

Siegfried Nowak

## **Fossile Kohlenstoffträger – ihre Rolle und Bedeutung für die Energieerzeugung und die Stoffwirtschaft**

Fossile Kohlenstoffträger, darunter versteht man Erdöl, Erdgas und Kohle, sind von ausschlaggebender Bedeutung für die Versorgung der Volkswirtschaften und der Gesellschaft mit Energie und Rohstoffen. Sie haben eine Doppelfunktion und sind Ausgangsprodukte für die Gewinnung von Gebrauchs- insbesondere Elektroenergie, Wärme, Ferngas und bilden gleichzeitig die Basis für die Erzeugung von Vergaser, Diesel- und Flugturbinenkraftstoffen und von Chemieprodukten. Der Anteil von Erdöl, Kohle und Gas für die Energieerzeugung und die chemische oder stoffwandelnde Industrie ist von Land zu Land unterschiedlich.

Grundsätzlich kann festgestellt werden, dass etwa 90% des geförderten Erdöls verbrannt werden, davon etwa 50% in Form von Heizöl und 40% als Vergaser-, Diesel- oder Flugturbinenkraftstoff. Nur etwa 8–10% des geförderten Erdöls werden für die Erzeugung von chemischen Produkten wie organische Grundstoffe – Olefine, Aromaten – von Zwischenprodukten, Plasten, Elasten, Fasern, Farbstoffen, Waschmitteln, Pharmaka u.a. eingesetzt. Erdöl nimmt also unter den fossilen Kohlenstoffträgern eine dominierende Rolle für die Herstellung von Gebrauchs- und Edelenergie und die Stoffwandlung ein. Erwähnung verdient, dass die Herstellung von Chemieprodukten und Vergaserkraftstoffen noch weitgehend auf Basis der im Erdöl erhaltenen Benzinfractionen erfolgt, die aber nur zu etwa 10–15% im Erdöl enthalten sind.

Die zunehmende Motorisierung und der steigende Energiebedarf in den Industrie- wie Entwicklungsländern, insbesondere in China und Indien, kann nicht mehr durch eine Ausweitung der Erdölförderung gedeckt werden. Wie aus den Schätzungen der Weltreserven für Öl, Kohle und Gas hervorgeht, trifft die extensive Ausweitung der Erdölförderung auf natürliche Grenzen der Verfügbarkeit. Schätzungen der Weltreserven an Kohlenstoffträgern zeigen, dass wir, trotz z.T. sehr differierender Angaben, die größten Reserven bei der Kohle besitzen. (s. Tab.1)

	Reserven	Produktion (Jahre)	R/P (Jahre)
Kohle	486	2,2	218
Öl	143	3,5	41
Gas	132	2,0	63
Uran	33	0,6	

Zit.: BP Amoco Statistical Review of World Energy (1999) and WEC (1998)

Tab. 1: Weltenergiereiserven in  $10^9$  t bezogen auf Öläquivalent

Erwähnung verdient aber besonders der Fakt, dass wir international dort den größten Verbrauch haben, wo wir die geringsten Reserven haben, und das ist das Erdöl. Die begrenzte Verfügbarkeit von Öl und die Abhängigkeit von Öl haben in den letzten Jahren zu einem enormen Preisanstieg für Erdöl und Erdölprodukten geführt, der durch solche Umweltkatastrophen wie den Wirbelsturm Katrina von den Ölkonzernen zu Extraprofiten genutzt wird. Der aktuelle Preisanstieg für Erdöl wird uns sicher langfristig erhalten bleiben, da bedeutende Erdölvorkommen in klimatisch komplizierten Gebieten liegen (z.B. Permafrostboden), das Erdöl aus größeren Tiefen gefördert und über weite Strecken zu den eigentlichen Nutzern transportiert werden muss, was das Erdöl objektiv verteuern wird.

