Abteilung I

Binnenwasserstraßen und Häfen

Thema 2

Methoden für die Erhöhung der Leistungsfähigkeit und Sicherheit der Wasserstraßen durch:

– Verbesserung des Betriebes
– Schiffahrt bei Nacht

Berichterstatter:

Dipl.-Ing. W. Hartung, Ministerialrat, Bundesverkehrsministerium, Bonn;
Ing. (grad.) H. Japke, Bauamtsrat, Wasser- und Schiffahrtsdirektion Südwest, Mainz;
Dipl.-Ing. H. P. Seidel, Prokurist, Rhein-Main-Donau AG, München;
Dipl.-Ing. H. P. Tzschucke, Bauoberrat, Neubauamt Oberrhein, Rastatt;
Dipl.-Ing. H. G. Wegner, Bauoberrat, Wasser- und Schiffahrtsdirektion Südwest, Mainz;
Dr. D. Wulf, Bundesverband der Deutschen Binnenschiffahrt e.V., Duisburg-Ruhrort.

Inhalt

1. Allgemeine Gesichtspunkte 35
2. Betriebliche Verbesserungen 39
2.1 Verbesserungen an der Strecke 39
2.1.1 Koordinierung von Schiffsschleusen in einer Kette 39
2.1.2 Änderung der Staustufen bei einem staugeregelten Fluß 41
2.2 Verbesserungen an Schiffsschleusen 42
2.2.1 Schwimmpoller 42
2.2.2 Einfahrtshilfen an Schiffsschleusen 43
2.3 Auswirkungen der betrieblichen Verbesserung auf die Wirtschaftlichkeit des Gesamtsystems einer Wasserstraße am Beispiel der Mosel 46
3. Steigerung der Leistungsfähigkeit von Binnenwasserstraßen durch Übergang zur Nachtfahrt 51
3.1 Grundsätzliches 51
3.2 Voraussetzungen bei der Wasserstraße für die Durchführung der Nachtfahrt 53
3.3 Voraussetzungen bei der Schiffahrt für die Durchführung der Nachtfahrt 57
3.4 Wirtschaftliche Gesamtbetrachtung 61

Zusammenfassung

Die Maßnahmen zur Erhöhung der Leistungsfähigkeit und Sicherheit der Wasserstraßen können nur unter dem Aspekt der Gesamtwirtschaftlichkeit des Verkehrssystems Schiff–Wasserstraße gesehen werden. Grundlage bei größeren Vorhaben bilden hierbei die Nutzen-Kosten-Untersuchungen. In der Bundesrepublik Deutschland sind die Maßnahmen an den Wasserstraßen wiederum eingebunden in verkehrswegeübergreifende Untersuchungen des Bundesverkehrswegeplanes, der in 5-jährigem Abstand fortgeschrieben wird.

Die zur Erhöhung der Leistungsfähigkeit der Wasserstraße führenden Maßnahmen zur Verbesserung des Betriebes sind vielfältiger Art. So kann z.B. schon bei der Planung eines Schiffahrtskanals durch eine günstige Wahl der Schleusenabstände und darauf abgestellte Schleusungszeiten ein Taktbetrieb vorgesehen werden, der geringstmögliche Wartezeiten erwarten läßt. Bei der Umgestaltung von Stauregelungen, die z.B. aus baulichen Gründen erforderlich wird, kann ebenfalls u.a. durch Verringerung der Fallstufen und damit Verringerung der Gesamtschleusungszeit die Fahrzeit verringert werden. Das wird am Beispiel des unteren Mains verdeutlicht.

Bei den Schiffsschleusen gibt es vielfältige Möglichkeiten, den Betriebsablauf zu verbessern. Neben dem Schleusenfunk, der zum schnelleren Reagieren und besseren Ausnutzen der Schleusenkammern beiträgt, kann durch Verwendung von Schwimmpollern und visuellen Einfahrtshilfen der Verkehrsablauf beschleunigt und sicherer gestaltet werden. Welchen Einfluß betriebliche Verbesserungen, wie z.B. die Vertiefung der Fahrrinne, der Bau zweiter Schiffsschleusen an Staustufen oder der günstigere Strömungsverlauf in Vorhäfen, auf den Nutzen/Kosten-Faktor haben, wird am Beispiel der Mosel erläutert. Hierbei wird auch die Empfindlichkeit des Nutzen/Kosten-Faktors von Verkehrsprognosen und die dadurch ausgelösten ggf. aufwendigen baulichen Maßnahmen sichtbar.

Eine Möglichkeit, die Leistungsfähigkeit einer Wasserstraße zu erhöhen, wird vielfach in der Nachtfahrt gesehen. Hier wird jedoch sehr schnell die gegenseitige Abhängigkeit von Wasserstraße und Schiffahrt sichtbar. Ein rationeller Contenue-Verkehr ist nur mit Schubverbänden möglich. Da sich jedoch die Schiffahrt nur immer zum geringeren Teil auf den Schubverkehr einstellen wird, ist bei staugeregelten Flüssen und Kanälen mit Schiffsschleusen die Gesamtwirtschaftlichkeit der Nachtfahrt stark auch von den Kosten der Verwaltung für den Betrieb der Schiffsschleusen abhängig. Von Bedeutung kann die Nachtfahrt bei Erreichen der Tages-Grenzleistungsfähigkeit von Schiffsschleusen sein oder wenn wegen der Abmessungen der Fahrrinne für große Schiffe nur ein einspuriger Verkehr möglich ist.

1. Allgemeine Gesichtspunkte

Die Entscheidungen über den Ausbau des Verkehrsnetzes in der Bundesrepublik Deutschland stützen sich auf eine koordinierte Planung und Bewertung. Diese Planung wird alle 5 Jahre überprüft. Änderungen der gesamtwirtschaftlichen und finanzwirtschaftlichen Rahmenbedingungen sowie Akzentverschiebungen bei den wirtschafts- und verkehrspolitischen Zielvorstellungen machen eine Fortschreibung der Programmplanung im Abstand von 5 Jahren erforderlich [1].

Für die Bewertung der Maßnahmen ist ein einheitliches Konzept erarbeitet worden. Im wesentlichen gründen sich die Entscheidungen auf gesamtwirtschaftliche Nutzen/Kosten-Analysen. Hierbei werden im Gegensatz zur einzelwirtschaftlichen Rechnung auch regionalwirtschaftliche Effekte, Umwelteffekte sowie sonstige außerhalb der Benutzer und Betreiber von Verkehrssystemen anfallende Projektwirkungen einbezogen. Dieses sind vor allem: Primäre Kostenersparnisse, Beiträge zur Verkehrssicherheit, Verbesserung der Erreichbarkeit, regionalwirtschaftliche Vorteile, Beiträge zum Umweltschutz und verkehrsfremde Funktionen. Neben der gesamtwirtschaftlichen Bewertung werden folgende Entscheidungskriterien herangezogen: Wirkung auf Wirtschaftsergebnis der Deutschen Bundesbahn, Natur- und Landschaftsschutz, Baureife und Durchführbarkeit, Alternativen, vorliegende Stellungnahmen, Beschlußsituation z.B. unter Berücksichtigung von Interessen der Nachbarstaaten. Auch die Maßnahmen an den Bundeswasserstraßen unterliegen dieser Bewertung.

In der Bundesrepublik Deutschland entfällt auf die Binnenschiffahrt z.Z. ein Anteil von 25 % der tonnenkilometrischen Gesamtverkehrsleistung. Wie sich dieser Verkehr auf das Hauptnetz der Binnenschiffahrtsstraßen verteilt, ist in Abb. 1 dargestellt.

Der Entwicklungsstand der Binnenschiffsflotte kann den Abbildungen 2 und 3 entnommen werden.

Alle umfassenden Maßnahmen zur Verbesserung der Leistungsfähigkeit und Sicherheit der Bundeswasserstraßen müssen den dargestellten Kriterien entsprechen. Besonders die Maßnahmen zur Verbesserung des Betriebes – hier als Betrieb des Systems Schiff – Wasserstraße aufgefaßt – und die Nachtschiffahrt machen eine gesamtwirtschaftliche Betrachtung erforderlich. So wären z.B. Aufwendungen an der Wasserstraße wenig sinnvoll, wenn sie von der Schiffahrt nicht entsprechend genutzt würden. Für die Abschätzung des Einflusses der Maßnahmen auf die Gesamtwirtschaftlichkeit sind die zeitlichen Anteile für die Streckenfahrt, die Schleusung und für den Hafenaufenthalt bei der Gesamtumlaufdauer der Binnenschiffe von Bedeutung. In der Bundesrepublik Deutschland liegen diese im Durchschnitt für

Streckenfahrt	bei 50 %
Schleusung	bei 10 %
Hafenaufenthalt	bei 40 %.

Hierbei können stellenweise allerdings erhebliche Abweichungen auftreten. Dennoch ergeben sich aus diesen Zahlen Hinweise auf Ansätze zur Verbesserung des Betriebes.

Bei den Maßnahmen zur Verbesserung der Leistungsfähigkeit von bestehenden Wasserstraßen kann nach [2] unterschieden werden zwischen

a) Maßnahmen zur Reduzierung der Dauer der Schiffsumläufe, hierzu zählen:

- Vergrößerung des wasserführenden Querschnittes zur Geschwindigkeitserhöhung, zur Beseitigung von Engpässen und zur Schaffung oder Verbesserung von Überholmöglichkeiten.
- Verbesserungen an Schiffsschleusen/Schleusenvorhäfen zur Verkürzung der Wartezeit und zur Verkürzung der Passierzeit.
- Verlängerung der Betriebszeit, insbesondere Einführung der Nachtschiffahrt.

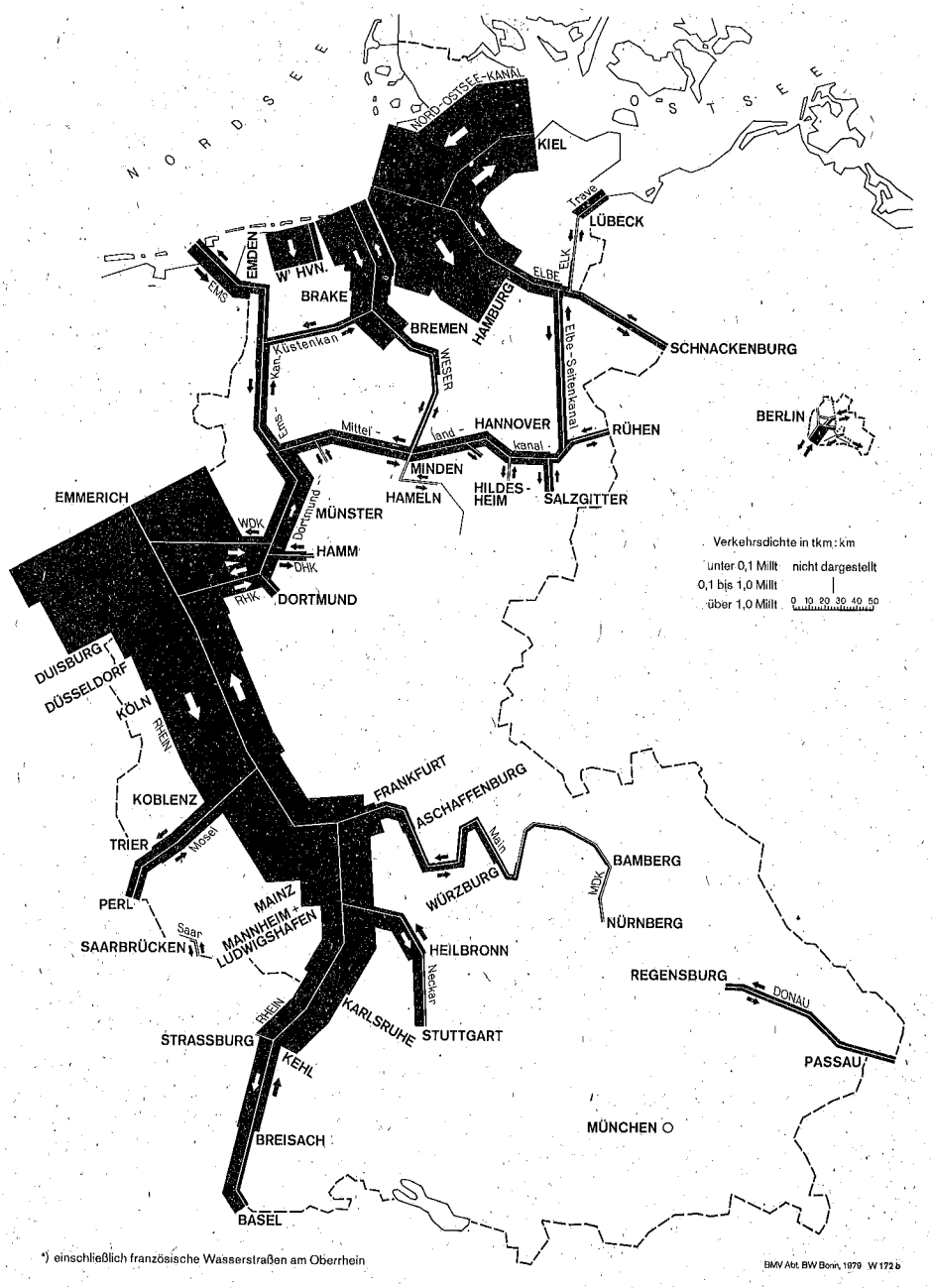


Abb. 1: Güterverkehr auf den Wasserstraßen der Bundesrepublik Deutschland und West-Berlin, 1978

