

Abteilung II

Seehäfen und Seeschiffahrtsstraßen

(für gewerbliche Fischerei- und Freizeitschiffahrt)

Thema 1

Seeverkehr und Kohleumschlag

Auswirkungen des steigenden Transports von Kohle und anderen Mineralien auf Schiffe und Häfen im Hinblick auf:

- Schiffsgrößen und Merkmale für verschiedene Handelsrouten in seichten und tiefen Gewässern;
- Planung und (Um)Gestaltung von Seehäfen in Import- und Exportländern;
- Hafen- und Schiffsanlagen für den Umschlag dieser speziellen Ladungen, einschließlich neuer Techniken — z.B. Kohlenschlamm;
- wirtschaftliche Aspekte dieser speziellen Anlagen;
- Umweltaspekte des Beladens, Entladens und der Lagerung.

Der Anteil der Kohle an der künftigen weltweiten Energieversorgung wird steigen. Es wird erwartet, daß der Kohlehandel während der nächsten 20 Jahre bedeutend über dem Stand vor 1979 liegen wird. Es ist daher überaus wichtig, daß die Häfen mit dieser Entwicklung Schritt halten können.

Thema des Berichts

Transport und Umschlag von Kohle im weltweiten Seeverkehr

— Heutige Situation und mögliche Entwicklungen —

Berichtersteller

E. Thomas

Hansaport Hafenbetriebsgesellschaft mbH., Hamburg

Dr. P. Eiler

Krupp Industrietechnik GmbH., Wilhelmshaven

A. Struna

Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg AG, Nürnberg

R. Klose, F. Stephan

Salzgitter Industriebau GmbH, Salzgitter

Dr. K.D. Kuz

Sellhorn Ingenieurgesellschaft mbH, Hamburg

I. Überseetransport von Kohle	91
1. Überseetransport von Massengütern.....	91
2. Welt-Seetransport von Kohle.....	92
2.1 Energiebedarf und Energieträger.....	92
2.2 Kohleförderung und -exporte.....	94
2.3 Lösch- und Infrastruktureinrichtungen der Empfangsregionen.....	95
3. Spezielle Technologien in Schiffbau und Massengutumschlag.....	96
4. Umweltschutz-Belange.....	97
5. Schlußfolgerungen.....	97
II. Kohlebelader großer Leistung	98
1. Allgemeines.....	98
2. Bauformen.....	99
3. Umweltschutzmaßnahmen.....	103
4. Elektrische Ausrüstung.....	104
4.1 Stromeinspeisung.....	105
4.2 Mittelspannungs-Schaltanlage.....	105
4.3 Niederspannungs-Schaltanlage.....	105
4.4 Bandantriebe.....	106
4.5 Kranantriebe.....	197
4.6 Sonstiges.....	107
5. Sicherheits- und Überwachungseinrichtungen.....	107
6. Ausblick.....	109
III. Ein neuer Greifer-Schiffsentlader für Kohle	109
1. Veranlassung.....	109
2. Entwurfskonzept.....	110
3. Elektro- und Sicherheitseinrichtungen.....	112
4. Umweltschutz-Belange.....	112
5. Löschleistung.....	113
IV. Seetransport und Umschlag von Kohleschlämmen	115
1. Hintergrund und bisherige Entwicklungen.....	115
2. DENSECOAL - Produktion und Eigenschaften.....	116
3. Transport und Umschlag von DENSECOAL.....	118
4. Schlußbetrachtung.....	121

Zusammenfassung

Der Bericht zeigt den gegenwärtigen Stand und die denkbaren Entwicklungen im weltweiten Seetransport von Massengütern und Kohle auf, er beschreibt Besonderheiten und Leistungen großer moderner Einrichtungen zur Be- und Entladung von Kohle und er schließt ab mit

einem Überblick über laufende Entwicklungsarbeiten zur Förderung und zum Umschlag vor Kohleschlamm.

Der Weltseeverkehr zeigt im Massengutbereich unerwartete Tonnagezuwüchse von Kohle und Weizen im Vergleich zu geringeren Zunahmen beim quantitativ bedeutendsten Massengut, dem Eisenerz. Schiffseinheiten von mehr als 18.000 tdw dominieren bei der Verschiffung von Kohle. Entwicklungen im Seetransport von Kohle werden bestimmt durch den künftigen Bedarf an Energie, die Art und Weise der Bedarfsdeckung sowie durch die Verfügbarkeit infrastruktureller Einrichtungen in den Versand- und Empfangshäfen.

Es werden die großen traditionellen Kohle-Exportländer und ihre den Land- und Seetransport zum Empfänger bestimmenden Besonderheiten skizziert. Große Zuwachsraten werden im Exportgeschäft von China erwartet.

Die diversen Versuche, den Seetransport von Kohle durch Anwendung spezieller Technologien, z.B. die Installation von Selbsteinladeeinrichtungen auf Schiffen oder der Einsatz von Containern, wurden mangels betrieblicher Flexibilität oder aus wirtschaftlichen Gründen zwischenzeitlich wieder eingestellt. Die eingesetzten Schiffe müssen sich ändernden Marktanforderungen anpassen und geeignet sein, alle wichtigen Massengüter zu transportieren.

Auch heute noch werden Massengutschiffe durch stetig fördernde Schiffsbelader beladen während die Entladung durch diskontinuierlich arbeitende Einrichtungen, wie Greiferentlader, erfolgt. Der Bericht schildert die unterschiedlichen technischen Konzepte zur Konstruktion von Seeschiffsbeladern und diskutiert ihre individuellen betrieblichen Vor- und Nachteile. Im weltweiten Einsatz befinden sich heute Geräte bis zu Beladeleistungen von 10.000 to/Std. Die Gestaltung dieser Geräte orientiert sich an den geforderten Leistungen und den örtlichen Besonderheiten des Schiffs- und Liegeplatzes und der Kaianlage. — Die Gerätebeschreibung wird ergänzt durch eine beispielhafte Darstellung der elektrischen Einrichtungen, wie Energieversorgung, Antriebe, Sicherheits- und Kontrolleinrichtungen der Belader.

Die Einrichtungen zur Entladung der Massengutschiffe im Hafen des Empfängerlandes am anderen Ende der Transportkette werden beschrieben anhand einer modernen, erst kürzlich installierten Greifer-Entladebrücke. Diese Brücke, installiert am werkseigenen Kai eines Kohlekraftwerkes, war konzipiert, im Hinblick auf Entladeleistung und Betriebszuverlässigkeit drei kleinere Drehwippkräne zu ersetzen. Die durch eine individuelle Gerätekonzeption zu erfüllenden betrieblichen Anforderungen und umweltrelevanten Auflagen waren erheblich und bedingten neue Entwurfsmethoden.

Die unmittelbare Nähe zu einem Wohngebiet erforderte ein Bündel von technischen Maßnahmen zur Reduzierung der Lärmemission. So wurden die zu erwartenden Lärmpegel mit einem hohen Genauigkeitsgrad durch theoretisch-empirische Untersuchungen vorhergesagt. Messungen nach Inbetriebnahme des Gerätes ergaben Lärmpegel, welche unter den ohnehin am Brückenstandort vorhandenen Werten lagen. — Die Darstellung dieses großen Schiffsentladers umfaßt Angaben zu den Elektro- und Sicherheitseinrichtungen und beinhaltet ferner eine Erörterung der die max. Entladeleistung von bis zu 1.100 t/h beeinflussenden menschlichen und betrieblichen Faktoren.

In Anbetracht der bekanntermaßen begrenzten Erdölvorkommen werden in der Bundesrepublik grundlegende Untersuchungen zu einer effizienteren Verwendung von Kohle bei de

Wärmeerzeugung durchgeführt, welche u.a. auch die Möglichkeiten einer Förderung von Kohleschlamm in Pipelines zum Inhalt haben. So befaßt sich ein deutsches Unternehmen mit der Technologie der Herstellung, der Förderung und der Verfeuerung von hochkonzentrierten, feinkörnigen Kohleschlamm, welche direkt, d.h. ohne Notwendigkeit zur Entwässerung, in der Erzeugung von Wärme Verwendung finden.

Der Bericht beschreibt die als DENSECOAL bezeichnete Suspension aus Kohle, Wasser und Additiven, welche als flüssiger Brennstoff, auf gleiche Weise wie Öl, eingesetzt wird. Die Feststoffkonzentration dieser Suspension ist grundsätzlich beeinflusst durch die Korngrößenverteilung der Kohle sowie die Mischungsverhältnisse und chemischen Strukturen der Additive. Angegeben werden die chemischen und physikalischen Eigenheiten der Komponenten dieser Suspension, ihre wechselseitigen Abhängigkeiten und ihre Einflüsse auf die Förderung in Rohren und die Verbrennung.

DENSECOAL weist rheologische Eigenschaften auf und ermöglicht daher einen Transport und Umschlag wie schweres Heizöl. Die wirtschaftlichen Vorteile dieser Technologie werden insbesondere in Ländern mit niedrigen Gewinnungskosten für Kohle und durch die Verschiffung in großen Tankern voll zur Auswirkung kommen. Ölpipelines und Tanklager können für DENSECOAL genutzt, Pumpstationen und Feuerungsanlagen müssen modifiziert und angepaßt werden. — Durch Verwendung von Kohleschlamm werden Belastungen der Umwelt herabgesetzt.

I. Überseetransport von Kohle

1. Welt-Seetransport von Massengütern

Der Transport von Massengütern in Seeschiffen hat seit 1970 eine ständige starke Aufwärtsentwicklung genommen. Während das bisher quantitativ größte Massengut — Eisenerz — nur noch verhalten Steigerungen erfuhr, konnten die übrigen wichtigen Massengüter stark zulegen. Insbesondere Kohle und Getreide erforderten Transportraum auf See, der nicht erwartet worden war. Getreide konnte seit 1975 quantitativ Kohle sogar übertreffen.

Eine Projektion auf die Zukunft hat von verschiedenen Experten zu verschiedenen Zeiten sehr unterschiedliche Resultate gebracht. An Hand der 1982/83 erstellten Expertisen stehen folgende Zahlen im Raum:

	1970	1975	1980	1985	1990
Eisenerz	212	270	314	320	360
Kohle	70	98	160	210	300
Getreide	43	109	198	220	250
Bauxit	20	27	48	55	65
Phosphat	14	20	48	60	70

(in Mio. t)

Tabelle I.1.:

Transport von trockenen Massengütern in Schiffen mit einer Tonnage von mehr als 18.000 tdw

Bei der Betrachtung der Schiffstonnagen ist der Einsatz von Schiffen mit mehr als 18.000 tdw im Vergleich zum gesamten Transportvolumen interessant. Überschläglich wird angenommen:

	Massengüter	
	Haupt-	Neben-
	sorten	
1978	85	61
1985	90	65
1990	92	70

(in %)

Tabelle I.2.:

Verteilung der in Schiffen über 18.000 tdw transportierten trockenen Massengüter in Prozenten der Gesamttonnage

Betrachtet man speziell den Seeverkehr von Kohle und vergleicht das Gesamtvolumen mit dem Anteil, der in Seeschiffen mit über 18.000 tdw gefahren wurde, so gelten folgende Werte:

	Transportmenge gesamt	Transportmenge in Schiffen größer 18.000 tdw
1970	102	70
1975	126	98
1980	188	160
Prognose		
1985	270	210
1990	350	300
1995	430	
2000	530	

(in Mio t.)

Tabelle I.3:

Kohle-Seetransport

2. Welt-Seetransport von Kohle

Der zukünftige Seetransport Kohle wird von folgenden Prämissen beeinflusst werden:

- Zukünftiger Energiebedarf und Entscheidungen für spezielle Energieträger
- Nationaler Ausbau der Kohlenförderung und der Suprastrukturen für den Export
- Löscheinrichtungen und Infrastrukturen der Verbrauchsregionen

2.1 Energiebedarf und Energieträger

Statistische Hochrechnungen des Energiebedarfs der Zukunft liegen in beliebiger Anzahl vor. Wenn man sich z.B. der Veröffentlichungen des „Club of Rome“ erinnert und der seinerzeit als Ergebnis grassierenden Weltuntergangsstimmung, so muß es in diesem Beitrag erlaubt sein, von „mangelhaft gesicherten Erkenntnissen“ zu sprechen.

Sämtliche Zahlen, insbesondere die Vorausschätzungen, sind mit äußerster Vorsicht zu sehen. Die „sogenannten“ Energiekrisen 1973 und 1979 — Wirtschaftswaffe Öl — haben innerhalb von Monaten konträre Prognosen gebracht, wobei die zweite Krise schon wesentlich ruhiger und nüchterner gesehen wurde als die erste.

Die häufig „verteufelte“ Weltmacht der Ölmultis — besser Energiemultis — hat bewiesen, daß gerade diese Handelskonzentrationen mit ihren schwimmenden und stationären Lagermengen sowie ihren weltumspannenden Niederlassungen und Ressourcen eine beruhigende Versorgungssicherheit gegen einseitige Marktbeeinflussung garantieren.

Die Energienachfrage läßt sich offensichtlich nicht nach einem einheitlichen „Strickmuster“ berechnen. Üblicherweise wird der Energieverbrauch in Abhängigkeit zum Bruttosozialprodukt gesehen. Die Energiekrisen mit ihren Folgejahren haben jedoch gezeigt, daß Wirtschaftsschwächen wesentlicher Branchen (z.B. eisenschaffende Industrie) oder nationale staatliche Eingriffe über Subventionen oder Importsperrern („Energieeinsparungen“) alle Prognosen über den Haufen werden können; langfristig scheint das Wirtschaftswachstum der Industrienationen und der sogenannten Schwellenländer ausschlaggebend zu sein.

