

*Investment
Perspektive*

IV/2005

Trend-Monitor
Alternative Treibstoffe –
Gib Bio-Gas, ich will Spaß!

©2005. Herausgeber: Lazard Asset Management (Deutschland) GmbH, Alte Mainzer Gasse 37, 60311 Frankfurt am Main, Deutschland (Selbstverlag). Alle Rechte vorbehalten. Bei Zitaten wird um Quellenangabe gebeten. Die in dieser Veröffentlichung enthaltenen Informationen beruhen auf öffentlich zugänglichen Quellen, die wir für zuverlässig halten. Eine Garantie für die Richtigkeit oder Vollständigkeit der Angaben können wir nicht übernehmen, und keine Aussage in diesem Bericht ist als solche Garantie zu verstehen. Alle Meinungsäußerungen geben die aktuelle Einschätzung des Verfassers/der Verfasser wieder und stellen nicht notwendigerweise die Meinung von Lazard oder deren assoziierter Unternehmen dar. Die in dieser Publikation zum Ausdruck gebrachten Meinungen können sich ohne vorherige Ankündigung ändern. Weder Lazard noch deren assoziierte Unternehmen übernehmen irgendeine Art von Haftung für die Verwendung dieser Publikation oder deren Inhalt. Weder diese Veröffentlichung noch ihr Inhalt noch eine Kopie dieser Veröffentlichung darf ohne die vorherige ausdrückliche Erlaubnis von Lazard auf irgendeine Weise verändert oder an Dritte verteilt oder übermittelt werden. Mit der Annahme dieser Veröffentlichung wird die Zustimmung zur Einhaltung der o.g. Bestimmungen gegeben.

Trend-Monitor

- ◆ Die anscheinend chronische Verteuerung des Rohstoffs „Erdöl“ hat die Dringlichkeit, Alternativen zur Erhaltung unseres Wohlstandsfaktors „Mobilität“ zu entwickeln, rapide ansteigen lassen. Der Fokus liegt hierbei auf dem Sektor „Transport und Verkehr“, der für gut die Hälfte des weltweiten Ölverbrauchs verantwortlich zeichnet.
- ◆ Um nicht nur eine temporäre Entlastung, sondern eine dauerhafte Substitution zumindest eines Teils des Ölverbrauchs zu erreichen, stehen Fragen der Verfügbarkeit, der Wirtschaftlichkeit, der politischen Unabhängigkeit und des Umweltschutzes gleichberechtigt nebeneinander.
- ◆ Im Wettbewerb zwischen „Alternativen Antriebskonzepten“ (Brennstoffzelle, Wasserstoff, Elektrofahrzeuge, etc.) und „Alternativen Treibstoffen“ (Methanol, Ethanol, Biodiesel) konzentriert sich die Forschung auf den letztgenannten Bereich, da alternative Treibstoffe in der Regel sehr gut mit den Verbrennungsmotoren der aktuellen Fahrzeuggeneration kompatibel sind und somit die besten Chancen haben, eine schnelle Marktdurchdringung zu erreichen.
- ◆ Innerhalb der Kategorie „Alternative Treibstoffe“ liegt der Schwerpunkt der Forschung auf „biogenen“ (auf nachwachsenden Rohstoffen basierenden) Treibstoffen. Um der ethisch bedenklichen Konkurrenzsituation im Sinne von „Oil-for-Food“ zu entgehen, gilt der Umwandlung von Biomasse wie Holz oder Getreidestroh in Treibstoff (BTL = „biomass to liquids“) derzeit das besondere Augenmerk.
- ◆ Der ganz große technologische Durchbruch, um eine ökonomisch wie ökologisch sinnvolle und rasch in großem Maßstab umsetzbare Substitution von auf fossilen Rohstoffen basierenden Treibstoffen zu erreichen, ist bei den verschiedenen BTL-Verfahren bisher nicht gelungen. Hier könnten in den nächsten Jahren kleinere Technologieunternehmen einen „großen Wurf“ erzielen. Interessant ist, dass die großen Ölkonzerne verstärkt die Suche nach Alternativen zu ihrem angestammten Geschäft fördern. Hier wurde der Trend „weg vom Erdöl“ erkannt und aufgenommen.

Trend-Monitor

Alternative Treibstoffe – Gib Bio-Gas, ich will Spaß!

Im Jahr 2003 hatten wir bereits in einer Publikation aus der Reihe „Trend-Monitor“ die „alternativen Antriebe“ thematisiert.¹ Von den damals vorgestellten vier Alternativen zum herkömmlichen Benzinmotor basieren drei (Erdgas, Diesel, Hybrid-Fahrzeuge) nach wie vor auf fossilen Brennstoffen und dienen vor allem zur Reduktion der Wachstumsraten der Ölnachfrage. Vielfach wird das Erdgas, das bei der Ölförderung als Nebenprodukt mit an die Erdoberfläche gebracht wird, einfach abgefackelt, da Erdgas ganz andere Anforderungen an Transport und Lagerung stellt als Erdöl. Die Nutzung dieser Ressource drängt sich geradezu auf und zeigt sich auch in einer stark gestiegenen Nachfrage nach LNG-Tankern (LNG = Liquid Natural Gas/verflüssigtes Erdgas) und entsprechenden LNG-Terminals, um diese Tanker be- und entladen zu können. Dieselfahrzeuge haben in Westeuropa einen Anteil an den Pkw-Neuzulassungen von über 50% erreicht. Hybrid-Fahrzeuge sind aktuell die einzige Fahrzeugkategorie, die in den USA ohne Rabatte verkauft werden und monatelange Lieferzeiten aufweisen.

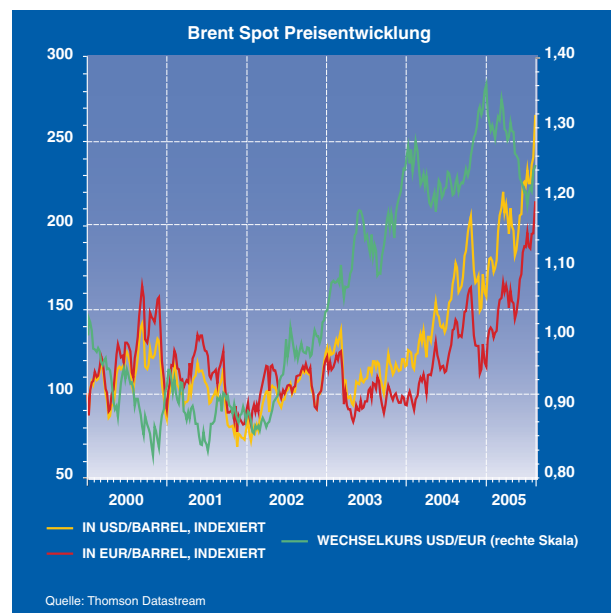
All diese Fortschritte im Kampf gegen die übermäßige Nutzung der begrenzten Ölvorräte werden durch den globalen, vor allem durch die aufstrebenden asiatischen Volkswirtschaften getragenen Konjunkturaufschwung zunichte gemacht:

- ◆ Die Ölnachfrage steigt schneller, als Einsparmaßnahmen dies auffangen könnten;
- ◆ Die derzeitigen Förderkapazitäten sind weitgehend ausgereizt;
- ◆ Die gestiegene Nachfrage und das begrenzte Angebot haben zu einer logischen Konsequenz geführt: gegenüber Mitte 2003 (Erscheinungsdatum Trend-Monitor III/2003) und Mitte 2005 (Erstellung des aktuellen Trend-Monitors) hat

sich der Ölpreis von 25 bis 30 USD je Barrel auf über 60 USD je Barrel verteuert und somit mehr als verdoppelt (siehe Abbildung 1).