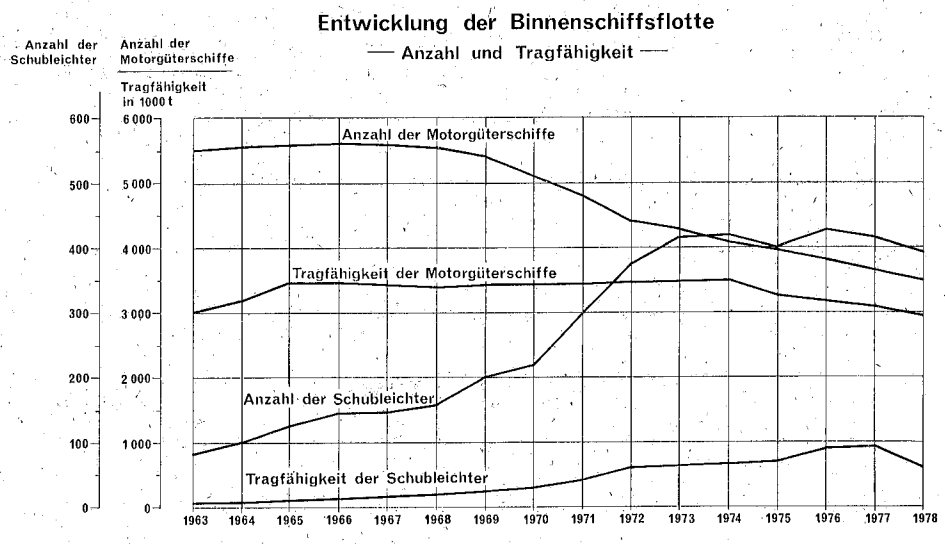


Abb. 2: Entwicklung der Binnenschiffsflotte

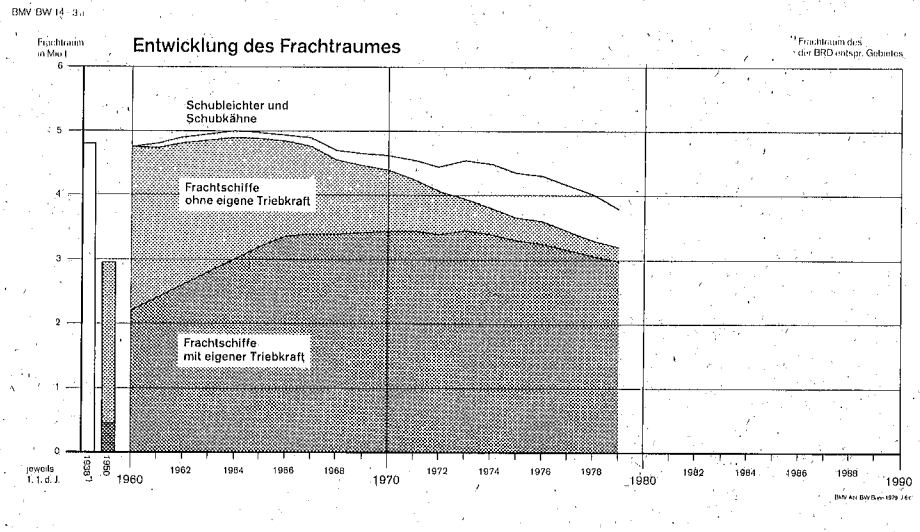


Abb. 3: Entwicklung des Frachtraumes

- Verbesserungen im Hafenbereich zur Reduzierung der Hafenzeiten.

b) Maßnahmen zur Reduzierung der Anzahl der Schiffsumläufe, hierzu zählen:

- Zulassung größerer Fahrzeuge durch Wasserstraßenausbau und/oder Verkehrsregelung.
- Verbesserung der Auslastungsmöglichkeiten der Schiffe durch Vertiefung, Engpaßbeseitigung, zielgerechte Unterhaltungs- und Betriebsstrategien, schiffahrtspolizeiliche Maßnahmen.
- Reduzierung der Leerfahrten durch Gebühren für Leerfahrzeuge, Anreize zur Poolbildung.

Bei dem Neubau oder der Stauregelung von Wasserstraßen sind darüber hinaus die zweckmäßige Wahl des Schleusenabstandes, der Schleusenabmessungen und der Füll- und Entleerungsvorrichtungen zu beachten.

Bei den für die Bundeswasserstraßen durchgeführten Nutzen-Kosten-Untersuchungen haben sich nach [2] folgende wesentliche Maßnahmen als leistungssteigernd herausgestellt:

Bei der Strecke:

- Vergrößerung der Fahrrinnentiefe (wichtiger als Fahrrinnenbreite)
- Verkehrsregelungsmaßnahmen, die den Einsatz tiefer abgeladener Fahrzeuge ermöglichen
- Nachtschiffahrt von Schubschiffahrt
- Nachtbetrieb bei Kapazitätsengpässen an Abstiegsbauwerken
- Schiffahrtspolizeiliche Regelungen
- Maßnahmen im Hafenbereich

Eine Erhöhung der Fahrgeschwindigkeit trägt nur wenig zur Leistungssteigerung bei.

Bei den Schiffsschleusen:

Hier ergeben sich naturgemäß mehr Möglichkeiten für betriebliche Verbesserungen, wenngleich die Aufenthaltszeit bei Schiffsschleusen einschließlich Wartezeit im Schnitt nur mit 10 % der Gesamtreisezeit anzusetzen ist. Dieses sind:

- günstige Vorhafengestaltung
- visuelle Einfahrtshilfen
- Verbesserung der Füllsysteme und Torantriebe
- Verbreiterung, Verlängerung und Vertiefung der Schleusenkammer
- Zentralsteuerung
- Startplatzsystem

UKW-Funksystem mit der Möglichkeit kurzer Disposition;
sämtliche Schiffsschleusen in der Bundesrepublik mit gewerblichem Schiffsverkehr sind mit Funk ausgerüstet. Der Ausrüstungsstand bei der Schiffahrt liegt bei 80 %. In manchen Bereichen, vor allem wo es oft zu Wartezeiten bei Eingangsschleusen kommt und wo starker Nachtbetrieb herrscht, liegt die Ausrüstung bei der Schiffahrt nahe 100 %. Innerhalb von 6 Jahren ist der Ausrüstungsstand der Schiffahrt von 20 % auf 80 % angestiegen. Hiermit wird bestätigt, daß der Schleusenfunk eines der wesentlichsten Mittel zur Beschleunigung des Vekehrs im Schleusenbereich darstellt.

Zulassung größerer Fahrzeuge und größerer Abladungen

zweckmäßige Gestaltung der Abgaben, z.B. durch Staffelung der Gebühren nach verkehrsstarken und verkehrsschwachen Zeiten

Erhöhung der täglichen Betriebsstunden, sofern kein 24-Stundenbetrieb vorgesehen ist.

Da die Schiffsschleusen die empfindlichsten Organe einer Wasserstraße insbesondere dann sind, wenn nur eine Schiffsschleuse pro Staustufe vorhanden ist, muß durch geplante Instandsetzung und durch Stoßschutzanlagen für die Tore (in der Bundesrepublik seit 1976 bei den Untertoren aller Schiffsschleusen vorgesehen) [3] ein Höchstmaß an Verfügbarkeit erzielt werden.

Als generelle Schlußfolgerung wird in [2] ausgeführt, daß nicht nur der Nutzen aus der Erhöhung der Leistungsfähigkeit bei der Entscheidung über die Investitionen zu beachten ist, sondern auch die effektiven Wegekosten während der Nutzungsdauer. Bei den anzustellenden Nutzen/Kosten-Untersuchungen zeigt sich häufig, daß eine geringfügige Erhöhung der Verkehrsmenge in der Prognose hohe bauliche Investitionen erforderlich macht. 10 % mehr oder weniger Verkehr können zu einer Verdoppelung bzw. Halbierung des Nutzen/Kosten-Wertes führen. Da alle übrigen Maßnahmen zur Verbesserung der Leistungsfähigkeit in direkter Abhängigkeit zur prognostizierten Transportmenge stehen, sollte zunächst die Schleusenanlage optimiert werden, bevor an eine bauliche Erweiterung herangegangen wird.

Von den vorstehend angegebenen vielfältigen Möglichkeiten zur Erhöhung der Leistungsfähigkeit durch eine Verbesserung des Betriebes – des Systems Schiff – Wasserstraße – wird nun für eine Neubaustrecke eines Kanals an einem Beispiel die Auswirkung der Schleusenabstände auf die Fahrtgestaltung erläutert und an den Beispielen Main und Mosel die Möglichkeit einer Verbesserung des Gesamtbetriebes einer bestehenden Wasserstraße durch Einsparung von Schiffsschleusen und durch Vertiefung der Wasserstraße anstatt des Baues zweiter Schiffsschleusen dargestellt. Für den Schleusenbereich werden Schwimmpollergestaltung und visuelle Einfahrtshilfen erläutert, die sowohl der Erhöhung der Sicherheit als auch der Leistungsfähigkeit dienen. Schließlich werden die Bedeutung der Nachtschiffahrt und die dafür erforderlichen technischen und betrieblichen Maßnahmen beschrieben.

2. Betriebliche Verbesserungen

2.1 Verbesserungen an der Strecke

2.1.1 Koordinierung von Schiffsschleusen in einer Kette

Während die erreichbare Verkehrsleistung am freien Fluß im wesentlichen vom Fahrwasserquerschnitt und von der Wasserführung abhängt, beeinflussen auf den staugeregelten Flüssen und auf Kanälen die Schiffsschleusen den Verkehrsablauf.

Zur Ermittlung der Verkehrsleistung von Schiffsschleusen gibt es zahlreiche Berechnungsmethoden, auf die hier nicht näher eingegangen wird. Letztlich beruhen alle diese Überlegungen auf der Erkenntnis, daß die Fläche der Schleusenkammer im Grundriß und die Schleusungszeit für die Kapazität maßgeblich sind.

Beim Ausbau zum staugeregelten Fluß und beim Bau von Kanälen ist auch zu berücksichtigen, daß die jeweils „langsamste" Schiffsschleuse, d.h. die Schiffsschleuse mit der längsten Schleusungszeit, für die Kapazität der gesamten Schleusenkette maßgebend ist. Es kommt also darauf an, die Schleusungszeiten von Schiffsschleusen mit großer Hubhöhe durch hydraulisch günstig gestaltete Füll- und Entleerungseinrichtungen so zu verkürzen, daß sie nicht größer als die der kleineren Staustufen sind. Dieses Prinzip sollte besonders in solchen Wasserstraßen-Abschnitten angewendet werden, in denen eine gleichmäßige Verkehrsbelastung zu erwarten ist, wie z.B. am Main-Donau-Kanal zwischen Nürnberg und Kehlheim, wo nur wenige kleine Häfen errichtet werden, deren Ziel- und Quellverkehr von untergeordneter Bedeutung ist und praktisch keine Störung des Hauptverkehrsstromes darstellt [4].

