

# Umweltschutz auf den Meeren



## Der Schadstoff Schwefel

Wenn Schwefel verbrannt wird, entsteht Schwefeldioxid ( $\text{SO}_2$ ) und Schwefeltrioxid ( $\text{SO}_3$ ). In Verbindung mit Wasser bildet sich daraus Schwefelsäure ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ). Im grünen Deutschland einst – unter dem Kampfbegriff „Waldsterben“ – sehr populär. Im Zusammenhang mit Dieselmotoren soll besonders  $\text{SO}_3$  eine herausragende Rolle spielen: Es gilt als ein wesentlicher Verursacher des Dieselmotors. Der Vorläufer des aktuellen Aufregers Stickoxide im Kampf gegen den Verbrennungsmotor.

Wenn Abgase den Schornstein verlassen, beginnen sie sich unmittelbar zu verdünnen. Eine nicht zu vernachlässigende Tatsache, insbesondere auf Hoher See. Dort werden sie vom Regen ausgewaschen und stellen kein Problem für die Meeres Flora und Fauna dar. Anders verhält es sich in Küstennähe und auf Flüssen oder in Hafenstädten. Dort können die Abgase zumindest für einige Menschen lästig sein.

## Die Entwicklung der Grenzwerte

Besonders in der Bucht von Tokio, in den Häfen der Westküste der USA und in Nord- und Ostsee begann man deshalb Emission Control Areas (ECA) zu definieren. In solchen Gebieten durfte ab July 2010 nur noch Treibstoff mit einem maximalen Gehalt von 1% Schwefel verwendet werden. **Dieser Grenzwert wurde ab Januar 2015 weiter auf 0,1% verschärft.** Hat man erst einmal einen Schadstoff gefunden, kann man die Grenzwerte immer weiter verschärfen. Wer will schon auf Gremien, Kongresse und Dienstreisen verzichten?

Der nächste Schritt ist dann, die gesamte Erde zu beglücken. So hat die International Maritime Organization (IMO) – müßig zu erwähnen, eine Sonderorganisation der Vereinten Nationen (UN) – schon im Januar 2012 den Schwefelgehalt weltweit auf 3,5% (ehemals 4,5%) begrenzt. Vorsichtshalber hat man gleich beschlossen, daß **ab Januar 2020 nur noch ein Grenzwert von 0,5% Schwefel für Schiffstreibstoffe zulässig ist.** Ein echter Kostentreiber: Bisher war es üblich, einerseits HSF0 (high-sulfur fuel oil mit 3,5% Schwefel) für das offene Meer zu tanken und andererseits schwefelarmen Treibstoff für die ECA-Zonen. Nach dem Verlassen der Küstengewässer wurde umgeschaltet. Zumindest im Sinne von Menschenschutz ein sinnvolles Vorgehen zu optimalen Kosten.

Wohin die Reise geht, kann man schon an den Grenzwerten für Benzin und Dieselkraftstoff nach DIN EN 590 erkennen. Hier sind nur noch 0,001% Schwefel zulässig. Bei den Kraftfahrzeugen mit Abgaskatalysator (nächster Schritt im Schiffsbetrieb?) eine technische Notwendigkeit. Für unser Heizöl Extra Leicht schwefelarm (HEL) sind noch 0,005% Schwefelgehalt zulässig. Hier ist es das Kondensat aus den Brennwertkesseln und die Kanalisation. Lediglich die Luftfahrt scheint noch ein wenig widerspenstig. Für deren Triebwerke gilt ein Grenzwert von 0,03% Schwefel für Jet A1.

## **Das Rohöl und seine Verarbeitung**

Erdöl ist ein Naturprodukt und unterliegt damit großen Schwankungen in seiner Zusammensetzung. Im Handel unterscheidet man leichte (light crude oil) und schwere Rohöle (heavy crude oil), sowie den Schwefelgehalt (sweet oder sour crude oil). Raffinerien müssen sich entsprechend ihrer Verfahrenstechnik und ihrer Kundenwünsche das geeignete Rohöl zusammenkaufen. Der Preis stellt sich am Weltmarkt nach Angebot und Nachfrage ein. Von der Tendenz her, sind dünnflüssige und schwefelarme Rohöle teurer.

