

Abteilung I — Binnenschifffahrt

Thema 1

Mittel und Methoden, um die Wirtschaftlichkeit, die Sicherheit und den Betrieb der Binnenschifffahrt zu verbessern, insbesondere durch die Anwendung der Elektronik

Berichterstatter: Prof. Dr.-Ing. G. W i e d e m a n n, Ministerialdirigent im Bundesverkehrsministerium Bonn, Technische Universität Hannover.

Teil I:

Dipl.-Ing. W. H o f m a n n, Oberregierungsbaurat in Bundesanstalt für Wasserbau — Datenverarbeitungszentrale der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung — in Karlsruhe; Rechtsanwalt H. U. P a b s t, Geschäftsführer des Vereins zur Wahrung der Rheinschiffahrtsinteressen in Duisburg.

Teil II:

Prof. Dr.-Ing. W. L e u t z b a c h, Technische Universität Karlsruhe — Lehrstuhl und Institut für Verkehrswesen —; Dr.-Ing. R. K o e h l e r, Ingenieurbüro für Verkehrswesen, Karlsruhe; Dipl.-Ing. B. L e u t w e i n, Ingenieurbüro für Verkehrswesen, Karlsruhe.

Zusammenfassung

Es werden zwei Beispiele dafür gegeben, daß durch die Elektronik zusätzlich Mittel und Methoden für die Binnenschifffahrt zur Verbesserung der Wirtschaftlichkeit und der Sicherheit des Betriebes entstehen können. Im ersten Abschnitt wird gezeigt, wie durch die Einschaltung einer elektronischen Datenverarbeitung in die Abgabenerhebung an Wasserstraßen der Betrieb für das Schiff und die Verwaltung sicherer und wirtschaftlicher wird und daß hierdurch für viele andere Zwecke wie Statistik, Verkehrsübersicht und auch den Schiffsbetrieb Daten anfallen und verarbeitet werden können, die sonst kaum oder nur mit zusätzlichem Aufwand erhalten werden. Nützlich wäre hierfür und für andere Zwecke ein einheitliches Numerierungssystem für alle Schiffe. Ein Vorschlag ist angeführt. Im zweiten Abschnitt wird ein Beispiel gegeben, wie durch elektronische Datenverarbeitung in Form von Simulationsmodellen Erkenntnisse über den Ablauf des Verkehrs auf Wasserstraßen gewonnen werden, die anders gar nicht oder nur mit erheblichem Zeit- und Geldaufwand möglich sind. Sie sind aber für einen sicheren und leichten Verkehr auf den Wasserstraßen immer notwendige Unterlagen.

I n h a l t

	Seite
I. Rationalisierung der Abgabenerhebung und Erfassung von Grunddaten für die Binnenschifffahrt	10
1. bisherige Abgabenerhebung	10
2. Abgabenerhebung mit Hilfe elektronischer Datenverarbeitung	11
3. Erfassung von Grunddaten und Beispiele für ihre Auswertung für die Binnenschifffahrt	11
4. Verbesserungen durch Anwendung der Elektronik	12
5. Mögliche Entwicklung durch ein Numerierungssystem für alle Schiffe	13

II. Erfassung des Verkehrsablaufs auf der Wasserstraße mit Hilfe von Simulationsmodellen	Seite 16
1. Freie Strecke ohne Schleusen und in begrenztem Fahrwasser	16
2. Einzelschleusen innerhalb längerer Strecken	22
3. Verbesserung durch Anwendung von Simulationsmodellen	25

In den letzten Jahren sind im Verkehrswesen neben die Konstruktion der einzelnen Elemente wie Fahrzeug, Weg und Umschlagstellen immer mehr Aufgaben getreten, die Bewegungsvorgänge behandeln. Der „Betrieb“ im weitesten Sinn gewinnt an Bedeutung. Die Erfahrung hat gezeigt, daß auf diesem Gebiet bisher noch unerschlossene Möglichkeiten liegen, die Wirtschaftlichkeit und die Sicherheit des Verkehrs zu verbessern. Dies gilt auch für den Bereich der Binnenschifffahrt, und zwar für den wirtschaftlichen Sektor und für die Bewegungsvorgänge von Schiff und Gut auf der Wasserstraße selber. Eine weitere Erkenntnis zeigt, daß Bewegungen, die mit einem bestimmten Ziel ausgeführt werden sollen, gesteuert oder geregelt werden müssen. Hierfür sind die Bewegungsvorgänge durch einen Datenfluß zu begleiten, der diese Regelungen richtig auszulösen oder zu begrenzen hat. In der Elektronik, z. B. in der Form der elektronischen Datenverarbeitung (EDV) oder der Simulation von Vorgängen sind hierfür Hilfsmittel gefunden, die Wesentliches zur Klärung, Rationalisierung und Verbesserung des „Betriebes“ beitragen können.

