

Zeitschrift: Bulletin der Vereinigung Schweiz. Petroleum-Geologen und -Ingenieure
Band: 28 (1961-1962)
Heft: 75

Artikel: Technische und rechnerische Grundlagen für einen
Wirtschaftlichkeitsvergleich zwischen Binnenschifffahrt [i.e.
Binnenschiffahrt] und Pipeline in Transport flüssiger Brennstoffe

Autor: Mangold, Werner
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-191412>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 06.10.2024

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Technische und rechnerische Grundlagen für einen Wirtschaftlichkeitsvergleich zwischen Binnenschifffahrt und Pipeline in Transport flüssiger Brennstoffe*

von WERNER MANGOLD, Direktor des Rheinschiffahrtsamtes Basel

Abstract

Criteria for the economic justification of new inland navigable waterways or the improvement of existing ones. — Criteria affecting the choice of a new means of communication: water, rail, road or pipelines. — Effects on the creation of new activities taking into consideration the various interests which may be concerned, with special regard to the case where the new waterway would be required to serve regions in which the means of transport are not fully developed.

Einleitung

Noch vor wenigen Jahrzehnten war die Kohle mit mehr als zwei Dritteln am gesamten Weltenergieverbrauch beteiligt gewesen. Der Wettbewerb des Mineralöls mit den seit Generationen als Energieträger bevorzugten festen Brennstoffen startete infolge des erst in das Reifestadium eingetretenen Explosionsmotors und der noch wenig Erfolg versprechenden Verwendung des Oels in der Raumheizung mit ungleichen Bedingungen. Niemand konnte hinter der nur langsam ansteigenden jährlichen Verbrauchskurve des Erdöls ahnen, daß dieses Gut dazu bestimmt sei, die Vorrangstellung der Kohle zu unterhöhlen und das herkömmliche Transportsystem vor schwerwiegende Probleme zu stellen.

Die vielseitigen Verwendungsmöglichkeiten der aus dem Erdöl derivierten Produkte, und vor allem deren Leistungsreserven auf kleinem Raum haben den Einzug der flüssigen Treib- und Brennstoffe in Industrie und Verkehr rasch gefördert. Das Erdöl trägt den Hauch des Neuen, unserer Zeit und ihrer nach Fortschritt und wirtschaftlicher Unabhängigkeit strebenden Menschheit. Es gibt wohl keine Materie, die wie das Erdöl in so mannigfacher Weise mit den meisten Errungenschaften der voranstürmenden technischen Entwicklung verknüpft ist. Auf diesen Umstand dürfte die immer eindrucklicher werdende Beteiligung des Oels an der Energiewirtschaft sämtlicher Länder hinweisen. Obwohl die Stein- und Braunkohlen noch im Ueberfluß vorhanden sind, und die nachgewiesenen Vorräte mehr als tausend Jahre zur Deckung eines Bedarfs im heutigen Umfange ausreichen sollen, nimmt ihr Anteil am gesamten Energieverbrauch der Welt ständig ab. Die klassische Kohle-Dampf-Zentrale ist durch die mit Schweröl betriebene Hochleistungsturbine abgelöst worden. Auf den Weltmeeren und auf Binnengewässern haben die mit Dieselmotoren ausgerüsteten Schiffe die mit Bunkerkohle befeuerten Dampfer längst in die Minderheit gedrängt. Der Straßen- und Luftverkehr hätte ohne das Vorhandensein von leichten und energie-

*) Vortrag gehalten am XX. Internationalen Kongreß für Navigation, Baltimore, USA, 1961

geladenen Treibstoffen wohl kaum die heutigen Ausmaße erreichen können. Für die Raumheizung benötigten Industrie und Bevölkerung jährlich eine ungeheure Menge an flüssigen Brennstoffen. Es dürfte deshalb leicht verständlich sein, weshalb die jährliche Weltförderung von Erdöl gegenwärtig rund eine Milliarde Tonnen beträgt.

Im Zuge der Verbrauchszunahme sind bei der Gewinnung und Verarbeitung sowie auch im Transport von Rohöl und in der Produktenverteilung gewaltige Aufgaben gelöst worden. Für die Weiterleitung des flüssigen Gutes über Land traten an Stelle der anfänglich verwendeten Holz- und Eisenfässer bald die Zisternenfahrzeuge auf Schiene und Straße oder die auf Binnenwasserstraßen verkehrenden Tanktransporter. Doch der wachsende Bedarf und vor allem wirtschaftliche Erwägungen drängten nach einer zum Transport von Mineralölen noch besser geeigneten Einrichtung — der *Pipeline*. So hat nach grundlegender Umgestaltung der Energiewirtschaft der Welt das Erdöl durch die ihm eröffneten neuen Transportwege auch in die Domäne der traditionellen Verkehrsträger eingegriffen.

In Westeuropa wird zwar mit der Verwirklichung eines koordinierten Pipeline-Netzes kaum vor Ablauf der nächsten drei bis fünf Jahre zu rechnen sein. Viele rechtliche, technische und vor allem wirtschaftliche und politische Fragen im Interesse einer vernünftigen Linienführung der Leitungen sowie eines harmonischen Zusammenwirkens zwischen der Oelleitung und den bestehenden Verkehrsträgern stehen in Abklärung.

Das Bestreben der am Oelgeschäft interessierten Unternehmen wird sich inskünftig in vermehrtem Maße auf eine leistungsfähige Versorgung der zahlreichen Länder Westeuropas mit flüssigen Treib- und Brennstoffen richten. Es darf angenommen werden, daß sich der gegenwärtige Bedarf an Mineralölprodukten innert weniger Jahre verdoppeln, ja verdreifachen wird. Die Abklärung der Frage, wie sich die zu erwartende Entwicklung in der Verteilung dieser Mengen auf die Wassertransporte auswirken wird, erfordert die Anstellung eines Wirtschaftlichkeitsvergleichs zwischen der Binnenschifffahrt und der Pipeline. Diesem Zweck ist die nachfolgende Untersuchung gewidmet.