Bei einer durchgehend nahezu gleichmäßigen Verkehrsbelastung führt die bei gleichen Schleusenabmessungen und gleichen Schleusungszeiten einheitliche Kapazität der Schiffsschleusen auch dazu, daß alle Schiffsschleusen in gleicher Weise ausgelastet werden können. Berücksichtigt man dieses Prinzip nicht, so kann der Fall eintreten, daß an der „langsamsten" Schiffsschleuse ein Engpaß entsteht, der letztlich nur dadurch überwunden werden kann, daß man an dieser Stelle eine 2. Schiffsschleuse errichtet, obwohl die Kapazität der übrigen Schiffsschleusen dieser Kette noch nicht erschöpft ist.

Von Bedeutung sind daneben auch die Längen der Stau- bzw. Kanalhaltungen. Entsprechen die von der Länge dieser Haltung abhängigen Fahrzeiten in der Strecke zwischen den Schiffsschleusen der n-fachen Schleusungszeit, dann kann in „Grüner Welle" gefahren werden, d.h. die an der Schiffsschleuse ankommenden Schiffe finden die Schiffsschleuse einfahrbereit vor und müssen nicht warten [4, 5].

Es sollte deshalb nicht Ziel der Planung sein, möglichst wenige und dementsprechend hohe Fallstufen anzuordnen; Planungsziel sollte vielmehr ein in sich ausgewogenes, „koordiniertes System" von Fallstufen und Stau- bzw. Kanalhaltungslängen sein. Dies wird am Beispiel der Untersuchung einer Kette von Schleusen oder Hebewerken am Main-Donau-Kanal deutlich, deren Betrieb an Hand eines graphischen Fahrplans koordiniert werden soll (Abb. 4, 5).

Die Forderung, daß die Stau- bzw. Kanalhaltungslänge auf die Schleusungszeit so abgestimmt werden soll, daß die Fahrzeit in der Stau- bzw. Kanalhaltung ein ganzzahli-

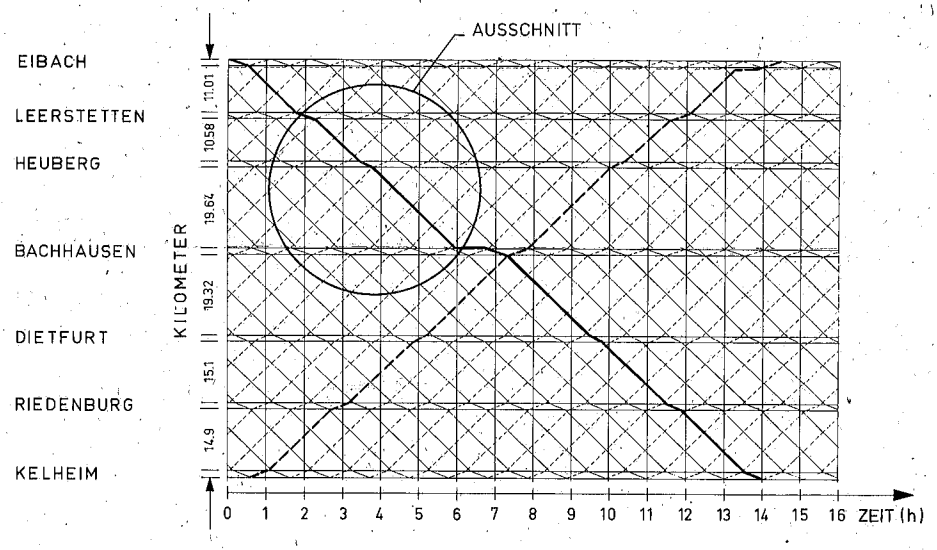


Abb. 4: Fahrplan für den Main-Donau-Kanal Nürnberg – Kehlheim

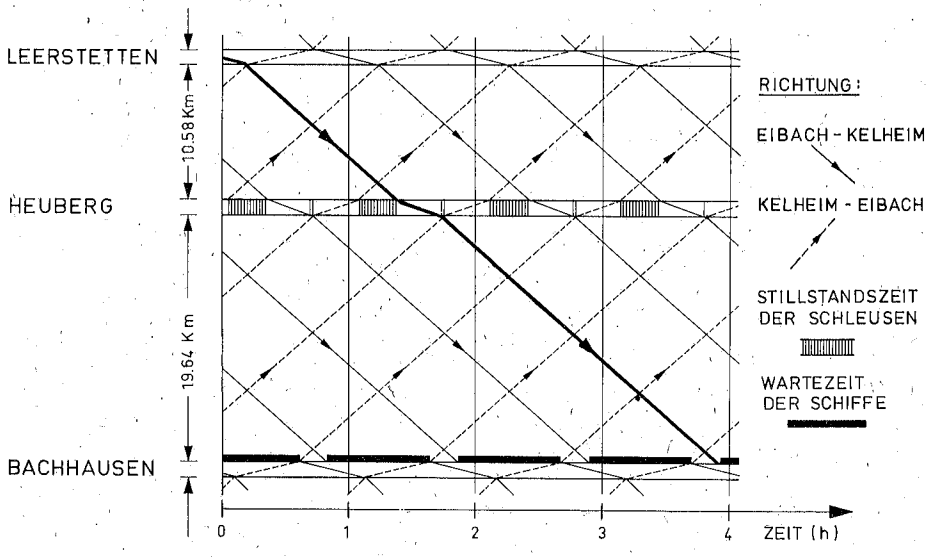


Abb. 5: Ausschnitt des Fahrplanes

ges Vielfaches der Schleusungszeit beträgt, läßt sich allerdings deswegen nicht immer erreichen, weil die Lage der Schiffsschleusen nicht ohne weiteres frei gewählt werden kann. Oft müssen örtliche Zwangspunkte und die Geländebedingungen bei der Wahl der Fallstufen-Standorte berücksichtigt werden. Dies war auch am Main-Donau-Kanal erforderlich.

2.1.2 Änderung der Staustufen bei einem staugeregelten Fluß

In den Jahren 1914 bis 1921 war der Main zwischen Offenbach und Aschaffenburg mit 6 Staustufen ausgebaut worden, deren höchste 2,74 m und deren niedrigste 2,16 m Fallhöhe aufwies (Abb. 6).

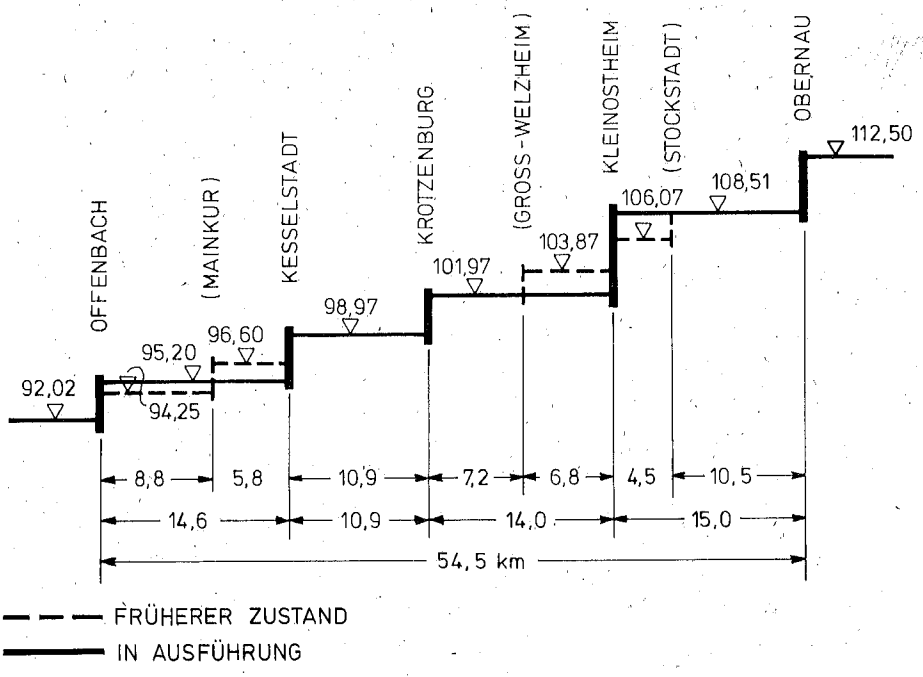


Abb. 6: Längsschnitt des Mains

Als Fahrrinnentiefe in den Stauhaltungen und Drempeltiefe der Schiffsschleusen wurden damals 2,50 m festgelegt, so daß die Schiffe diesen Abschnitt nur mit 2,30 m Abladetiefe befahren können. Diese Abladebeschränkung bedeutet für ein Schiff der Größenklasse zwischen 1000 und 1500 Tonnen Tragfähigkeit einen Ladungsverlust von etwa 200 Tonnen. Nachdem solche Einschränkungen in den oberhalb und unterhalb anschließenden Abschnitten der Wasserstraße nicht gegeben sind, lag es auf der Hand, daß ein Umbau dieser Staustufen von erheblicher volkswirtschaftlicher Bedeutung ist. Entsprechende Nutzen-Kosten-Untersuchungen bestätigen dies.

Unabhängig von solchen Überlegungen erforderte auch der schlechte bauliche Zustand der Anlagen dringend einen Ersatz durch neue Staustufen. Die Gelegenheit des

Neubaues der Staustufen konnte dazu benutzt werden, ein grundsätzlich neues Konzept zu verwirklichen (Abb. 6).

Die vorhandenen 6 Staustufen werden durch 3 neue Staustufen ersetzt. Die neuen Schiffsschleusen haben je 2 Schleusenkammern mit 12 m Nutzbreite und 300 m Nutzlänge und 4 m Drempeltiefe. Die Vorteile dieser Lösung für die Schiffahrt liegen nicht nur darin, daß sie diese Schiffsschleuse mit voller Abladetiefe passieren kann, sie liegen auch in der Verkürzung der Fahrzeit, die etwa 90 Minuten beträgt.

Die Durchführung dieser Umbaumaßnahme wird bis zum Jahre 1983 vollendet sein.

2.2 Verbesserungen an Schiffsschleusen

2.2.1 Schwimmpoller

Die Anordnung von Schwimmpollern in den Schleusenkammern trägt erheblich zur Beschleunigung der Schleusung und zur Erleichterung der Arbeit der Schiffsbesatzung bei. Daher sollten bei allen Neubauten und auch nach Möglichkeit bei allen Modernisierungen von Schiffsschleusen neben den Kanten- und den Nischenpollern Schwimmpoller bei bis zu 12 m Schleusen-Kammerbreite mindestens auf einer Seite, bei über 12 m Schleusen-Kammerbreite auf beiden Seiten vorgesehen werden.

Wenngleich die Schwimmpoller nur dem eigentlichen Schleusungsvorgang dienen und zum Abbremsen der Schiffe die festen Poller benutzt werden sollen, hat der bisherige Betrieb an den verschiedenen Wasserstraßen doch immer wieder gezeigt, daß die Schiffe sowohl bei der Einfahrt vom Oberwasser, als auch vom Unterwasser gleich an den Schwimmpollern abbremsen, um das Umhängen der Trosse zu sparen. Die festen Poller werden nur sehr selten benutzt. Dieser Umstand sollte bei der Dimensionierung der Schwimmpoller berücksichtigt werden. Für die Berechnung der normalen Betriebsfälle wird aufgrund der bisherigen Erfahrungen ein horizontaler Trossenzug von 200 kN empfohlen.

Für den Schiffer dürfte es eine wesentliche Erleichterung bedeuten, wenn er an den Schiffsschleusen möglichst vieler Wasserstraßen gleichartige Haltebolzen (Festmachevorrichtungen) vorfindet. Hierfür wurde die in der Abb. 7 dargestellte Form entwickelt, die bei den neuen Schiffsschleusen an der Saar, dem Main-Donau-Kanal und an der Rheinschleuse Iffezheim eingebaut werden wird. (Abb. 7)

Die zentrische Befestigung soll die aus verschiedenen Richtungen möglichen Trossenzugkräfte direkt, gleichmäßig auf die Laufarmaturen abtragen. Bei ruckartiger Beanspruchung beim Anspannen der Trossen soll ein Schubring eine Verschiebung des Haltebolzens und damit zusätzliche Querkräfte verhindern. In der Befestigung des Haltebolzens wird eine Sollbruchstelle angeordnet, deren Abmessungen am zweckmäßigsten durch Abreißversuche ermittelt werden. Sofern durch außergewöhnliche Belastung doch ein Haltebolzen abgerissen werden sollte, wird er durch ein zusätzliches Fangseil im Fuß des Haltebolzens am Herunterfallen gehindert.