Für die Binnenschifffahrt sollen im folgenden an zwei Anwendungsgebieten die vielfältigen Möglichkeiten und Methoden, die die Elektronik auch für sie bietet, angedeutet werden.

Im ersten Abschnitt wird eine Möglichkeit der Datenerfassung und ihrer Ausnutzung gezeigt, wie sie sich aus dem Bemühen ergeben hat, die Abgabenerhebung an den Wasserstraßen der Bundesrepublik Deutschland zu rationalisieren.

Im zweiten Abschnitt wird darauf hingewiesen, daß die Erweiterung der Kenntnisse über die Verkehrsabläufe auf Wasserstraßen mit Hilfe der Elektronik der Form und dem Umfang nach möglich ist.

Die Wirtschaftlichkeit, die Sicherheit und der Betrieb der Binnenschifffahrt werden in beiden Fällen auf verschiedene Weise erheblich verbessert.

I. Rationalisierung der Abgabenerhebung und Erfassung von Grunddaten für die Binnenschifffahrt

1. Bisherige Abgabenerhebung

Die Abgabenerhebung der Binnenschifffahrt an den abgabenpflichtigen Wasserstraßen des Bundesgebietes wird bisher in folgender Weise praktiziert:

Der Schiffsführer füllt im Durchschreibeverfahren auf der Grundlage der Ladepapiere usw. eine von der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung vorgeschriebene dreifache Abgabenerklärung aus, in der u. a. folgende Angaben enthalten sind:

- a) Schiffskennzeichnung: Schiffsart, Schiffsname, Nationalität, Schiffseigner
- b) Abmessungen (Länge, Breite)
- c) Tiefgang (wichtig bei Grundberührungen)
- d) Tragfähigkeit, Abmessungen
- e) Einlade- bzw. Abgangsort (Ladeort)

- f) Auslade- bzw. Bestimmungsort (Löschort)
- g) Gütermenge
- h) Güterart(en)

Der Beamte der ersten in Fahrtrichtung gelegenen dienstbereiten Schleuse (bzw. Hebestelle) stempelt die Nummer der Schleuse und die fortlaufende Nummer der Abgabenerklärung ein, überprüft die Übereinstimmung der Angaben mit den Schiffs- und Ladepapieren und zeichnet die Ausfertigungen ab. Damit hat die Abgabenerklärung die Eigenschaft eines „Fahrscheines“ erhalten.

Der Schiffsführer erhält die 2. und 3. Ausfertigung des „Fahrscheines“, leitet die 3. Ausfertigung seiner Firma zu und gibt die 2. Ausfertigung vor Verlassen der abgabepflichtigen Strecke an der letzten zu durchfahrenden Schleuse ab.

2. Abgabenerhebung mit Hilfe elektronischer Datenverarbeitung (EDV)

Inzwischen wird immer mehr die Erhebung der Schiffahrtsabgaben bargeldlos über ein zentrales Stundungskonto abgewickelt. Damit war der Weg freigegeben für eine zentrale Bearbeitung der Schiffahrtsabgabenberechnung und schließlich für eine Übernahme dieser Berechnungen durch die EDV. Die Datenverarbeitungszentrale der Wasser- und Schiffahrtsverwaltung bei der Bundesanstalt für Wasserbau in Karlsruhe, die auch andere Aufgaben für die Wasserstraßenverwaltung durchführt, wurde hiermit beauftragt.

Voraussetzung der Bearbeitung durch die EDV ist eine entsprechende Verschlüsselung der Daten der Abgabenerklärung. Sie erfolgte in der ersten Phase über ein besonderes Datenblatt, das von besonderem Personal ausgefüllt wurde. Es zeigte sich jedoch bald, daß es möglich und sogar einfacher und fehlersicherer ist, die Verschlüsselungsdaten auf der Abgabenerklärung selbst vom örtlichen Personal der Schleuse (bzw. Hebestelle) eintragen zu lassen. Die so verschlüsselten und geprüften Abgabenerklärungen werden von dort auf dem Postwege zur Datenverarbeitungszentrale in Karlsruhe geschickt.