Erschwert wird die Situation aber auch dadurch, dass die Ölreserven in sogenannten Risikoregionen liegen. 60% der erkundeten Vorkommen liegen in Nahost, der größte Teil davon im Irak und bedeutende Mengen auch im Iran. Die Außenpolitik der USA ist daher darauf gerichtet, den Energiebedarf der US-Wirtschaft mit allen, auch militärischen Mitteln zu sichern. Unter diesem Gesichtspunkt ist auch das hohe Engagement der USA in Afrika zu sehen, insbesondere in Westafrika, wo die USA 20–25% des Erdölimportes aus dieser Region erwarten. Auch China ist an der Ausbeutung der afrikanischen Ölreserven im Golf von Guinea, Tschad, Kamerun, Sao Thome und anderen Regionen interessiert. Probebohrungen der internationalen Ölkonzerne haben gezeigt, dass große Erdölreserven (etwa 4–10 Mrd. Barrel) in dieser Region lagern, sodass die USA diese Region als eine wichtige Einflussphäre ihrer Außenpolitik betrachten. Die Sicherung der Ölreserven für die USA bestimmt daher zunehmend die Außenpolitik der USA in vielen Ländern der Welt, neben dem Nahen Osten aber auch z.B. in Lateinamerika, Kasachstan, Baku. Diese Politik wird begleitet vom Aufbau sogenannter Beraterteams für die Regierungen, aber auch von Militärbasen und anderen Aktivitäten in die-

sen Ländern. Öl ist heute mehr denn je zu einem strategischen Rohstoff geworden, der international das Konfliktpotential und die Gefahr von kriegerischen Auseinandersetzungen dramatisch erhöht.

Die dargestellte Rohstoffsituation und die gegenwärtige Verbrauchstruktur für fossile Kohlenstoffträger, insbesondere in Ländern wie der BRD, die von einem hohen Import an fossilen Kohlenstoffträgern abhängig sind, erfordern einen generellen Strukturwandel hinsichtlich des Einsatzes der verfügbaren fossilen Kohlenstoffquellen Erdöl, Gas, Kohle und nachwachsende Rohstoffe. Ausgehend von der chemischen Zusammensetzung der verschiedenen fossilen Kohlenstoffträger ist das Erdöl durch seine vorgebildeten Kohlenwasserstoffstrukturen, das günstige Wasserstoff-Kohlenstoff-Verhältnis und seinen Aggregatzustand bevorzugt für die Herstellung von Chemieprodukten wie Olefinen, Aromaten, Zwischenprodukten, Plaste, Elaste, Fasern, Waschmitteln, Pharmazeutika und Kraftstoffen geeignet und besitzt daher bedeutende energetische, technische und ökonomische Vorteile gegenüber dem Einsatz von Kohle für die Erzeugung dieser Produkte.

Untersuchungen und Berechnungen in den 80-iger Jahren in der Akademie der Wissenschaften der DDR (s. S. Nowak, „Entwicklungstendenzen und Probleme der Carbochemie in der DDR“, publiziert im Journal „Arbeit Plenum und Klassen, Berlin 9(1984) 10. S.1–29“), haben gezeigt, dass die Gewinnung von Flüssigprodukten aus Braunkohle hinsichtlich Rohstoffbedarf etwa 10–14 mal, der relative Investitionsaufwand 16 mal und der Produktionsaufwand etwa 6 mal so groß ist, wie die Erzeugung der gleichen Flüssigproduktmenge aus Erdöl. Auch Steinkohle besitzt im Vergleich mit Erdöl bedeutende Nachteile für die Gewinnung von Flüssigprodukten und Kraftstoffen. Die Gewinnung von Kraftstoffen durch Hydrierung der Kohle, eine Entwicklung, die in Deutschland vor dem Zweiten Weltkrieg intensiv betrieben wurde, ist erst dann gerechtfertigt, wenn die Gewinnung von Kraftstoffen und Chemieprodukten aus Erdöl voll ausgeschöpft ist und die zur Verfügung stehende Erdölmenge den Bedarf an diesen Produkten nicht mehr decken kann. Unter Beachtung des existierenden Effektivitätsgefälles für die Gewinnung von Kraftstoffen und Chemieprodukten aus Kohle, kann die Forderung nur darin bestehen, das defizitäre Erdöl für die Erzeugung chemischer Produkte und Kraftstoffe zu reservieren und eine effektivere Nutzung des Erdöls durchzusetzen, um die begrenzten Erdölvorräte solange wie möglich für die Chemie zu erhalten. Die Aufgabe besteht darin, insbesondere den gegenwärtigen chemischen Nutzungsgrad des Erdöls deutlich zu erhöhen, d.h. hochsiedende Erdölfractionen die bisher als Heizöl verbrannt werden, in leichtsiedende

Kohlenwasserstofffraktionen umzusetzen, um so den steigenden Bedarf an Vergaser- und Dieselmotorkraftstoffen und Chemieprodukten zu gewährleisten.