Konnten die steigenden Ölpreise im Euroland zwischen 2002 und Ende 2004 über den stärkeren Euro kompensiert werden, trifft die Verteuerung des Rohöls den Verbraucher im Euroland seit Anfang 2005 ebenfalls mit voller Wucht, was sich unter anderem in Rekordpreisen an der Zapfsäule niedergeschlagen hat.

Abbildung 1: Entwicklung des Rohölpreises in USD und EUR



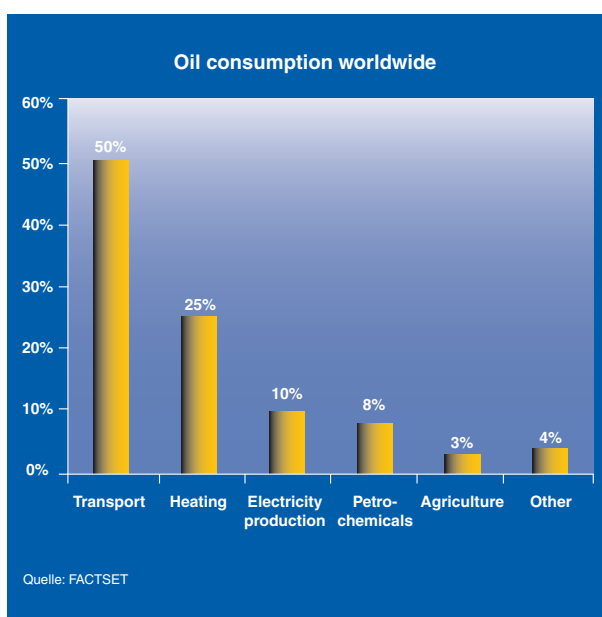
Der stark gestiegene Ölpreis hat somit die Dringlichkeit, Alternativen zum Öl zu finden, merklich erhöht. Im Gegensatz zu 2003, als es nur um die Einsparung und ganz allmähliche Substitution von Rohöl ging, steht jetzt die kurz- bis mittelfristige weitgehende Substitution von Rohöl im Mittelpunkt der Bemühungen um Alternativen.

Die Suche nach Alternativen zum Öl bzw. zu fossilen Energieträgern allgemein lässt sich in drei Bereiche untergliedern:

1. Alternative Energien (Sonnenenergie, Windkraft, Wasser) insbesondere zur Stromerzeugung;
2. Alternative Antriebskonzepte (Brennstoffzelle, Wasserstoff, Elektroauto, etc.);
3. Alternative Treibstoffe (Methanol, Ethanol, Biodiesel, etc.) zur Verwendung in herkömmlichen Verbrennungsmotoren.

Alternative Energien werden in vielen Ländern bereits intensiv genutzt, beispielsweise zur Gewinnung von Elektrizität oder zur Beheizung von Wohnungen. Dass sich der Fokus mit Macht in Richtung der Ölsubstitution im Verkehr bewegt, hat einen ganz einfachen Grund: der Bereich „Transport“ trägt gut 50% zum Gesamt-Weltölverbrauch bei (Abbildung 2).

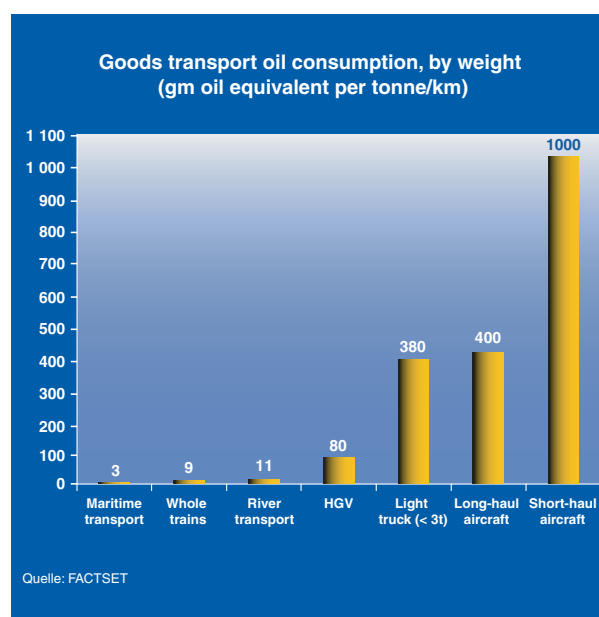
Abbildung 2: Die Haupt-Ölverbraucher²



Trotz aller Regulierungsversuche in verschiedenen Ländern (Tempolimits, Fahrverbote, Ökosteuer, etc.) und trotz aller Bemühungen um einen effizienteren Umgang mit Kraftstoff seitens der Auto-, Lkw- oder Flugzeugindustrie ist der Anteil des Transports am Ölverbrauch in den letzten Jahrzehnten kontinuierlich angestiegen. Hier kommt zum Ausdruck, dass Mobilität ein wesentlicher und in der Bedeutung weiterhin zunehmender Faktor unseres Wohlstandes ist. Ohne drastische regulative

Einschnitte auf internationaler Ebene wird sich an diesem Trend auch nichts ändern, wobei diese Einschnitte dann auch vielfach als empfindliche Einschränkung der persönlichen Freiheit angesehen werden. In einem globalen Wettbewerb wirkt es praxisfremd, an die ökologische Vernunft zu appellieren und beispielsweise zu fordern, mehr Güter über Schiene und auch Gewässer zu transportieren, was zweifellos effizienter ist (vgl. Abbildung 3). Wenn der Transport per Lkw schneller und billiger ist, wird ein im Wettbewerb stehendes Unternehmen nicht umhin kommen, dieses Transportmittel zu nutzen. Auch im persönlichen Verhalten wird es erst bei deutlich höheren Transportkosten zu einer Veränderung kommen,³ wobei hier ebenfalls die Substitution des Verkehrsmittels nicht immer gegeben ist (man denke an Berufspendler). Um den Wohlstandsfaktor Mobilität nicht zu gefährden, bietet es sich an, bei der Diskussion um Alternativen zum Öl den Schwerpunkt auf den Verkehr zu legen.

Abbildung 3: Indikativer Ölverbrauch je Tonne und Kilometer⁴



Innerhalb der Diskussion um die Entwicklung von Ölalternativen für den Verkehr müssen die folgenden Faktoren beachtet werden:

- ◆ Reduktion der Abhängigkeit von fossilen Energieträgern;
- ◆ Reduktion der Abhängigkeit von den ölproduzierenden Ländern (ein Großteil der Erdölexporte wird in politisch nicht unbedingt stabilen Regionen produziert);
- ◆ Verbesserte Umweltverträglichkeit in Zeiten von Feinstaubdiskussion, Emissionshandel, Klimaschutzabkommen und Treibhauseffekt;
- ◆ Mittelfristige Wirtschaftlichkeit der Alternative auch ohne umfangreiche Subventionierung;
- ◆ Potenzial für eine rasche Marktpenetration.

An diesen Aspekten haben sich alle aktuell verfügbaren und zukünftig möglichen Alternativen zu orientieren, wenn es um die zukunftsweisende und nachhaltige Substitution von Erdöl als Energieträger der globalen Mobilität geht. Bei der Frage, ob der Entwicklung von alternativen Antriebskonzepten oder der Suche nach alternativen Treibstoffen der Vorzug gegeben werden sollte, ist vor allem der letztgenannte Punkt des Potenzials einer raschen Marktdurchdringung zu prüfen. Die Basis dafür ist bei alternativen Treibstoffen zur Verwendung in herkömmlichen Verbrennungsmotoren sicherlich besser, da schon viele Millionen Vehikel dieser Antriebsart die Straßen bevölkern; wie sieht aber der Vergleich für die reine Zur-Verfügung-Stellung der jeweiligen Treibstoffart (Wasserstoff, Elektrizität für alternative Antriebskonzepte, Methanol, Ethanol etc. für alternative Treibstoffe) aus? Zu berücksichtigen ist hier die gesamte Kette von der Produktion des Treibstoffs bis zu dessen Verwendung.