Nicht zu unterschätzen ist außerdem die politische und psychologische Stellung zur Kernenergie. Aus vielerlei Gründen haben gerade die Industrienationen eine Welle der Antipathie zur Kernenergie erlebt, die sich in den Prognosen zugunsten der Energiegewinnung aus fossilen Brennstoffen auswirkte. Die PR-Politik der Hersteller und Anwender nuklearer Energiegewinnungsanlagen scheint heute Regierungen und Bevölkerungen die Umweltschutznachteile der fossilen Energieträger gegenüber der Kernenergie ins Bewußtsein zu setzen; trotz nach wie vor relativ ungelöster Endlagerungsprobleme der Kernenergie tragenden Substanzen.

Außer den Umweltschutzgedanken spielen die politischen und die know-how-Probleme eine Rolle. Alle Industrienationen werden nicht an der Kernenergie vorbeisehen können; Industrie-, Schwellen- oder Entwicklungsländer werden ihren Energiebedarf aus fossilen Brennstoffen decken müssen, weil man ihnen die nuklearen Rohstoffe nicht geben will oder sie das gesicherte know-how zur Anwendung nicht vorweisen können. Gerade diese Problematik wird sich zukünftig entscheidend auf den Welt-Seeverkehr und die dazugehörigen Suprastrukturen auswirken.

An dieser Stelle sollte man sich auch der Quantität der Energiereserven der Welt erinnern und daran die zukünftige Bedeutung der Energieträger messen:

	Kohle	Öl	Gas
Gesicherte Vorräte	690	130	90
Vermutete Vorräte	11,000	Daten unsicher	
		(in Mrd. t SKE)	

Tabelle I.4:
Welt-Energiereserven

2.2. Kohleförderung und -exporte

Der Welt-Kohleexporthandel hatte in den letzten Jahren großen Zuwachs, dennoch betrug er weniger als 10% der Weltkohleförderung, d.h. der Energieverbrauch der Erzeugerländer spielte bei Kohle die wesentliche Rolle:

	Steinkohle- förderung Welt	Steinkohle- exporte
	(Mrd. t)	(Mrd. t)
1957	1,70	
1976	2,49	0,19
1977	2,59	0,20
1978	2,64	0,20
1979	2,79	0,23
1980	2,83	0,26
1981	2,80	0,27
1982	2,98	0,27

Tabelle I.5.:

Welt-Steinkohleförderung und -exporte

Hauptförderländer waren: USA, UdSSR, China, Polen, Großbritannien, Australien, BRD, Indien, Südafrika und Kanada.

Wesentliche Exportländer waren: USA, Australien, Südafrika, Kanada und Polen.

Hauptabnehmer waren: Westeuropa, Japan, Sonstiger Ferner Osten und Südamerika.

Für den Export der Zukunft rechnet man mit wesentlichen Fördersteigerungen in: USA, Australien, Südafrika, Kanada und China.

Die Zukunftserwartungen an China müssen aus heutiger Sicht mit gewisser Skepsis betrachtet werden, da es dort an know-how, Finanzierungsmöglichkeiten und der notwendigen Infrastruktur fehlt.

Alle Zukunfts-Förderländer müssen zwischen der Kohlenförderung und der Verladung umfangreiche Eisenbahntransportsysteme unterhalten; Ausnahmen gibt es heute nur in den USA mit ihrem ausgedehnten Mississippi/ Missouri-Wassersystem. Nach Verlautbarungen einiger Consulting Groups soll auch China am Ausbau seiner Wasserwege für den Kohle-Export Interesse zeigen. Der Eisenbahntransport hat aus den Gegebenheiten heraus Lagerfunktionen übernommen und bietet von der Technik her die Möglichkeit, relativ mobil auf Verladeanforderungen nach Zeit und Sorten reagieren zu können. Selbstverständlich steigert diese Mobilität die Transportkosten.

Die USA als größter Kohleexporteur haben an ihren traditionellen Verladehäfen mit mangelnden Wassertiefen zu kämpfen. Ca. 60% der USA-Exporte werden deshalb in Schiffen mit weniger als 80.000 tdw abgewickelt. 1979/ 80, als Schiffe bis zu 90 Tage auf Beladung warten mußten, wurden an vielen Stellen Baggerungen zur Verbesserung der Wasserverhältnisse begonnen und auch neue Hafenanlagen an günstigeren Plätzen außerhalb der traditionellen Anlagen geplant. Der Verfall des Kohlemarktes in den folgenden Jahren hat all diese Vorha-

ben einschlafen lassen. Die Wirtschaftskraft der USA ist jedoch groß genug, um im Falle echter Nachfrage diese Vorhaben neu beleben zu können.

In Australien halten sich die Verschiffungen unter und über 80.000 tdw ungefähr die Waage. Die Schiffsgrößen werden hier vom größten Abnehmer Japan und dessen Löschanlagen bestimmt.

Südafrika hat seinen Kohleexport konsequent auf neue Hafenanlagen konzentriert. Die weiten Transportwege zu den Hauptabnehmern EG und Japan ließen aus Gründen der Transportkostenreduzierung Planungen für kleine Seeschiffe von vornherein scheitern. Heute werden die Exporte zu 75% in Schiffen mit mehr als 80.000 tdw abgewickelt, wobei 70% in Schiffen über 100.000 tdw gefahren werden.

Kanada wickelt den überwiegenden Teil seiner Exporte mit Japan mit großen Seeschiffen über die Westküste ab. Verschiedene Projekte europäischer Interessenten an der Westküste scheiterten an Kanada-internen Problemen und an den großen Entfernungen, gemessen an den Exporten aus den USA. Exporte über die Ostküste werden in Schiffen zwischen 30.000 und 50.000 tdw gefahren.

Verschiedene Projekte, mittels Transshipmenthäfen die Seefrachtkosten mit großen Bulk-schiffen zu verbessern, sind mangels Nachfrage vorläufig in den Anfängen stecken geblieben. Die wesentlichen Ressourcen Kanadas liegen im Westen. Es ist deshalb auch bei steigender Nachfrage nicht unbedingt mit dem Aufleben der Projekte an der Ostküste zu rechnen.

Mit China wurden in den vergangenen Jahren verschiedene Probelieferungen gefahren, mit mehr ist kurzfristig nicht zu rechnen. Für Exportzwecke muß von neuen Gruben bis zu möglichen Ladehäfen völlig neu investiert werden. Selbstverständlich sind gerade die Industrienationen als know-how- und Maschinenlieferanten an einem Ausbau interessiert. Die internen wirtschaftlichen Probleme Chinas jedoch lassen eigene Anstrengungen zur Exportbelebung scheitern. Die bekannt gewordenen, angebotenen Kompensationsgeschäfte sind angesichts der z.Z. vorhandenen Überkapazität in den oben angeführten Exportländern kaum zu realisieren.

Außer den oben genannten, gibt es weitere exportinteressante Länder; hier wären beispielhaft Argentinien, Ghana oder auch Kolumbien aufzuführen. Die politische Destabilität in diesen Regionen ist für Kapitalanleger — eigene Wirtschaftskraft ist nicht vorhanden — abschreckend. Aussagen zu möglichen zukünftigen technischen Daten sind deshalb schwer möglich.

Die heutige Verladetechnik arbeitet weltweit zum Schiff mit beweglichen Bandförderern. Vorhandene Umweltprobleme — Staub, Lärm — sind bekannt, aber nicht von grundlegender Bedeutung. Aus derzeitiger Sicht ist verladeseitig mit revolutionären technischen Neuerungen nicht zu rechnen.

2.3 Lösch- und Infrastruktureinrichtungen der Empfangsregionen.

Aus der traditionellen Entwicklung heraus sind Greiferlöscheinrichtungen Standardausrüstung. Speziell für Kohle erobern in jüngerer Vergangenheit neue Techniken den Markt. Die Gründe hierfür sind Steigerung der Umschlagleistungen, Umweltschutz und Vereinfachung der mechanisch-technischen Vorgänge. Die Möglichkeiten des Einsatzes neuer Löschtechno-

logien und damit auch möglicher Beeinflussung durch Schiffskonstruktionen sind jedoch durch den Gesamtzweck der Anlagen beschränkt.

„Multi purpose“-Anlagen werden wegen der technischen Randbedingungen der neuen Technologien und dem Zwang zum universellen Einsatz der Geräte auf den Greifereinsatz vorläufig nicht verzichten können. Dies gilt für alle normalen, nicht an einzelne Großverbraucher gebundenen Löschanlagen. Da es bisher keine speziellen Kohle-Umschlagplätze gibt, ist an den Großanlagen nur in Ausnahmefällen mit neuer Technik zu rechnen.

An speziellen Plätzen haben sich jedoch Kraftwerke oder Stahlerzeuger die kostengünstigen Küstenstandorte zu eigen gemacht. Hier ist die Spezialisierung auf kontinuierliche Löschgeräte zu erwarten oder bereits vollzogen.

In einigen Industrieländern oder finanzstarken Ländern mit ausgeprägtem Umweltschutzbewußtsein werden zum Schutz des Lebensraumes aus politisch-psychologischen Gründen die Standardtechniken nicht mehr eingesetzt werden können. Derartige Einzelfälle werden jedoch auf absehbare Zeit keine allgemein bestimmenden Kräfte ausüben. Trotz des kostengünstigen Transports mit Großschiffen beeinflussen andere Probleme die Schifffahrt.

Verbraucher geringer Jahresmengen sind an kleine Tonnage gebunden, weil der Zinsaufwand für die langfristige Lagerung vor Verbrauch den Transportkostenvorteil auffrißt. In Ausnahmefällen — z.B. Rotterdam mit dem großen Verbrauchergebiet am Rhein — ist durch Kombination mehrerer Interessenten dieser Nachteil abwendbar.

Verbraucher mit differenzierten Rohmaterialanforderungen werden aus Gründen der Sortenprobleme — und damit wiederum der Material- und Lagerkosten vor Einsatz — der Großtonnage nicht gewogen sein. Ferner können Regionen mit Umweltproblemen keine große Lagerhaltung betreiben und müssen auf konventionelle Versorgung in kleinen Mengen drängen.

Beengte Fahrwasserverhältnisse allgemein und speziell in Ländern mit unzureichender Verkehrs-Infrastruktur, z.B. mangelnde Flexibilität in der Anbindung von Löschhäfen an die Verbraucher, führen zu weiteren Problemen in der Versorgung der Verbraucherländer.

3. Spezielle Technologien im Schiffbau und Massengutumschlag

Zur Verbesserung der Umlaufzeiten von Seeschiffen und zur Einsparung von landgebundenen Investitionen wurden verschiedene Technologien ausprobiert. Alle Überlegungen zielen ab auf die Fähigkeit eines Seeschiffes, ohne Hilfe größerer Landanlagen sich schnell selbst zu entladen.

Seit längerer Zeit werden in dieser Form Eisenerztransporte von Kanada nach den USA (mechanische Entladung) und das Marconaflo-Verfahren (Flüssigtransport) praktiziert.

Insbesondere für Kohle ist der Flüssigtransport (slurry) im Gespräch, wobei die Erkenntnisse aus vorhandenen Landförderungen genutzt werden sollen. Z.Z. befindet sich dieser Lösungsweg für die Schifffahrt noch im Versuchsstadium (weitere Einzelheiten zu diesem Thema im letzten Kapitel dieses Berichts).

Versuche, durch Trennung von Maschine und Laderaum (barge carrier) bei konventioneller

Lade- und Löschtechnik die Seefrachten zu verbessern, sind eingestellt worden. Offensichtlich waren die Kosten für derartige Spezialschiffe mit einem mehrfachen Laderaum für Massengüter nicht tragbar. Die gleichen Überlegungen müssen auch für Projekte gelten, Kohle in Containern zu transportieren, z.B. Südafrika/Europa.

Im Kleinschiffverkehr — insbesondere für Steine und Splitt — wurden Schiffe gebaut, die ihren Laderaum nach unten über Bandanlagen löschen. Bekannte Planungen streben Schiffsgrößen von 100.000 tdw an.

Aus Presseveröffentlichungen wurde bekannt, daß für den Kohletransport auch die pneumatische Förderung in der Diskussion sei. Hier ist erhebliche Skepsis angebracht, weil pneumatische Systeme einen unverhältnismäßig hohen Energieverbrauch haben und somit aus Kostengründen nur für wenige Spezialfälle denkbar sind.

Alle Speziallösungen auf Seiten des Schiffbaues haben mit folgenden Schwierigkeiten zu leben:

- Pflege und Wartung komplizierter Anlagen auf See bei ständig verringerter Schiffsbesatzung
- Zwangsweise Bedienung vorhandener landgebundener Löschanlagen und damit Entfall der Kostenersparnis durch Selbstentladung
- Mangelnde Flexibilität bei der Auftragsannahme, da die Anlagenausgestaltung für einzelne Produkte optimiert ist

Ein genereller Vorstoß von derartigen Spezialschiffen in den Kohlemarkt wird nicht erwartet. In Einzelfällen ist die Anwendung denkbar, z.B. bei Verbrauchern mit neuen Löschplätzen in Verbindung mit entsprechend spezialisierten Rohstoffquellen.