Das katalytische Spalten bzw. Hydrosplattprozesse sind heute die bedeutendsten Verfahren, um hochsiedende Erdölfraktionen und Erdölrückstände in leichtsiedende Kohlenwasserstofffraktionen, die wiederum Ausgangsprodukte für die Herstellung unterschiedlicher chemischer Produkte sind, zu wandeln. Eine vereinfachte Darstellung einer klassischen oder einfachen destillativen Erdölverarbeitung mit der vertieften Erdölverarbeitung zeigt die folgende Tabelle:

	einfache	vertiefte
	Erdölverarbeitung	
Ausbeuten		
Benzinfraktionen	15–18%	30–40%
Dieselölfraktionen	35%	40%
Heizölfraktion	50%	20–25%

Tab. 2

Aus der Tabelle ist ersichtlich, dass die katalytische Umsetzung des Erdöls zu einer grundsätzlich anderen Ausbeutestruktur führt, und damit den gegenwärtigen und künftigen Bedürfnissen der Stoffwirtschaft und der Motorisierung weitaus besser gerecht wird. Die gegenwärtigen Technologien und neu entwickelte Katalysatoren verleihen diesen Prozessen darüber hinaus eine hohe Flexibilität hinsichtlich der Verarbeitung verschiedener Rohstoffe, wie der Erzeugung von Zielprodukten, die der spezifischen Fahrweise und Verarbeitungsstruktur von Raffinerien und den regionalen Bedürfnissen gut angepasst werden können.

Wesentliche Voraussetzung für die Realisierung einer vertieften Erdölverarbeitung, ist die Substitution der für die Energieerzeugung eingesetzten Heizölfraktionen und Erdölrückstände durch andere Energieträger wie Kohle, Gas, Biomaterial, organische Abfälle, eine Entwicklung, die auch in Zukunft ihre Bedeutung für die Energieerzeugung kurzfristig nicht verlieren wird. Aus umweltrechtlichen wie klimatologischen Gründen ist aber eine sinnvolle Substitution der konventionellen Energieträger auf Basis von Kohlenwasserstoffen, durch kohlenstofffreie alternative Energiequellen wie Solar- und Windenergie, Erdwärme, Wasserkraft oder Kernenergie erforderlich. Regenerative Energiequellen wie die Sonne, Wind, Wasser und die Kernenergie werden und müssen in Zukunft eine größere Rolle spielen und führen

objektiv nicht nur zu einer neuen Energiestruktur, sondern erfordern auch eine engere Verzahnung der Energieerzeugung mit der Energienutzung. Große Bedeutung hat diese Entwicklung vor allem im regionalen Bereich, wo die Energieerzeugung mit der unmittelbaren Nutzung der Energie ohne große Transportprobleme besondere Vorteile bietet (z.B. Biogasanlagen und die bereits genannten regenerativen Energiequellen).

Große Bedeutung für die Substitution von Erdöl als Energieträger haben neben den diskutierten Möglichkeiten daher auch Fragen der rationellen Energieanwendung in der Industrie und im Haushalt, die Entwicklung kraftstoffsparender Motoren, eine effektive Wärmedämmung und andere Maßnahmen.

Neben der Ausweitung der vertieften Erdölverarbeitung als einem Haupttrend zur Sicherung der steigenden Motorisierung mit Kraftstoffen und der Gewinnung von Chemieprodukten sind, ungeachtet des existierenden Effektivitätsgefälles für die Gewinnung dieser Produkte aus Kohle, neue wissenschaftlich-technische Grundlagen für die Erzeugung der genannten Produkte zu erarbeiten, da die Verfügbarkeit für Erdöl wesentlich schneller abnimmt als für Kohle, sodass rechtzeitig gesicherte technologische Lösungen vorliegen, wenn sie gebraucht werden. Eine seit vielen Jahren bekannte und attraktive Möglichkeit zur Herstellung von Chemieprodukten, die nicht auf Erdöl basieren, ist die Vergasung der Kohle und die Umsetzung von Erdgas/Methan zu Synthesegas (CO/H<sub>2</sub>) und dessen nachfolgende Umsetzung zu chemischen Produkten und die Gewinnung von Wasserstoff für vielfältige Anwendungen.

Beispiele für großtechnische Synthesen auf Basis von Synthesegas sind Methanol, Wasserstoff, Ammoniak, Formaldehyd, Harnstoff und Amine. Auch die Fischer-Tropsch-Synthese, die während des Zweiten Weltkrieges eine wesentliche Basis für die Gewinnung von Kraftstoffen in Deutschland war, aber heute aus ökonomischen Gründen nur in wenigen ausgewählten Ländern wie z.B. in Südafrika noch betrieben wird, zeigt die potenzielle Möglichkeit der Herstellung von Chemieprodukten auf carbostämmiger Grundlage.