Besondere Bedeutung hat der störungsfreie und gleichmäßige Lauf des Schwimmkörpers in allen Betriebslagen. Hier hat sich ein Schutzschild vor dem Schwimmpoller als

zweckmäßig erwiesen, das in den Wasserspiegel eintaucht und mit dem das Eindringen von Geschwemmsel in die Pollerschächte verhindert wird. Die Führungsschienen werden in der Nähe der Schleusen-Kammerflucht angeordnet. Auf diese Weise können notwendige Arbeiten an den Lauf- und Führungseinrichtungen leicht von der Schleusenkammer aus durchgeführt werden.

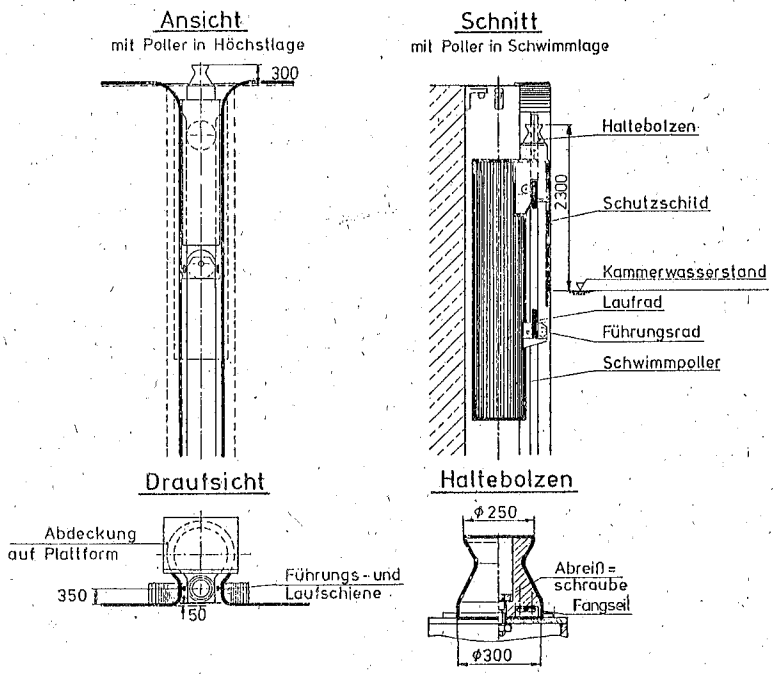


Abb. 7: Schwimmpoller an einer Schiffsschleuse

Maßnahmen zur Eisfreihaltung des Schwimmpollers (Nischenheizung o.ä.) dürften in der Regel zu aufwendig sein. Bei Frost wird der Schwimmpoller am zweckmäßigsten in seiner oberen Endlage verriegelt. Während der Frostperioden muß die Schiffahrt dann die festen Poller benutzen.

Eine weitere Steigerung der Sicherheit und Leichtigkeit des Betriebes, besonders bei eingeschränkten Sichtverhältnissen, wird durch eine farbige Hervorhebung der Schwimmpoller zu erzielen sein. Für den Schwimmkörper und das davorhängende Schutzschild reicht ein entsprechender Anstrich aus, der jedoch von den Haltebolzen durch die Trossen nach kurzer Zeit wieder abgerieben werden würde. Hier können Aufheller, Farbzusätze o.ä. in dem Gußmaterial Erfolg haben.

2.2.2 Visuelle Einfahrtshilfen bei Schiffsschleusen

Das Einfahren in Schiffsschleusen ist häufig für Leerfahrzeuge und für lange Schubverbände und bei der Einsteuerung aus Kurven schwierig. Daher hat sich das Markieren der Einfahrtsöffnungen an den Schleusenhäuptern und die Bezeichnung der Schleusenachse als hilfreich erwiesen [7].

Die *Einfahrtsöffnungen* können durch auffällige Aufsichtsfarben, die z.B. an vorhandenen Antriebshäusern angebracht werden, oder durch besonders aufgestellte Marken, z.B. Baken, markiert werden. Bei Nacht müssen die Markierungen ausreichend beleuchtet oder selbstleuchtend sein. Die Markierungen sollen nicht weiter als 1 m von der Schleusenkammerwand entfernt sein. Sie sollen so hoch über die Schleusenplattform reichen, daß sie vom Führer eines Leerfahrzeuges noch gut erkannt werden können (Abb. 8).

Die Einfahrtsöffnung am Unterhaupt dürfte bei Schiffsschleusen mit größerer Hubhöhe am Tage in der Rgel ausreichend zu erkennen sein. Die Erkennbarkeit kann durch auffällige Aufsichtsfarben verbessert werden.

Die *Schleusenachse* kann durch eine in der Schleusenachse angebrachte vordere untere und eine hintere obere Markierung bezeichnet werden, die zum guten Erkennen bei Nacht und unsichtigem Wetter in der Regel selbstleuchtend sein sollen.

Eine bei Tag und Nacht gut erkennbare Markierung der Einfahrtsöffnung am Schleusenhaupt kann die in der Schleusenachse angebrachte untere Marke ersetzen. Die Abweichung von der Schleusenachse kann dann jedoch nicht so genau festgestellt werden.

Bei der *Einfahrt vom Oberwasser* soll die Untermarke in I-Form am Oberhaupt oder in dessen Nähe in der Schleusenachse mindestens so hoch angebracht werden, daß ihre Unterkante der lichten Durchfahrtshöhe der Brücken in der nach Oberwasser anschließenden Wasserstraßenstrecke entspricht.

Die Obermarke in I-Form oder in V-Form wird am Unterhaupt oder bei langen Schleusen in einem Abstand von mindestens 60 m vor der Untermarke in der Schleusenachse angebracht. Die Obermarke muß so angebracht werden, daß die Verbindungslinie zwischen ihrer Unterkante und der Oberkante der Untermarke die Augenhöhenlinie des Schiffsführers in einem Punkt schneidet, der mindestens 120 m vom Oberhaupt entfernt liegen muß (Abb.10). Bei größeren Schiffseinheiten muß dieser Abstand größer gewählt werden. Wird anstelle der Untermarke die Markierung der Einfahrtsöffnung am Schleusenhaupt benutzt, muß die Unterkante der Obermarke mindestens in Höhe der lichten Durchfahrtshöhe der Brücken in der nach Oberwasser anschließenden Wasserstraßenstrecke liegen.

Bei der *Einfahrt vom Unterwasser* kann die Schleusenachse bei Schiffsschleusen mit geringer Hubhöhe wie bei der Einfahrt vom Oberwasser bezeichnet werden.

Bei Schiffsschleusen mit großer Hubhöhe ist die Einfahrtsöffnung am Unterhaupt durch die Gestaltung des Bauwerks bereits auffällig. Beiderseits der Einfahrtsöffnung können auch selbstleuchtende Marken aufgestellt werden. In Verbindung mit der Markierung der Einfahrtsöffnung am Unterhaupt kann eine in der Schleusenachse am Oberhaupt (Drempel) angebrachte selbstleuchtende Marke die Achse bezeichnen (Abb. 9).

Für *selbstleuchtende Marken* können Leuchten mit einer Lichtaustrittsfläche von etwa 25 cm Breite und etwa 1,5 m Länge eingesetzt werden. Für die Nachtbezeichnung reicht die Bestückung mit einer Leuchtstofflampe aus. Sollen die Marken auch bei unsichtigem Wetter zu erkennen sein, werden die Leuchten in der Regel mit 3 bis 5 Leuchtstofflampen der Lichtfarbe Hellweiß und einer Leistung von je 65 W bestückt.

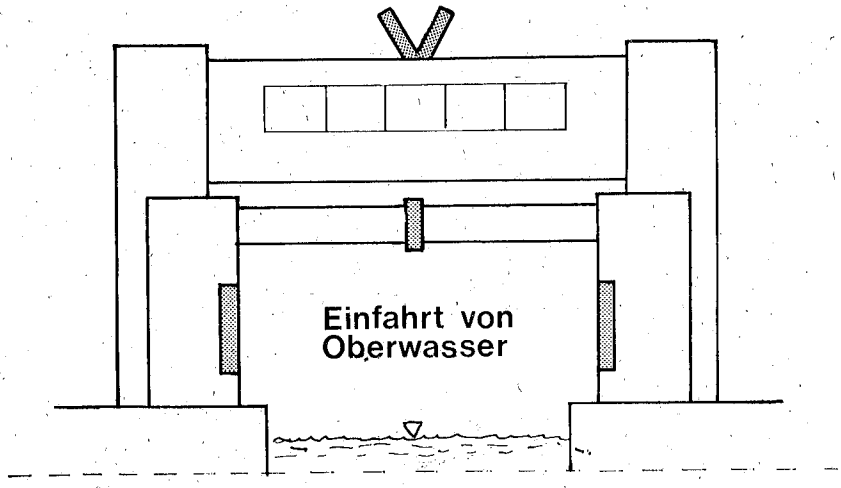


Abb. 8: Einfahrtshilfe bei Einfahrt von Oberwasser in eine Schiffsschleuse

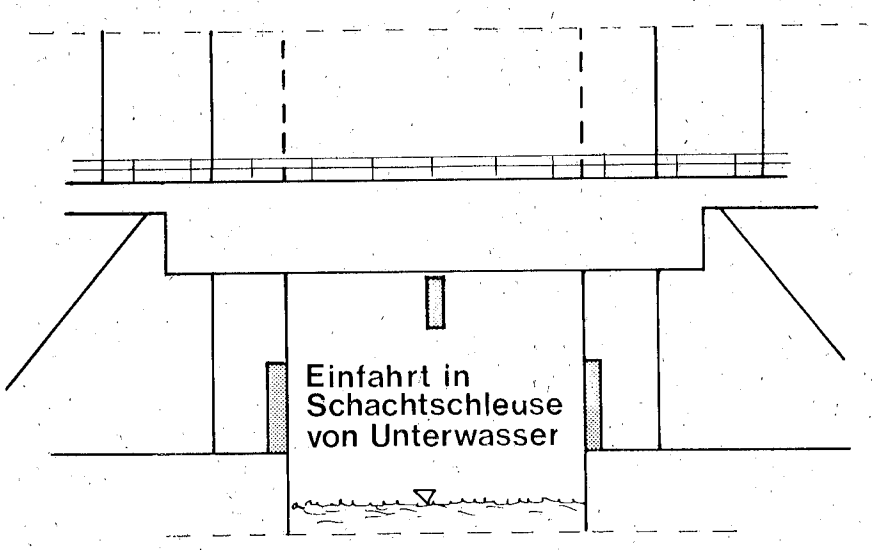


Abb. 9: Einfahrtshilfe bei Einfahrt vom Unterwasser in eine Schachtschleuse

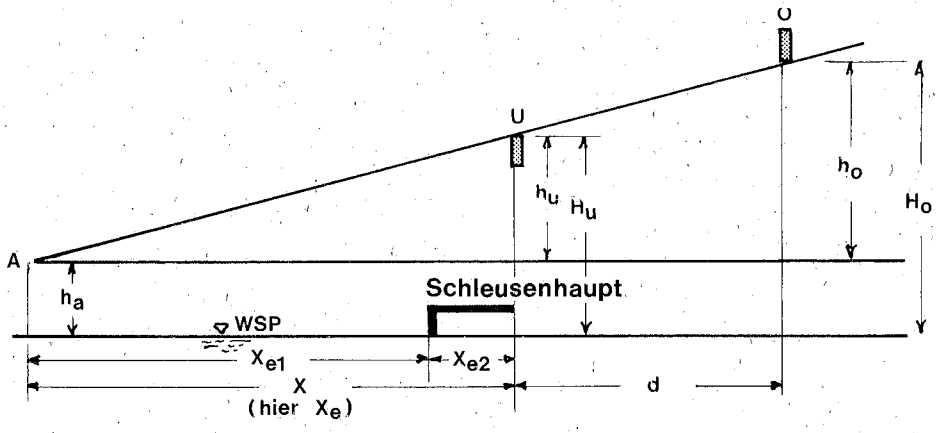


Abb. 10: Geometrische Beziehungen bei den Einfahrtshilfen

Ermittlung der geometrischen Anordnung von Ober- und Untermarke
(Abb. 10)