4. Umweltschutz

Wie oben bereits erwähnt, haben einzelne Regionen Staubprobleme. Die verschiedenen Varianten der Slurry-Idee könnten hier Vorteile bringen. Hierfür sind umfangreiche Investitionen in den Erzeuger- und Verbraucherregionen erforderlich, die nicht für andere Güter genutzt werden können. Hinzu kommen die Aufgaben der Wasserbeschaffung und Wasserbeseitigung sowie die — gerade in dicht besiedelten Gebieten — ungeklärten Rechtsprobleme für den Aufbau entsprechender Leitungsnetze. Ein Verzicht auf durchgehenden Slurry-Transport hieße aber, die Vorteile des Systems aufzugeben. Nur durch die Realisierung einer geschlossenen Transportkette könnten die besonderen Vorteile der Slurry-Technologie hervorgehoben werden.

5. Schlußfolgerungen

Die wichtigsten Übersee-Kohleexportverbindungen bestehen zwischen folgenden Ländern:

- USA — Westeuropa
- USA — Japan
- Australien — Japan
- Australien — Westeuropa
- Südafrika — Fernost
- Kanada — Japan.

Beschränkte Fahrwasserbedingungen in den Exporthäfen führen dazu, daß mehr als die Hälfte der Kohleexportmengen nur in Schiffen bis 80.000 tdw transportiert werden kann. Die Fahrwasserbedingungen der wesentlichen Verbraucherländer führen zu weiteren Einschränkungen.

Dies führt zu dem Schluß, daß für den vorhersehbaren künftigen Überseetransport von Kohle vor allem Schiffe bis zu 80.000 tdw Verwendung finden und daß größere Schiffe zwischen 80.000 und 150.000 tdw nur in einigen Verkehren ex Australien und Südafrika in Frage kommen. Regionen wie Europa, die kanadische Ostküste und der ferne Osten (außer Japan) werden von Schiffen in der Größenordnung von 20.000 bis 50.000 tdw bedient werden.

Es ist nicht absehbar, daß Spezialschiffe einen Hauptanteil des Marktes erringen werden, da sie durch langfristige Verträge zu finanzieren sind und mit Rücksicht auf die gegenwärtigen Übersee-Frachtbedingungen nicht von den Kunden angenommen werden.

Unter seeverkehrswirtschaftlichen Gesichtspunkten müßte ein Massengutschiff derart konzipiert werden, daß es in der Lage ist, in flexibler Anpassung an sich ändernde Anforderungen alle wesentlichen Massengüter zu transportieren. USA-Schiffahrtslinien müßten als zusätzlichen Gesichtspunkt die Grenzen der „Pan-Max-Size“ berücksichtigen.

II. Kohlebelader großer Leistung

1. Allgemeines

Der Umschlag der Kohle von den landseitigen Transportmitteln auf die Massengutfrachtschiffe erfolgt heute beinahe ausschließlich durch kontinuierlich arbeitende Schiffsbelader, wohingegen die Entladung noch überwiegend durch unstetig arbeitende Geräte (Greiferentlader) erfolgt.

Die in der Regel auf Halden lagernde Kohle wird durch Rückladegeräte aufgenommen und von dort über Förderbandanlagen zur Pier geschafft. Hier wird dann das Gut über eine Bandschleife einem Schiffsbelader übergeben.

Hauptbestandteil jedes Schiffsbeladers ist ein Förderband, dessen Abwurfpunkt in der Höhe und in Auslegerrichtung derart verstellbar sein muß, daß die Ladeluken unterschiedlich großer Schiffe bei wechselnden Wasserständen erreicht werden können.

Bei der Beladung der Massengutfrachter muß nach einem vorgegebenen Beladeplan gearbeitet werden. Die Laderäume werden in einer bestimmten Reihenfolge, aus Gründen der Schiffsstabilität, nur mit Teilmengen beladen. Erst in einem zweiten oder dritten Durchgang erfolgt die restliche Beladung. Die Einhaltung dieser vorbestimmten Mengen wird mittels einer im Zuführband eingebauten Waage kontrolliert.

Schiffsbelader für Kohle mit hohen Durchsatzmengen arbeiten überwiegend in kohleexportierenden Ländern wie USA, Kanada, Südafrika und Australien.

Durch die besonderen klimatischen Bedingungen in diesen Ländern, wie extreme Temperaturen, große Temperaturschwankungen, hohe Luftfeuchtigkeit und extreme Windverhältnisse, werden besondere Anforderungen an die Belader gestellt.

Neben Einsatz im Dauerbetrieb und geringem Wartungsaufwand wird größte Verfügbarkeit gefordert. Ferner soll die Handhabung der Geräte einfach und eine ausreichend Betriebssicherheit gewährleistet sein.

Weitere maßgebende Punkte bei der Konzipierung eines Beladers sind die am Einsatzort vorgegebenen Bedingungen wie Lage der Pier über dem Wasserspiegel, die zu bedienenden Schiffsgrößen, Lage des Zuführbandes sowie einzuhaltende Spurweiten und Raddrücke.

Die Berechnung des Beladers erfolgt nach FEM, DIN oder ISO. Sonderbestimmungen des jeweiligen Landes z.B. bezüglich höherer Windlasten können diese Normen ergänzen.

2. Bauformen

Schiffsbelader werden konzipiert nach den geforderten Durchsatzmengen sowie den Bedingungen am Einsatzort. Da diese Bedingungen stark variieren, kommen unterschiedliche Beladesysteme zum Einsatz.

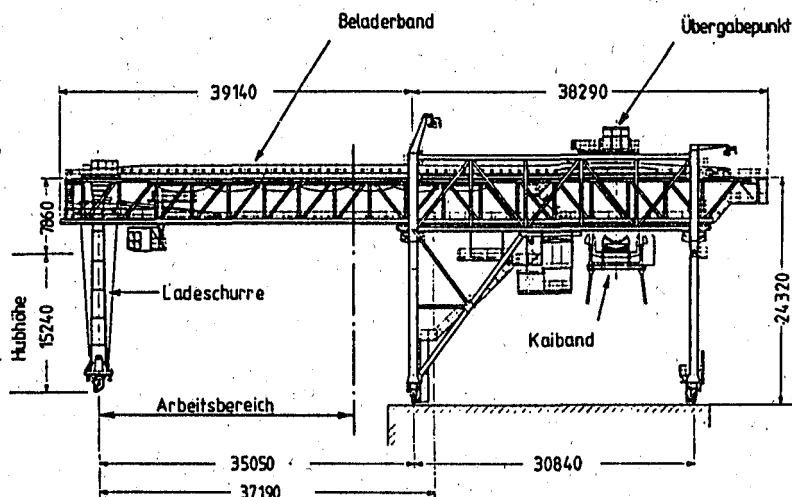


Bild II.1: Schiffsbelader 6300 t/h Mobile, Alabama USA

Bild II.1 zeigt einen Belader, der für einen Durchsatz von 6300 t/h Kohle ausgelegt ist. Das Beladerband ist auf einem Rohrrahmenträger angeordnet, welcher horizontal verschiebbar in einem Portal gelagert ist.

Die Materialübergabe vom Kaiband zum Beladerband erfolgt durch einen dem Belader angehängten Bandschleifenwagen (Bild II.2).

Am Bandabwurfpunkt ist ein teleskopierbares Beladerrohr angebracht, welches das Gut in die Schiffsluke führt.

Wegen der starken Verschiebung des Gesamtschwerpunktes beim Auslegerverfahren erfordert der oben genannte Beladertyp eine relativ große Spurweite zur Erzielung ausreichender Standsicherheit. Bei einer vorhandenen Pier mit geringer Spurweite ist deshalb der Einsatz dieses verhältnismäßig einfachen Beladerkonzeptes meistens nicht möglich.

Darüber hinaus wird die Einsatzmöglichkeit durch die rückwärtige Ausladung des eingezogenen Auslegers bei Kaianlagen mit Gebäuden oder anderen Hindernissen weiter eingeschränkt.

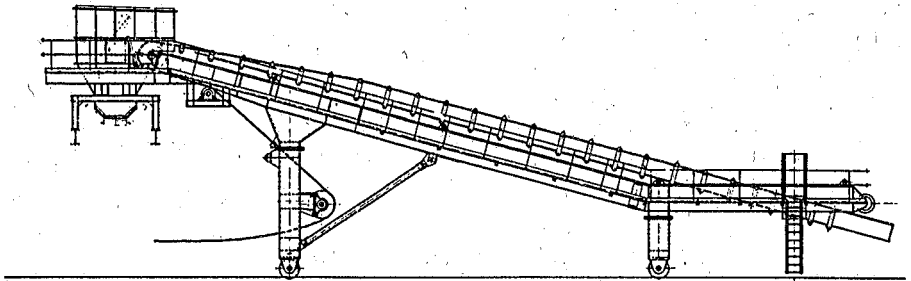


Bild II.2: Bandschleifenwagen

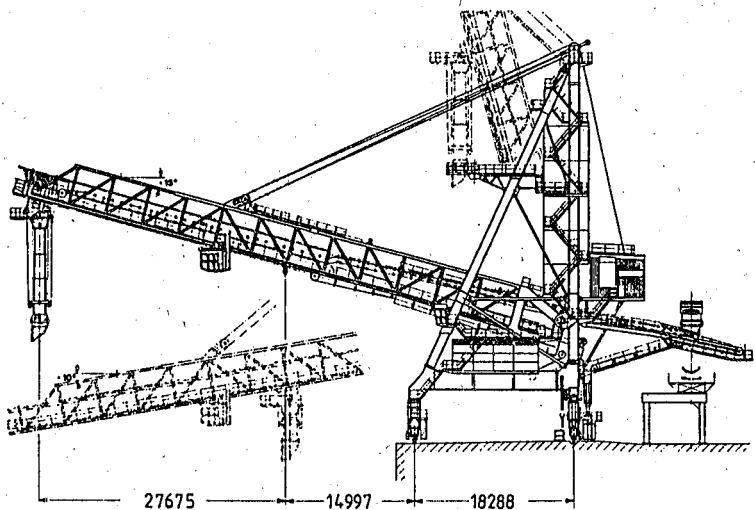


Bild II.3: Schiffsbelader 7000 t/h
Vancouver, Canada

Falls örtliche Bedingungen den Einsatz des oben beschriebenen Beladers einschränken wird häufig der in Bild II.3 dargestellte Beladertyp herangezogen. Dieser Belader besitzt einen einziehbaren Ausleger, welcher in einem A-förmigen Portal gelagert ist.

Während des Beladebetriebes ist ein Heben und Senken des Auslegers im Rahmen der zulässigen Bandneigungen möglich. In der Außerbetriebstellung kann der Ausleger zur Erreichung eines ausreichenden Freiprofils über den normalen Arbeitsbereich hinaus eingezogen werden.

Eine Verschiebung des Materialabwurfpunktes wird durch einen Bandwagen im Ausleger ermöglicht. An der Spitze des Bandwagens ist die Ladeschurre befestigt.

Auch bei diesem Belader erfolgt die Materialübergabe vom Zuführband zum Belader durch einen Bandschleifenwagen.

Ein Schiffsbelader mit teleskopierbarem Ausleger kann als Variation des oben beschriebenen Gerätes angesehen werden.

In Bild II.4 ist der Verlauf des Fördergurt eines Beladers mit teleskopierbarem Ausleger schematisch dargestellt. Durch entsprechende Anordnung der Umlenktrommeln ist die Gesamtbandlänge immer gleich.

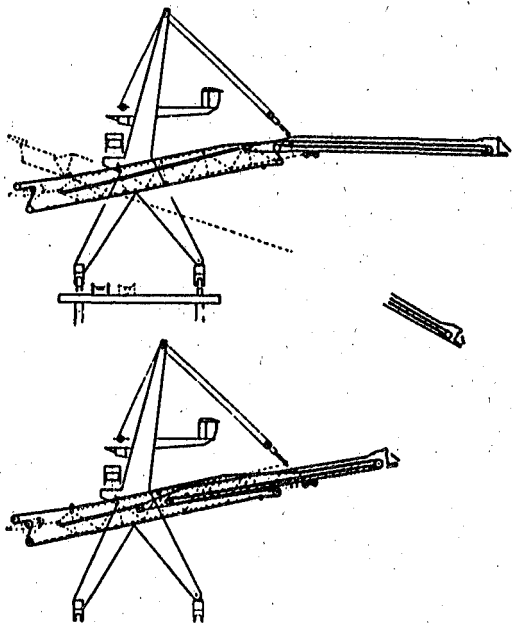


Bild II.4: Gurtverlauf eines Schiffsbeladers mit teleskopierbarem Ausleger

Der in Bild II.5 dargestellte Belader wurde gegenüber dem oben beschriebenen Gerät durch eine Kugeldrehverbindung modifiziert. Dadurch können beiderseits einer Pier liegende Schiffe beladen werden. Die Materialübergabe vom Bandschleifenwagen zum Ausleger kann dabei nur in Höhe der Drehachse erfolgen. Durch die Überlagerung der Drehbewegung mit dem Beladerverfahren erübrigt sich ein Teleskopieren des Auslegers.