I

Der gewaltig gewachsene Verbrauch an Erdölprodukten hat dazu geführt, daß eine seinem Aggregatzustand gut entsprechende Transporteinrichtung — die Pipeline — mehr und mehr in Erwägung gezogen und ausgeführt wird. Eine Pipeline kann praktisch überall gelegt werden, ihre Tracéföhrung ist völlig unabhängig von bestehenden Bahnen, Flüssen und Straßen, ja selbst Gebirge bilden keine unüberwindlichen Hindernisse, so daß Ausgangspunkt und Ziel ohne große Umwege verbunden werden können. Für die Binnenschifffahrt stellt sich die Frage, ob ihre Flotte und ihre Häfen durch die Erstellung solcher Pipelines weitgehend ausgeschaltet werden. Dies wäre denkbar, wenn sich die Pipeline in wirtschaftlicher Hinsicht als eindeutig überlegen erweisen würde. Ist die Schifffahrt jedoch in der Lage nachzuweisen, daß sie in gewissen Fällen nicht weniger wirtschaftlich ist als die Pipeline, so können volkswirtschaftliche Fehlinvestitionen vermieden werden, und der Schifffahrt bleibt ein wichtiges Transportgut erhalten. Dieser Nachweis dürfte ihr dort gelingen, wo das Ziel per Schiff ohne große Umwege erreicht werden kann, d. h. wo die Pipeline ungefähr parallel zur Schifffahrtsstraße verlaufen würde. Weniger klar liegen die Verhältnisse, wenn das Ziel der Versorgung abseits der Schifffahrtsstraße liegt. Es ist Aufgabe dieses Berichtes, zu dieser Frage einen Beitrag zu leisten. Nach einigen all-

gemeinen Betrachtungen wird für ein Beispiel am Rhein versucht, eine zahlenmäßige Abklärung herbeizuführen.

Es ist vielleicht am Platze, kurz zu begründen, weshalb sich gerade schweizerische Rheinschiffahrtsinteressenten und Behörden mit der Pipeline auseinander zu setzen haben.

Seit über fünfzig Jahren hat die Rheinschiffahrt nach Basel eine äußerst erfreuliche Entwicklung genommen und in den Häfen beider Basel sind Tankanlagen für flüssige Brennstoffe in beträchtlichem Ausmaß entstanden. Die Tanklager weisen eine Kapazität von zusammen über 800 000 m³ auf, die alle von Norden her über die Schiffahrtsstraße des Rheins bedient werden.

In Kürze wird bei Aigle, im Süden der Schweiz, eine Raffinerie entstehen, die durch eine Rohölpipeline ab Genua über die Alpen gespiesen werden soll, womit die Möglichkeiten für eine Zunahme der Versorgung des schweizerischen Absatzgebietes über die Südroute stark vergrößert werden.

Für die an der schweizerischen Rheinschiffahrt interessierten Kreise hat sich in Anbetracht dieser Sachlage die Notwendigkeit ergeben, Mittel und Wege zu prüfen, wie gegenüber dieser drohenden Konkurrenz die Wirtschaftlichkeit und damit die Existenz der Tankschiffahrt auf dem Rhein nach Basel aufrecht erhalten werden kann. Ein Mittel hiezu bildet die Erstellung einer Produktenpipeline ab den Basler Häfen nach wichtigen Verbrauchszentren im Innern der Schweiz.

II

Pipelines dienen zur Hauptsache zum Rohöltransport von den Oelfeldern zu den Raffineriezentren oder zu den Einschiffungshäfen. Mit der Zeit ist man aber auch dazu übergegangen, Produktenpipelines von den Raffinerien zu den Verbrauchszentren zu erstellen. In Europa bestand lange Zeit kein Bedarf nach derartigen Pipelines, da ein weitverzweigtes und leistungsfähiges Netz von schiffbaren Flüssen und Kanälen in hinreichendem Maße billige Transportmöglichkeiten bot und außerdem ein dichtes Netz von Bahnen und Straßen vorhanden ist. Die erste europäische Pipeline, und zwar eine Produktenpipeline, entstand zwischen Le Havre und Paris und zwar aus dem Grunde, weil die Schiffsflotte der Seine nicht mehr ausreichte. Mit Rücksicht auf die Wetterunabhängigkeit der Pipeline wurde diese Lösung schließlich einer Vergrößerung der Flotte vorgezogen. Weitere Pipelines, jedoch als Rohölleitungen, sind entstanden von Rotterdam und Wilhelmshaven nach dem Ruhrgebiet und nach der Gegend von Köln. Weitere Leitungen, ebenfalls als Rohölleitungen sind vorgesehen ab Marseille nach Straßburg und Karlsruhe und ab Genua nach Raffinerien in Oberitalien und bei Aigle in der Schweiz, ferner eine Rohölleitung durch Graubünden nach dem süddeutschen Raum. Ob alle diese Projekte und noch weitere durchgeführt werden, ist noch offen.

Den Pipelines sind, wie allen anderen Verkehrsträgern, wirtschaftliche Grenzen gesetzt:

Vorab wird ein erheblicher Umsatz von mindestens 1 bis 1,5 Mio. Tonnen pro Jahr vorausgesetzt, der möglichst gleichmäßig anfallen sollte. Saisonbedingte Verminderungen der Transportmenge beeinflussen die Wirtschaftlichkeit stark. Sodann kommen nicht alle Produkte für den Rohrtransport in Betracht. Schwere Heizöle sind hierfür wegen ihrer Dickflüssigkeit ungeeignet, insbesondere für längere Strecken und in kühleren Gegenden.