Der erste – und in vielen Ländern auch der einzige – Verfahrensschritt ist die Destillation. Das Rohöl wird auf etwa 400 °C erhitzt und in eine Kolonne eingespeist. Dort verdampft es teilweise und kondensiert bei unterschiedlichen Temperaturen in verschiedenen Stufen. Die leicht flüchtigen Anteile (Benzin, Kerosin, leichtes Heizöl etc.) werden so abgetrennt. Es verbleibt ein zähflüssiges Rückstandsöl (residual fuel oil oder resid) mit fast dem gesamten Schwefel. Täglich fallen davon etwa 8 Millionen barrel weltweit an. Bisher wurden davon rund die Hälfte als Schiffstreibstoff verwendet. Die andere Hälfte wird weiter verarbeitet (z. B. Asphalt), mit großem Aufwand weiter zerlegt oder in Kraftwerken verfeuert.

Schon an dieser Stelle erkennt man, daß der derzeitige Verbrauch von etwa 3,2 Millionen barrel HSB (high-sulfur bunker mit 3,5% Schwefel) pro Tag, kein Nischenprodukt ist. Jegliche Veränderung der Spezifikationen wirkt sich unmittelbar auf die Verarbeitung (Investitions- und Betriebskosten) und die Rohölpreise aus. Ob dies die UNO-Beamten überhaupt durchschaut haben oder gar für ihre politischen Interessen ausgenutzt haben, muß der geneigte Leser selbst entscheiden.

Klar ist, daß schon immer die edleren Produkte, wie z. B. Benzin und Kerosin das Geld bei einer Raffinerie bringen mußten. Das Rückstandsöl mußte meist unter dem Einstandspreis für Rohöl verkauft werden. Für alle ein gutes Geschäft: Benzin und Heizöl wurden nicht noch teurer und die Reeder konnten wegen geringer Treibstoffpreise niedrige Frachtraten anbieten.

## **Die Möglichkeiten**

Auf die veränderten Grenzwerte zeichnen sich folgende Reaktionen ab:

- Erwirken von Ausnahmegenehmigungen. Kann ein Schiff nicht genug schwefelarmen Treibstoff bekommen, kann es eine Sondergenehmigung für die Fahrt oder den Fahrtabschnitt erhalten.

- Einbau von Rauchgaswäschen (Scrubber)
- Umrüstung auf alternative Kraftstoffe (LNG, Methanol)
- Blending (Mischung von Produkten mit unterschiedlichem Schwefelgehalt)
- Nachrüstung von Raffinerien mit Cokern und Crackern, wodurch ein neues „Abfallprodukt“, der Petrolkoks, entsteht. Entsorgung nur zum Preis von Kesselkohle in Kohlekraftwerken möglich. Einbau zusätzlicher Entschwefelungsanlagen (Hydrodesulfurierung).
- Veränderung des Rohöleinsatzes wodurch sich die weltweiten Handelsströme verschieben.
- Erhöhung des Rohöleinsatzes, Steigerung des Eigenverbrauches der Raffinerien.

## **Ausnahmegenehmigung**

Noch ist die Abwicklung von Ausnahmen noch nicht genau geregelt. Man geht aber davon aus, daß sie ähnlich der Gepflogenheiten in der 200-Meilenzone um die USA gehandhabt werden. Dort muß die Anzeige elektronisch vor Einlaufen über einen FONAR (electronic Fuel Oil Non-Availability Report or FONAR) angezeigt werden.

In Deutschland wird das sicherlich streng überwacht und mit drastischen Bußgeldern geahndet werden. Was allerdings in Rußland und Afrika passieren wird, kann man sich leicht vorstellen.

## **Rauchgaswäschen**

Man kann die Abgase eines Schiffsdiesels – wie in einem modernen (schornsteinlosen) Kohlekraftwerk – waschen, bevor sie in den Auspuff geleitet werden. Allerdings mit gewissen Einschränkungen. Auf einem Schiff ist der Platz begrenzt. Man kann daher nicht eine so aufwendige Verfahrenstechnik, wie in einem Kraftwerk an Land einbauen. Die nächste Frage betrifft das Waschmittel. Man kann einfach Meerwasser verwenden, was aber bedeutet, man gibt nun die Schadstoffe konzentriert ab. Ob das eine Verbesserung gegenüber der Verdünnung im Fahrtwind ist, sei dahingestellt. Mit Sicherheit kann man die Abgase deshalb nicht in Häfen und Flüssen waschen. Will man auch dort waschen, braucht man einen geschlossenen Kreislauf wie in einem Kraftwerk. Bleibt dann aber die Frage der Entsorgung des Sondermülls.