Bild II.6 zeigt einen Schiffsbelader, der in seiner Konzeption wesentlich von den bisher beschriebenen Ausführungen abweicht. Der Ausleger hängt wasserseitig in einer Pendelstütze und wird über Flaschenzüge von dem Hubwerk auf- und niedergefahren. An der Landseite stützt sich der Ausleger auf einen Fahrschemel ab. Dieses System erlaubt eine Überbrückung weiter Distanzen zwischen Pierband und Schiff.

Als Alternative zum Belader in Bild II.6 wird häufiger das in Bild II.7 dargestellte Konzept verwirklicht. Auf einem Portal mit relativ großer Spannweite verfährt eine Katze, an deren Stirnseite das Auslegersystem angelenkt ist. Das Auslegersystem wird gebildet vom Ausleger,

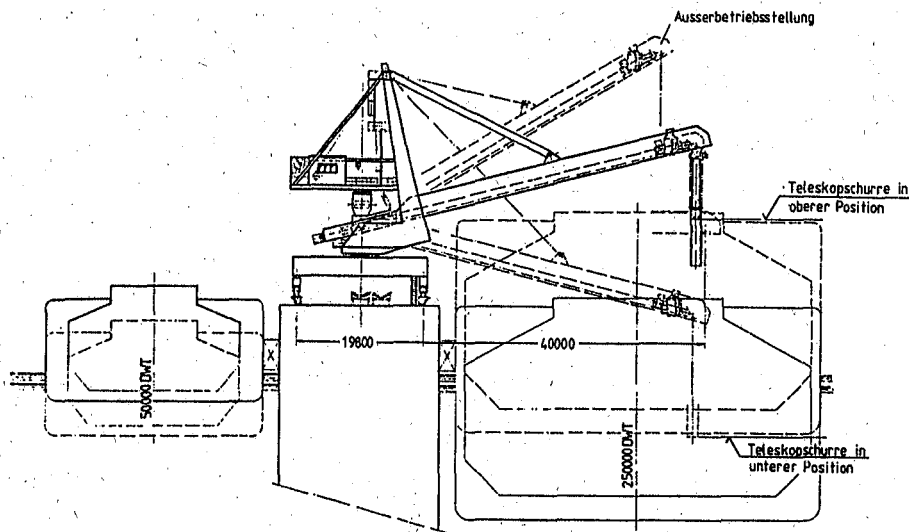


Bild II.5: Schiffsbelader 9000 t/h

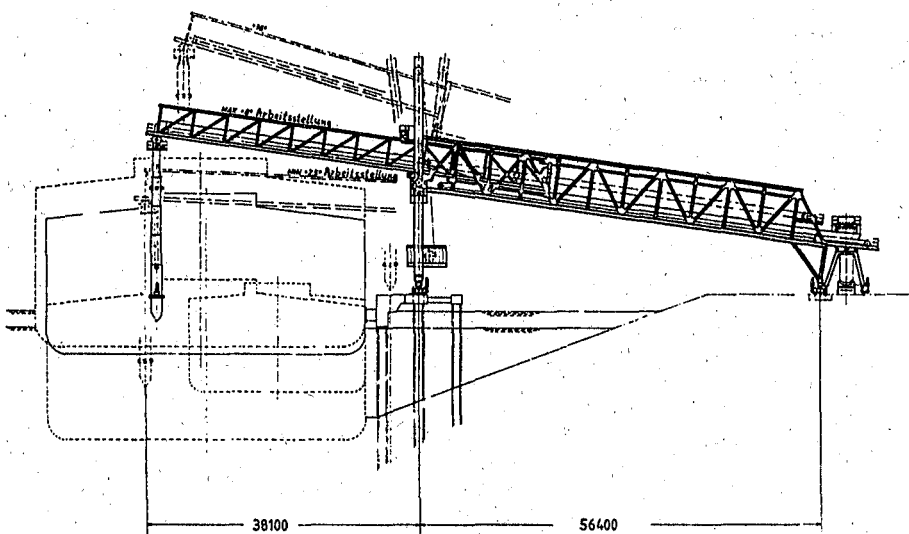


Bild II.6: Schiffsbelader 5000 t/h

Pylon, der doppelten Seilabspannung und dem Einziehwerksflaschenzug. Das Beladerband läuft hierbei durchgehend vom Aufgabepunkt über die Katze zum Abwurfpunkt an der Auslegerspitze.

Der in Bild II.7 dargestellte Schiffsbelader schlägt bei einer Bandbreite von 2,5 m und einer Bandgeschwindigkeit von 5,3 m/s 10.000 t/h Kohle um. Die installierte Bandantriebsleistung beträgt 750 kW.

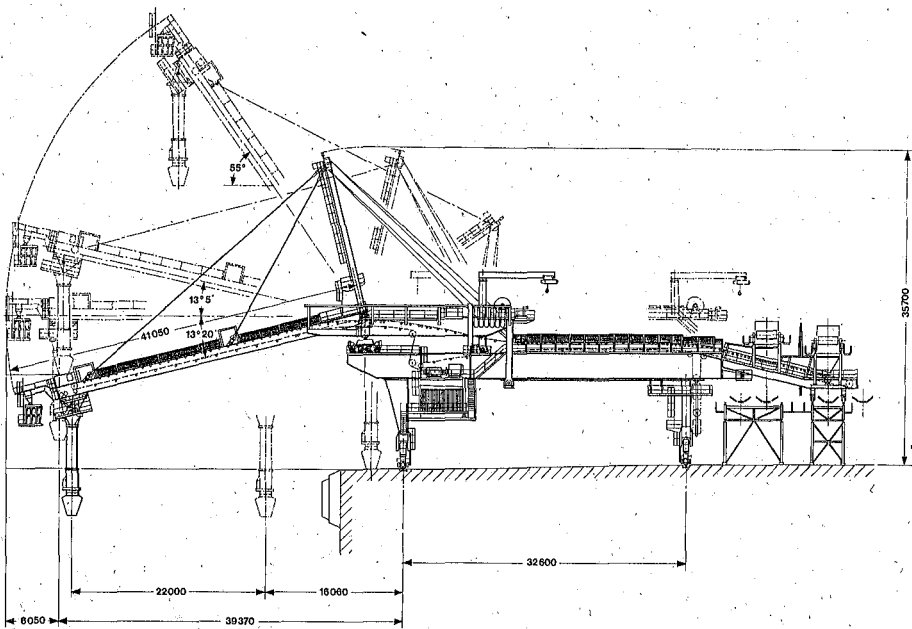


Bild II.7: Schiffsbelader 10.000 t/h
Richards Bay, RSA

Die in Bild II.8 dargestellten Schiffsbeladerbauformen wurden in den sechziger Jahren entwickelt und haben weltweite Verbreitung gefunden. Im Vergleich zu den verfahrbaren Geräten ist keine kostenintensive Pieranlage mit langer Ausdehnung erforderlich.

Der Drehpunkt dieser Belader wird an der landseitigen Portalstütze angeordnet. Die wasserseitige Stütze besitzt ein Fahrwerk, das entweder auf kreisförmiger oder auf einer geraden Schiene verfahren kann. Aufgrund dieser Bewegungsmöglichkeiten unterscheidet man zwischen Quadrant- und Linearbelader. Die beim Linearbelader auftretende Spannweitenänderung wird durch die Lagerung des Brückenträgers auf einem Rollentisch in Höhe der Drehachse ermöglicht.

3. Umweltschutzmaßnahmen

Als wichtiger Bestandteil hat sich in den letzten Jahren das Beladerrohr erwiesen. Früher wurde das Schüttgut häufig im freien Fall in die Schiffsluken abgeworfen. Die dabei auftretende Staubentwicklung wird jedoch nach den derzeitigen Umweltschutzmaßstäben nicht mehr toleriert und macht den Einsatz geschlossener Schürren notwendig.

Die Ladeschürren werden in Auslegerrichtung schwenkbar oder kardanisch aufgehängt. Zur Schwingungsreduzierung werden Dämpfungseinrichtungen vorgesehen.

Im Auslaufbereich der Schürren können Umlenklappen, Rohrkrümmer oder Schleuderbänder vorgesehen werden. In diesen Fällen ist eine Drehbarkeit des unteren Teiles der Ladeschurre erforderlich.

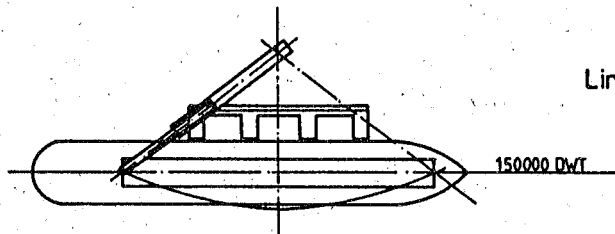
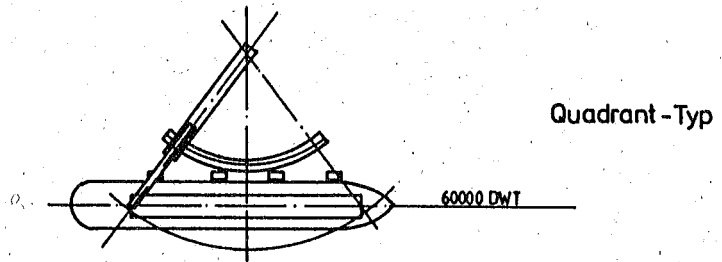
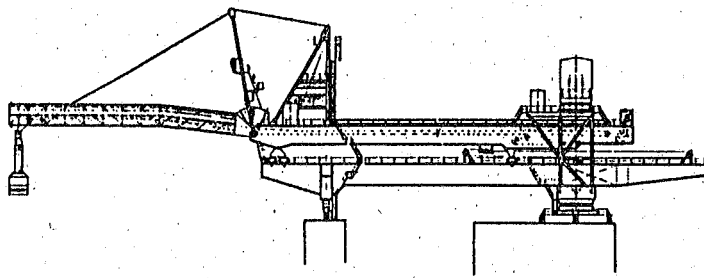


Bild II.8: Schiffsbelader 5000 t/h
Quadrant- und Lineartyp

Zur Vermeidung von Staubemissionen an den Übergabestellen des Beladers können zusätzliche Entstaubungseinrichtungen vorgesehen werden.

Geräuschemissionen können durch schallgedämpfte Maschinenhäuser sowie Lagerung der Triebwerke auf elastischen Unterlagen eingeschränkt werden.

4. Elektrische Ausrüstung

Die häufigste Steuerungsart ist die Drehstrom-Schützensteuerung mit Schleifringläufermotor. Diese sind einfach im Aufbau und in der Handhabung. Für höhere Ansprüche werden Gleichstrom- bzw. Drehstrommotoren mit Thyristor speisung und Regeleinrichtung eingesetzt. Darüber hinaus ist Frequenzregelung möglich.

4.1 Stromeinspeisung

Die Stromzuführung zum Schiffsbelader erfolgt über eine Mittelspannungs-Gummischlauchleitung in Verbindung mit einer spiralig wickelnden Motorleitungstrommel. Der Speisepunkt wird zweckmäßigerweise in der Mitte des Fahrweges vorgesehen. Bei dieser Anordnung hat das Kabel nur die Länge des halben Fahrweges und auch die Kabeltrommel kann entsprechend kleiner ausgelegt werden. Die Schleifringe werden der jeweiligen Belastung angepaßt und im wassergeschützten Gehäuse angeordnet. Sicherheitseinrichtungen begrenzen den jeweils max. zulässigen Leitungszug und verhindern das völlige Abwickeln der Leitung.

Zum Übertragen entsprechender Steuersignale wird eine zweite Leitungstrommel eingesetzt. Es besteht auch die Möglichkeit, eine induktive Datenübertragung vorzusehen.

4.2 Mittelspannungsschaltanlage

Die kompakte Mittelspannungsschaltanlage für Innenraumaufstellung besteht aus drei Schaltfeldern:

- Einspeisungszelle
- Transformatorzelle
- Motorzelle Bandbetrieb

inklusive entsprechender Schutzeinrichtungen. Die Mittelspannungsanlage wird in einem abgeschlossenen elektrischen Betriebsraum aufgestellt.

Die Felder sind mit entsprechenden Anzeigen bzw. Meldeeinrichtungen sowie nach Bedarf mit zusätzlichen mech. Sicherheitseinrichtungen ausgerüstet.

Ein rüttelfester Öl- bzw. Gießharz-Mittelspannungstransformator in geschützter Ausführung wird zur Versorgung der übrigen Antriebe und der allgemeinen Verbraucher eingesetzt.

4.3 Niederspannungsschaltanlage

Entsprechend den Anforderungen besteht die in Blechgehäusen untergebrachte Niederspannungsschaltanlage im wesentlichen aus folgenden Hauptkomponenten (s. Übersichtsplan, Bild II.9):

- Schienensystem
- fernbetätigter Leistungsschalter
- Motoreinspeisungen, je bestehend aus
 - Sicherungslasttrenner mit Überwachung
 - Einschalterschütze mit Schutzrelais
 - und — falls erforderlich —
 - Läuferschütze

— allgemeine Steuerung wie

- Steuersicherungen
- Steuer- und Verriegelungsschütze
- Zeitrelais etc.

Anzeigeeinstrumente und Meldeleuchten sind in den Schranktüren angebracht.

Je nach Bedarf wird die Niederspannungsschaltanlage mit fest eingebauten Schaltgeräten oder als Motor Control Center — teilweise mit ausziehbaren Schaltgeräten — ausgeführt und ebenfalls in dem abgeschlossenen elektrischen Betriebsraum aufgestellt.