Was die Baukosten einer Pipeline betrifft, haben schon die bisher in Europa erstellten Leitungen gezeigt, daß gegenüber den entsprechenden Leitungen in Amerika mit höheren Kosten zu rechnen ist, da das Gebiet intensiver genutzt und dichter besiedelt ist. Insbesondere trifft dies für die uns besonders interessierenden Gebiete am Rhein und in der Schweiz zu, wo eine äußerst dichte Besiedelung vorhanden, und mit sehr hohen Landerwerbskosten zu rechnen ist. Auch die Geländeformation wirkt stark kostenverteuernd.

In technischer Hinsicht wird sich eine Pipeline in Mitteleuropa nach den allgemein geltenden Prinzipien zu richten haben, d. h. unterirdische Verlegung des Röhrenstranges und Ausrüstung mit Pumpwerken, die in Abhängigkeit von den topographischen Gegebenheiten in der Regel in Abständen von 100 bis 200 km notwendig sind. Die Leistung der Oelleitung ist abhängig vom Rohrdurchmesser, von der Fördergeschwindigkeit sowie vom Beschäftigungsgrad der Leitung. Der Durchmesser wird nach der wirtschaftlichen Fördergeschwindigkeit bestimmt. Diese liegt für Mineralöle ungefähr bei ein bis zwei Meter pro Sekunde, was je nach Viskosität einen Pumpendruck von mindestens 70 kg/cm² erfordert. Was den Beschäftigungsgrad betrifft, so geht aus den Erfahrungen bei vorhandenen Pipelines hervor, daß bei Rohölleitungen durchschnittlich mit 80 bis 85% Ausnutzung und bei Produktenleitungen mit 70 bis 75% gerechnet werden kann. Zu dieser reduzierten Ausnutzung trägt auch der Umstand bei, daß durch Entnahme bei Zwischenstationen die Transportmengen im Verlauf des Leitungsweges abnehmen. Ferner bewirken auch unvermeidliche Betriebsunterbrüche und Reinigungen wegen der Beförderung verschiedener Produkte eine Verminderung des Ausnutzungsgrades. Bei der Abklärung der Wirtschaftlichkeit ist auch zu berücksichtigen, daß durch eine Pipeline fast immer nur ein Teil der Wegstrecke von der Raffinerie bis zum Endverbraucher zurückgelegt werden kann und für den restlichen Teil wohl meist Bahn oder Camion eingesetzt werden muß, ein Umstand, der allerdings auch bei der Schifffahrt zutrifft.

Ueber die Transportkosten mit Pipelines einerseits und mit Tankschiffen andererseits bestehen nur wenige Angaben. M. E. Hubbard von The British Petroleum Co. Ltd. hat in seinem Bericht für die Weltkraftkonferenz in Madrid (1960) eine Darstellung gegeben, wonach mit folgenden Transportkosten, umgerechnet in Schweizer-Centimes pro tkm, zu rechnen ist:

Bahntransporte	6—11	Rp./tkm
Straßentransporte	10—14	Rp./tkm
Flußschifffahrt	2,2—3,5	Rp./tkm
Pipeline Le Havre—Paris	4,7	Rp./tkm
Pipeline bei 1 Mio t/Jahr	3,1	Rp./tkm
Pipeline bei 2 Mio t/Jahr		
Vollausnutzung	1,6	Rp./tkm

Was die Bahn- und Straßen-Transportkosten betrifft, so muß bei den schweizerischen Verhältnissen, mit ihren relativ kurzen Strecken mit höheren Ansätzen gerechnet werden, für Bahntransporte im Mittel vielleicht mit 15,5 Rp./tkm, für Straßentransporte mit 18 Rp./tkm. Unsere eigenen Berechnungen über die Frachten auf dem Rhein haben die nachfolgenden Beträge ergeben, wobei zu bemerken ist, daß zwischen Straßburg und Basel größtenteils eine kanalisierte Strecke besteht, die nur geringe Schleppkraft erfordert und auf dem Hochrhein Basel—Bodensee ist ohnehin eine vollständige Kanalisierung vorausgesetzt:

	Von Straßburg nach		
	Basel Rp./tkm	Eglisau Rp./tkm	Romanshorn Rp./tkm
Motortankschiff 1250 t/900 PS	1,68	1,63	1,53
Motortankschiff neu 1250 t/650 PS	1,56	1,50	1,37
Tankschubzug	1,40	1,50	1,45

Es hat sich dabei gezeigt, daß die Tankschubschiffahrt auf dem Hochrhein oberhalb Basel, praktische Ergebnisse vorbehalten, mit Rücksicht auf die relativ engen Verhältnisse, nicht die auf dem Niederrhein oder Oberrhein möglichen niedrigen Frachten erwarten läßt. Daß sie aber unter günstigeren Verhältnissen sehr bedeutungsvoll sein kann, zeigt das Beispiel der Seine-Schiffahrt. Die Pipeline Le Havre—Paris konnte die Schiffsfrachten wesentlich unterbieten, einesteils weil die Schiffe infolge der vielen Flußwindungen nahezu die doppelte Strecke zurückzulegen hatten und andererseits wegen des besonders günstigen Ausnutzungsgrades der Pipeline. Ihre Unabhängigkeit von Nebel und Hochwasser brachte ihr einen weiteren Vorteil. Die stetige Zunahme des Verbrauches in der Gegend von Paris ließ das Projekt einer Verdoppelung der bestehenden Röhren aufkommen. Inzwischen haben jedoch die Flußtransportgesellschaften ihre Schiffahrtstechnik einer Revision unterzogen und die Schleppschiffahrt mit altem Schiffsmaterial durch Motorkähne und Schubboote ergänzt, bzw. ersetzt. Die bisherigen Ergebnisse lassen erwarten, daß dadurch die Schiffsfrachten auf das Niveau der Pipeline-Transportkosten gesenkt werden können. Gerade dieses Beispiel zeigt, daß je nach Umständen die eine oder andere Transportart wirtschaftlicher ist und daß durch geeignete Maßnahmen den bisherigen Verkehrsträgern ihr Anteil erhalten werden kann. Je nach den geographischen Gegebenheiten ist es auch denkbar, daß sowohl Flußschiffahrt als auch Pipeline nebeneinander bestehen können, vielleicht mit gleichem Ausgangspunkt (Hafen, Raffinerie), aber getrennten Versorgungsgebieten.