Solch eine Rauchgasreinigung kostet je nach Schiff ca. 2 bis 5 Millionen US\$ und erfordert einen zusätzlichen Betriebsaufwand. Bisher werden sie hauptsächlich in Kreuzfahrtschiffen eingebaut. Dort können sie den Passagieren ein besonders gutes Gefühl geben.

## **Alternative Kraftstoffe**

Es gibt praktisch zwei Alternativen: Flüssiges Erdgas (LNG) und Methanol. Beide enthalten keinen Schwefel. In sog. Gas-Diesel-Motoren können sie problemlos verbrannt werden. Bei ihnen ist ein kleiner Anteil Diesel nur noch zur Zündung (1,5 bis 6%) erforderlich (d. h. der Diesel-Kreisprozess mit seinem guten Wirkungsgrad bleibt erhalten). Gleichwohl können sie auch stufenlos nur mit Diesel betrieben werden. Derzeit ist LNG der absolute

Favorit (bei Neubauten) gegenüber Bunkeröl. Hinzu kommt eine „Zukunftssicherheit“. Auch die IMO bastelt bereits an CO<sub>2</sub> Vorschriften und Abgaben. Erdgas setzt gegenüber Öl nur rund 75% CO<sub>2</sub> frei. Allerdings ist das Volumen von LNG größer und es ist eine aufwendigere Technik mit Isoliertanks nötig (Lagertemperatur < -160°C). Der Platzbedarf ist rund doppelt so groß.

Inzwischen gibt es einen Weltmarkt und ganze Tankerflotten für LNG. Gleichwohl muß erst eine Infrastruktur aus dezentralen Lagern, Tankstellen in den Häfen, Bunkerbooten, Tanklastern usw. aufgebaut werden. An der Nordseeküste und im Ostseeraum (ECA-Zonen) ist man damit bereits weit vorangekommen. Hinzu kommt, daß LNG billig ist, jedenfalls weitaus billiger als entschwefelter Kraftstoff.

## **Blending**

Zumindest in den ersten Jahren wird das Mischen von unterschiedlichen Ölen zu LSB ( low-sulfur bunker bis 0,5% S) gängige Praxis sein. Es gibt etliche Raffinerien, die für dünnflüssige und süße Rohöle gebaut sind. Diese liefern ein Rückstandsöl mit rund 1% Schwefelgehalt. Will man daraus LSB herstellen, benötigt man rund die gleiche Menge an Dieselkraftstoff bzw. Kerosin etc. Diese Nachfrage wird die Preise für Kraftstoffe und Flugzeugtreibstoff in die Höhe treiben.

## **Nachrüstung von Raffinerien**

Rückstandsöle sind ein Abfallprodukt. Ihr Wert liegt deshalb meist deutlich unter dem Einstandspreis für Rohöl. Es gab deshalb schon immer Bestrebungen, Rückstandsöle in höherwertige Produkte umzuwandeln. Grundsätzlich gilt, je mehr Wasserstoff ein Öl enthält, um so geringer ist sein Siedepunkt. Man muß also dem Rückstandsöl Wasserstoff hinzufügen. Dies geschieht z. B. in einem Coker. Dort wird Rückstandsöl bei Temperaturen von über 500°C in wasserstoffreiche Leichtöle und Petrolkoks zerlegt. Der Wasserstoff wird also hierbei nur intern umgelagert. Schwefel und Schwermetalle verbleiben im Koks.

Man kann aber auch Wasserstoff von außen zuführen. Mit Wasserstoff gelingt auch eine Entschwefelung. Bei der Hydrodesulfurierung wird der im Öl enthaltene Schwefel erst in Schwefelwasserstoff und anschließend in elementarem Schwefel umgewandelt. Ein sehr energieintensives Verfahren. Zudem ist Wasserstoff recht teuer.

Es handelt sich um komplexe verfahrenstechnische Anlagen. Eine Nachrüstung einer Raffinerie dauert mehrere Jahre und kostet zig Milliarden. Es ist klar, daß sich diese Kosten in den Produkten widerspiegeln müssen.