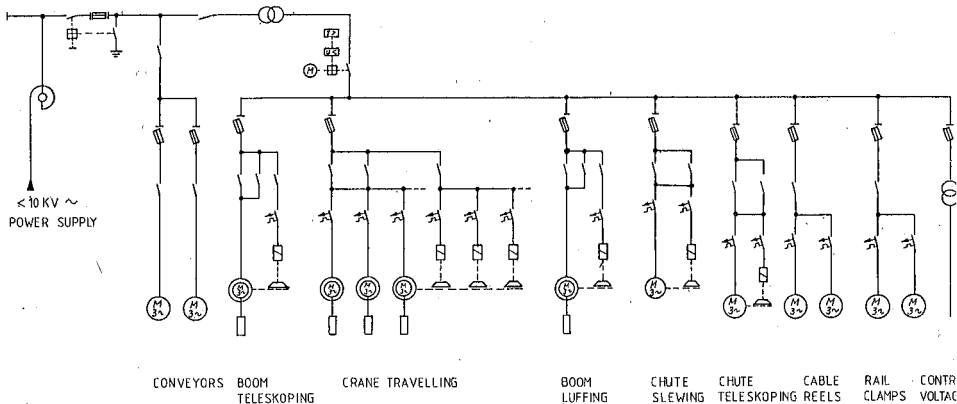


Bild II.9: Übersichtsplan

4.4 Bandantriebe

Der Antrieb des Hauptbandes erfolgt mit einem oder mehreren Drehstrom-Kurzschlußläufermotoren mit Mittelspannungsspeisung. Da zwischen Motor und Bandantriebstrommeln in der Regel eine hydraulische Anlaufkupplung vorhanden ist, kann eine Direkteinschaltung über Mittelspannungsschutz erfolgen.

In besonderen Fällen ist ein Anlaßtransformator notwendig.

Für evtl. erforderliche Zwischenbänder oder ein Austragband am Trimmer werden in der Regel Niederspannungsmotoren eingesetzt.

Die Bedienung erfolgt in der Regel aus einer Führerkanzel mit guter Sicht auf das Beladerohr. Das Einschalten erfolgt mit Drucktaster, wobei automatisch das in Förderrichtung letzte Band zuerst anläuft.

Bei Erreichen der vollen Beladerbandgeschwindigkeit wird über die Steuerleitungstromme ein Signal zur Zentralkontrollstation gegeben und das Kaiband zur Einschaltung freigegeben.

Je nach Bedarf können weitere Einrichtungen wie Anzeige der Fördermenge in Tonnen oder t/h in der Führerkanzel angeordnet werden, wobei die Meßstellen an ortsfesten Bän-

dern vorhanden sind und die Meßwerte über die Leitungstrommel zum Belader geführt werden.

4.5 Kranantriebe

Als Antriebe für das Fahrwerk des Beladers und das Teleskopierwerk und Einziehwerk des Auslegers werden Drehstrom-Schleifringläufermotoren mit Schützensteuerung eingesetzt. Wenn betriebsmäßig Teilgeschwindigkeiten erforderlich sind, z.B. beim Beladevorgang eine reduzierte Fahrgeschwindigkeit, werden Ständeranschnittsteuerungen insbesondere bei Fahrwerken auch frequenzgeregelte Kurzschlußläufermotoren vorgesehen.

Die Steuerung des Beladebetriebes erfolgt über Meisterschalter aus der Führerkabine. Einziehwerke und Fahrwerke haben in der Regel einen zweiten Steuerabstand zum Fahren in die Außerbetriebstellungen.

4.6 Sonstiges

Die Antriebssteuerung wird ergänzt durch eine Vielzahl von Einrichtungen für Sicherheit und Service, wie z.B.:

- örtliche Kontrollstationen
- Windwarnung
- Flugwarnung
- akustische und optische Warnung beim Fahrwerk
- Beleuchtung der Wege, der Betriebsräume und des gesamten Arbeitsfeldes
- Belüftung der elektrischen Betriebsräume
- Heizung oder Klimatisierung der Steuerkabine
- Sprechanlagen (Telefon und Funk)
- Fernsehanlagen zur Überwachung des Fahrwerkes

5. Sicherheits- und Überwachungseinrichtungen

Um einen reibungslosen Beladebetrieb zu gewährleisten, ist die ständige Überwachung aller gefährdeten Stellen des Beladers notwendig.

Vom Normalbetrieb abweichende Betriebszustände müssen sofort erkannt und gemeldet werden.

Insbesondere unterliegt der Materialfluß im Belader einer ständigen Kontrolle. Überschüttungen an den Übergabestellen werden durch elektromechanische oder elektronische Sensoren erkannt und führen durch entsprechende Verriegelungsschaltungen zu einem sofortigen Stillstand der Bänder.

Schlupfwächter an den nicht angetriebenen Umlenktrömmeln und Schiefelaufschalter überwachen den ordnungsgemäßen Lauf der Fördergurte. Reißleinen-Not-Aus-Schalter entlang

der Bänder gestatten eine sofortige Stillsetzung der gesamten Bandanlage bei Gefahrenzuständen.

Belader, die mit einer Ladeschurre ausgerüstet sind, erfordern besondere Überwachungsmaßnahmen, da eine mögliche Verstopfung der Ladeschurre mit anschließender Überschüttung des Bandabwurfbereiches eine erhebliche Erhöhung der am Auslegerende angreifender Last bedeutet. Der gesamte Belader kann dadurch eine unzulässige Überbeanspruchung erfahren. Zur Abwendung dieser Gefahr werden außer der bereits genannten Füllstandskontrolle häufig By-Pass-Vorrichtungen vorgesehen. In die Rohrwand der Ladeschurre eingebaute Klappen springen unter dem Druck des Materials auf und ermöglichen einen Abfluß.

Bei Beladerbewegungen besteht die Möglichkeit einer Kollision mit Schiffsteilen. Die seitliche Berührung der Ladeschurre oder des Auslegers mit dem Lukenrand oder den Aufbauten kann über elektrische Annäherungssensoren oder seilbetätigte mechanische Endschalter verhindert werden.

Das Aufsetzen oder Hängenbleiben der Ladeschurre wird durch Messung der Seilkräfte des Teleskopierwerkes der Ladeschurre erfaßt. Bei Unter- oder Überschreiten bestimmter Lastwerte erfolgt die Abschaltung der entsprechenden Triebwerke.

Zur Abwendung von Kollisionen des Beladers mit anderen Geräten auf der Pier können Antikollisionsvorrichtungen in Form von elektrischen oder mechanischen Annäherungsschaltern vorgesehen werden.

Bei Beladern großer Spurweite und dadurch bedingter weicher Brückenkonstruktion ist der Einbau einer Einrichtung zur Aufrechterhaltung des Gleichlaufes beider Stützenseiten erforderlich.

Bei einer Schrägstellung des Beladers wird die auftretende Winkelabweichung zwischen Portal und Pendel-Stütze erfaßt und in ein elektrisches Signal umgewandelt. Dieses wirkt auf den Drehzahlregelkreis der Brückenfahrwerke. Der Geradlauf wird durch Zurückhalten der voreilenden Stützenseite wieder eingeregelt. Sollte die Geradlaufregelung versagen und die Schrägstellung einen Grenzwert überschreiten, wird das Brückenfahrwerk über Notendschalter mechanisch abgebremst.

Üblicherweise sind die Belader mit Schienenzangen ausgerüstet als Sicherheit gegen Abtreiben durch Wind. Vorteilhaft ist die Wirksamkeit in jeder Stellung des Beladers auf der Pier.

Zusätzlich werden häufig Bolzenverriegelungen und auch Abspannvorrichtungen vorgesehen, die das Gerät im Sturmfall gegen Abtreiben und Kippen sichern. Endschalter sperren das Fahrwerk bei geschlossenen Schienenzangen oder eingelegten Verriegelungen.

Alle Störungen werden in einer zentralen Meldeanlage auf dem Belader erfaßt und im Bedienerhaus angezeigt bzw. mittels Drucker dokumentiert.

Je nach Bedarf und Konzeption der Gesamtanlage können Störungen, die den Materialfluß betreffen, auch über die Steuerleitungstrommel an einen zentralen Leitstand gemeldet werden.

6. Ausblick

In der vorangegangenen Betrachtung wurde die Kohlebeladung von Seeschiffen beschrieben und die Vielfalt der Beladertypen aufgezeigt. Zu erkennen ist die starke Abhängigkeit der Bauform des Beladers von den örtlichen Gegebenheiten am Aufstellungsort und von den Forderungen des Kunden.

Umweltschutz- und Sicherheitsgesichtspunkte sind weitere wichtige Faktoren für die Auslegung eines Beladers.

Eine wünschenswerte Standardisierung der Belader ist daher unter den gegebenen Umständen nur im geringen Umfang möglich.

Einige Kohle-Belader wurden bereits mit Durchsatzmengen im Bereich von 10.000 t/h ausgeführt.

Geräte mit höheren Durchsätzen sind technisch möglich, werden jedoch zukünftig Ausnahmen sein, da viele Betreiber aus Gründen der Verfügbarkeit mehrere kleine Geräte bevorzugen.

III. Ein neuer Greifer-Schiffsentlader für Kohle

1. Veranlassung

Zur Entladung von Kohle aus Schiffen stehen heute, abhängig von den Einsatzbedingungen, kontinuierlich arbeitende Geräte und Schiffsentlader mit Greifer als Alternativen zur Diskussion. Ohne auf eine gegenseitige Abgrenzung oder eine Wertung beider Systeme einzugehen, wird hier über einen im Jahre 1983 in Betrieb genommenen Greifer-Schiffsentlader und den damit erreichten Stand der Technik berichtet.

Das Kraftwerk Wedel der Hamburgischen Electricitätswerke AG verbraucht jährlich ca. 1,3 Mio t Steinkohle, die am kraftwerkseigenen Kai aus Seeschiffen zu entladen sind. Dafür waren 3 Stück 10 t-Wipppdrehkrane vorhanden. Betriebswirtschaftliche Überlegungen führten zu dem Entschluß, die altersbedingt reparaturanfällig gewordenen Anlagen zu ersetzen und sich gleichzeitig auf die Abfertigung größerer Schiffe mit hoher Entladeleistung einzurichten.

Bei der Planung des neuen Gerätes war eine Anzahl voneinander abhängiger und teilweise gegensätzlich wirkender Parameter zu berücksichtigen:

- Die zu gewährleistende mittlere Entladeleistung ergab sich aus den angestrebten Schiffsliegezeiten und unter Berücksichtigung der durch Anwohner auf die Tagstunden begrenzte Arbeitszeit zu 800 t/h.
- Um günstige Frachtraten ausnützen zu können, waren Höhen und wasserseitige Reichweite so zu wählen, daß auch sehr große Massengutschiffe bis etwa 200.000 t Tragfähigkeit gelöscht werden können. Dabei ist berücksichtigt, daß ab einer bestimmten Größe die Schiffe wegen des begrenzten Tiefganges am Kai nur vorgeleichtert angenommen werden können.

- Andererseits waren die aus der Belastbarkeit der vorhandenen Kranbahn resultierender Grenzen für den Lastenzug des Entladers zu beachten.
- Zusätzliche Bedingung war eine möglichst weitgehende Minderung der Schallemission wegen eines nahegelegenen Wohngebietes. Bezüglich des Staubschutzes konnte man sich dagegen auf Grund vorliegender Erfahrungen zunächst auf die Anbringung von Staubschutzwänden am Bunker beschränken. Die Möglichkeit, eine Entstaubungsanlage nachrüsten zu können, mußte jedoch eingeplant werden.
- Besonderheit des Standortes ist die unmittelbare Nähe zum Hauptfahrwasser der Unterelbe. Das bedingt, daß neben dem Tidenhub auch ein Versatz der anliegenden Schiffe durch Strömung und durch die von vorbeifahrenden Schiffen ausgelösten Wasserbewegungen auftritt. Die in den Kollisionsbereich mit den Schiffsaufbauten hineinreichenden Entladerteile sind deshalb besonders abzusichern und müssen im Notfall möglichst schnell aus dem Gefahrenbereich gebracht werden können.
- Mit dem Ersatz von 3 Wippdrehkränen durch einen Entlader wäre auch die vorher gegebene Redundanz völlig entfallen. Um das Ausfallrisiko gering zu halten, war deshalb vom neuen Gerät hohe Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit zu fordern. Daran ändert auch die nachträgliche Planungsumstellung, doch einen der beiden Wippdrehkrane für Trimm- und Hilfsarbeiten zu behalten, grundsätzlich nichts.

2. Entwurfskonzept

Die umfassende Bewertung der Einflußgrößen führte zu der Entscheidung, einen Greifer-Schiffsentlader mit 25 t Tragfähigkeit einzusetzen.

Als Bauprinzip wurde ein System mit Seilzugkatze gewählt, um ein geringes Katzgewicht und hohe Beschleunigungen bei der Katzfahrbewegung zu ermöglichen. Der Längenausgleich der Hubseile erfolgt mittels einer Ausgleichkatze im Seilsystem vom Hub- und Katzfahrwerk.

Die Hauptabmessungen sind 36 m Ausladung über wasserseitiger Schiene und 10,75 m über landseitiger Schiene, Portalspurweite 12 m und Hubhöhe über Schienenoberkante abhängig vom eingesetzten Greifer ca. 22 m (Bild III.1).