III

Beim Vergleich der Wirtschaftlichkeit zwischen Binnenschiffahrt und Pipeline ist der Vergleich der wirklichen Transportkosten das maßgebliche Kriterium. Bei den *Pipelines* sind als Transportkosten die Verzinsung der Anlagekosten, die Rückstellungen für Erneuerung und Unterhalt und die eigentlichen Betriebskosten zu berücksichtigen. Bei der *Binnenschiffahrt* darf man davon ausgehen, daß die Transportkosten den für die betreffende Strecke durchschnittlich geltenden Frachten oder, wenn es sich um eine erst projektierte Schiffahrtsstraße handelt, den zu veranschlagenden Frachten entsprechen. Die Frachten umfassen außer den eigentlichen Betriebsaufwendungen für Betriebsstoffe, Mannschaft, Hafengebühren usw. auch die allgemeinen Unkosten der Reederei, die Verzinsung der Schiffe und die Aufwendungen für deren Unterhalt und Erneuerung. Ein allfälliger Einwand, es müsse außer den Frachten auch noch die Verzinsung der Anlagekosten der Schiffahrtsstraße in Betracht gezogen werden, ein Einwand, der sehr oft im Vergleich mit den Bahnkosten vorgebracht wird, ist auch hier, und hier erst recht, nicht am Platze. Abgesehen davon, daß gewisse Wasserwege naturgegeben sind (Seine, Rhein, Donau) und höchstens Unterhalts- und administrative Kosten ergeben, wäre jede der in Betracht fallenden Binnenwasserstraßen auch ohne Ölprodukttransport vorhanden oder vorgesehen. So wenig bei Lastwagentransporten die Erstellungskosten der Straße mit-

gerechnet werden, so wenig sind beim Wassertransport die Erstellungskosten der Wasserstraße dem Transportgut zu belasten. Dagegen sind die Kosten der Transportgefäße, die ausschließlich dem Öltransport dienen, in den Frachtkosten enthalten.

Liegt ein größeres Verbraucherzentrum nicht direkt an einer Wasserstraße, so entsteht beim Wassertransport ein sogenannter gebrochener Verkehr, d. h. im nächstgelegenen Flußhafen muß das Ölprodukt entweder auf Bahnwagen oder Lastwagen umgeladen werden, um dem Lager des Verbrauchers bzw. Verteilers zugeführt zu werden. In diesem Falle ist die kombinierte gebrochene Fracht den Transportkosten mit Pipeline gegenüber zu stellen, wobei bei der Pipeline ebenfalls eine gebrochene Fracht entsteht, wenn ab deren Endstation ein Weitertransport des Oels oder Benzins per Bahn oder Camion zum Empfänger in Betracht fällt.

Für das zu untersuchende Beispiel sind die Transportkosten der Schifffahrt nach folgenden Grundsätzen ermittelt worden:

Als Fahrzeug wird ein Motortanker von 1250 t Ladefähigkeit und 900 PS Leistung vorgesehen, der jährlich während 320 Tagen bei einer mittleren täglichen Betriebsdauer von 13 Stunden im Einsatz steht. Als Reisegeschwindigkeit werden bei der Bergfahrt 12 km/h und auf der Talfahrt 16 km/h angenommen.

Die festen Schiffskosten setzen sich zusammen

- a) aus den Löhnen für das Schiffpersonal, zusammen Fr. 32 000.— im Jahr für 4 Mann
- b) aus den Rückstellungen für Unterhalt (3%), Versicherung (2%), Abschreibung (5%) und Verzinsung des Anlagekapitals mit 5% des halben Schiffsneuwertes
- c) Zuschlag von 15% für Verwaltung, Risiko und Gewinn.

Für Betriebsstoffe werden 150 gr/PSh gerechnet zum Preis von Fr. 18.—/100 kg. Inbegriffen ist ferner der Umschlag (Beladen und Entladen), der mit 150 t/h während 16 Stunden im Tag in Rechnung gestellt wird. Allfällige Wartezeiten sind damit bereits eingerechnet, da durchschnittlich wesentlich höhere Umschlagsleistungen erzielt werden.

Man könnte sich auch fragen, ob bei älteren Tankschiffen der Abschreibungsansatz weggelassen werden kann, da vielleicht die Abschreibung schon vollständig erfolgt ist. Auf die Ermittlung dieses unteren Grenzwertes wird im vorliegenden Bericht verzichtet, jedoch liegt in dieser Möglichkeit immer noch eine Reserve zu Gunsten der Schifffahrt.

Mit diesen Grundlagen sind die Schiffsfrachten berechnet worden. Zur Überprüfung wurden einzelne Reedereien unabhängig voneinander um ihre Schätzung der Frachten ersucht, die mit den theoretisch ermittelten Werten eine gute Übereinstimmung ergab.

In ähnlicher Weise sind die Transportkosten mittels einer Produktpipeline nach vorbereitenden Abklärungen über die geeignete und mögliche Kapazität, den Leitungsdurchmesser, die Tracéführung usw. berechnet worden. Diese Berechnung wurde für drei Varianten durchgeführt, mit je einer Maximalkapazität von 1,0, 2,0 bzw. 3,0 Mio. t pro Jahr.

An Bauten sind eine zentrale Pumpstation mit drei Zubringerpumpenanlagen aus verschiedenen Hafenteilen, eine Endstation und zwei Entnahmestationen je im Drittel der Länge vorgesehen. Der Rohrdurchmesser beträgt je nach Kapazität zwischen 25 und 40 cm.