Produktion: An diesem Punkt halten sich alternative Treibstoffe und alternative Antriebskonzepte die Waage. Für alle Alternativen müssen zunächst wirtschaftliche Produktionsverfahren entwickelt werden, die auch „in großem Stil“ und in absehbarer Zeit realisiert werden können. Der für den Betrieb von reinen Elektrofahrzeugen benötigte zusätzliche Strom beispielsweise müsste umweltverträglich hergestellt werden, um den Umweltaspekt nicht einfach vom Verbraucher (Auto) zum Produzenten (Stromerzeugung) zu verlagern. Die Stromerzeugung über Wasserkraft, Solarenergie oder Windparks hat jedoch ihre Grenzen, auf die hier nicht im Einzelnen eingegangen werden soll. Die Erzeugung von Wasserstoff ist energetisch sehr aufwändig und wirtschaftlich eigentlich nur mit dem großflächigen Einsatz von Solarenergie möglich, um für die Pro-

duktion nicht wesentlich mehr Energie einzusetzen, als bei der Nutzung freigesetzt wird. Auch für alternative Treibstoffe müssen ökonomische Produktionsverfahren erst noch entwickelt werden. Für alle alternativen Energiequellen für Transport und Verkehr gilt: Um sie überhaupt erst verfügbar zu machen, sind umfangreiche Investitionen in die Produktionsanlagen nötig.

Logistik: Die Infrastruktur ist ein großes Nadelöhr für Alternativen. Für Elektrofahrzeuge besteht zwar die Infrastruktur in Form von Stromnetzen, doch sind diese in vielen Ländern bereits jetzt am Ende ihrer Kapazität angelangt. Die großflächigen Stromausfälle der letzten Jahre in Italien, Spanien oder der Schweiz verdeutlichen, dass in die Elektrizitäts-Infrastruktur hohe Investitionen fließen müssen, um die zukünftige Stromnachfrage zuverlässig bedienen zu können. Eine massive Nutzung des Stromnetzes zum Zwecke der Mobilität mittels Elektrofahrzeugen würde die Kapazitätsengpässe noch verschärfen. Für den Vertrieb von Wasserstoff existiert derzeit nur in einzelnen Staaten oder Regionen (Norwegen, Teile von Kalifornien) eine flächendeckende Infrastruktur. Auf Grund der spezifischen Eigenschaften von Wasserstoff ist eine eigene, neu zu errichtende Infrastruktur aber unumgänglich. Alternative Treibstoffe könnten dagegen überwiegend die vorhandene Tankstellen-Infrastruktur nutzen.

Verwendung: Alternative Treibstoffe haben den enormen Vorteil, dass herkömmliche Verbrennungsmotoren diese verwenden können. Schon heute ist es den Ölonternehmen ausdrücklich gestattet, dem Dieselmotorkraftstoff bis zu 5% Biodiesel beizumischen, ohne dies besonders kennzeichnen zu müssen, da jeder Dieselmotor diese Beimischung problemlos verträgt.⁵ Elektro- oder Wasserstoffantrieb müssten erst einmal flächendeckend eingeführt werden und den Verbrennungsmotor ersetzen. Ohne radikale dirigistische Eingriffe seitens des Staates sind solche Technologiewechsel aber nur schrittweise über einen Zeitraum von mehreren Jahrzehnten möglich.

Tabelle 1: Vergleich alternativer Konzepte

	 Produktion	 Logistik	 Verwendung	Fazit
Wasserstoff	–	–	–	–
Elektro	–	0	–	0 / –
Alternative Treibstoffe	–	+	+	0 / +

In der Summe der Anforderungen von Produktion, Logistik und Verwendung spricht also vieles für alternative Treibstoffe. Allerdings ist dies ein sehr allgemeiner Begriff, der tatsächlich alle Alternativen zu Rohölprodukten umfasst. Wichtig ist die zusätzliche Unterscheidung, auf welcher Basis diese alternativen Treibstoffe entstehen. Für Treibstoffe, die aus nachwachsenden Rohstoffen gewonnen werden, haben sich die Bezeichnungen „biogene Treibstoffe“ oder „renewable fuels“ eingebürgert. Eine eindeutige Unterscheidung, welcher Treibstoff nun „biogen“ ist oder nicht, ist leider nicht immer gegeben; so wird beispielsweise Methanol aus Synthesegas gewonnen, das sowohl aus Erdgas als auch als pflanzlichen Stoffen hergestellt werden kann.

Im Folgenden sollen die wichtigsten Einzelarten von alternativen Treibstoffen in Kürze vorgestellt werden, ohne dass diese Auflistung einen Anspruch auf Vollständigkeit haben könnte.

Methanol (chemische Formel CH_3OH) ist der einfachste Alkohol und wird großtechnisch aus Synthesegas hergestellt. Methanol ist insofern nicht automatisch ein biogener Treibstoff. Aufgrund des gegenüber Benzin deutlich geringeren Heizwerts und korrosiver Effekte wird Methanol nur selten in Reinform als Kraftstoff eingesetzt, obwohl dies durchaus möglich wäre; so verwenden die beiden US-amerikanischen Formel 1-Konkurrenzserien „Indy Racing League“ und „Champ Car World Series“ Methanol als Benzinersatz für ihre bis zu 750 PS starken Rennbolide.⁶ Häufiger ist der Einsatz von Methanol als Benzin-Beimischung zur Verbesserung der Motoreigenschaften. In verschiedenen Ländern wird der großflächige Einsatz von „M85“ getestet. Dieser Misch-Kraftstoff besteht

aus 85% Methanol und 15% Benzin. Größere Bedeutung kann Methanol zukünftig als Energiequelle für Brennstoffzellen erhalten. Bereits heute ist Methanol ein wichtiger Bestandteil von Biodiesel. Zwar ist die Gewinnung von Methanol aus regenerativen Quellen möglich, derzeit aber noch nicht wirtschaftlich im großen Maßstab umsetzbar. Methanol verbessert die Schadstoffbilanz gegenüber einem benzingetriebenen Fahrzeug, erreicht jedoch nicht die selbe Umweltverträglichkeit wie rein biogene Treibstoffe.

Ethanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) wird umgangssprachlich auch als Spiritus bezeichnet, wobei der handelsübliche Spiritus mit Gällmitteln versetztes Ethanol ist. Vom Namen her dem Methanol sehr ähnlich, weist Ethanol doch eine ganze Reihe von unterschiedlichen Eigenschaften auf. Wird Ethanol aus der Gärung bzw. Destillation aus Biomasse gewonnen, spricht man auch von Bio-Ethanol. Im großen Maßstab wird Bio-Ethanol in Brasilien aus Zuckerrohr gewonnen. In den letzten Jahren wurde dort ungefähr die Hälfte der Zuckerrohr-Ernte zur Ethanolproduktion verwendet.⁷ Durch die hohen Rohölpreise rechnet sich für Brasilien die Umwandlung von Zucker in Bio-Ethanol bereits ohne Subventionen. Im Mai 2005 wurden in Brasilien erstmals mehr Fahrzeuge mit Bi-Fuel-Antrieb (für Benzin-Ethanol-Gemische) abgesetzt als mit herkömmlichen Benzin-Verbrennungsmotoren.⁸ Andere Rohstoffe für Bio-Ethanol sind Mais, Zuckerrüben und Getreide. Ethanol kann Benzin in einem beliebigen Verhältnis zugemischt werden. In den USA wird vielfach „E10“, ein Gemisch aus 10% Ethanol und 90% Benzin, an der Zapfsäule legal als ganz normales Benzin verkauft. Gemäß der Euronorm EN DIN 228 kann in Europa herkömmlichem Benzin (analog

zu Biodiesel/Diesel) bis zu 5% Bioethanol beigemischt werden.⁹ „E85“ mit bis zu 85% Ethanol-Anteil wird in Schweden und in bestimmten Regionen der USA bereits großflächig angeboten. Die Umrüstung von Automodellen auf „E85“-Kompatibilität ist mit vergleichsweise wenig Aufwand verbunden; Ford bietet neuerdings auch in Deutschland für gerade einmal 300 Euro Aufpreis das Modell „Focus FFV“ an, dessen Motor jedes Mischungsverhältnis von Benzin und Ethanol akzeptiert („FFV“ steht dabei für „Flexible Fuel Vehicle“).¹⁰ Auch Saab bietet eine „FFV“-Variante an. Steuererleichterungen sowie andere Vergünstigungen (z. B. Verzicht auf Citymaut in Stockholm/Schweden) geben Anreize zum Umstieg.¹¹ Wie Methanol führt auch die Verwendung von Ethanol zu einem etwas höheren Verbrauch; bei einem FFV wird durch die spezielle Anpassung des Motormanagements an das Benzin-Ethanol-Gemisch der Verbrauchsnachteil nahezu kompensiert.

Biodiesel: Biodiesel ist in Deutschland aktuell der einzige alternative Kraftstoff, der in nennenswerten Mengen abgesetzt wird. „Biodiesel ist ein Kraftstoff mit ähnlichen Eigenschaften wie Diesel, wird jedoch nicht aus Erdöl, sondern aus Pflanzenöl oder tierischen Fetten gewonnen.“¹² Für die Verwendung in Dieselfahrzeugen sind üblicherweise nur Dieselsubstitute auf Pflanzenbasis zugelassen, wobei Rapsöl der weitaus wichtigste Rohstoff ist. Zwar ist Biodiesel seit 2004 als 5%-Beimischung zum herkömmlichen Diesel ausdrücklich erlaubt, was den Biodieselabsatz in diesem Jahr um 45% ansteigen ließ,¹³ doch führt die Verwendung „reinen“ Biodiesels immer wieder zu technischen Problemen. Schwankende Qualitäten des Biodiesels führte vor allem bei Einspritzanlagen zu Schäden, so dass beispielsweise die Firma Bosch die ausschließliche Verwendung von Biodiesel rundweg ablehnt.¹⁴ Um solchen Schäden vorzubeugen, bietet Volkswagen gegen Aufpreis (200 Euro) ein spezielles Motorpaket an und weist darauf hin, „dass bei Fahrzeugen mit Partikelfiltern der Betrieb mit Biodiesel wegen drohender Motorschäden nicht erlaubt ist.“¹⁵ Trotz solcher Probleme ist Biodiesel ein wichtiger Schritt, um die Pläne der EU zum Einsatz alternativer Treibstoffe umsetzen zu



können. Bis zum Jahr 2020 sollen 20% des Verbrauchs von Benzin und Diesel im Straßenverkehr durch alternative Treibstoffe gedeckt werden. Als Zwischenschritt wurde eine Quote von 5,75% im Jahre 2010 festgelegt.¹⁶ Die Befreiung von der Mineralölsteuer erleichtert die sukzessive Marktdurchdringung, da der einzelne Autofahrer trotz eines leichten Mehrverbrauchs mit Biodiesel etwas billiger fahren kann als mit herkömmlichem Diesel aus fossilen Quellen. Hauptabnehmer für Biodiesel sind derzeit Speditionen und Fuhrparkunternehmen, deren Nutzfahrzeug-Dieselmotoren für die Verwendung von Biodiesel optimiert wurden.

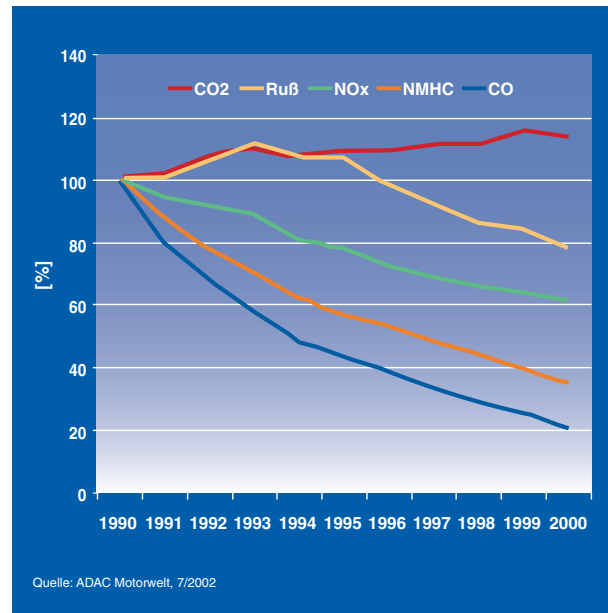
Neben der Eignung des jeweiligen alternativen Treibstoffes für die Verwendung in herkömmlichen Verbrennungsmotoren sind zusätzliche Aspekte zu beachten, um das Potenzial für eine Marktdurchdringung abzuschätzen. Ein Aspekt ist die Effizienz je Volumeneinheit des alternativen Treibstoffs, also die Frage, ob mit der Alternative eine ähnliche Reichweite pro Tankfüllung erreicht werden kann wie mit dem herkömmlichen (fossilen) Kraftstoff oder ob zusätzliche Tankkapazität im Auto erforderlich ist. Tabelle 2 vergleicht die Heizwerte verschiedener Kraftstoffe je Volumeneinheit. Ein geringerer Heizwert sagt aus, dass für die gleiche gespeicherte Energie (die nötig ist, um eine bestimmte Strecke zurückzulegen) mehr Volumen eingesetzt werden muss, sprich: Der Verbrauch je 100 km ist höher, die Reichweite pro Tankfüllung geringer. Der deutlich geringere Heizwert bei den Kraftstoffen für alternative Antriebe (Erdgas und Wasserstoff) macht deutlich, dass hier zusätzlich zu Modifikationen am Antrieb auch Änderungen am Tankvolumen erforderlich sind, um die bisherigen Reichweiten benzin- oder dieselgetriebener Fahrzeuge zu erreichen. Der potenzielle Nutzer steht also vor der Wahl, größere konstruktive Veränderungen am Fahrzeug vornehmen zu lassen oder mit einer geringeren Reichweite je Tankfüllung leben zu müssen. Unter der Voraussetzung, dass eine Substitution von Benzin oder Diesel als Kraftstoff vor allem dann erfolgreich sein kann, wenn weder vom Fahrzeug noch von dessen Benutzer größere Änderungen verlangt werden, dürften beide Varianten die Chance auf eine rasche Marktdurchdringung senken.