Ausführung der Stahlkonstruktion in geschweißter Kastenbauweise, berechnet nach DIN 15018, H3, B6. Wasserseitiger Ausleger einziehbar, Führerhaus selbständig verfahrbar und damit auf die für die jeweilige Arbeitsaufgabe günstigste Position einstellbar, Zugang zur Führer- und Maschinenhausbene mittels Aufzug.

Anzahl der Laufräder des Entladerfahrwerkes auf der Wasserseite 16 und auf der Landseite 12, davon pro Ecke 4 angetrieben. Als Sicherung gegen Abtreiben durch Sturm sind 2 Schienenzangen mit Feder-Kraftspeicher und hydraulischer Steuerung vorhanden.

Die kupplungslose Zwei-Motoren-Greiferwinde und das Katzfahrwerk sind aus standardisierten und erprobten Komponenten aufgebaut und stehen auf gesonderten Triebwerksrahmen in geschlossenen Häusern. Der Antrieb erfolgt durch Gleichstrommotoren, die Geschwindigkeiten sind für Heben 140 m/min, Schließen 125 m/min und Katzfahren 210 m/min. Alle Verzahnungen laufen in geschlossenen Getriebekästen im Ölbad.

Das System der Hub- und Katzfahrseile wird über eine Spannstation auf einen vorgegebenen Durchhang eingestellt und erlaubt auch ein Arbeiten mit hochgezogenem Ausleger, dann

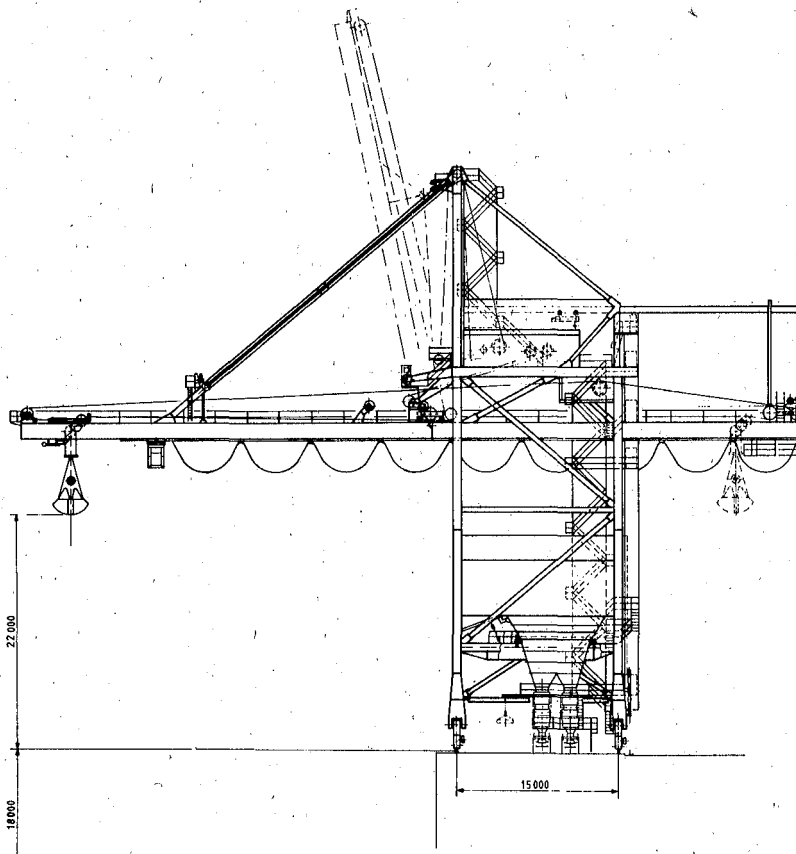


Bild III.1: Greifer-Schiffsentlader 1.100 t/h
Kraftwerk Hamburg

allerdings mit herabgesetzter Katzfahrgeschwindigkeit. Für Hub- und Schließwerk ist Reserveil auf den Trommeln gespeichert.

Mit Rücksicht auf eine gelegentlich vorkommende Entladung von kleinen Seeschiffen oder Schuten und um kritische Stellen im Deckschatten erreichen zu können, wurde eine Drehmöglichkeit des Greifers um 90° vorgesehen, die durch Verschieben der Seilrollensätze auf der Katze mittels eines Zahnstangenantriebes erfolgt.

Das Ausleger-Einziehwerk hat ein redundantes Seilsystem mit Schlappseil- und Überlastungssicherung. Um den Ausleger im Gefahrenfall, z.B. bei Trossenbruch am Schiff, schnell aus dem Kollisionsbereich mit den Schiffsaufbauten bewegen zu können, ist die Zeit für einen vollen Einziehvorgang auf nur 2 min festgelegt worden.

Der Bunker ist wegen der gegebenen Begrenzung der Schienenbelastungen landseitig innerhalb der Portalspurweite angeordnet. Maximaler und minimaler Füllstand werden über Druckmeßdosen überwacht. Wegen der häufig feuchten und zur Brückenbildung neigenden Kohle erforderte die Gestaltung der beiden Ausläufe besondere Aufmerksamkeit.

Die knappe Kapazität der beiden vorhandenen Kaibänder bedingt eine genaue Teilung des Materialstroms bzw. eine schnelle Umstellung oder Abschaltung bei plötzlichem Bandstillstand. Jeder Bunkerauslauf ist deshalb mit einer Schwingförderrinne ausgerüstet, die auf das jeweilige Kaiband aufgibt. Dazu gehören noch Magnetabschneider und eine Schrottaustragvorrichtung.

Dazu kommt der Einsatz wartungsarmer Komponenten, z.B. voll gekapselte Verzahnungen und Wälzlagerungen, übersichtliche Triebwerksanordnungen und großzügig gestaltete Begehungen.

3. Elektro- und Sicherheitseinrichtungen

Die Energiezuführung erfolgt über eine 6-kV-Kabeltrommel. Auf dem Entlader befinden sich zwei Haupt-Transformatoren für Stromrichter und Hilfsantriebe.

Für Hub-, Schließ- und Katzfahrwerk sind geregelte Gleichstrommotoren eingesetzt, die von 6pulsigen Thyristorstromrichtern für Vier-Quadrantenbetrieb gespeist werden. Hub- und Schließwerk haben mechanisch getrennte Antriebe. Die Greifersteuerung erfolgt durch eine digitale Differentialschaltung.

Brückenfahrwerk und Einziehwerk sind gesteuerte Drehstromantriebe mit Schleifringläufermotoren. Zur Ausrüstung gehören noch die Antriebe der Bunkerabzugsrinnen, der Rieseltgutklappenverstellung und der beweglichen Staubschutzwand sowie für Greiferdrehen, Seilspannen und Führerhausfahren.

Alle Steuerverknüpfungen erfolgen durch eine freiprogrammierbare Steuerung (PLC).

Für die Greiferbewegungen ist ein Automatikbetrieb vorgesehen, der auf der Grundlage einer analogen Leitliniensteuerung mit automatischer Pendeldämpfung, die durch Parallelrechner in der PLC überwacht wird, abläuft.

Umfangreiche Verriegelungen und Sicherheitseinrichtungen, wie Überlastungsschutz, Windmesser, Kollisionsschutz zum verbliebenen Drehkran, eine Näherungsüberwachung zwischen Führerhaus und Schiffsaufbauten, sowie Hilfseinrichtungen zum Seil- und Greiferwechsel, Ausbaurichtungen und ein Inspektionswagen am Fahrbahnträger runden die Ausrüstung des Entladers ab (Bild III.2).

4. Umweltschutzbelange

Die angestrebten Grenzwerte für die Schallemission waren zunächst durch eine schalltechnische Analyse der Betriebszustände zu beurteilen. Eine zuverlässige Voraussage der zu erwartenden Pegel ist auf der Grundlage rechnerischer Methoden zusammen mit meßtechnisch ermittelten Stützwerten heute möglich.

Im vorliegenden Fall erforderte die gegebene Zielsetzung ein umfassendes Maßnahmenpaket. Nach Definition der Stärken der einzelnen Schallquellen, z.B. für Getriebe nach VDI 2159 und für Elektromotoren nach VDI 2713, waren sekundäre Maßnahmen zur Minderung der Schallausbreitung und der Körperschallübertragungen festzulegen. Wo und mit welchem Aufwand anzusetzen ist, ergibt sich aus den schalltechnischen Gesetzmäßigkeiten. Es wäre in

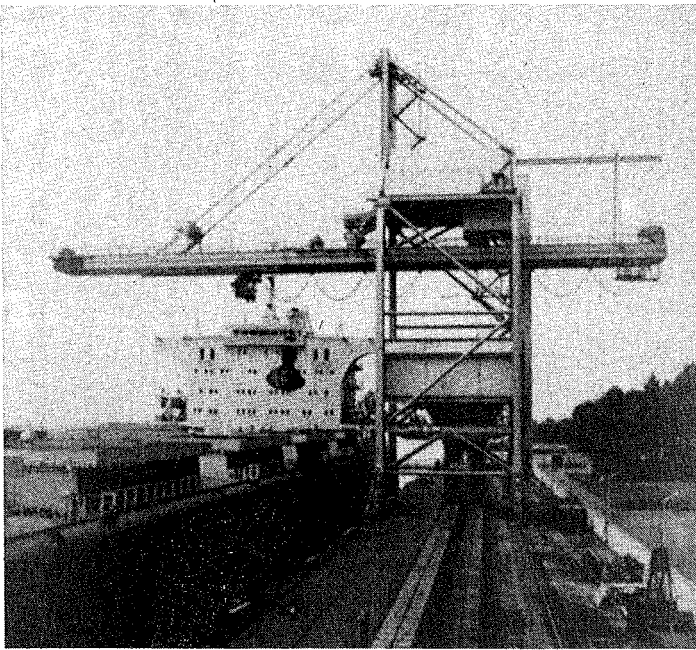


Bild III.2: Greifer-Schiffsbelader in Betrieb

bezug auf das Gesamtergebnis nutzlos, bei schon mit ausreichendem Abstand unter dem Summenschallpegel liegenden Quellen noch zusätzliche Maßnahmen zu treffen.

Realisiert wurde schließlich eine elastische Lagerung und Befestigung der Katzschiene, eine körperschallgedämmte Lagerung der Katzlaufräder sowie eine körperschallgedämmte Aufstellung der Triebwerke auf getrennten Rahmen innerhalb geschlossener Häuser, die ein Einfügungsdämmmaß von über 25 dB (A) haben. Die Schwingförderrinnen sind mit einer Gummiauskleidung versehen, ebenso Teilbereiche des Bunkers.

Nach Inbetriebnahme durchgeführte Schallmessungen ergaben, daß der Schallpegel des Schiffsentladers am Immissionsort unter dem Grund- und Fremdgeräuschpegel liegt und somit die schalltechnische Zielsetzung erreicht ist.

5. Löschleistung

Die mittlere Entladeleistung ist eine ausschlaggebende Größe für den Nutzwert einer Anlage. Da eine allgemein verbindliche Definition dieses Begriffes fehlt, sind dazu Vereinbarungen zu treffen.

Als Zeitbasis eignet sich beispielsweise die Einsatzzeit am Schiff abzüglich der Dauer von Betriebsunterbrechungen sowie abzüglich von Sonderzeiten, wie Greiferwechsel oder Einsetzen des Trimmgerätes. Wegen des Einflusses der Schiffsgröße ist dafür ein wirklichkeitsnaher Bereich, hier waren es etwa 50.000 bis 80.000 t Tragfähigkeit, festzulegen. Besondere Umstände innerhalb des vereinbarten Beobachtungszeitraumes, wie beispielsweise gefrorene Kohle oder starke Nebelbildung, müssen einvernehmlich beurteilt werden.

Die mittlere Entladeleistung einer Anlage hängt von zahlreichen Einflußgrößen ab.

Eine gute Ausnutzung der Tragfähigkeit des Entladers wird erreicht, wenn die Greifer nach Gewicht, Inhalt und Bauart optimal angepaßt sind. Die dazu notwendigen Kenntnisse über Schüttgewicht und sonstige Materialeigenschaften sowie eine geringe Schwankungsbreite dieser Merkmale werden bei einer kraftwerkseigenen Entladung meist gegeben sein.

Die Geschwindigkeiten der Hauptantriebe resultieren aus vertretbaren Beschleunigungen und den notwendigen Wegen. Aus der Überlagerung von Hub- und Katzfahrbewegung unter Berücksichtigung der geometrischen Randbedingungen entstehen die Leitlinien für die automatische Steuerung.

Die Automatik kann nach Einleiten des Schließvorganges das gesamte Arbeitsspiel bis zur Rückkehr an den Aufnahmepunkt selbsttätig ausführen. Der Kranführer wird erheblich entlastet und hat die Möglichkeit, sich voll auf die Wahl des Aufnahmepunktes und das Nachsteuerung beim Greifvorgang zu konzentrieren. Da der Einfluß der Ermüdung zurücktritt, ermöglicht die Automatik eine gleichmäßig hohe Leistung. Andererseits kann natürlich ein erfahrener Kranführer in günstigen Situationen die Leistung der durch ihre Programm festgelegten Automatik übertreffen. Eine maximale Anlagennutzung wird deshalb bei einem sinnvollen Zusammenspiel von Hand- und Automatikbetrieb erreicht.