WSp = Wasserspiegel

A = Auge des Beobachters

U = Untermarke

O = Obermarke

x = Abstand Auge – Untermarke

$x_e = x_{e_1} + x_{e_2}$ = Abstand Auge – Untermarke, bei dem Auge, Oberkante der Untermarke und Unterkante der Obermarke eine Linie bilden (kritischer Abstand)

x_{e_1} = Länge des längsten verkehrenden Schiffsverbandes zuzüglich 20 m, mindestens jedoch 120 m vom Schleusenhaupt

$$\frac{x}{d+x} = \frac{h_u}{ho} \quad ; \quad h_o = \frac{(d+x)\,h_u}{x} \quad ; \quad h_u = \frac{x \cdot h_o}{d+x} \quad ;$$

$$H_o = h_a + \frac{(d+x) \cdot (H_u - h_a)}{x} \quad ;$$

$$H_u = h_a + \frac{x \cdot (H_o - h_a)}{d+x}$$

$$H_o = h_a + \frac{(d+x_e) \cdot (H_u - h_a)}{x_e} \quad ;$$

$$H_u = h_a + \frac{x_e\,(H_o - h_a)}{d+x_e}$$

2.3 Auswirkung der betrieblichen Verbesserung auf die Wirtschaftslichkeit des Gesamtsystems einer Wasserstraße am Beispiel der Mosel

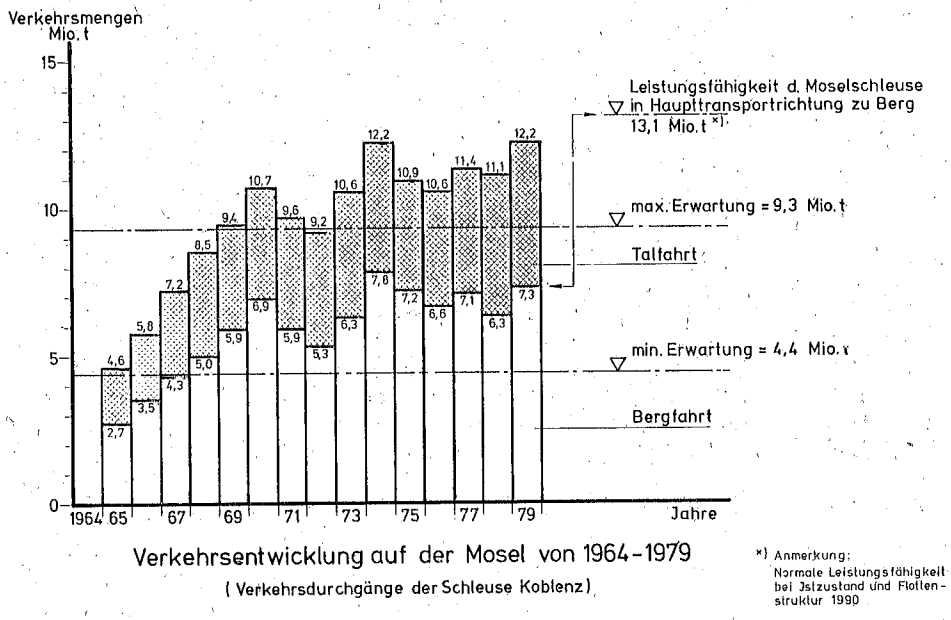
2.3.1 Vorbemerkung

Die Mosel ist seit 1964 für Zweier-Schubverbände und 1500-t-Schiffe mit einer Tauchtiefe von 2,50 m befahrbar.

Sie ist gekennzeichnet durch:

- Staustufen mit einer mittleren Fallhöhe von 6,8 m,
- Stauhaltungen mit einer durchschnittlichen Länge von 20 km,
- Kette von Staustufen mit je einer Schiffsschleuse, Ausnahme Doppelschleuse Koblenz.

Die Entwicklung des Verkehrs zeigt Abb. 11.



Verkehrsentwicklung auf der Mosel von 1964-1979
(Verkehrsdurchgänge der Schleuse Koblenz)

*) Anmerkung:
Normale Leistungsfähigkeit bei Istzustand und Flottenstruktur 1990

Abb. 11; Verkehrsentwicklung auf der Mosel von 1964 – 1979
(Durchgang a. d. Schleuse Koblenz)

Die für 1990 zu erwartende Verkehrsmenge der Mosel beträgt einschließlich des von der Saar zu erwartenden Verkehrs

18,5 (13.0 zu Berg und 5.5 zu Tal) Mio t/Jahr.

Diese Verkehrsmenge liegt an der Grenze der Leistungsfähigkeit des gegenwärtigen Systems. Daher sind vorsorglich Maßnahmen zur Leistungssteigerung zu planen.

2.3.2 Maßnahmen zur Verbesserung der Wirtschaftlichkeit des Gesamtsystems der Wasserstraße Mosel

Zur Erhöhung der Leistungsfähigkeit bieten sich folgende mögliche Maßnahmen an:

- Verkehrliche Maßnahmen:
  - Anreiz für verkehrsschwache Zeiten durch günstigere Tarife, um damit eine gleichmäßigere Auslastung zu erreichen (z.B. Nachtschiffahrt).
  - Einschränkung der Fahrgastschiffahrt oder bestimmter Schiffsgrößen und damit eine bessere Ausnutzung der Schleusenkammern.
  - Taktplan für den Schleusenbetrieb, um dadurch ein gleichmäßigeres Durchfahren der Haltung zu erzwingen (Grüne Welle).

- Bauliche Maßnahmen:
  - Anpassung einzelner, bestimmter Schiffsschleusen an örtliche Verkehrsspitzen, z.B. Umbau der Bootschleuse in eine Kleinschiffahrtsschleuse oder Bau der 2. Schiffsschleuse im Bereich von Staustufen mit besonders hohem Anteil an Fahrgastschiffahrt.
  - Errichtung der bereits vorgeplanten 2. Schiffsschleusen an allen Staustufen auf den für diesen Zweck freigehaltenen Flächen.
  - Vertiefung der Fahrrinnen, um die mögliche Abladetiefe zu erhöhen.
  - Ausbau von einigen oberen Vorhäfen, um Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs durch Abminderung der Querströmungen bei hohen Wasserständen zu verbessern.

Im folgenden Teil sollen die für die Wirtschaftlichkeit des Systems maßgebenden Faktoren beschrieben werden. Ein Teil der verkehrlichen Verbesserungen ist wegen der betrieblichen Voraussetzungen bei der Schiffahrt z.Z. nicht erreichbar.

2.3.3 Problembeschreibungen

2.3.3.1 Beschreibungen der baulichen und verkehrlichen status-quo-Situation

- Staustufen mit einer Schiffsschleuse, Kammergröße 172 x 12 m
  Ausnahme Koblenz mit Doppelschleuse (122,5 x 12 m)
- auf 2,5 m beschränkte Ablademöglichkeiten,
- Abhängigkeit der Beladung der Schiffe von den Wasserständen des Rheins.
- Haupttransportrichtung zu Berg, Transportgüteranteil rd. 60 %,
- fast 100 %iger Durchgangsverkehr ab Lehmen bis Lothringen, zumindest bis Trier nach dem Saarausbau,
- hoher Anteil der Schubschiffahrt am Gesamtverkehr,
- starker Penichenverkehr, überwiegend leer zum französischen Kanalnetz,
- hoher Anteil an Fahrgastschiffahrt in den Sommermonaten mit Vorschleusungsrecht,
- 24-Stunden-Betrieb der Schiffsschleusen,
- Erschwernisse vor Erreichen des höchsten Schiffahrts-Wasserstandes bei der Einfahrt in verschiedene obere Vorhäfen infolge starker Querströmungen.

2.3.3.2 Flottenstruktur und Auslastung

Maßgebenden Einfluß auf die Leistungsfähigkeit einer Wasserstraße und ihrer Schiffsschleusen hat die größenmäßige Zusammensetzung der auf ihr verkehrenden Flotte.

– Entwicklung der Flottenzusammensetzung auf der Mosel in %:

	1970	1973/74	1977	(1990)
bis 1.000 t	64	56	41	(32)
über 1.000 t (E)	24	30	35	(41)
über 1.000 t (SL)	12	14	24	(27)

E = Selbstfahrer SL = Schubleichter

– Auslastung der Schiffe in Abhängigkeit von dem Wasserstand des Rheins:

bis 1.000 t = 92 – 95 %
über 1.000 t (E) = 61 – 80 %
über 1.000 t (SL) = 61 – 75 %

Die prozentualen Schwankungsbreiten ergeben sich aus den unterschiedlichen Schiffsgrößen innerhalb der einzelnen Größenklassen.

– Leerfahrzeuganteile der Haupttransportrichtung (Bergverkehr):

Prognose 1990: 4,2 %

2.3.4 Berechnung der Leistungsfähigkeit

Für die Berechnung der Leistungsfähigkeit der Schiffsschleusen wurde als Rechnungsgröße das Ladungsaufkommen des beladenen Durchschnittsschiffes des Jahres 1990 ermittelt, es beträgt 1.460 t mit einem Auslastungsgrad von 71 %.

Das durchschnittliche Ladungsaufkommen beträgt damit 1.040 t. Eine zusätzliche Belastung der Schiffsschleusen durch Fahrgastschiffe von umgerechnet 1.400 Durchschnittschiffen ist zu berücksichtigen.

Der Anteil des Nachtverkehrs am Gesamtverkehr beträgt bei Schiffen

bis 1.000 t = 2,4 %
über 1.000 t (E + SL) = 16,1 %.

Damit beträgt der Gesamtanteil des Nachtverkehrs 18,5 % bezogen auf 8 Stunden Nachtzeit bei einem 24 Stunden-Betrieb der Schiffsschleusen.

Es kann durchschnittlich mit 349 Betriebstagen pro Jahre gerechnet werden.

Die Leistungsfähigkeit der Schiffsschleusen im status-quo-Fall ergibt sich in Haupttransportrichtung (zu Berg) je Moselschleuse zu rd. 12.600 beladene Durchschnittsschiffe. Bei einem durchschnittlichen Ladungsaufkommen von 1.040 t entspricht dieses einer Gütermenge von 13,1 Mio t/Jahr.

2.3.5 Bewertung der baulichen Verbesserungen und die wirtschaftlichen Auswirkungen

Die Errichtung von zweiten Schiffsschleusen würde die Leistungsfähigkeit des Gesamtsystems der Wasserstraße Mosel nahezu verdoppeln. Die Risiken, die sich aus dem Betrieb mit nur einer Schiffsschleuse ergeben können, wie z.B. bei Havarien, Reparaturen usw., würden hierdurch außerdem beseitigt.

Die hohen Kosten dieser Maßnahme (rd. 450 bis 500 Mio DM) und die Verkehrserwartungen für das Prognosejahr 1990, die im Grenzbereich der errechneten Leistungsfähigkeit der Einzel-Schleusen liegen, zwangen zu Überlegungen, ob nicht durch wirtschaftlichere bauliche Maßnahmen die Leistungsfähigkeit verbessert werden kann. Aus diesen Gründen wurden auch Vertiefungsmaßnahmen untersucht.

Durch diese Vertiefungsmaßnahme würde die Ablademöglichkeit verbessert, die Entwicklung der Flottenzusammensetzung günstig beeinflußt und ein Anreiz zur Inbetriebnahme von großen Schiffseinheiten gegeben.

Die Leistungsfähigkeit der Moselschleusen würde sich erhöhen, so daß

statt 13,1 Mio t/Jahr 16,7 Mio t/Jahr

in der Haupttransportrichtung zu Berg auf der Wasserstraße Mosel befördert werden können. Eine Vertiefung der Fahrrinne des Rheins von 2,10 m auf 2,50 m unter GLW (etwa mittleres Niedrigwasser) würde den Auslastungsgrad zusätzlich erhöhen und weitere Verbesserungen mit sich bringen.