Tabelle 2: Heizwerte einiger ausgewählter Brennstoffe¹⁷

Kraftstoff	Heizwert in MJ/Liter
Normalbenzin	29,9
Diesel	36
Methanol	16
Ethanol	21
Erdgas 200 bar	6,3
Wasserstoff 200 bar	1,9
Wasserstoff 700 bar	5,0
Flüssig-Wasserstoff	8,5
Biodiesel	33
Rapsöl	35

Quelle: eigene Darstellung

Abbildung 4: Entwicklung der Emissionen im Transportwesen, indexiert¹⁸



Umweltverträglichkeit

Neben der Absicht, die Abhängigkeit vom Öl zu reduzieren, sind auch ökologische Aspekte ganz wesentlich für die Bemühungen um alternative und vor allem um biogene Treibstoffe. Der Fokus liegt hier auf der Reduktion der CO₂-Emissionen, da die bisherigen Schadstoffgrenzen (Euro-Norm, etc.) bei anderen Schadstoffen Erfolg hatten (siehe Abbildung 4). Durch den Treibhauseffekt, der ganz wesentlich mit der CO₂-Emission in Verbindung gebracht wird, ist die Dringlichkeit gestiegen, auch die durch Kohlendioxid (CO₂) verursachte Luftverschmutzung zu verringern.

Sofern alternative Treibstoffe auf die herkömmliche Technologie des Verbrennungsmotors setzen (was die Möglichkeit einer schnellen Marktpenetration eröffnet), bleibt es nicht aus, dass Kohlendioxid entsteht. CO₂ ist nun einmal ein Nebenprodukt, wenn Kohlenstoff verbrannt wird. Entscheidend bei biogenen Rohstoffen ist jedoch, dass die pflanzliche Basis bei ihrer Entstehung in etwa so viel Kohlendioxid für die Photosynthese aufnimmt, wie später bei der Verwendung/Verbrennung wieder abgegeben wird. Biogene Treibstoffe haben somit das Potenzial, CO₂-neutral sein zu können (siehe Tabelle 3). Fossile Treibstoffe geben dagegen das Kohlendioxid frei, das vor Jahrmillionen von den Pflanzen aufgenommen wurde, die später zu Öl, Gas oder Kohle wurden.

Tabelle 3: CO₂-Bilanz verschiedener Brenn- und Treibstoffe¹⁹

	Produktion	Verbrauch	SUMME
	Treibhausgas-Äquivalent in Gramm CO ₂ / kWh		
Benzin	47,5	264,2	311,7
Diesel	37,4	262,1	299,5
Diesel (Basis: Erdgas)	100,8	255,6	356,4
Diesel (Basis: Biomasse)	-223,2	255,6	32,4
Bio-Diesel (Basis: Rapsöl)	-172,8	276,1	103,3
Flüssiggas	57,6	200,3	257,9
Gasförmiger Wasserstoff, 700 Bar (Basis: Methan)	370,8	0,0	370,8
Flüssig-Wasserstoff (Basis: Methan)	446,4	0,0	446,4
Flüssig-Wasserstoff (Basis: Elektrolyse / Windenergie)	7,2	0,0	7,2

Quelle: eigene Darstellung

Der Ersatz von fossilen Brennstoffen durch auf regenerativer Basis entstandene Brenn- und Treibstoffe hat bezüglich der CO₂-Emissionen also einen riesigen Vorteil... aber nur, wenn bei der Umwandlung des pflanzlichen Produkts in einen Treibstoff nicht zu viel zusätzliche Energie (evtl. aus fossilen Energieträgern) aufgewendet werden muss. Die Gesamtbilanz hinsichtlich Energieaufwand und Schadstoffemission ist einer der Hauptkritikpunkte gegenüber biogenen Treibstoffen. Diese stehen allerdings nicht alleine im Brennpunkt der Kritik; die Gewinnung von Wasserstoff ist ebenfalls extrem energieintensiv und kann derzeit nur durch die intensive Nutzung der Solarenergie ökologisch wie ökonomisch vertretbar erfolgen. Bezogen auf biogene Treibstoffe kommt beispielsweise David Pimentel, Professor für Ökologie und Landwirtschaft an der Cornell University, zu dem Schluss, dass Bio-Spirit sogar umweltschädlich sei.²⁰ Je nach Art der pflanzlichen Basis müsse für die Umwandlung in einen biogenen Treibstoff mehr Energie eingesetzt werden, als der Treibstoff selbst liefern kann. Bei Ethanol auf Mais-Basis liege das Minus bei 29%, bei Biodiesel auf Sojabasis bei 27% und auf Sonnenblumenbasis bei sogar 118%. In die Berechnung ging der gesamte Energieeinsatz ab der Getreide-

herstellung ein: „die Produktion von Pestiziden und Düngemitteln, die Benutzung landwirtschaftlicher Maschinen sowie die Bewässerung, das Mahlen und der Transport des Getreides. Hinzu kamen das Fermentieren und Destillieren des Ethanols“.²¹ Bei diesen Ergebnissen müssen zweierlei Aspekte berücksichtigt werden: a) sicherlich ist es sinnvoll, eine Gesamtbetrachtung vorzunehmen; wie beim Wasserstoff kommt es aber sicherlich auch darauf an, welche Energiequellen für die einzelnen Stufen der Produktion zur Verfügung stehen; b) die Zahlenspiele von David Pimentel sind in Fachkreisen nicht unumstritten.²² Gerade die Rechenbeispiele, wenn es um die Quantifizierung von Umweltschäden geht, gelten weithin als nicht realistisch. Trotzdem ist die Energiebilanz über den gesamten Produktionsprozess zu beachten.

Professor Pimentel hat im Jahr 2001 bereits auf ein anderes Problem aufmerksam gemacht, das nicht von der Hand zu weisen ist: Den Flächenverbrauch. In der Volkswirtschaft unterscheidet man die Produktionsfaktoren Arbeit, Boden und Kapital. Gerade Boden ist ein Produktionsfaktor, der nur begrenzt zur Verfügung steht und der nicht beliebig ausgeweitet werden kann. Je nach Berechnungs-

grundlage und Verfahren gibt es Rechenbeispiele, in denen für den Jahresbedarf eines Automobils mit durchschnittlicher Jahresfahrleistung eine Fläche von etwa einem bis fünf Hektar Ackerland benötigt wird, welches für die pflanzliche Basis der Treibstoffherstellung zur Verfügung gestellt werden müsste.²³ Mit der gleichen Fläche könnten zwischen fünf und elf Menschen ernährt werden. Anders gerechnet: Um alle Autos in den USA ausschließlich mit Ethanol zu betreiben, müssten 97% der gesamten Landfläche der USA mit Mais bepflanzt werden.²⁴ Auch für die Gewinnung von Biodiesel aus Raps in Deutschland gelten vergleichbare Zahlen; hinzu kommt, dass aus Gründen des Fruchtwechsels zur Vermeidung der Bodenverödung nur alle drei bis fünf Jahre auf der gleichen Fläche Raps angebaut werden sollte.²⁵

Die Zahlenbeispiele bezüglich Flächenverbrauch zeigen mehrere Dinge auf: a) Treibstoffe auf regenerativer Basis können auch ein ethisches Problem darstellen, wenn die Frage aufkommt, ob die landwirtschaftliche Nutzfläche besser für die Erzeugung von Nahrungsmitteln oder für die Produktion einer pflanzlichen Treibstoffbasis genutzt werden sollte; b) die vollständige Substitution von Erdöl durch biogene Treibstoffe wird auf der jetzigen Verbrauchs- und Technologiebasis nicht möglich sein.