Die hohen Anforderungen an den Kranführer bedingen eine sehr sorgfältige Gestaltung seines Arbeitsplatzes unter Beachtung geringfügig erscheinender Details. Ziel ist, die Sicht zu begünstigen und eine möglichst zwangsfreie Körperhaltung zu ermöglichen. Maßnahmen dazu sind die Verfahrbarkeit der Kanzel, blendfreie und gut zu reinigende Isolierverglasung, herausnehmbare Bodenfenster und drehbarer Sitz.

Ein zusätzliches Hilfsmittel, das auch sehr schwierige Sichtverhältnisse zu bewältigen hilft, ist die Greifer-Positionsanzeige. Auf einem Bildschirm werden dem Kranführer die eingestellte Leitlinie und die Störkanten, die momentane Position des Greifers und ob dieser offen oder geschlossen ist, angezeigt (Bild III.3). Außerdem erscheinen dort Zustands- oder Störmeldungen für den Entlader im Klartext.

Neben den Eigenschaften des Schiffsentladers selbst hat die beim Entladevorgang angewendete Strategie wesentlichen Einfluß auf die mittlere Leistung. Dazu gehört ein optimaler Lukenwechsel innerhalb der durch das Schiff vorgegebenen Randbedingungen sowie ein der Arbeitsweise vorteilhaft angepaßter Zeitpunkt für das Einsetzen des Trimmergerätes.

Durch eine sorgfältige Betriebsbeobachtung über einen Gesamtdurchsatz von mehr als 250.000 t wurde die mittlere Entladeleistung mit wenigstens 850 t/h ermittelt. Das sind etwa 80% der theoretischen Leistung von 1.080 t/h beim Greifen aus dem Vollen unter definierten Bedingungen.

Dieses Ergebnis übertrifft frühere Erfahrungswerte wesentlich. In eine Wertung gegenüber kontinuierlich arbeitenden Geräten wäre diese Größe kritisch einzubeziehen.

Eine unmittelbare Verallgemeinerung der im vorliegenden Fall erreichten, mittleren Umschlagleistung ist nicht angebracht, da der Zusammenhang mit dem gesamten Umfeld beachtet werden muß. Es wird damit aber aufgezeigt, wie weit bisher als Stand der Technik betrachtete Grenzen bei einer streng auf eine bestimmte Aufgabe zugeschnittenen Planung und einer sorgfältigen Optimierung des Gerätes hinausgeschoben werden können. Vorausset-



Bild III.3: Fahrerkabine mit Anzeige der Greiferposition

zung dafür ist ein intensives Zusammenwirken zwischen Hersteller und künftigem Betreiber unter Nutzung der auf beiden Seiten vorliegenden Erfahrungen.

IV. Seetransport und Umschlag von Kohleschlämmen

1. Hintergrund und bisherige Entwicklungen

Auf der Suche nach alternativen Energiequellen werden weltweit zahlreiche Forschungsprojekte mit unterschiedlichen Verfahren betrieben. Bei der Nutzbarmachung fossiler Brennstoffe läuft die Zielrichtung dahin, das schwere Heizöl überall dort zu verdrängen, wo es noch zur Wärmeerzeugung verbrannt wird. Hierdurch kann der in absehbarer Zeit anstehenden Verknappung der Erdöls vorgebeugt sowie auch eine beträchtliche Kostenersparnis erzielt werden.

Auch in der Bundesrepublik Deutschland werden auf diesem Gebiet intensive Untersuchungen durchgeführt. Hier konzentriert sich die Forschung auf Konzernfirmen der SALZGITTER AG. Unterstützung wird geleistet von seiten der deutschen chemischen Industrie sowie auch von namhaften Firmen, die sich mit dem Spezialgebiet der Kohleverbrennung befassen.

In Salzgitter wird seit Anfang der 70er Jahre an dem Projekt „Hydraulischer Feststofftransport“ gearbeitet. Dieses Projekt wird seit 1977 mit Mitteln des Bundesministers für For-

schung und Technologie gefördert. Im Rahmen dieser Arbeiten wurden unter anderem auch stabilisierte Kohlesuspensionen auf das Transportverhalten in Rohrleitungen untersucht.

Mit dem Bau der Versuchsanlage zur Ermittlung der hydraulischen Parameter von Feststoff-Flüssig-Suspensionen auf der zum Salzgitter-Konzern gehörenden Schachtanlage Haverlahwiese erstreckten sich die Untersuchungen ebenfalls auf die Herstellung der Kohle-Wasser-Suspensionen. Seit 1981 wird verstärkt das Gebiet der hochkonzentrierten feinkörnigen Kohle-Wasser-Suspensionen untersucht, die sich direkt, d.h. ohne Entwässerung, verbrennen lassen.

In Salzgitter werden solche Suspensionen als DENSECOAL bezeichnet. Der Begriff DENSECOAL steht nicht nur für einen neuen flüssigen Energieträger, sondern für die vollständige Herstellungs-, Umschlags-, Transport- und Verbrennungstechnologie.

2. DENSECOAL-Produktion und Eigenschaften

DENSECOAL ist eine Kohle-Wasser-Additiv-Suspension, die sich praktisch wie Öl verhält. Da DENSECOAL als direkt verbrennbarer Energieträger bei der Wärme- und Dampferzeugung als Ölersatz Verwendung finden soll, ist es notwendig, möglichst viel Kohle mit relativ wenig Wasser zu einer gut fließ- und lagerfähigen Suspension zu mischen. Die mögliche Feststoffkonzentration in der DENSECOAL wird durch die Partikelgrößenverteilung der Kohle, deren chemische Struktur und die Menge und Zusammensetzung der Additive wesentlich beeinflusst.

Die Additive bewirken, daß das Oberflächenpotential der Kohle so verändert wird, daß möglichst kleine Wasserhüllen die Kohlepartikel umschließen. Das Oberflächenpotential und damit die Wirkung der Additive hängen wiederum im starken Maße von der Oberflächenstruktur und -beschaffenheit der Kohle ab.

Bei Kohlen mit hohen spezifischen Oberflächen ist ein höherer Additivanteil zur Erzielung befriedigender Feststoffkonzentrationen notwendig als bei Kohlen mit geringen spezifischen Oberflächen. Der Einsatz von ionischen, anionischen und Abmischungen von ionischen und anionischen Additiven richtet sich vor allem nach der zu densierenden Kohle.

Die Komponenten Aschegehalt und -analyse, flüchtige Bestandteile, Schwefelgehalt und mazerale Zusammensetzung der Kohle beeinflussen das Densier- und das Verbrennungsverhalten einer Kohle-Wasser-Additiv-Suspension unterschiedlich. Während bei der Verbrennung besonders der Asche- und Schwefelgehalt von Bedeutung sind, liegen die Haupteinflussgrößen bei der Densierung einer Kohle in deren flüchtigen Bestandteilen und dem Inkohlungsgrad.

Zur Erzielung hoher Feststoffkonzentrationen in einer Suspension ist eine maximale Packungsdichte des Feststoffs notwendig. Grundvoraussetzung hierfür ist jedoch eine polymodale Dichteverteilung $q_3(x)$ der Kohle.

Der Partikelbereich, den eine Kohle für die Herstellung von DENSECOAL haben darf, richtet sich nach Stabilitäts-, verbrennungskinetischen und rheologischen Gesichtspunkten. Die notwendige Stabilität einer DENSECOAL hinsichtlich des Absetzverhaltens führt zu der Randbedingung, daß die Schwarmsinkgeschwindigkeit des größten Einzelpartikels so gering ist, daß keine offensichtlichen Absetzerscheinungen auftreten. Andererseits darf die relativ

Zähigkeit der Suspension nicht so hoch sein, daß ein Verpumpen und Zerstäuben der Suspension zum Zwecke der Verbrennung nicht möglich ist.

Die Verbrennungskinetik der DENSECOAL schließlich führt zu der Randbedingung, daß im Falle einer Zerstäubungsverbrennung von DENSECOAL der ultrafeine Anteil in der Partikelgrößenverteilung relativ hoch sein muß, während der Grobanteil minimal sein sollte. Im Falle einer Verbrennung von DENSECOAL in einem Reaktor, der mit einer zirkulierenden Wirbelschicht arbeitet, darf der ultrafeine Anteil in der Partikelgrößenverteilung nur minimal sein, während der Grobanteil hierbei im wesentlichen unerheblich ist.

DENSECOAL, die anstelle von Öl in Kraftwerken, Hochöfen und sonstigen Verbrennungsanlagen zum Einsatz kommt, hat eine Körnung von 0–0,2 mm, wobei ca. 90% < 0,1 mm und 10–20% < 0,005 mm vorliegen. Der x_{50} -Wert dieser DENSECOAL liegt bei 0,04 mm.

Das rheologische Verhalten von hochkonzentrierten Kohle-Wasser-Additiv-Suspensionen läßt sich in vielen Fällen nur durch nicht lineare Ansätze beschreiben. Häufig sind dies Ansätze, die Ostwald'sche oder Yield-pseudoplastische Flüssigkeiten beschreiben, in vielen Fällen verhalten sich DENSECOAL-Slurries tixotrop.

Für die Berechnung von Druckverlusten in Rohrleitungen und Düsen gilt es daher, die scheinbare Zähigkeit bei dem jeweils auftretenden Schergefälle zu ermitteln. Diese scheinbare Zähigkeit sollte in keinem Fall $1000 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ bei 20°C überschreiten. Im Hinblick auf die maximale Partikelgröße bedeuten diese $1000 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ ein x_{max} von ca. 0,3 mm.

Die Feststoffkonzentration einer DENSECOAL richtet sich also nach Kohlecharakteristik, Partikelgrößenverteilung und dem Additiv. Für einige Kohlesorten ist eine Mischung 75% Kohle, 0,5% Additiv und 24,5% Wasser mit der Randbedingung der Zähigkeit < $1000 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ gut zu erreichen. Die 75% Feststoffanteil in der Suspension stellen nicht die maximale mögliche, sondern eine noch gut zu transportierende Konzentration dar.

Der größte Teil der Kohlenarten läßt sich für die Herstellung von DENSECOAL mit ca. 70 Gew.-% Feststoffanteil verwenden, wobei der Additivanteil bis zu 1%, bezogen auf den Feststoffanteil in der Suspension, ansteigen kann. Die Additivkonzentration hängt stark von der Partikelgrößenverteilung und der Kohlensorte ab. Als Faustregel kann für einige Additive gelten, daß für 1 m^2 Kohleoberfläche ca. 1 mg Additive benötigt werden.

Die Abhängigkeiten zwischen den Faktoren Additivkonzentration, Kohlecharakteristik und Partikelgrößenverteilung ergeben ebenfalls, daß eine zu große Menge an Additiven die relative Zähigkeit einer Suspension und das Densiverhalten einer Kohle negativ beeinflussen können. Es gilt daher für jede Kohle, das spezifische Optimum hinsichtlich Partikelgrößenverteilung und Additiv zu finden.

Je nach Einzelfall werden an die DENSECOAL unterschiedliche Anforderungen hinsichtlich des Stabilitätsverhaltens gestellt. DENSECOAL verhält sich ohne den Zusatz von Stabilisatoren über einen Zeitraum von 3–4 Wochen quasi-stabil, d.h. bei einer 75%igen Suspension tritt ein Konzentrationsprofil über die Höhe von 2–3% auf. Wird auf eine Langzeitstabilität Wert gelegt, so müssen Stabilisatoren im ppm-Bereich der DENSECOAL zugegeben werden.

Diese Additive beeinflussen die Fließeigenschaften der Suspension und damit auch die

Zähigkeit. Solche stabilisierten Kohle-Suspensionen zeigen selbst nach einem Jahr keinerlei Absetzerscheinungen.

DENSECOAL kann sowohl aus stückiger Kohle als auch aus Kohlestäuben hergestellt werden. Der Aschegehalt und der Aufbau der Asche beeinflussen die Densierbarkeit, d.h. die maximal erzielbare Kohlekonzentration bei einer vorgegebenen Viskosität, nur untergeordnet.

Der petrographische Aufbau der Kohle, der Anteil flüchtiger Bestandteile und der Inkohlungsgrad haben Einfluß auf die Auswahl und Menge des Additivs und nicht auf den Prozeß generell.

Liegen Kohlenstäube in ihrem Kornaufbau nahe dem für den jeweiligen Kohletyp optimalen Kornaufbau vor, kann die DENSECOAL-Herstellung in einer Zwangsmischanlage erfolgen, in die genau dosiert Kohlenstaub, Wasser und Additiv aufgegeben werden und nach intensiver Durchmischung DENSECOAL hergestellt wird.

Bei stückiger Kohle erfolgt die Zerkleinerung der auf ca. 6 mm vorgebrochenen Kohle auf das kohlespezifisch optimale Kornband und die Vermischung der Kohle mit dem Additiv und dem Wasser in einer Rohrmühle. Aufgrund der Viskositäten der DENSECOAL ist eine Klassierung der gemahlene Kohle und damit ein geschlossener Mahlkreislauf nicht anwendbar. Es muß vielmehr auf die richtige Auslegung der Mühle größtes Augenmerk gerichtet werden.

Bei der Mahlung muß einerseits die obere Korngröße der Kohle auf 0,2 mm herabgesetzt werden, andererseits verlangt der Prozeß einen Anteil ultrafeiner Partikel, um die Stabilität der DENSECOAL zu gewährleisten. Dieser Forderung steht eine Limitierung der spezifischen Oberfläche gegenüber, die den Verbrauch des Additivs — und damit die Herstellungskosten — wesentlich beeinflußt.

