energieverbrauchs; die absoluten Verbrauchszahlen liegen dann jedoch höher als beim heutigen Marktanteil von 85 Prozent.

Fahren wir auf dem letzten Tropfen?

Das Ende der "Ära der fossilen Energien" ist schon häufig angekündigt worden, aber es ist noch immer nicht in Sicht. In der Zukunftsvorstellung von Shell wird Kohle in diesem Jahrhundert auf jeden Fall nicht knapp werden. Die Ölförderung wird möglicherweise um 2025 herum einen Spitzenwert von 125 Millionen Barrel pro Tag erreichen – gegenüber derzeit nicht ganz 80 Millionen Barrel. Da die Autos kontinuierlich sparsamer werden, kann sich dieses Maximum allerdings durchaus bis 2040 verschieben. Die Shell-Studie geht davon aus, dass ein strukturell höherer Ölpreis nicht vor 2020 zu erwarten ist. Die Grenzförderkosten konventionellen Erdöls in Nicht-OPEC-Staaten liegen zurzeit bei rund 15 US-Dollar pro Barrel; sie werden durch technischen Fortschritt weiter sinken. Neue Energiequellen können in den nächsten 20 Jahren nur dann mit Öl, Gas und Kohle konkurrieren, wenn sich ihr Kostenniveau erheblich verringert, wenn sie neue, überlegene Qualitätsmerkmale aufweisen oder für ganz neue Anwendungen genutzt werden können.

Erdgas könnte im Jahr 2025 ebenfalls die Förderspitze erreicht haben, allerdings ist diese Einschätzung mit viel grösserer Unsicherheit behaftet als beim Erdöl. Die Reichweite von Erdgas könnte sich durchaus durch nicht-konventionelle Gasreserven – zum Beispiel Methan, das aus Steinkohleschichten stammt, oder Methanhydratvorkommen – um viele Jahrzehnte verlängern.

Die Original-Shell-Energie-Szenarien können im Internet abgerufen werden unter: www.shell.com/files/media-en/scenarios.pdf

Tankstellen bedienen. Wir richten uns danach, was diese Leute wollen. Wir verwenden bereits jetzt Wasserstofftechnologien, um flüssige Treibstoffe sauberer zu machen. Wenn unsere Kunden es wollen, werden wir eines Tages in grossem Stil Wasserstoff an unseren Tankstellen anbieten.“

Wie sieht es aus beim Luftverkehr? Können Sie sich Flugzeuge vorstellen, die mit Wasserstoff angetrieben werden?

“Einige unserer Aktivitäten konzentrieren sich tatsächlich auf die Luftfahrt. Mit dabei sind da auch Hersteller von Flugzeugen. Das mittelfristige Interesse besteht dort aber darin, mehr elektrische Energie an Bord der Flugzeuge produzieren zu können – gerade im Bereich der Instrumentierung, um von hydraulischen zu Fly-by-Wire-Systemen zu wechseln.

Im Moment steht die Verbrennung von Flugzeug-Benzin im Vordergrund, wobei Generatoren angetrieben werden, um Elektrizität zu gewinnen. Flugzeughersteller möchten, dass diese Systeme noch effizienter werden.

Brennstoffzellen wären hier viel effizienter als die Verbrennung von Kerosin.“

Der Antrieb von Flugzeugen mit Wasserstoff ist also im Moment kein Thema?

“Im Moment gibt es meines Wissens keine Pläne in dieser Richtung. Möglich, dass es Visionäre gibt, die diesen Antrieb in Zukunft sehen. Konkret arbeiten die Ingenieure an Brennstoffzellen, die – wie erwähnt – Elektrizität produzieren.“

Wenn dies funktioniert, dann sind die wenigen Flugzeughersteller sicher schneller von der neuen Technologie zu überzeugen als die gesamte Auto-Industrie?

“Unsere Auswertungen haben ergeben, dass die grössten Befürchtungen beim Schadstoffausstoss des motorisierten Individualverkehrs bestehen. Da wird auch die grösste Nachfrage nach schadstoffarmen Fahrzeugen auf der Basis von Brennstoffzellen bestehen. Die Wirkung wird welt-

weit um einiges grösser sein, als wenn sie stattdessen Flugzeuge mit Wasserstoffantrieb hätten. Klar wird es ein Mix von Anwendungen geben und wir sind am gesamten Mix interessiert. Aber der Durchbruch der Wasserstofftechnologie wird dann geschafft sein, wenn der Strassenverkehr sich der Technologie bedient.“

Werden die Regierungen Ihrer Ansicht nach in die neue Technologie investieren?

“Einzelne von ihnen investieren bereits jetzt, weil sie überzeugt sind, dass Wasserstoff der Treibstoff der Zukunft sein wird. Wasserstoff können sie praktisch aus nichts produzieren, ohne dass man von

Öl als Rohstoff abhängig ist. Zudem ist Wasserstoff sehr energiereich und produziert als Abfall nur ein wenig

Wasser. Alle Regierungen der industrialisierten Länder sehen Wasserstoff als wichtigen Bestandteil ihres Energie-Portfolios. Wasserstoff wird nicht alle Probleme lösen, aber einen grossen Teil davon.“

“Wir wollen gegenüber unseren Kindern verantwortungsbewusst handeln.”



Welchen Umsatz erzielt Shell Hydrogen?

“Ich denke, es ist in unserem Zusammenhang nicht relevant, von Umsatz zu sprechen. Wir forschen selbst und investieren in andere Firmen, die in der Entwicklung der Wasserstofftechnologie tätig sind. Damit investieren wir auch in die Zukunft.

Eines Tages werden wir hoffentlich Wasserstoff verkaufen können, der als Treibstoff gebraucht wird, und dann werden wir auch Geld verdienen. Bis jetzt haben wir rund 150 Millionen Dollar investiert, um unser Business aufzubauen.“

Wo stehen Sie in diesem Business im Vergleich zu anderen Ölfirmen?

“Wir versuchen zumindest in diesem Bereich die ‘responsible champions’ zu sein, wie ich es nennen würde. Verantwortungsbewusst zunächst gegenüber unseren Kindern, damit diese eine Zukunft haben, wie wir sie uns alle vorstellen. Verantwortungsbewusst aber auch unseren Shareholdern gegenüber, indem wir investieren, um später auch Geschäfte zu machen.

Das Feedback, das wir aufgrund unserer Marktanalysen in den industrialisierten Ländern bekommen, lässt uns annehmen, dass wir der führende Energielieferant sind. Wir wissen, dass wir weiter daran arbeiten müssen. Wir tun dies nicht, um einen guten Ruf zu erlangen. Der gute Ruf ist eine Folge der Arbeit, die man leistet, und wir versuchen, unsere Arbeit richtig zu tun.“