Die Transportkosten unterteilen sich auch hier in feste jährliche Kosten und veränderliche Betriebsaufwendungen. Bei den festen Kosten wird angenommen, daß das Anlagekapital zu $\frac{1}{3}$ durch Aktien und zu $\frac{2}{3}$ durch Obligationen aufgebracht werde, und daß die Aktien zu 8% und die Obligationen zu 5% zu verzinsen seien. Bei einer

Amortisationsdauer von 25 Jahren für die Rohrleitung und von 15 Jahren für die Pumpanlagen betragen die entsprechenden Rücklagen 4 und bzw. 6,67%. Bei fortlaufender Amortisation entspricht die 5%ige Verzinsung der Obligationen einem Jahreszinsfuß von 2,1% bei 25jähriger Amortisationszeit und 4,63% bei 15jähriger Amortisationszeit. An veränderlichen Kosten sind die Lohnsummen zu bestimmen, Beträge für Verbrauchsmaterial, allgemeine Verwaltungskosten, Versicherungen, Energiekosten, Steuern und Verschiedenes einzusetzen. Die Summe aus festem und veränderlichem Aufwand, dividiert durch die Transportmenge ergibt die Transportkosten pro Tonne. Wird zusätzlich noch durch die Transportdistanz dividiert, so ergeben sich die Transportkosten pro Tonnenkilometer. Wird die Kapazität der Leitung nicht ausgenutzt, so sinken wohl die veränderlichen Kosten etwas, da aber die festen Kosten weit überwiegen, steigen bei reduzierter Ausnutzung die Transportkosten sehr stark an. Die auf diese Weise errechneten Transportkosten sind mit den Frachten der Schifffahrt, bzw. in unserem Falle mit der gebrochenen Fracht Schiff/Bahn oder Schiff/Camion, zu vergleichen.

IV

Auf Grund der vorstehend erörterten Transportkostenberechnungen ist für einige Fälle ein zahlenmäßiger Vergleich zwischen Schifffahrts- und Pipelinekosten durchgeführt worden. Ausgehend von einem bestimmten Punkt, z. B. einem See- oder Flußhafen wird eine Pipeline von 100 km Länge angenommen. Deren Transportkosten werden verglichen mit den Frachten auf einer vom gleichen Punkte ausgehenden gleich langen Schifffahrtsstraße. Die Transportkosten der Schifffahrt betragen gemäß den vorstehend erörterten Grundlagen für 100 km Fr. 1.50 pro Tonne und werden als konstant angenommen. In Wirklichkeit sind bekanntlich auch die Transportkosten der Schifffahrt gewissen Schwankungen unterworfen. Die Transportkosten mit der Pipeline sind dagegen stark abhängig von der Transportmenge. Sie betragen bei

Jahreskapazität 1 Mio t	
Vollbetrieb	Fr. 3.85/t
50%ige Ausnutzung	Fr. 6.63/t
Jahreskapazität 2 Mio t	
Vollbetrieb	Fr. 2.35/t
Jahreskapazität 3 Mio t	
Vollbetrieb	Fr. 1.83/t

Die Transportkosten schwanken somit beim Pipelinetransport ganz erheblich. Die genannten Zahlen zeigen aber auch, daß die Pipeline, wenn sie parallel zur Schifffahrtsstraße liegt, bei gleichem Anfangs- und Endpunkt wie die Schifffahrt, mit dieser nicht konkurrieren kann. Erst wenn der Endpunkt der Pipeline abseits vom Endpunkt der Schifffahrt liegt, und zu dessen Erreichung im Endhafen auf Bahnwagen oder Camions umgeladen werden muß, kann die Pipeline vorteilhafter werden.

In Fig. 1a ist der Fall mit einer Pipeline-Kapazität von 1 Mio t/Jahr und Vollbetrieb dargestellt. Unter der Annahme, der mittlere Frachtsatz der Bahn betrage 15,5 Rp./tkm, ein Ansatz, der in Wirklichkeit größere Schwankungen, je nach Güterart und Transportdistanz aufweist, wird ermittelt, wie lange die Bahnstrecke ab Endhafen sein kann bis der Transportkostenbetrag der Pipeline erreicht wird. Im vorliegenden Fall ergibt dies zirka 15 km. Dies will besagen, daß der Endpunkt der Pipeline mehr als 15 km vom Endhafen der Schifffahrt entfernt sein muß, wenn der

Pipelinetransport vorteilhafter sein soll, oder mit anderen Worten: Der Winkel zwischen Schiffahrtsstraße und Pipeline muß bei der genannten Kapazität mindestens einer Abweichung von 15% entsprechen, d. h. $8^{\circ} 30'$ betragen. Ist der Winkel kleiner, so kann die Schifffahrt trotz Umlad auf die Bahn alle Orte billiger bedienen als die Pipeline. Ist der Winkel größer, so bildet sich um den Endpunkt der Pipeline ein Einflußgebiet, das von dort aus günstiger bedient werden kann. In Fig. 1a ist der Abstand des Pipeline-Endpunktes vom Endhafen der Schifffahrt zu 30 km angenommen, d. h. die doppelte Distanz der Kostengleichheit. Der Winkel beträgt daher 17° . Die Abgrenzungen der Einflußgebiete

- a) direkt per Bahn ab Ausgangspunkt A
- b) gebrochener Verkehr Schifffahrt/Bahn ab Endhafen B
- c) Pipelinetransport ab Endstation C

lassen sich bei den getroffenen vereinfachenden Annahmen (Distanzen in Luftlinie gemessen, mittlerer fixer Frachtsatz für Schiff und Bahn) graphisch wie folgt bestimmen:

Vom Ausgangspunkt A wird vorerst ein Umkreis ermittelt, bis zu welchem die Bahnfracht Fr. 3.85 beträgt, d. h. gleichviel wie der Transport mit Pipeline bis Punkt C. Dann wird die Linie des gleichen Abstandes einerseits von diesem Kreisbogen und andererseits vom Endpunkt C der Pipeline ermittelt (Linie a-b). Das zwischen A und dieser Linie gelegene Gebiet wird billiger direkt per Bahn von A aus bedient, das übrige Gebiet von der Pipeline-Endstation C oder vom Endhafen B aus. Zur Aufteilung des Gebietes auf diese beiden Versorgungspunkte wird wiederum ein Umkreis um den Hafen B konstruiert, der im gebrochenen Verkehr die gleichen Transportkosten ergibt wie die Pipeline, d. h. in unserem Falle 15 km. Zwischen diesem Kreisbogen und Punkt C wird die Linie des gleichen Abstandes e-f konstruiert, wodurch die Grenzlinie des Einflusses ab den Versorgungspunkten B und C gefunden ist. Es bleibt noch die Abgrenzung zwischen A und B vorzunehmen, die sich als Linie des gleichen Abstandes vom 25-km-Kreis um Punkt A und vom 15-km-Kreis um Punkt B ergibt (c-d). Alle drei Grenzlinien schneiden sich im gleichen Punkte D. Von den sich überschneidenden Grenzlinien gilt jeweils nur der eine Ast, ausgehend vom Punkte D, weil der andere Ast in das Einflußgebiet eines bei der Ermittlung der Grenzlinie nicht berücksichtigten Versorgungspunktes fällt. Das gleiche Verfahren zur Ermittlung der Grenzlinien könnte auch für einen gebrochenen Verkehr Schifffahrt/Camion (statt Bahn) durchgeführt werden. Als mittlerer Frachtsatz für Camions müßte 18 Rp./tkm angenommen werden. Die Begrenzungslinien der drei Einflußgebiete würden sich nur ganz unwesentlich zu Gunsten der Pipeline verschieben.

Fig. 1b zeigt die Aufteilung der Einflußgebiete, wenn der Endpunkt der Pipeline 60 km abseits von der Schiffahrtsstraße liegt statt 30 km. Die Begrenzungslinien der drei Einflußgebiete verschieben sich zufolge des größeren Winkels zwischen Schiffahrtsstraße und Pipeline zu Gunsten der Schifffahrt.

In Fig. 2 ist der Fall dargestellt, wenn die Pipeline nur zu 50% ihrer Kapazität ausgenutzt ist und somit ziemlich hohe Transportkosten entstehen. In diesem Falle betragen die Pipelinetransportkosten Fr. 6.65, während die Schifffahrtskosten mit Fr. 1.50 bis zum Endhafen gleich wie im Falle Fig. 1 bleiben, ebenso bleibt der Frachtsatz der Bahn unverändert. Die größere Differenz der Transportkosten hat zur Folge, daß das Einflußgebiet der Schifffahrt größer ist als im Fall Fig. 1. Auch die Zone, die vorteilhafter unter Verzicht auf Schifffahrt und Pipeline direkt per Bahn bedient wird, ist größer. Vom Endhafen der Schifffahrt aus kann ein Umkreis von 33 km günstiger per Bahn versorgt werden als ab Endstation der Pipeline. Der Winkel zwischen Schiffahrtsstraße und Pipeline muß somit größer als die Divergenz von 33% sein,

Fig. 1a

Kapazität der Pipeline
1 Mio t/Jahr

Pipeline-Entnahmestation
30 km seitwärts des
Hafens B

Transportkosten		
Schiffahrt	1.5	Rp./tkm
Pipeline	3.85	»
Bahn	15.5	»