Falls das zu optimierende Kornband bei gewissen Kohlesorten in einer solchen Rohrmühle nicht erreichbar ist, muß die Kohle durch mehrstufige Trocken- und/oder Naßmahlung und anschließende Mischung zu DENSECOAL verarbeitet werden.

Dieses Verfahren ist wegen des erforderlichen Explosionsschutzes bei Trockenverarbeitung der Kohle wesentlich aufwendiger als die einfache Naßmahlung und sollte nur in Extremfällen angewandt werden.

3. Transport und Umschlag von DENSECOAL

Infolge seiner rheologischen Eigenschaften kann DENSECOAL beim Transport ähnlich wie schweres Heizöl gehandhabt werden. Dadurch bieten sich diesem neuen Energieträger alle günstigen Voraussetzungen für einen Transport über große Entfernungen, wie sie seit langem für das Erdöl oder die Produkte aus Erdöl gegeben sind. Die Vorteile des Flüssigtransportes liegen vor allem in der Umweltfreundlichkeit beim Lagern und Umschlag in Häfen und beim Verbraucher.

Bei der Frage, wie eine gesamte Transportkette DENSECOAL aussehen kann, d.h. wie letztlich zweckmäßigerweise die DENSECOAL hergestellt werden soll, muß unbedingt die Kostensituation beleuchtet werden.

Es wurde bereits darauf hingewiesen, daß für die Herstellung von DENSECOAL chemische Additive benötigt werden. Es hat sich herausgestellt, daß gleiche Additive bei Kohlearten verschiedener Herkunft sehr unterschiedliche Wirkungen erzielen können.

Entscheidend für die Wahl eines Additivs ist der Preis. Dieser liegt je nach Substanz zwischen 2,- und 5,- DM pro kg 100%ige Substanz. Die Additivkosten stellen also einen beträchtlichen Faktor bei der Herstellung von DENSECOAL dar.

Die eigentlichen Betriebskosten einschließlich Kapitalkosten, jedoch ohne das Betriebsmittel Additiv, sind von untergeordneter Bedeutung und liegen beträchtlich unter den Kosten für die Additive. Verbleibt als weiterer wichtiger Faktor der Einstandspreis für die Kohle selbst.

Hier muß von einer sehr breiten Spanne bei den Förder- und Abgabepreisen für die sog. Kesselkohle, d.h. einer Kohle mit hohem Anteil an flüchtigen Bestandteilen für Verbrennungszwecke, ausgegangen werden. Der Kohlebergbau in Westeuropa mit seinen großen Fördererteufen kann die Kohlegewinnung längst nicht so kostengünstig gestalten wie der Bergbau z.B. in Kanada, USA, UdSSR, V.R. China, Australien und Südafrika mit den günstigen oberflächennahen Kohlevorkommen, so daß trotz der großen Entfernungen und der damit verbundenen Transportbelastung die t Kohle frei Nordseehafen wesentlich preiswerter angeboten werden kann.

Diese Länder mit den niedrigen Gewinnungskosten für Kohle bieten sich als Standorte für Herstellungsanlagen von DENSECOAL an, zumal bei diesen weit entfernt gelegenen Ländern die Vorteile des Flüssigtransportes voll zum Tragen kommen. Erfahrungswerte von Transport von Öl oder anderen Flüssigprodukten könne hier übernommen werden.

Bei einer ausreichend großen Produktionsmenge von DENSECOAL an der Kohlenlagerstätte kann zum Transport zum Verschiffungshafen auch ein sehr kostengünstiger Pipelinetransport Verwendung finden.

Aus der Fülle der möglichen Varianten zeigt die Abbildung „Transportkette DENSECOAL“ nur einige wenige Möglichkeiten, wie DENSECOAL nach der Herstellung in Übersee sowohl zu den Verbrauchern im Lande selbst als auch nach der Verschiffung in Tankern zu den Abnehmern transportiert werden kann.

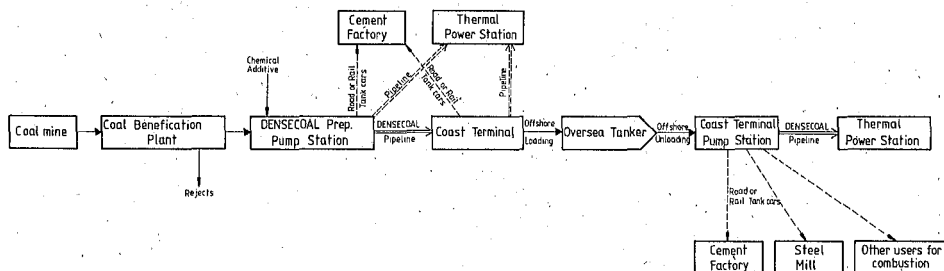


Bild IV.1: Transportkette DENSECOAL

Der Umschlag von DENSECOAL im Erzeugerland auf Tankschiffe kann wie beim Erdöl erfolgen. Falls noch nicht vorhanden, können große Vorrattanks oder Lagerbecken die DENSECOAL bis zur Beladung auf die Schiffe stapeln.

Infolge der Stabilität der Kohle/Wasser-Suspensionen ist es nicht erforderlich, diese Vorratslager mit Rührwerkseinrichtungen zu versehen. Abzugspumpen mit großer Leistung können dafür Sorge tragen, daß große Tankschiffe innerhalb kürzester Zeit beladen werden. Lange Liegezeiten in den Häfen, wie dies noch beim Schüttgut Kohle der Fall ist, werden dadurch vermieden, wodurch dazu beigetragen wird, die Frachtraten günstig zu gestalten.

Wenn davon ausgegangen wird, daß an den Ostküsten Kanadas, der USA und Australiens in deren Nähe große Kohlenlagerstätten vorhanden sind, geeignete Tiefwasserhäfen für Großfrachter nicht zur Verfügung stehen, die DENSECOAL jedoch über eine Außenpier oder besser noch offshore über ein „Single Point Mooring Buoy“-System auf Tankschiffe mit großer Kapazität gepumpt werden kann, dann werden sich diese Vorteile weiterhin zugunsten dieser Transportkette DENSECOAL auswirken. Die Single Point Mooring Bouy besteht aus einer Plattform im Tiefwasserbereich, die entweder schwimmend verankert oder feststehend ähnlich wie eine Bohrplattform aufgestellt werden kann.

Die Zufuhr der DENSECOAL erfolgt über eine auf dem Meeresboden verlegte Pipeline zur Plattform hin. Von hier aus wird die DENSECOAL dann ebenfalls über eine flexible Pipeline zu den in der Nähe festmachenden Tankern gepumpt.

Für den Überseetransport selbst können modifizierte Öltanker benutzt werden. An ausreichendem Tankervolumen dürfte derzeit und auch in Zukunft kein Mangel bestehen, da eine enorm große Flotte von Tankern auf den zahlreichen Abstellplätzen der Weltmeere in Wartestellung zur Verfügung steht.

Beim Löschen der Tanker im Empfängerland können entweder bestehende Einrichtungen für Erdöl mit benutzt oder ähnliche Systeme installiert werden. Auch hier kann eine Offshore-Entladung für einen schnellen Umschlag sorgen. Die große Menge DENSECOAL einer Tankerladung wird zweckmäßigerweise zunächst an die Küste in Tank-Farmen gestapelt, bevor die weitere Verteilung zu den Verbrauchern vorgenommen wird.

Dies kann bei Großabnehmern, wie z.B. Kraftwerken, über eine kontinuierlich arbeitende Pipeline, sonst auch über Tankschiffe im Binnenschiffsverkehr oder über Tankfahrzeuge auf Schiene oder Straße geschehen. Dazu können ebenfalls die dem Brennstoffhandel zur Verfügung stehenden Transportkapazitäten mit herangezogen werden.

Es laufen Untersuchungen, ob stillgelegte Ölpipelines auch für den Transport von DENSECOAL eingesetzt werden können. Ferner wird überlegt, ob in den nicht voll ausgelasteten Ölpipelines wechselweise Öl und DENSECOAL gepumpt werden kann. Eine erste Ermittlung hat ergeben, daß Ölpipelines vom Druckaufwand her gesehen auch für den Transport von DENSECOAL geeignet erscheinen, so daß allenfalls die Pumpstationen an das neue Fördermedium angepaßt werden müssen.

Bei den Endabnehmern, die ihre Wärmeerzeugung von schwerem Heizöl auf DENSECOAL umstellen, können vorhandene Tankeinrichtungen für die Bevorratung weiter verwendet werden.

Bei der Lagerung von DENSECOAL in Kraftwerken oder bei anderen Verbrauchern, bei

denen von vornherein mit einer längeren Verweilzeit von mehreren Wochen oder Monaten zu rechnen ist, muß bei der Befüllung der Vorratsbehälter eine sehr geringe Menge eines Stabilisators zugemischt werden. Dieser bewirkt zwar auch eine Steigerung der Zähigkeit der DENSECOAL, die jedoch noch ein Verpumpen über kürzere Strecken und das Einbringen in den Feuerraum des Kessels gewährleistet.

Zur Vermeidung von Verdunstungsverlusten in offenen Behältern, Becken oder Tankfarmen wird der Oberflächenpegel durch eine ständige Flüssigkeitsschicht, die aus Öl oder aus Wasser bestehen kann, geschützt. Aus diesem Grund ist die Befüllung der Behälter von unten vorzunehmen. Die Abzugsförderpumpen können auch hier erforderlichenfalls wahlweise den Behälterinhalt umwälzen.

DENSECOAL kann ohne Entwässerung bzw. ohne weitere Vorbehandlung direkt verbrannt werden. Brenner, die bei der Verfeuerung von DENSECOAL eingesetzt werden, müssen mit erprobten Zündmechanismen gestartet und mit Hilfsmedien wie z.B. Zerstäuberluft, die auch bei Ölbrennern üblich sind, betrieben werden können. Zu berücksichtigen sind ferner die Verschleißeigenschaften der DENSECOAL, die durch Gehalt und Aufbau der Asche beeinflusst werden.

Der Schlüssel zur erfolgreichen Verbrennung von DENSECOAL liegt in der Entwicklung der Zerstäuber sowie in der Ermittlung der kohlespezifischen optimalen Verhältnisse zwischen DENSECOAL und Zerstäuberluft. Diesbezüglich wurden speziell in den USA intensive Untersuchungen durchgeführt.

Geeignet erweisen sich z.B. Düsen mit Y-Austrag, wobei die Spitzen der Düsen verschleißfest ausgelegt sein müssen.

Für die Zerstäubung der DENSECOAL ist ein minimales Luft-DENSECOAL-Verhältnis von ca. 1,18 erforderlich, um konstante Bedingungen zu gewährleisten. Die Kolloidbildung von DENSECOAL und Zerstäuberluft hat dagegen nur geringen Einfluß auf die Zerstäubung und kann vernachlässigt werden.

Zur Zündung von DENSECOAL wird eine Stützflamme mit Öl oder Gas benötigt, die nach ca. 15 Minuten abgeschaltet werden kann.

Vergleichende Untersuchungen zur Verbrennung von DENSECOAL und von Kohlenstaub der gleichen Einstandskohle ergaben, daß bei Kohlenstaub die wirksame Kohlenstoff-Umwandlung bei + 99% liegt, DENSECOAL dagegen zeigt Werte zwischen 97 und 99%.

Der thermische Wirkungsgrad bei DENSECOAL-Verbrennung liegt bei Abgastemperaturen von ca. 100°C um etwa 2,5% niedriger als bei Kohlenstaubfeuerung, dagegen sind die Emissionen von SO₂ und NO_x bei DENSECOAL-Feuerung erheblich niedriger.

Die Umrüstung von Ölkesseln auf DENSECOAL-Feuerung ist generell möglich, wobei primär der Aufbau und Aschegehalt der Kohle sowie die erzielbare Konzentration und Viskosität den erforderlichen Umrüstungsaufwand bestimmen.

4. Schlußbetrachtung

Bei der Herstellung von DENSECOAL gilt es, die technisch optimale und wirtschaftlich günstigste Zusammensetzung für DENSECOAL zu finden. Die Kosten für die Wärmeeinheit

am Ende des DENSECOAL-Prozesses entscheiden darüber, welches Herstellverfahren mit welchem Additiv eingesetzt werden muß.

Unter Umständen kann ein preiswerteres Additiv, welches zwar nicht die beste Wirkung erzielt, dennoch eine wirtschaftlichere Lösung darstellen.

Ob eine Kohle vor einer Densierung mittels Flotation auf geringere Asche- oder Schwefelgehalte aufbereitet werden soll, richtet sich ebenso nach der Verwendung der Suspension beim Endverbraucher wie der Zusatz von Stabilisatoren oder Methanol. Beim Transport und Umschlag von DENSECOAL kann auf bewährte Technologien zurückgegriffen werden, wobei die Vorteile des Flüssigtransportes gegenüber dem konventionellen Massenschüttguttransport voll zum Tragen kommen und eine günstige Wirtschaftlichkeit des gesamten Systems gewährleisten.

Mit dem Einsatz des Energieträgers Kohle in Form von DENSECOAL wird der Umweltfreundlichkeit im besonderen Maß Rechnung getragen.