Der neueste Trend: Kraftstoff aus Biomasse

Um die skizzierte Problematik aufzulösen, bieten sich drei Wege an:

- i) Verbrauchsminderung bei Fahrzeugen. Dieses Ziel hat sich so ziemlich jeder Fahrzeughersteller auf die Fahne geschrieben; zukünftig kann gerade die Kombination von hocheffizienten Verbrennungsmotoren und Elektroantrieb, also die Weiterentwicklung der bereits heute erhältlichen Hybrid-Fahrzeuge, eine wichtige Rolle spielen.
- ii) Effizientere Produktionsmethoden für biogene Treibstoffe. An diesen Methoden wird mit Hochdruck geforscht und gearbeitet; insbesondere der Einsatz von alternativen Energien wie der Solarenergie kann hier bedeutend werden.
- iii) Höhere Erträge pro Hektar landwirtschaftliche Nutzfläche. Dies klingt eigentlich eher nach „intensiverer Landwirtschaft“ und höheren Düngereinsatz, wartet aktuell jedoch mit einer vielleicht überraschenden Variante auf: Der Ertrag pro Hektar Fläche wird dadurch gesteigert, dass nicht mehr nur das landwirtschaftliche Endprodukt (z. B. Rapsöl) zur Herstellung von Treibstoff verwendet wird, sondern gleich die gesamte produzierte Biomasse. Bei Mais wäre dies nicht nur der Maiskolben, sondern gleich die gesamte Maispflanze mit Blättern und Stängeln.

Was sich im Prinzip so einfach anhört, ist in der Praxis leider komplizierter. Es werden verschiedene Verfahren getestet, um Biomasse in Treibstoff umzuwandeln. Diese Verfahren müssen sich die selben Anforderungen gefallen lassen, wie sie beispielsweise beim Biodiesel gelten, haben aber einen unschätzbaren Vorteil: Sie können Biomasse verwerten, die nicht speziell für die Treibstoffgewinnung produziert wird. Um den Fortschritt zu verdeutlichen: „Der Ertrag durch Synthese der gesamten Rapspflanze liegt etwa achtmal höher als der Energiegewinn unter ausschließlicher Verwendung des Rapsöls“.²⁶ Der ethische Aspekt der Konkurrenz von Lebensmittel- und Treibstoffproduktion wäre mit der Verwendung von Biomasse bzw. Resten der Landwirtschaft erst einmal vom Tisch.

Einen anderen Weg bestreitet DaimlerChrysler mit einem Modellprojekt in Indien. Dort wird aus der Jatropha-Pflanze Pflanzenöl hergestellt, das wiederum zu Biodiesel weiter verarbeitet wird. Das Besondere an dem Projekt ist, dass diese Pflanze auf kargen Wüstenböden gedeiht, der bisher nicht zur landwirtschaftlichen Nutzung geeignet war.²⁷ Auch hier wird der potenzielle ethische Konflikt vermieden, wobei es sich noch zeigen muss, ob die Umwelt- und Energiebilanz für diesen regionalen Sonderweg positiv ausfallen.

Die Vorgehensweise bei der BTL-Herstellung (BTL = „Biomass to Liquids“, also die Umwandlung von Biomasse in flüssigen Treibstoff) ist je nach Endprodukt unterschiedlich. Bei der Herstellung von Ethanol aus Biomasse wird mittels Säurezugabe zunächst die Zellulose aus dem Rohstoff herausgelöst, die dann mittels Hefen oder Enzymen zu Zucker und weiter zu Alkohol (Ethanol) umgewandelt werden. Die mengenmäßige Ausbeutung beträgt ca. 300 Liter Ethanol je Tonne Rohstoff-Biomasse.²⁸ Bei der Produktion von Diesel (sinnigerweise meist „SunDiesel“ genannt) wird in einem mehrstufigen Verfahren aus dem pflanzlichen Rohstoff Synthesegas produziert, aus dem schließlich der Kraftstoff gewonnen wird. Ausbeute: 400 kg SunDiesel je Tonne Rohstoff-Biomasse.



Ein großer Vorteil des SunDiesels ist die Möglichkeit, bei dem Schritt vom Synthesegas bis zum fertigen Treibstoff die Eigenschaften des Endprodukts maßzuschneidern. Deswegen wird in manchen Quellen auch von „Designer Fuels“ gesprochen. Damit besteht für zukünftige

Motorengenerationen das Potenzial, Motor und Kraftstoff aufeinander abstimmen zu können. Wie das potenzielle Chaos an den Tankstellen gelöst werden soll, wenn jeder Hersteller seinen eigenen Sprit getankt haben möchte, wird in den Quellen aber nicht erwähnt.

Dass BTL keine Zukunftsmusik ist, bewies beispielsweise der G8-Gipfel im Juli 2005 in Schottland. Dort wurde für den Fahrdienst ein Treibstoff verwendet, dem Bio-Ethanol aus Zellulose beige-mischt war. Eine weitere Möglichkeit, „Designer Fuel“ herzustellen, besteht im GTL-Verfahren (GTL = „Gas to Liquids“), bei dem Erdgas ebenfalls in Synthesegas und dann in synthetischen Kraftstoff umgewandelt wird. Zwar ist hier ein fossiler Energieträger die Basis, doch enthält der entstehende Kraftstoff auch bei GTL extrem wenige Verunreinigungen wie z. B. Schwefel, so dass auch mit GTL eine Verringerung der Gesamt-Schadstoffbelastung erfolgt, auch wenn die CO₂-Bilanz nicht neutral ausfällt.

Es fällt auf, dass Autofirmen und Mineralölgesellschaften die Projekte rund um BTL massiv unterstützen. Shell gab kürzlich bekannt, zusammen mit einer sächsischen Firma „die weltweit erste kommerzielle Anlage zur Produktion von synthetischem Diesel“ aufzubauen.²⁹ Beinahe parallel zu dieser Ankündigung gab DaimlerChrysler die Ergebnisse einer Studie bekannt, wonach es in Baden-Württemberg an zwei Standorten bereits mit den heute üblichen Verfahren möglich wäre, Kraftstoffe aus Biomasse wirtschaftlich herzustellen.³⁰ Als ökonomischste Rohstoff-Alternativen haben sich hier Waldrestholz und Getreidestroh erwiesen.

BTL stellt sicherlich eine der interessantesten Möglichkeiten dar, die zumindest teilweise Substitution von Erdöl durch regenerative Treibstoffe zu erreichen. Zu diesem Schluss kommt auch die US-amerikanische „National Commission on Energy Policy“ (Tabelle 4), die Alternativen für den US-Energiebedarf in einer umfangreichen Studie bewertet hat.³¹ Sie empfiehlt nachdrücklich, dem „cellulosic ethanol“ die höchste Priorität bei der Weiterentwicklung alternativer Treibstoffe einzuräumen. Im Vergleich zu Wasserstoff, „klassischem“ Bio-Ethanol aus Zucker, Biodiesel sowie Elektro-Auto urteilt die NCEP, dass nur Zellulose-Ethanol das Potenzial hat, im Jahr 2020 im Wettbewerb mit Benzin als Garant der Mobilität bestehen zu können.

Tabelle 4: Empfehlung der NCEP bezüglich alternativer Treibstoffe³²

Summary of Renewable Fuel Options

The most promising renewable transportation fuel alternatives meet four criteria: (1) they can be produced from ample domestic feedstocks; (2) they have low or near-zero carbon emissions during production and use; (3) they work in existing vehicles and with existing infrastructure; and (4) they have the potential to become cost-competitive with petroleum fuels given sufficient time and resources dedicated to technology development.