## **Rohöleinsatz**

Raffinerien sind meist für die Verarbeitung bestimmter Rohöle gebaut. Es ist aber schon immer üblich, Mischungen verschiedener Rohöle herzustellen, um ein synthetisches Rohöl zu erhalten. Dies ist ein Weg für einfachere Raffinerien sich den Gegebenheiten ab 2020 anzupassen. Man kann z. B. das Rückstandsöl einer Raffinerie, die Arab Light verarbeitet etwa hälftig mit Bakken Rohöl vermischen und erhält daraus ein Öl ähnlich Maya Crude. Dies ist ein

typischer Weg für Raffinerien am Golf von Mexiko. Man kauft das Rückstandsöl billig am Weltmarkt ein, mischt es mit besonders leichtem Rohöl aus Dakota usw. (Fracking) und kann es in den entsprechenden Raffinerien verarbeiten.

## **Das Henne-Ei Problem**

Die Verschärfung der Grenzwerte in einem Schritt, an einem Stichtag, hat eine enorme wirtschaftliche Herausforderung heraufbeschworen. Die Reeder können nur Wetten abschließen. Keiner kennt die zukünftige Preisdifferenz zwischen HFO (higher-sulfur heavy fuel oil) und (MGO) (low-sulfur marine distillates-marine gas oil) bzw. MDO (marine diesel oil). Genau dieser Wert entscheidet aber über die Amortisation für die Millionen-Investition pro Schiff und Wäscher. Ganz ähnliches gilt für die Preisdifferenz zu LNG. Der Einsatz von LNG dürfte sich nur für Schiffe rechnen, die überwiegend in den ECA-Zonen (nur 0,1% S) fahren. Es verwundert daher nicht, daß bis heute weniger als 1% der Handelsflotte mit über 50 000 Schiffen umgestellt ist.

Bei den Raffinerien sieht es nicht besser aus. Man geht davon aus, daß die Preise für HFO weiter fallen werden (auf ca. 60% der Rohöleinstandspreise). Gewinner sind im Moment Raffinerien, die bereits über Coker und Hydrodesulfurierung verfügen. Sie können doppelt von den fallenden Preisen für HFO und den steigenden Preisen für schwefelarme Öle profitieren. Gerade für kleine Raffinerien ist das Investitionsrisiko in Milliardenprojekte viel zu groß. Außerdem werden die Preisdifferenzen um so kleiner, je mehr Raffinerien umstellen.

Wie gewaltig die Verschiebungen sein werden, zeigen die Bilanzen aus 2012: Es wurden weltweit insgesamt 260 Millionen to Schiffstreibstoffe verbraucht. Davon waren 223 Millionen to HFO und lediglich 37 Millionen to MGO/MDO. Für 2020 schätzt man den Verbrauch auf 352 Millionen to. Die Verteilung ist noch unabsehbar. Man muß deshalb mindestens von Mitte 2019 bis 2020 von stark schwankenden Preisen für Mineralölprodukte ausgehen. Wie die Weltwirtschaft darauf reagiert, weiß keiner.

## **Konsequenzen**

Dies ist wieder mal ein Beispiel für die Festlegung von Grenzwerten – die der Mehrheit der Bevölkerung gar nichts sagen – durch ferne und abgehobene Gremien. Ähnlich der Stickoxide durch die EU. Die Bombe ist erst geplatzt, als der Normalbürger von Fahrverboten betroffen war. Aktuell hat man gerade die Diskussion über „unverbindliche Empfehlungen“ der UNO auf einem ganz anderen Gebiet. Auch die IMO-Grenzwerte waren einst nicht bindend. Hier setzt die Kritik an den einschlägigen Industrieverbänden ein. In der Phantasiewelt der Linken, schreiben die Lobby-Verbände die Gesetze. In der Realität ist das mitnichten so. Sie stehen einer Mauer von – überwiegend ungebildeten, aber ideologisch gefestigten – Politikern, Bürokraten und Nicht-Regierungsorganisationen gegenüber. Allesamt Personen, die für die wirtschaftlichen Konsequenzen ihres Handelns in keiner Weise verantwortlich sind. Die meisten sind nicht einmal demokratisch legitimiert. Das Vehikel Umweltschutz hat sich inzwischen als eine Gefahr für alle Gesellschaften herausgebildet. Auf keinem Sektor sind so viele Scharlatane und Ideologen

unterwegs. Mit der zunehmenden Abnahme naturwissenschaftlicher Kenntnisse in Deutschland wird eine notwendige Aufklärung über technisch-wirtschaftliche Abhängigkeiten immer schwieriger.

Der Beitrag erschien zuerst auf dem Blog des Autors [hier](#)