Vor allem Methanol, das weltweit zu den größten Produktionsvolumina zählt, ist Ausgangsprodukt und potenzieller Rohstoff für eine Vielzahl von chemischen Verbindungen. Ohne hier auf Details und die Besonderheiten der Umsetzung von Synthesegas und Methanol zu chemischen Produkten eingehen zu können, ist die Gewinnung von höheren Alkoholen, Essigsäure, Essigsäureanhydrid und auch von hochoktanigen Vergaserkraftstoffen und niederen Olefinen und aromatischen Kohlenwasserstoffen auf Kohlebasis möglich.

Während die Herstellung der genannten sauerstoffhaltigen Produkte zu den etablierten Verfahren gehört, scheidet die potenzielle Möglichkeit der Gewinnung von Kraftstoffen aus Methanol an der Ökonomie. Methanol, das ja eine hohe Oktanzahl besitzt, kann durch Zumischung zu Vergaserkraftstoffen Beiträge zur Sicherung des Kraftstoffbedarfs leisten. Am bekanntesten und gut untersucht, ist die sogenannte M-5 und M-15 Technologie, d.h. Mischkraftstoffe, die neben Benzinfraktionen 5 bzw. 15% Methanol enthalten. Diese Variante hat gegenüber der katalytischen Wandlung von Methanol in Vergaserkraftstoffe zweifelsohne energetische und ökonomische Vorteile. Während die Zumischung von 5% Methanol bei Vorhandensein aromatenreicher Vergaserkraftstoffe weitgehend als problemlos eingeschätzt wird, dafür aber nur geringe Mengen an Benzinfraktionen substituieren kann, erfordert die Einführung der M-15 Variante infolge von Korrosionen an Dichtungen und Schlauchverbindungen Veränderungen und Umrüstungen der gegenwärtigen Fahrzeugmotoren. Die Entwicklung geeigneter Materialien und ihr Einsatz in bestehenden und neuen Fahrzeugen sind daher eine Grundvoraussetzung für die Einführung von sogenannten Mischkraftstoffen. Analoges gilt auch in verstärktem Maße für den Einsatz von Reinmethanol als Kraftstoff, eine Variante, die während der bekannten Erdölkrise durch die Entwicklung von Methanolmotoren besonders in Japan intensiv betrieben wurde. Obwohl hier die im Zusammenhang mit der Einführung von Methanol-Vergaserkraftstoffen auftretenden Probleme nicht umfassend behandelt werden können, stellt Methanol eine weitere interessante Möglichkeit der Substitution von erdölstämmigen Rohstoffen für die Herstellung von Kraftstoffen dar.

Auch Äthanol, das aus Pflanzen mit einem hohen Zucker- und Kohlenhydratanteil hergestellt werden kann, eine Entwicklung, die vor allem in den 70-iger Jahren in Brasilien (Äthanolgewinnung aus Zuckerrohr) favorisiert, aber aus ökonomischen Gründen später eingestellt wurde, könnte unter den gegenwärtig veränderten Rohstoffbedingungen wieder attraktiv werden.

Auch die Herstellung von Biodiesel aus Raps und Sonnenblumen ist gegenwärtig hochaktuell und gewinnt zunehmend an Bedeutung. So will z.B. eine Brandenburger Firma, die EOP Biodiesel AG, eine zweite Biodieselanlage in Betrieb nehmen und jährlich 65000 t produzieren. Damit wird der Anteil an Biodiesel, der zurzeit mit etwa 800000 Tonnen etwa 1,5% des Kraftstoffbedarfs in Deutschland deckt, schrittweise weiter erhöht.

Der Einsatz von nachwachsenden Rohstoffen für die Erzeugung von Energie und die Stoffwirtschaft wird, da diese Entwicklung durch die Politik auch stark gefördert wird, weiter zunehmen, obwohl einer spürbaren Ausweitung

der Produktion durch die vorhandenen landwirtschaftlichen Nutzflächen natürliche Grenzen gesetzt sind. Ungeachtet dessen, kann diese Entwicklung z.B. in tropischen Ländern einen spürbaren Beitrag zur Rohstoffversorgung leisten. Die euphorische Reaktion einiger Politiker für eine forcierte Entwicklung der Gewinnung von Kraftstoffen aus landwirtschaftlichen Produkten sollte jedoch nicht über die Tatsache hinwegtäuschen, dass hochwertige landwirtschaftliche Produkte verbrannt und große Landflächen für ihre Herstellung dafür gebunden werden, wo andererseits große Teile der Weltbevölkerung durch Nahrungsmangel und Armut bedroht sind.