	Hydrogen	Corn Ethanol	Cellulosic Ethanol	Bio-Diesel	Electricity
Ample, Domestic Resource	Yes Hydrogen can be produced from water through electrolysis or by separating hydrogen from fossil fuels. The U.S. has plentiful coal deposits and abundant water supplies to generate sufficient hydrogen to fuel the domestic transportation system.	No In 2003, roughly 7% of the U.S. corn crop was used to make ethanol. Corn ethanol production will continue to grow, but even use of 100% of the current crop would displace only 25% of current gasoline use on an energy-equivalent basis.	Yes Greater diversity of biomass and waste feed stocks means cellulosic ethanol is likely to be less limited by competing land uses for food and forest products. NCEP analysis suggests potential for substantial production w/o constraining food supply.	Yes Bio-diesel can potentially be made from a wide variety of organic materials, including animal and crop waste, vegetable oils, used grease, etc. Waste quantities generated in the U.S. could support significant production if new technologies for making bio-diesel prove cost-competitive and widely applicable.	Yes The diversity of fuels and technologies used to provide electricity is now much greater than the diversity of fuels used in the transportation sector. Moreover, nearly all electricity used in the U.S. is produced using domestic resources.
Low-Carbon	It depends Three times more carbon intensive per mile than gasoline if produced using electricity from existing power plants. Use of natural gas, renewable, nuclear, or coal power with sequestration would make hydrogen low-carbon, but these technologies will provide greater benefits by directly displacing fossil-based electricity than by indirectly displacing gasoline.	Yes Corn ethanol is roughly 20% lower in greenhouse gas emissions than gasoline. Most emissions result from upstream energy inputs required for the cultivation, harvest, and processing of corn. CO ₂ reductions from corn ethanol are modest compared to cellulosic ethanol.	Yes Unlike corn ethanol, has potential to achieve near-zero net carbon emissions. Cultivation of cellulosic feedstocks requires very low energy inputs and, if sustainably managed, the carbon released during fuel combustion is re-absorbed by the growth of new feedstocks.	It Depends ... Provided it is produced from agricultural crops or wastes, bio-diesel would have very low carbon emissions (similar to cellulosic ethanol).	It Depends ... Depends on the manner in which the electricity used was generated. The carbon intensity of future electricity production could be greatly reduced by more reliance on renewables and development of next-generation nuclear and fossil technologies with carbon sequestration.
Compatible with Existing Infrastructure	No As a gas, would require a new national distribution infrastructure estimated to cost hundreds of billions of dollars.	It Depends ... Can be blended with gasoline at varying levels, but cannot now be transported by pipeline and must be moved by barge or truck.	It Depends ... Infrastructure and vehicle compatibility issues are the same as for corn ethanol.	Yes New synthetic, waste-derived bio-diesels are compatible with existing diesel engines and infrastructure. Some existing vegetable oil bio-diesel can cause problems in older engines at blends greater than 20%.	Yes Assuming plug-in hybrids with short all-electric range, recharging could be done using the existing grid.
Potentially Competitive with Gasoline by 2020	No Substantial technological breakthroughs and dramatic cost reductions are required. National Academy of Sciences estimates 50-year time horizon to full development.	No Technology is mature, but still costs more than twice as much to produce as gasoline (~\$1.40/gal.). Current market for corn ethanol is supported by large public subsidies.	Yes Significant progress still needed, but costs have already declined by a factor of three since 1980. NCEP analysis suggests production cost below \$0.80/gal. is attainable.	It Depends ... Economics of early deployment depend heavily on feedstock costs. In the case of waste-derived fuels, avoided cost of waste disposal can in some instances help to make bio-diesel cost-competitive.	It Depends ... Battery technology, not electricity itself, is main cost hurdle. Plug-in hybrids are more promising than all-electric vehicles.

Data Source: National Academy of Sciences, 2004; Romm, 2004 (I); Lynd, Lave, and Greene, 2004; Lynd, Greene, and Sheehan, 2004; International Energy Agency, 2004; Energy Information Administration, 2004; Romm, 2004 (II).

Zusammenfassung

Die langfristige Notwendigkeit, die Abhängigkeit der entwickelten Länder vom Rohöl zu verringern, ist durch geopolitische Verwerfungen und den immer weiter steigenden Ölpreis eine Top-Priorität geworden. Durch den hohen Anteil von Transport und Verkehr am globalen Ölverbrauch ist es nur logisch, dass hier der Hebel angesetzt wird. Dabei wird die Quadratur des Kreises versucht: Eine mittelfristig erreichbare, weit gehende Substitution vom Erdöl als primärer Energiequelle für Transport und Verkehr, die sowohl ökonomisch wie ökologisch vertretbar ist, ohne die gewerbliche wie private Mobilität einzuschränken. Die einfachste Methode, den Ölkonsum zu reduzieren, nämlich durch intensive Einsparbemühungen mittels Tempolimit, weiter erhöhter Ökosteuer, Luxussteuer auf große und starke Autos usw., würde als massive Einmischung des Staates in die persönliche Freiheit gewertet und ist politisch nicht durchsetzbar. Die Rolle der Politik ist allerdings ambivalent: Einerseits werden alternative Energien und alternative Treibstoffe massiv gefördert, andererseits ist in vielen Staaten die jeweilige Regierung auf die Einnahmen aus Mineralölsteuer etc. dringend angewiesen. Jedenfalls ist das Bemühen um umweltverträgliche Erdölalternativen politisch weitaus verträglicher als die massive Einflussnahme des Staates zum Zwecke der Reduktion des Ölkonsums.

Bei allen Fortschritten bei der Entwicklung von ökonomisch wie ökologisch und auch ethisch vertretbaren Produktionsverfahren ist der Weg



zu einer weitgehenden Substitution von Erdöl noch weit. Biogene Treibstoffe werden in den nächsten Jahrzehnten sicherlich einen steigenden Beitrag zur globalen Mobilität leisten und helfen, den weiter steigenden Energiebedarf zu decken. Ob es zu einer wirklichen Konkurrenz zu herkömmlichen Treibstoffen auf fossiler Basis kommen kann, ist derzeit noch nicht abzusehen.

Eine bedeutende Tendenz ist sicherlich das Engagement von Autoherstellern und Mineralölfirmen bei der Entwicklung alternativer Treibstoffe. Shell produziert bereits „GTL“ und mischt es seinem VPower-Treibstoff bei; zusätzlich hat sich Shell bei einem Pilotprojekt für BTL engagiert. BP übersetzt in der internen und externen Kommunikation sein Kürzel nicht mehr mit „British Petroleum“, dem originären Firmennamen, sondern mit „Beyond Petroleum“ und weist damit darauf hin, dass über die Verwendung von Mineralöl hinaus geschaut wird. Über den Fusionspartner Aral richtet BP die ersten Wasserstofftankstellen in Deutschland ein.³³ Der Tochtergesellschaft „BP Solar“ der deutschen BP ist nach eigenen Angaben Marktführer im Solargeschäft in Deutschland.³⁴ Diese Engagements sind Bestandteile für die Zukunftssicherung der Ölünternehmen. Der Trend zu integrierten Energiekonzernen dürfte dank der aktuell sprudelnden Gewinne (ermöglichen Übernahmen) auch weiterhin intakt bleiben.

Wer bei seinen langfristigen Investments darauf setzt, dass die Aktienkurse der Ölmultis nach dem aktuellen Boom nur noch nach unten gehen werden, könnte auf dem falschen Fuß erwischt werden. Die Notwendigkeit zur Diversifizierung der Energiequellen wurde von den großen Konzernen offensichtlich erkannt und wird von ihnen mit gestaltet. Häufig wird der technologische Fortschritt jedoch von Innovationen getrieben, die in kleinen Firmen entstehen. Auch die Entwickler derjenigen Verfahren, die sowohl die Versorgung der G8-Fahrzeugflotte mit Ethanol übernommen haben bzw. deren BTL-Methode jetzt erstmals in einer Großanlage umgesetzt wird, sind kleinere Ideenschmieden, die mit ihren Erfolgen die Aufmerksamkeit der Großindustrie auf sich gezogen haben.