2.3.6 Nutzen-Kosten-Untersuchung

Nachdem in den vorangegangenen Abschnitten aufgezeigt werden konnte, daß die Vertiefung der Fahrrinne eine positive Veränderung der Moselflotte und des Abladeverhaltens bewirken und damit die Leistungsfähigkeit des Gesamtsystems erhöhen würde, wird im folgenden Teil die Wirtschaftlichkeit dieser Maßnahme dargestellt.

Danach ergibt sich folgendes Bild:

	Investitionskosten	Transportkosten	Transportkosten Differenz
without-Fall	–	243,3 Mio DM	
with Fall 1 Abladetiefe 2,8 m	110 Mio DM	212 Mio DM	31,3 Mio DM
with Fall 2 Abladetiefe 3,0 m	170 Mio DM	196,7 Mio DM	46,6 Mio DM

Die Berechnung des wirtschaftlichen Nutzens erfolgt nach der gebräuchlichen Barwertmethode.

Die Ermittlungen der Nutzen/Kostenverhältnisse ergaben je nach Einbeziehung externer Komponenten, wie u.a. Auswirkungen auf andere Bauvorhaben, Werte, die zwischen 6 und 8 liegen. Die wirtschaftliche Bedeutung dieser Maßnahme wird dadurch unterstrichen.
Die Sensitivitätsprüfungen führten zu dem Ergebnis, daß auch ohne eine Verkehrssteigerung, also für den z.Z. bestehenden Verkehr und mit der heutigen Flottenzusammensetzung, die Maßnahme noch wirtschaftlich wäre.

Im Vergleich hierzu die übrigen baulichen Maßnahmen:

Maßnahme	Nutzen/Kosten-Verhältnis
2. Schleusen	0,7 bis 2,5
Vorhäfenverbesserung	0,9 bis 1,7

Die Nutzen-Kosten-Untersuchungen dieser Maßnahmen zeigten darüber hinaus eine extreme Abhängigkeit von externen Einflußgrößen und den Verkehrsprognosen, so daß eine Entscheidung aufgrund dieser Ergebnisse allein nicht sicher getroffen werden kann.

Nach den bisherigen Untersuchungen stellt daher die Vertiefung der Mosel bei einer erwarteten Verkehrsmenge von 13 bis 17 Mio. t/Jahr in Haupttransportrichtung die wirtschaftlichste Verbesserung des Gesamtsystems dar. Erst bei einer höheren Verkehrsmenge wird der Bau von 2. Schleusen wirtschaftlich interessant.

3. Steigerung der Leistungsfähigkeit von Binnenwasserstraßen durch Übergang zur Nachtfahrt

3.1 Grundsätzliches

Die Binnenschiffahrt in der Bundesrepublik Deutschland unterscheidet folgende Betriebszeiten

Normale Tagfahrt	16 Stunden
Verlängerte Tagfahrt	18 Stunden
Halbständige Fahrt (Semi-Contenue-Fahrt)	20 Stunden
Ständige Fahrt (Contenue-Fahrt)	24 Stunden

Unter Nachtfahrt soll nachstehend die Fahrt verstanden werden, bei der die gesamten Nachtstunden benutzt werden. Zusammen mit der Fahrt bei Tag ergibt sich somit ein 24-Stunden-Betrieb [8].

Voraussetzung für einen Nachtbetrieb der Schiffahrt ist eine die Nachtfahrt gestattende Ausrüstung der Wasserstraßen und Häfen.

In Abb. 12 ist der in der Bundesrepublik Deutschland von der Wasserstraße vorgegebene Betriebszeitrahmen dargestellt, in den die Binnenschiffahrt derzeit ihren Betrieb

einpassen muß. Der Rahmen wird im wesentlichen bestimmt durch die Betriebszeiten der Schiffsschleusen und durch die dem Schiffsverkehr von der Befahrbarkeit der Wasserstraßen her gegebenen Grenzen.

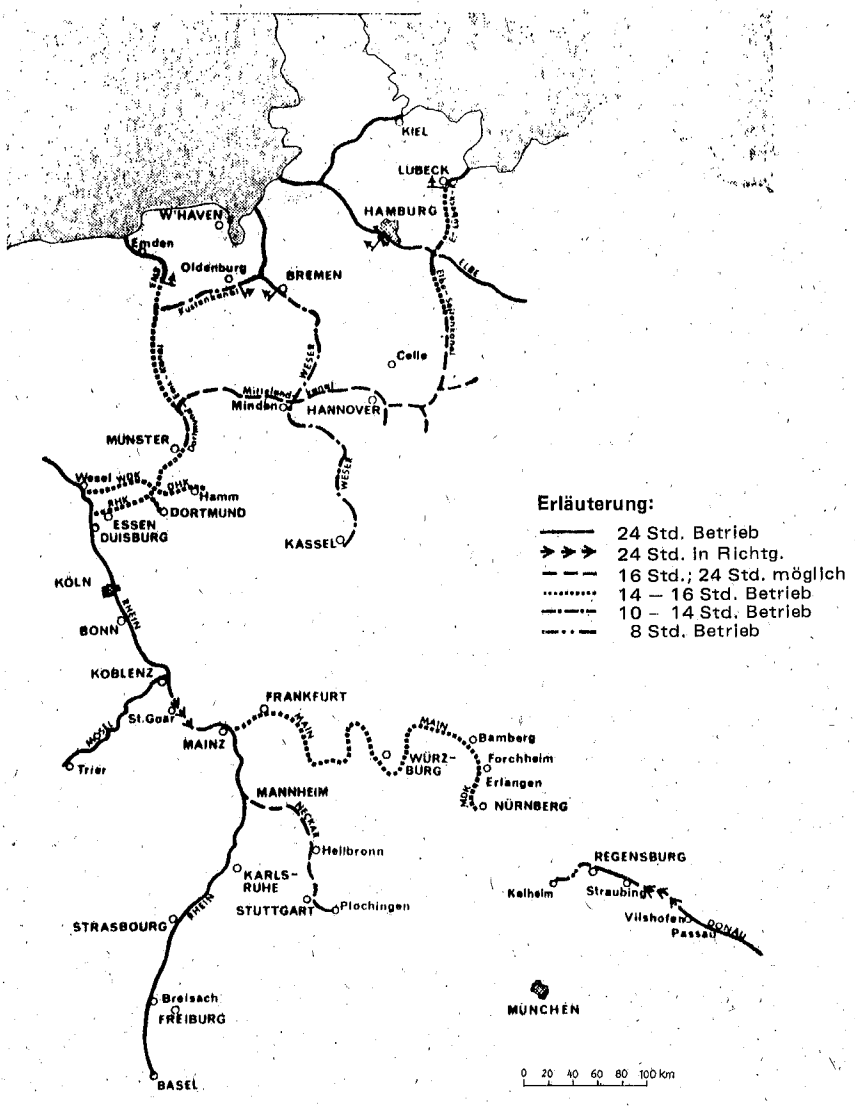


Abb. 12: Betriebszeiten

Ein 24-stündiger Betrieb ist z.Z. nur auf dem Rhein mit Ausnahme der Talfahrt zwischen Bingen und St. Goar, der Donau und der Mosel sowie auf dem Mittellandkanal und dem südlichen Abschnitt des Elbe-Seitenkanals zwischen den Schiffsschleusen möglich. Die Betriebszeiten (Schleusenbetriebszeiten) der übrigen Flüsse und Kanäle sind den üblichen – normalen – täglichen Betriebszeiten der Schiffahrt angepaßt, woraus sich ergibt, daß die Schiffahrt auf diesen Wasserstraßen keinen Nachtbetrieb durchführt.

Auf Rhein und Mosel beträgt der Anteil der Schiffe an der vollen Nachtfahrt 13 %, gemessen an der Zahl der Schiffe bzw. Schubverbände.

Grundsätzlich bewirkt der Nachtbetrieb eine Erhöhung der Wasserstraßenkapazität. Das Maß der Erhöhung beträgt, wenn die 16-stündige Fahrt die Norm darstellt, die Hälfte der Leistungsfähigkeit, die eine Wasserstraße bei 16-Stunden-Betriebszeit besitzt. Im Winter, bei kürzeren täglichen Betriebszeiten, würde das Ausmaß der relativen Kapazitätserhöhung und damit der Leistungssteigerung beim Übergang auf 24-Stunden-Betrieb noch höher als 50 % sein. Diese Kapazitätserhöhung kommt jedoch nur voll zum Tragen, wenn auch die Häfen 24 Stunden arbeiten.

Ob ein 24-Stunden-Betrieb durchgeführt wird, hängt ab

- von der Schaffung der für eine Nachtschiffahrt erforderlichen technischen und betrieblichen Voraussetzungen bei Wasserstraßen, Häfen und Schiffen und
- von dem Verhältnis der durch die Schaffung dieser Voraussetzungen entstehenden Kosten zu den zu erwartenden Nutzen z.B. durch die Einsparung von Schiffsraum.

Es ist somit letztlich eine wirtschaftliche Frage, ob ein 24-Stunden-Betrieb durchgeführt wird. Auch die Umwelt- und Sozialprobleme müssen berücksichtigt werden.

3.2 Voraussetzungen bei der Wasserstraße für die Durchführung der Nachtfahrt

3.2.1 Grundgedanken

Die Verwaltung der Schiffahrtswege kann mit Hilfe technischer, betrieblicher und schiffahrtspolizeilicher Maßnahmen Einfluß auf die Nachtfahrt nehmen. Die Entscheidung über die Einführung der Nachtfahrt bei den mit Schiffsschleusen und Schiffshebewerken ausgerüsteten Wasserstraßen wird im wesentlichen beeinflußt vom Bedarf, von der Struktur der Schiffahrt, von dem Schwierigkeitsgrad der Fahrwasserverhältnisse und von den Betriebskosten.

In der Regel wird eine mit Schiffsschleusen ausgestattete Wasserstraße in folgenden Schritten an den Bedarf der Schiffahrt angepaßt:

- 16-Stunden-Betrieb (Ausgangsbasis)
- bei Bedarf Betriebszeitverlängerung zum Abbau der Wartezeiten (1.)
- Schleusung außerhalb der Betriebszeit auf Bestellung (2.)
- 24-Stunden-Betrieb (3).

Wird die Grenze der Schleusenkapazität nach Schritt 2 erreicht und kann auch durch eine Vertiefung der Strecke keine Erhöhung der Leistungsfähigkeit mehr erreicht werden, so kann anstelle der Einführung des 24-Stunden-Betriebes (3.) die bauliche Erweiterung der Schiffsschleuse oder letzten Endes die Errichtung einer weiteren Schiffsschleuse erforderlich werden. Diese Lösung kann dann wirtschaftlich sein, wenn die Schiffahrt von ihrer Struktur her nicht in der Lage ist, Nachtfahrt durchzuführen. Sofern die Grenzen des Verkehrs großer Schiffseinheiten durch den Ausbauzustand der Strecke bestimmt werden, kann allerdings durch verkehrslenkende Maßnahmen, z.B. durch die Einführung des Richtungsverkehrs eine Lösung gefunden werden. Die Entscheidung über den einzuschlagenden Weg hängt von dem Ergebnis der jeweiligen Kosten-Nutzen-Untersuchung ab, in die auch die Verfügbarkeit der Schiffsschleusen mit einzubeziehen ist.

3.2.2 Technische Maßnahmen

Für die Fahrt bei Nacht sollten sich die dem Schiffsführer gegebenen Informationen möglichst wenig von den am Tage gegebenen unterscheiden. Der Verlauf des Fahrweges ist in vielen Fällen, insbesondere bei Kanälen und staugeregelten Flüssen bei Nacht ohne besondere Hilfsmittel erkennbar. Häufig reicht diese Information jedoch nicht aus. Daher sind für eine sichere Nachtfahrt zusätzliche Informationen erforderlich. Diese werden unterschieden in visuelle und funktechnische Mittel.