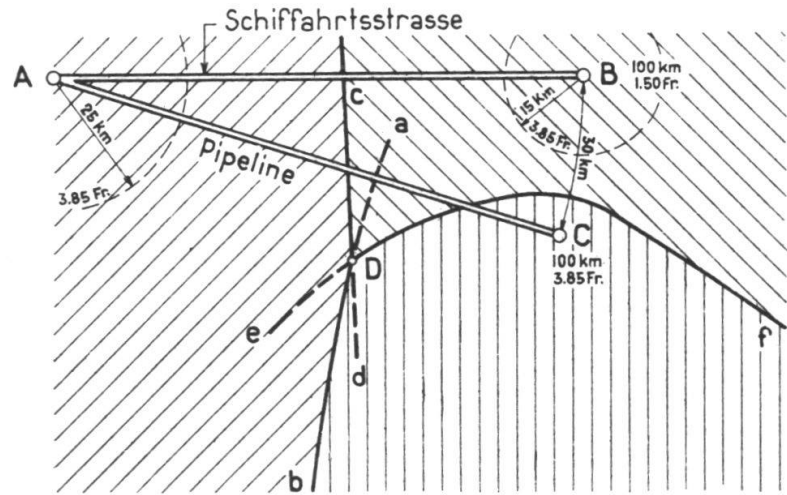


Fig. 1b

Kapazität der Pipeline
1 Mio t/Jahr

Pipeline-Entnahmestation
60 km seitwärts des
Hafens B

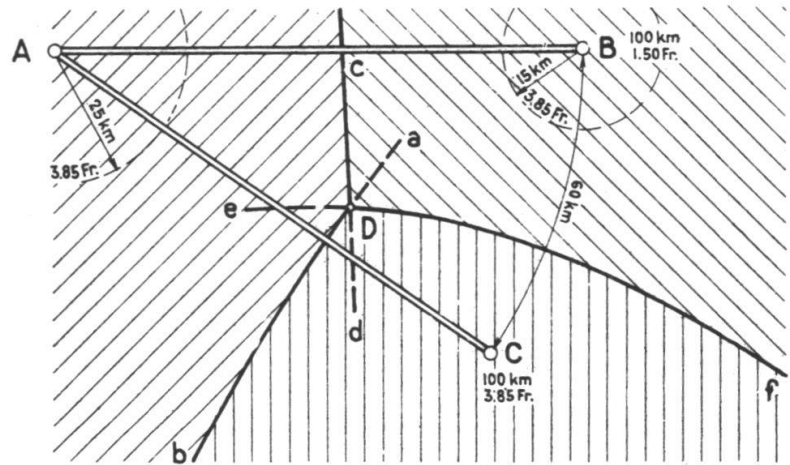


Fig. 2

Ausnützung der Pipeline
0,5 Mio t/Jahr

Pipeline-Entnahmestation
60 km seitwärts des
Hafens B

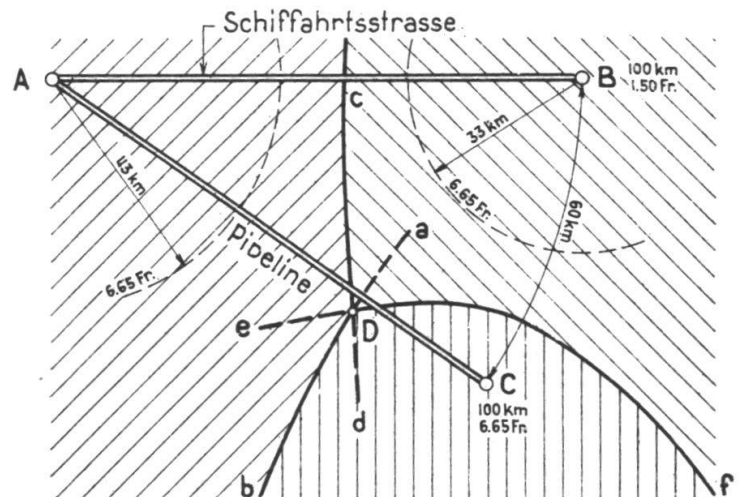


Fig. 3

Kapazität der Pipeline
2 Mio t/Jahr

Pipeline-Entnahmestation
30 km seitwärts des
Hafens B

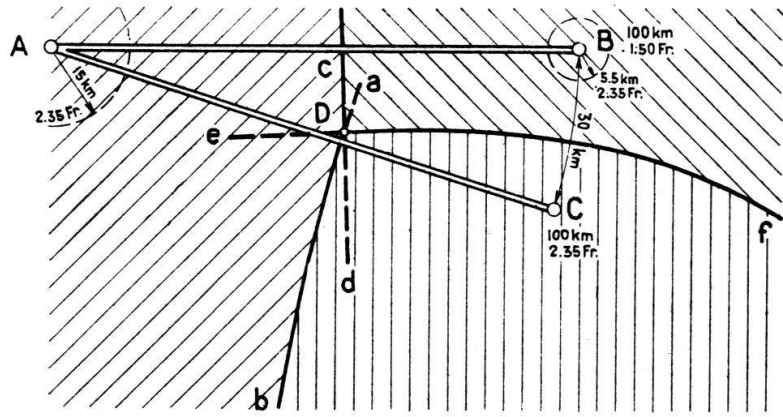


Fig. 4

Kapazität der Pipeline
1 Mio t/Jahr

Pipeline-Endstation
30 km seitwärts des
Hafens B

In der Mitte der Pipeline
(50 km) eine Zwischen-
Entnahmestation

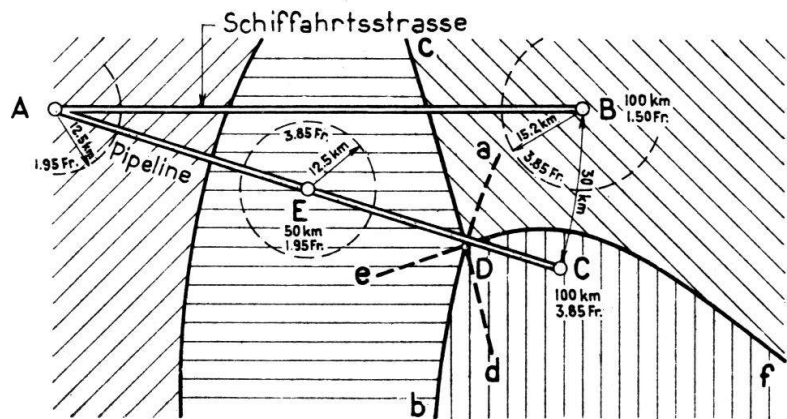
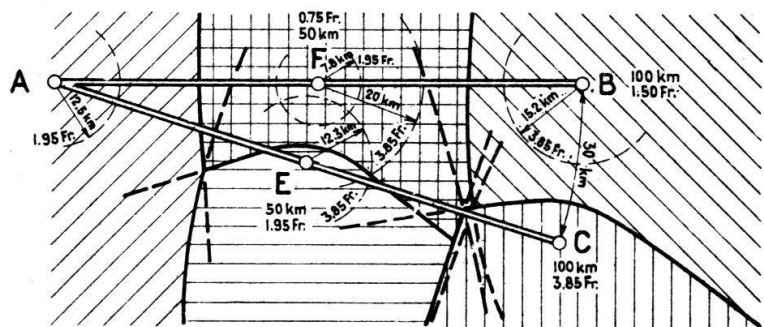


Fig. 5

Kapazität der Pipeline
1 Mio t/Jahr

Pipeline-Endstation
30 km seitwärts des
Hafens B

In der Mitte der Pipeline
(50 km) eine Zwischen-
Entnahmestation
In der Mitte des Schiff-
fahrtsweges (50 km) ein
Zwischenhafen



Erläuterungen zu den Figuren

- a—b Grenzlinie mit gleichen Transportkosten von A
 - ab A direkt mit Bahn
 - mit Pipeline von A nach C und mit Bahn ab CLinks von a—b = Einflußgebiet Bahn
Rechts von a—b = Einflußgebiet Pipeline