Ausgehend von der gegenwärtigen und künftigen Situation der Versorgung der Industrie und Gesellschaft mit Rohstoffen für die Energieerzeugung und Stoffwirtschaft, sind Strukturveränderungen in allen Bereichen der Produktion und Konsumtion unvermeidlich. Aus dem Dargelegten ergeben sich folgende Schlussfolgerungen:

- Optimierung und effizienterer Einsatz der vorhandenen Kohlenstoffträger für die Energie und Stoffwirtschaft, d.h. vor allem das begrenzt zur Verfügung stehende, defizitäre Erdöl aufgrund seiner chemischen Zusammensetzung und Eigenschaften für die Stoffwirtschaft langfristig zu erhalten und dessen stofflichen Nutzungsgrad wesentlich zu erhöhen. Voraussetzung dafür ist die Weiterführung der vertieften Erdölverarbeitung in Richtung einer maximalen Erzeugung von Kraftstoffen und Chemieprodukten aus hochsiedenden Erdölfractionen- und -rückständen und die Substitution dieser bisher für die Energieerzeugung eingesetzten Fraktionen durch andere Quellen.
- Die großen Vorräte an Gas und Kohlen sprechen dafür, dass beide Rohstoffe in Zukunft einen größeren Beitrag für die Gewinnung von Primärenergie und Chemieprodukten leisten müssen. Aussichtsreiche Entwicklungen sind die Vergasung der Kohle und die Umsetzung von Erdgas zu Synthesegas und Methanol und deren nachfolgende Wandlung in Chemieprodukte.
- Der unmittelbare Einsatz des auf carbochemischer Grundlage erzeugten Methanols kann durch unmittelbare Zumischungen zum klassischen Kraftstoff oder als reiner Methanolkraftstoff die Erdölbilanz deutlich entlasten.
- Wesentliche Beiträge zur Einsparung an Erdöl und Erdölprodukten werden durch die Entwicklung kraftstoffsparender Autos und neue Motor Konstruktionen (Hybridtechnologie) und energiesparende Technologien wie Wärme-Kraftkopplung, Wärmedämmung u.a. erwartet.

- die Substitution von fossilen Kohlenstoffträgern durch erneuerbare Energieträger in den Bereichen, die schon gegenwärtig zu einer ökonomischen, wenn auch noch nicht großflächigen Freisetzung von klassischen Rohstoffen geführt haben, die aber aus Gründen des Schutzes unserer Umwelt schon heute eine verstärkte Entwicklung erfahren sollten, muss bedeutend erweitert werden.
- Verstärkte Nutzung nachwachsender Rohstoffe wie z.B. Holz, Gülle u.a. Produkte, die insbesondere für die regionale bzw. lokale Gewinnung von Energie von Bedeutung ist,
- Gewinnung von Energie und Ausgangsprodukten für die Stoffwirtschaft durch die Wiederverwendung der in großen Tonnagen anfallenden Plast-, Elast- und Papierabfälle

Weitere potenzielle Rohstoffe, die immer wieder einmal im Interesse einer langfristigen Rohstoffsicherung stehen, für die aber eine gegenwärtige ökonomische Ausbeutung und Nutzung nicht gegeben ist, sind Gashydrate, die in großen Mengen in den Ozeanen lagern, sowie Schieferöle und Ölsande.

Die dargestellte Situation auf dem Rohstoff- und Energiesektor erfordert für die langfristige Sicherung des Energie- und Rohstoffbedarfs nicht nur neue Technologien und Konzepte, sondern auch eine neue Herangehensweise, die vor allem dem bisherigen Trend, den Bedarf an Gütern und den steigenden Wohlstand weitgehend durch eine extensive Nutzung der endlichen Ressourcen zu decken, entgegenwirkt. Ich bin überzeugt, dass die Weltgemeinschaft in der Lage ist, durch den wissenschaftlich-technischen Fortschritt und die politische Einsicht von Entscheidungsträgern die Bedürfnisentwicklung mit der Rohstoffproblematik in Einklang zu bringen.