Die Fahrt bei unsichtigem Wetter stellt an die Schiffsführung sowie an die Ausrüstung der Schiffe und der Wasserstraße besondere Anforderungen. Hier versagen auch am Tage die visuellen Hilfen, während die funktechnischen Mittel gleichermaßen angewendet werden können.

- Visuelle Mittel
  Das naheliegendste, nur bordseitig zu verwendende Hilfsmittel ist, wie bei allen nicht spurgebundenen Verkehrsmitteln der Scheinwerfer. Wenn auch mit seiner Hilfe die Uferzonen gut ausgeleuchtet und insbesondere mit Reflexfolien belegte Schiffahrtszeichen erkannt werden können, so sind als bedenkliche Nachteile die lange Adaptationszeit des menschlichen Auges nach seinem Abschalten und die Blendungsgefahr anderer Verkehrsteilnehmer zu nennen. Versuche mit linear polarisiertem Licht, Spezialscheinwerfern u.a. haben bisher zu keinen brauchbaren Ergebnissen geführt. Somit bleibt zunächst nur die Möglichkeit, die Lichtstärke des Scheinwerfers auf ein Minimum zu reduzieren und den Reflexionsfaktor der Schiffahrtszeichen auf ein Maximum zu bringen.

  Die aktive Befeuerung wird bei den Binnenschiffahrtsstraßen in der Bundesrepublik Deutschland bisher nur in recht begrenztem Maße angewendet. Leuchttonnen und Orientierungsfeuer sind die hierbei gebräuchlichen Schiffahrtszeichen. Die an der Donau und am Niederrhein verwendeten Orientierungsfeuer sollen dem Schiffer aussagekräftige Hilfspunkte bei Nacht erkennbar machen, die er bei Tage aufgrund seiner Streckenkenntnis leicht ausmachen kann. Bild 13 zeigt ein derartiges Orientierungsfeuer am Rhein.

  Die Leuchttonnen markieren hervorzuhebende Punkte am Fahrwasser. Besondere Gefahrenpunkte wie Brückenpfeiler, Molenköpfe usw. werden in der Regel mit

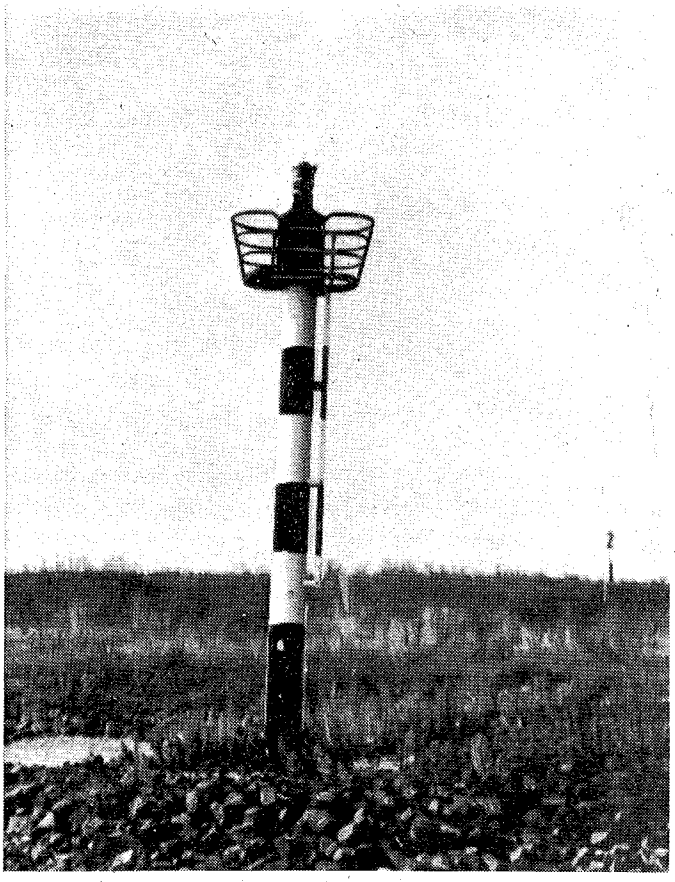


Bild 13: Orientierungsfeuer am Niederrhein

markantem Natriumdampflicht angestrahlt. Für Verkehrsregelungen z.B. an Schiffsschleusen, beweglichen Brücken und im Streckenbereich werden bei Tag und Nacht die gleichen Signallichter verwendet, am Tage mit entsprechend größerer Lichtstärke. Die Tafelzeichen werden in besonderen Fällen beleuchtet, insbesondere dann, wenn sie für den fließenden Verkehr von Bedeutung sind.

Besondere Gefahrenpunkte stellen die Schleusenbereiche dar. Durch Adaptationsstrecken im Bereich der Schleusenvorhäfen und durch Ausleuchtung der Schleusenkammern wird ein sicherer Verkehrsablauf gewährleistet, wie aus den Bildern 14 und 15 zu ersehen ist.

– Funktechnische Mittel
Für die Binnenschiffahrt sind das Bordradargerät und der UKW-Funk von Bedeutung. Das Radargerät hat den Vorteil, nicht nur bei Nacht, sondern auch bei unsichtigem Wetter als Orientierungshilfe und als Kollisionsschutzmittel zu dienen. Hochwertige Flußradargeräte ermöglichen heute ein Fahren selbst in engen Schiffahrtskanälen zu jeder Zeit. Der Ausrüstungsstand der Binnenschiffe mit Radar beträgt in der Bundes-

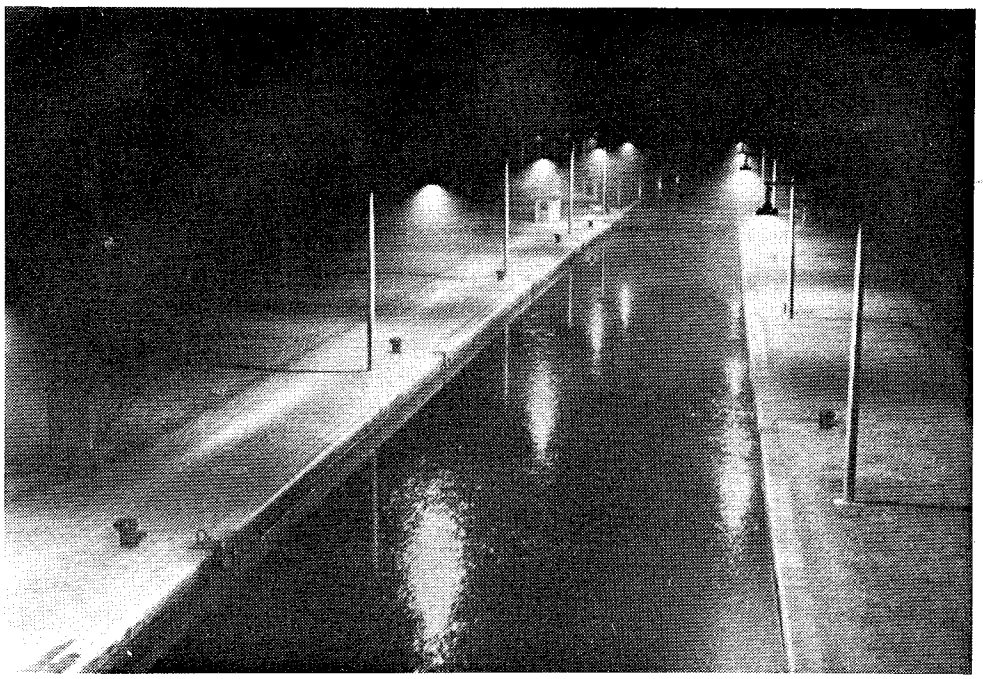


Bild 14: Schleusenbeleuchtung

Bild 15: Schleusenvorhafenbeleuchtung

republik z.Z. 22 %, im Rheinstromgebiet jedoch rd. 50 %. Die Steigerung in den letzten 6 Jahren betrug 100 %. Die Verwaltung der Wasserstraße muß allerdings die Schiffahrtszeichen hierfür herrichten; so müssen z.B. die Tonnen und Baken durch entsprechende Ausgestaltung ein gutes Radarecho geben (Bild 16 und 17).

Um die von Brücken und Freileitungen herrührenden Störechos im Radarbild auszuschließen bzw. in ihrer Wirkung unschädlich zu machen, sind besondere Maßnahmen erforderlich. Bei neuen Brücken wird von vornherein entweder auf die Konstruktion Einfluß genommen, so daß durch Mehrfachreflexionen hervorgerufene Fehlechos unterdrückt werden, oder es werden Absorbtionsmaterialien aufgebracht, die eine Reflexion der Radarstrahlen verhindern.

Die Radarfahrer müssen mit UKW-Funk ausgerüstet sein, um sich untereinander verständigen zu können. Zum Erkennen der Drehbewegung des eigenen Schiffes ist ein *Wendezeiger* sehr nützlich, der auf dem Rhein vorgeschrieben ist. Einen Eindruck von dem Fahrstand eines nachtfahrtfähigen modernen Schubbootes vermittelt Bild 18.

Der UKW-Sprechfunk muß heute mit zu den Navigationshilfen gerechnet werden. Er ermöglicht den Sprechverkehr von Schiff zu Schiff für Sicherheitszwecke, vom Schiff zum Land, z.B. zum Absetzen von Notmeldungen und den Verkehr von Land zum Schiff, z.B. für den nautischen Informationsdienst (Schleusenfunk).

Alle Schiffsschleusen mit gewerblichem Schiffsverkehr sind in der Bundesrepublik mit Funk ausgerüstet, so daß auf diesem Wege eine gute Abstimmung des Schleusenbetriebes mit der Schiffahrt gerade bei Nacht möglich ist. Dieser Funk dient der Sicherheit und Beschleunigung des Verkehrs.

3.3 Voraussetzungen bei der Schiffahrt für die Durchführung der Nachtfahrt

Den visuellen und funktechnischen Navigationshilfsmitteln an den Wasserstraßen entsprechen solche auf den Schiffen. Im einzelnen gehören dazu die vorgeschriebene Lichterführung, Suchscheinwerfer, Radargeräte, Sprechfunkanlagen, Echolote und sonstige Navigationshilfsmittel.

Der Übergang von der 16-stündigen Tagfahrt zur ständigen, 24-stündigen Fahrt erfordert gemäß den Polizeivorschriften zusätzliches Personal.

Für die zusätzlichen Besatzungsmitglieder müssen gegebenenfalls zusätzlich Wohn- und Aufenthaltsräume geschaffen werden. Dies geht auf Kosten des Laderaums. Außerdem müssen die Ruheräume ausreichend gegen Lärm und Erschütterung abgeschirmt werden.

Hierdurch werden zusätzliche Kosten verursacht. Ob die Schiffahrt vom 24-stündigen Betrieb Gebrauch macht, hängt vom Verhältnis dieser zusätzlichen Kosten zur Ersparnis infolge des zeitlich besser genutzten Schiffsraums und damit der insgesamt verringerten Flottenkapazität ab.