Im Energiesektor werden wir in den nächsten Jahrzehnten noch einige technologische Innovationen sehen müssen, bevor eine weitgehende Substitution von Erdöl nicht nur, aber vor allem im Verkehrs- und Transportwesen erfolgen kann. Unter langfristigen Investmentgesichtspunkten sind im Rahmen des hier beschriebenen Trends zu alternativen, vor allem biogenen Treibstoffen Mineralöl-

konzerne nicht automatisch zum Verkauf zu stellen. Besondere Renditechancen können sich mit kleineren bis mittelgroßen Technologieunternehmen ergeben, die auf der Verfahrensseite wichtige Fortschritte zur Gewinnung von biogenen Treibstoffen erzielen. Wirkliche Favoriten sind dabei aktuell nicht zu erkennen; es kann sich aber lohnen, das Ohr am Markt zu halten und für die neuesten Tendenzen innerhalb des beschriebenen Trends zu alternativen Treibstoffen offen zu sein.

Verfasser: Christoph Kadner
Tel.: 069 / 50606 - 143

Literaturverzeichnis/Quellenangaben

- ¹ C. Kadner, „Alternative Antriebe – Baby you can drive my car“, Trend-Monitor III/2003, Lazard Asset Management.
- ² JCF Outlook, „The strategic and financial implications of expensive oil“, 8. Juli 2005, S. 2.
- ³ Im ersten Halbjahr 2005 wurde offenbar eine Schmerzgrenze erreicht; die Rekord-Benzinpreise führten in Deutschland zu einem Rückgang des Treibstoffabsatzes an den Tankstellen, der nicht nur auf sparsamere Autos oder „Tanktourismus“, sondern auch auf einen tatsächlichen Rückgang der Fahrleistung zurückgeführt wird. Siehe dazu G. Reinking/C. Hecking, „Ölrally drückt Kraftstoffabsatz dramatisch“, in: Financial Times Deutschland, 22. Juni 2005, S. 20.
- ⁴ JCF Outlook, „The strategic and financial implications of expensive oil“, 8. Juli 2005, S. 3.
- ⁵ „Bio-Energien für die Zeit nach dem Öl“, Deutsche Bank Research, Nr. 327, 20. Juli 2005, S. 7.
- ⁶ http://www.champcarworldseries.com/Tech/Car_Comparisons.asp.
- ⁷ S. Buchanan, „Sugar Rush“, in: Barron's, 24. Mai 2004.
- ⁸ WestLB, Auto Quarterly, Ausgabe Juli 2005, S. 58.
- ⁹ <http://de.wikipedia.org/wiki/Ethanol>.
- ¹⁰ <http://www.spiegel.de/auto/aktuell/0,1518,364719,00.html>.
- ¹¹ W. Peters, „Für Gewissen und Geldbeutel“, in: FAZ, 3. Mai 2005, S. T 3.
- ¹² <http://de.wikipedia.org/wiki/Biodiesel>.
- ¹³ <http://www.n-tv.de/547127.html>.
- ¹⁴ G. Hack, „Alles Bio oder was?“, in: Frankfurter Allgemeine Sonntagszeitung, 24. Juli 2005, S. V 7.
- ¹⁵ ebenda.
- ¹⁶ EU-Direktive 2003/30/EC vom 7. Mai 2003.
- ¹⁷ <http://www.refuelnet.de/index.php?l=C&m=B>.
- ¹⁸ ADACmotorwelt 7/2002; in: Dr. M. Specht, „Regenerative flüssige und gasförmige Brenn- und Kraftstoffe“, Vorlesung an der Universität Stuttgart, WS 2004/05.
- ¹⁹ Vereinfachte Darstellung nach: Dr. M. Specht, „Regenerative flüssige und gasförmige Brenn- und Kraftstoffe“, Vorlesung an der Universität Stuttgart, WS 2004/05.
- ²⁰ „Bio-Sprit ist umweltschädlich“, SPIEGEL online vom 6. Juli 2005, <http://www.spiegel.de/wissenschaft/erde/0,1518,363989,00.html>.
- ²¹ ebenda.
- ²² <http://www.spiegel.de/wissenschaft/erde/0,1518,369971,00.html>.
- ²³ Dr. M. Specht, „Regenerative flüssige und gasförmige Brenn- und Kraftstoffe“, Vorlesung an der Universität Stuttgart, WS 2004/05.

- ²⁴ So ein Ergebnis von Prof. Pimentel;
<http://www.news.cornell.edu/releases/Aug01/corn-basedethanol.hrs.html>.
- ²⁵ <http://de.wikipedia.org/wiki/Biodiesel>.
- ²⁶ C. Bartsch, „Die neue Qualität des Diesels“, in: FAZ vom 29. Juni 2005, S. T 3.
- ²⁷ F. Wagner, „Biodiesel-Produktion in der Wüste“, in: Handelsblatt vom 24. Juni 2005, S. 19.
- ²⁸ C. Böttcher, „Sprit aus Wald und Wiese“, in: Financial Times Deutschland vom 10. Mai 2005 bzw. <http://www.ftd.de/rd/6231.html>.
- ²⁹ L. Beukert, „Shell steigt in kommerzielle Produktion von Bio-Diesel ein“, in: Handelsblatt, 18. August 2005, S. 12.
- ³⁰ <http://www.energieportal24.de/modules.php?name=News&file=article&sid=1431>.
- ³¹ Die komplette Studie mit dem Titel „Ending the energy stalemate“ kann abgerufen werden unter: www.energycommission.org.
- ³² ebenda, S. 71.
- ³³ http://www.innovations-report.de/html/berichte/energie_elektrotechnik/bericht-36183.html.
- ³⁴ <http://www.deutschebp.de/sectiongenericarticle.do?categoryId=359&contentId=2006743>.

Weitere Lazard Publikationen

Investment Perspektive IV/2004

- Demografie
- Rabattschlacht in Deutschland

Standpunkt Dezember 2004

„Gebühren im Asset Management – Spieglein, Spieglein an der Wand“

Investment Perspektive I/2005

- USA 2005 – Creativity Crisis
- Displays – Größer, flacher, besser

Hintergrund Februar 2005

„Value at Risk und Stresstests in Banken und Versicherungen“

Investment Perspektive II/2005

Offshoring als Variante des Outsourcings

Standpunkt April 2005

„Private Equity als Alternative Assetklasse“

Standpunkt Mai 2005

„Der Spezialfonds – no future?“

Hintergrund Juni 2005

„Der Bondholder Value als Bestimmungsfaktor der Unternehmensbewertung“

Investment Perspektive III/2005

- Feiertage – Wem die Stunde schlägt
- Asien – A never ending story

Hintergrund August 2005

„Shareholder Value in der Sackgasse?“

Standpunkt September 2005

„Asset Backed Securities für die öffentliche Hand in Deutschland“

Standpunkt November 2005

„Benchmarks im Kontext der barwertigen Zinsbuchsteuerung“

Diese und weitere Publikationen stehen Ihnen als kostenloser Download auf unserer Homepage zur Verfügung:

<http://www.lazardnet.com/wissen>



Lazard Asset Management
(Deutschland) GmbH

www.lazardnet.de

Alte Mainzer Gasse 37
60311 Frankfurt
Tel.: 069 - 50 60 6 - 0
Fax: 069 - 50 60 6 - 100

Neuer Wall 9
20354 Hamburg
Tel.: 040 - 35 72 90 - 20
Fax: 040 - 35 72 90 - 29