- c—d Grenzlinie mit gleichen Transportkosten von A
 - ab A direkt mit Bahn
 - mit Schiff von A nach B und mit Bahn ab BLinks von c—d = Einflußgebiet Bahn
Rechts von c—d = Einflußgebiet Schifffahrt/Bahn

- e—f Grenzlinie mit gleichen Transportkosten von A
 - mit Schiff von A nach B und mit Bahn ab B
 - mit Pipeline von A nach C mit Bahn ab C

Der Abschnitt D—a der Linie a—b wird bedeutungslos, sobald ein Transport ab B in Betracht gezogen wird, ebenso wird der Abschnitt D—d bedeutungslos, wenn ein Transport ab C in Betracht fällt, ferner D—e bei Transportmöglichkeiten ab A. Die genannten Abschnitte werden bedeutungslos, weil sie in das Einflußgebiet des nächstgelegenen Ausgangspunktes fallen.

d. h. größer als 18° , damit sich überhaupt ein Einflußgebiet für die Pipeline ergibt. Dargestellt ist in Fig. 2 der Fall mit einer seitlichen Entfernung der Pipeline-Endstation von 60 km ab Endhafen der Schifffahrt. Die Veränderung gegenüber Fall 1 zu Gunsten der Schifffahrt ist deutlich ersichtlich.

In Fig. 3 ist andererseits eine doppelte Kapazität der Pipeline gegenüber Fall 1 angenommen, was eine wesentliche Reduktion der Pipeline-Transportkosten auf Fr. 2.35 pro Tonne ergibt. Die Divergenz zwischen Schifffahrtsstraße und Pipeline, die erforderlich ist, damit überhaupt ein Einflußgebiet der Pipeline entsteht, beträgt für 100 km Länge bloß etwa 6 km, was einem Winkel von $3^\circ 30'$ entspricht. Dargestellt ist ein seitlicher Abstand von 30 km. Das Einflußgebiet der Schifffahrt wird bei diesen günstigen Pipeline-Transportpreisen deutlich eingeschränkt.

Es ist auch noch geprüft worden, wie sich die Einflußgebiete ergeben, wenn in der halben Länge der Pipeline eine Entnahmestelle eingerichtet wird. Die Ergebnisse sind in Fig. 4 dargestellt. Um die Zwischenentnahmestelle entsteht ein ziemlich großes Einflußgebiet, das sich mit dem Einflußgebiet der Endstation überschneidet und diesem eine kleinere Fläche entzieht. Begreiflicherweise wird auch das Einflußgebiet der direkten Bahnversorgung ab Punkt A vermindert.

Ebensogut wie für die Pipeline eine Zwischenentnahmestelle vorgesehen wird, kann auch an der Schifffahrtsstraße ein Zwischenhafen entstehen. Die entsprechenden Abgrenzungen der Einflußgebiete sind in Fig. 5 dargestellt. Das Einflußgebiet der Zwischenentnahmestelle der Pipeline wird durch dasjenige des Zwischenhafens stark vermindert.

Allgemein kann gesagt werden, daß eine Pipeline, von deren Ausgangspunkt aus auch eine Schifffahrtsstraße besteht, eine von der Schifffahrtsstraße divergierende Richtung haben muß. Die Abweichung der Richtung, d. h. der Winkel zwischen den beiden Transportwegen, der notwendig ist, um der Pipeline ein Einflußgebiet zu sichern, hängt ab von den Transportkosten der Pipeline. Ist die Differenz zwischen den Transportkosten per Schiff nicht groß, was bei voller Ausnützung der Pipeline

eher der Fall ist als bei schlechter Ausnützung, so ist der notwendige Winkel relativ klein. Umgekehrt erfordert eine große Transportkostendifferenz einen großen Winkel. Ist dieser kritische Winkel überschritten, so ergeben weitere Vergrößerungen des Winkels wohl noch Änderungen in der Umgrenzung des Einzugsgebietes, wesentlich sind sie aber nicht mehr.

Von größerem Einfluß auf die Umgrenzung des Einflußgebietes ist die Anordnung einer oder mehrerer Zwischenentnahmestellen bei der Pipeline oder bei der Schifffahrtsstraße, wobei eine Aufteilung der Gebiete auf die verschiedenen Entnahmestellen stattfindet.

V

Die durchgeführten Untersuchungen haben einerseits gezeigt, daß es möglich ist, für ein bestimmtes Wirtschaftsgebiet, das allerdings eine gute industrielle Entwicklung aufweisen muß, die Versorgung mit flüssigen Brennstoffen durch eine Produktpipeline gegenüber Bahn- und Schifftransport zu verbilligen, sofern dieses Wirtschaftsgebiet abseits der Schifffahrtsstraße liegt. Man könnte das Ergebnis allgemein so formulieren, daß eine Pipeline dann wirtschaftlicher ist als der gebrochene Verkehr Schifffahrt/Bahn oder Schifffahrt/Camion, wenn die Pipeline in einem gewissen Winkel von einem Flußhafen abzweigt, der von Fall zu Fall gesucht werden muß.

Die Untersuchungen zeigen ferner, daß eine Schifffahrtsstraße durch eine parallel zu ihr gelegte Pipeline nicht ausgeschaltet werden kann. Für die Wirtschaftsgebiete, die direkt an einer Schifffahrtsstraße liegen, wird der Wassertransport immer wesentlich vorteilhafter bleiben. Das Einflußgebiet der Schifffahrt kann sich, gestützt auf das untersuchte Beispiel, bis weit abseits erstrecken und damit große Gebiete umfassen, je nachdem wo die Entnahmestellen der Pipeline liegen.

In diesen Erkenntnissen, die durchaus natürlich erscheinen, deren Bestätigung durch eine zahlenmäßige Prüfung jedoch erforderlich war, mag der allgemein gültige Wert der Untersuchung liegen und deren Unterbereitung rechtfertigen.