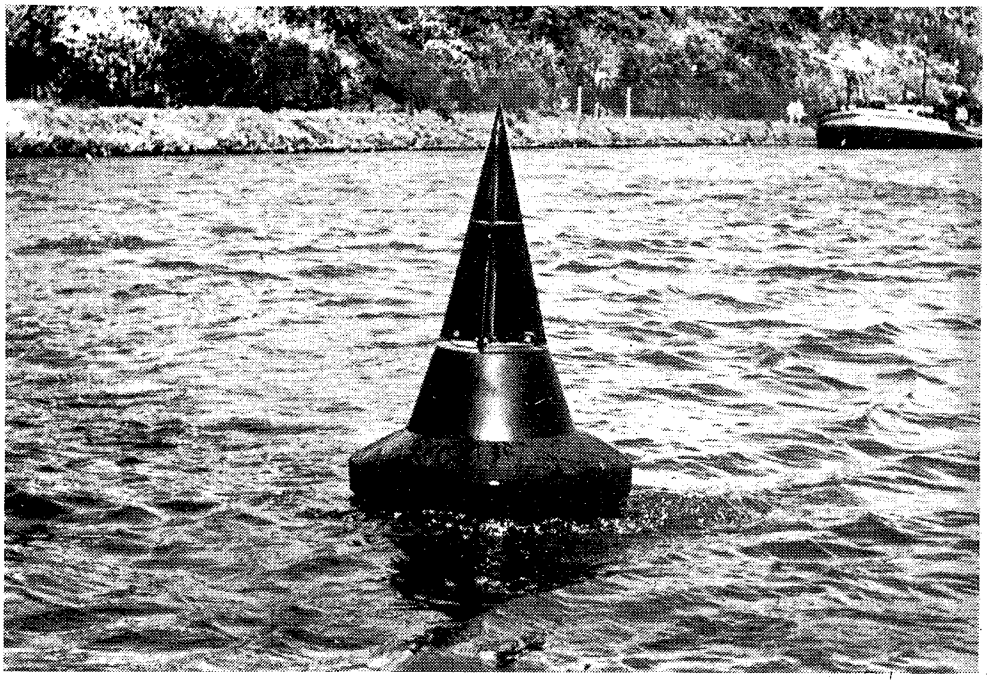


Bild 16: Tonne mit Radarreflektor

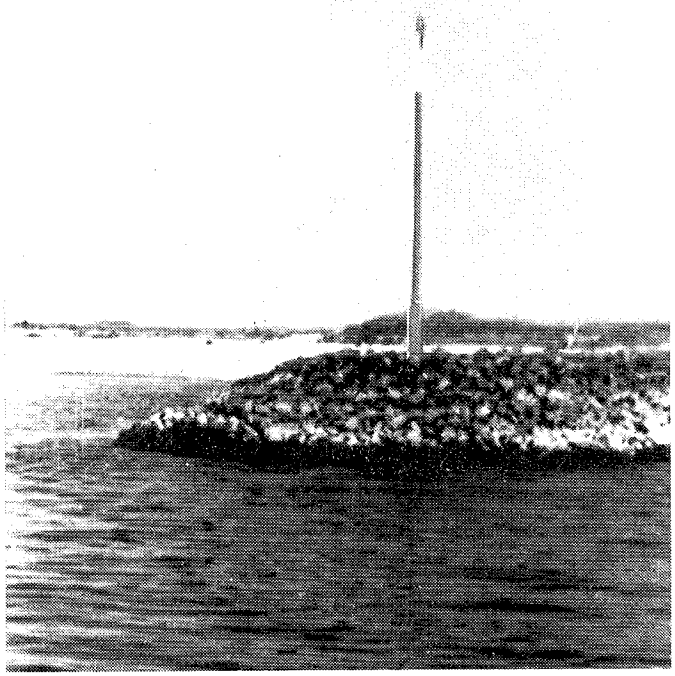


Bild 17: Bake mit Radarreflektor

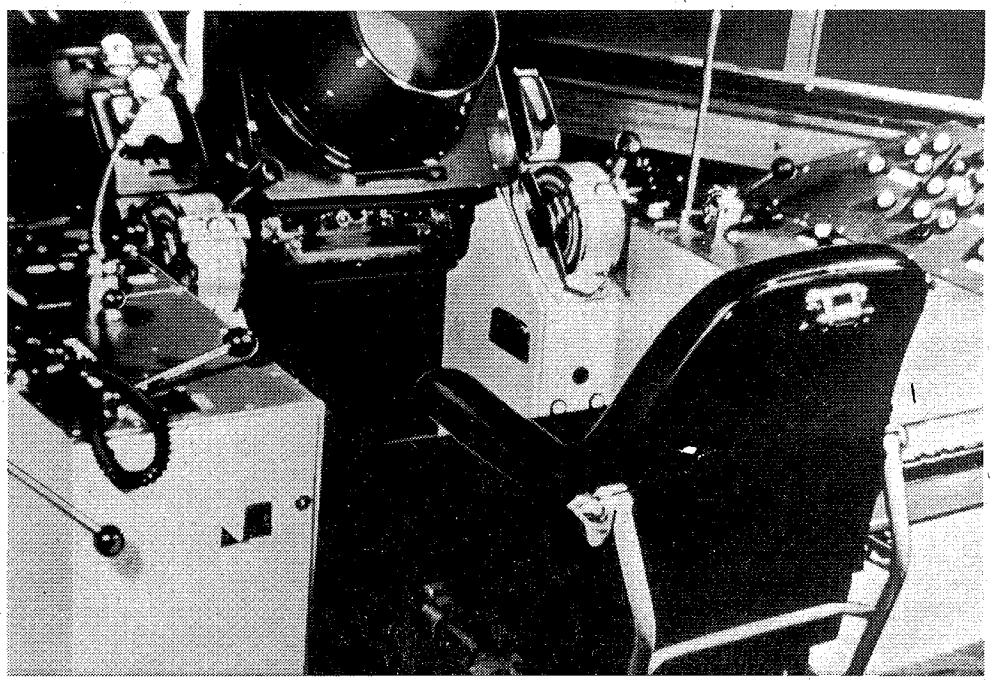


Bild 18: Fahrstand eines Schubbootes

Die Gegenüberstellung von Nutzen-, Personalkosten- und Transportkostensteigerung bei Motorschiffen ist in Tabelle 1 dargestellt [9].

Schiffsgrößenklassen	Nutzensteigerung bei Nachtfahrt; Übergang von 16-Std.-Betrieb auf 24 Std.	Personal A 16 Std.	Personal D ständige Fahrt	Personalkostensteigerung bei ständiger Fahrt	Transportkostensteigerung
bis 500 t	30 %	2	4	100 %	40 %
bis 1.000 t	30 %	2 + 1*)	5	ca. 100 %	40 %
bis 1.600 t	30 %	3	5 + 1*)	ca. 80 %	32 %
über 1.600 t	30 %	3 + 1*)	6	70 %	28 %
Koppelverband z.B. 1.500 t + 1.000 t = 2.500 t	30 %	4	6 + 1*)	ca. 60 %	24 %

*) Schiffsjunge

Tab. 1

Die Nutzensteigerung ergibt sich, da sie sich nur auf den Streckenanteil von 50 % und den Schleusenanteil von 10 % (s. Abschnitt 1) und nicht auf den Hafenanteil von 40 % auswirkt, nur zu 50 x (1–0,4) = 30 %. Der Personalkostenanteil an den Vorhaltekosten beträgt 40 %; bei 24-Stundenbetrieb bedeutet dies bei 100 % Personalkostensteigerung eine Kostensteigerung von 40 %.

Als Ergebnis zeigt sich, daß bei Motorschiffen bis 1.600 t die zusätzlichen Personalkosten den Gewinn in Form der möglichen Nutzensteigerung übersteigen. Die Kosten für erweiterte Unterkünfte für zusätzliches Personal und die mögliche Einschränkung des Laderaums sind dabei noch nicht berücksichtigt. Das Verhältnis wird erst bei Motorschiffen über 1.600 t günstiger. Am günstigsten ist es bei Koppelverbänden.

Deshalb werden Motorschiffe nicht regelmäßig in ständiger Fahrt eingesetzt. Die Nachtfahrt bleibt eine Ausnahme, von der nur Gebrauch gemacht wird, wenn der Transport eilbedürftig ist und sich an Bord drei Patentinhaber befinden.

Dagegen werden Koppelverbände schon eher in ständiger Fahrt eingesetzt, wie das auf Rhein und Mosel der Fall ist. Voraussetzung ist aber, daß die Fahrtstrecke lang ist, so daß der Anteil der Lade- und Löschzeit an der gesamten Umlaufzeit gering ist.

Schubverbände sind dagegen von vornherein für die ständige Fahrt bestimmt. Wie aus Tabelle 2 hervorgeht, ist die Nutzensteigerung ab 700 PS-Schubboot mit 2 Leichtern größer als die Transportkostensteigerung.

Schiffsgrößenklassen	Nutzensteigerung bei Nachtfahrt; Übergang von 16-Std.-Betrieb auf 24 Std.	Personal A 16 Std.	Personal D ständige Fahrt	Personalkostensteigerung bei ständiger Fahrt	Transportkostensteigerung
bis 500 PS					
2 Leichter	50 %	3	6	100 %	80 %
3 oder mehr Leichter	50 %	4	7	75 %	60 %
500 – 700 PS					
2 Leichter	50 %	4	7	75 %	60 %
3 oder mehr Leichter	50 %	5	8	60 %	48 %
700 – 1.000 PS					
2 Leichter	50 %	5	7	über 40 %	32 %
3 oder mehr Leichter	50 %	6	8	33,3 %	27 %
über 1.000 PS					
2 Leichter	50 %	5	7	40 %	32 %
3 oder mehr Leichter	50 %	6	8	33,3 %	27 %

Tab. 2

Dabei ist berücksichtigt, daß eine dritte Besatzung erforderlich ist, die die beiden an Bord befindlichen Besatzungen turnusgemäß ablöst. Das Schubboot hat im Unterschied zum Motorschiff und auch zum Koppelverband jedoch keine Hafenliegezeit, so daß die Nutzensteigerung von 50 % voll zum Tragen kommt.

Aus diesen Gründen wird von der Möglichkeit der Nachtfahrt auf den Wasserstraßen in der Bundesrepublik Deutschland gegenwärtig nur von der Schubschiffahrt regelmäßig Gebrauch gemacht.

3.4 Wirtschaftliche Gesamtbetrachtung

Da der Anteil der Schubschiffahrtskapazität nur knapp 20 % der Gesamtkapazität der deutschen Binnenflotte beträgt, stellt sich die Frage, ob es wirtschaftlich vertretbar ist, an den Wasserstraßen die für die ständige Fahrt erforderlichen technischen und betrieblichen Voraussetzungen zu schaffen. Dies ist an vielen Stellen zu bejahen. Das Nutzen-Kosten-Verhältnis kann z.B. auch dann günstig sein, wenn die Schiffahrt nur zu einem kleinen Teil von der Möglichkeit der Nachtfahrt bzw. ständigen Fahrt Gebrauch macht. Außerdem bietet der Nachtbetrieb der Wasserstraßen den Motorschiffen und Koppelverbänden im Bedarfsfall die Möglichkeit, von der Nachtfahrt Gebrauch zu machen. Der Anteil der Schubverbände wird in den nächsten Jahren zunehmen und der Anteil der großen Schiffe an der Gesamtkapazität der Binnenflotte wird sich weiter erhöhen. Bei ihnen sind die betriebswirtschaftlichen Voraussetzungen für die Durchführung der ständigen Fahrt günstiger als bei kleinen und mittleren Schiffen. Schließlich ist auch daran zu denken, daß in absehbarer Zeit die Besatzungsvorschriften geändert und der modernen, technischen und betrieblichen Entwicklung bei der Binnenschiffahrt angepaßt werden. Auch dann besteht eine größere Wahrscheinlichkeit, daß Motorschiffe zur ständigen Fahrt übergehen.

Schrifttum

[1] Bundesverkehrswegeplan 1980; Bundesverkehrsministerium

[2] Ernst, D.; Lohrberg, K.; Mester, D.; Orlovius, V.: The use of cost-benefit analyses for investments in inland waterways; Bulletin Nr. 34

[3] Wagner, R.: Die Entwicklung und Erprobung neuartiger Stoßschutzanlagen für Schleusentore. Zeitschrift für Binnenschiffahrt und Wasserstraßen, Nr. 9/79, S. 382

[4] Seidel, H. P.: Die Teilstrecke Nürnberg – Kehlheim des Main-Donau-Kanals. Linienführung, Gestaltung der Stufen und Verkehrsleistung; Jahrbuch der Hafenbautechnischen Gesellschaft 32. Bd. 1969/71, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York 1972

[5] Koehler, R.: Untersuchungen zur Leistungsfähigkeitsberechnung und Reisezeitverkürzung, Dissertation an der Universität Karlsruhe, April 1968

[6] Eujen, D.M.: Der Mainausbau und seine verkehrswirtschaftlichen Aspekte; Wasserwirtschaft Nr. 7/8 1978

[7] Richtlinien für visuelle Einfahrtshilfen an Schleusen; Bundesverkehrsministerium

[8] Hartung, W.: Nachtfahrt auf Binnenschiffahrtsstraßen; Jahrbuch der Hafenbautechnischen Gesellschaft, 35. Bd. 1975/76

[9] Rheinschiffs-Untersuchungsordnung