3. Erfassung von Grunddaten und Beispiele für ihre Auswertung für die Binnenschifffahrt

Die so gewonnenen Daten werden in Karlsruhe nicht nur zur Berechnung der Schiffahrtsabgaben, sondern unter Einsatz einer integrierten Datenverarbeitung für eine Vielzahl von Aufgaben genutzt. Als Beispiele seien folgende genannt:

3.1. Abgabenerhebung

3.1.1. Schiffahrtsabgabenrechnung alle halbe Monate, firmenweise zusammengefaßt, mit Angabe

- des jeweiligen Schiffsnamens,
- der Nummer der Schleuse (bzw. der Hebestelle),
- der Nummer der Abgabenerklärung,
- des Datums der Abfertigung (Lösen des „Fahrscheines“),
- der abgabepflichtigen Strecke von . . . bis . . . ,
- der Ladung(en) mit Güternummer,
- der Tarifstelle mit Güterklasse und Tarifsatz
- sowie des Rechnungsbetrages.

3.12. Rechnungen über Transportorganisationsgebühren, die für die Transportzentralen der Binnenschifffahrt monatlich ausgestellt werden.

3.13. Daneben werden monatlich Zusammenstellungen über die Summen der Abgaben geliefert und bis zum jeweiligen Jahresende für die Jahresübersicht akkumuliert.

3.2. Statistiken

3.21. Gesetzliche Verkehrsstatistik an 19 ausgewählten Schleusen des Wasserstraßennetzes mit monatlichen Durchgangswerten, getrennt nach

- Richtungen
- Art
- Anzahl, beladen und leer
- Tragfähigkeit in t
- Ladung in t und Güterarten

Auch diese Monatswerte werden für die Jahresübersichten in der EDV-Anlage akkumuliert.

3.22. Eine besondere Verkehrsstatistik, nach sogenannten Verkehrsbezirken aufgeschlüsselt, eine Tonnenkilometerstatistik sowie weitere gezielte Statistiken.

Hierbei ist der Einsatz einer computergesteuerten Zeichenmaschine (Plotter) von Nutzen, die über das beschränkte Breitenformat des Schnelldruckers der EDV-Anlage hinaus beliebig große Übersichten ermöglicht.

3.3. Sonderauswertungen

Als Beispiel einer Sonderauswertung kann die Ermittlung des Schiffsdurchgangs am Rhein unterhalb der Moselmündung bei Koblenz genannt werden.

Hier handelt es sich darum, gezielte Aussagen über Tageswerte, Wochen-, Monats- und Jahreswerte der Schiffsdurchgänge zu erhalten, getrennt nach Schiffsart, Schiffsklassen, Tragfähigkeitstonnen, Ladungstonnen, Auslastung u. a.

Obgleich für diesen Bereich keine Zählungen vorlagen, sondern lediglich an der Moselschleuse Koblenz die „Fahrscheine“ der Abgabenerhebung und an einer Zählstelle in Koblenz oberhalb der Moselmündung Zählwerte je Tag, lassen sich aus diesen Grunddaten, da sie EDV-gespeichert zur Verfügung stehen, die gewünschten Auswertungen unmittelbar mit Hilfe der Beziehung Verkehr Rhein unterhalb Moselmündung = Verkehr Rhein oberhalb Moselmündung \pm „Verkehr Mosel“ durchführen.

Es kann außerdem eine Histogrammdarstellung der Häufigkeiten der Tageswerte und eine Darstellung der Tagesganglinie in Diagrammform durch die EDV-Anlage geliefert werden (Bild 1, Bild 2).

4. Verbesserungen durch Anwendung der Elektronik

Neben den eigentlichen Rechnungsstellungen der Abgabenerhebung werden durch die EDV also auch tarif- und verkehrsstatische Ermittlungen ermöglicht, die früher gar nicht oder nur mit großem Aufwand durchführbar waren.

Außer der Verwaltung können hieraus Schiffahrtsfirmen und Transportzentralen auch auf schiffahrtsbetrieblichem Gebiet Vorteile ziehen.

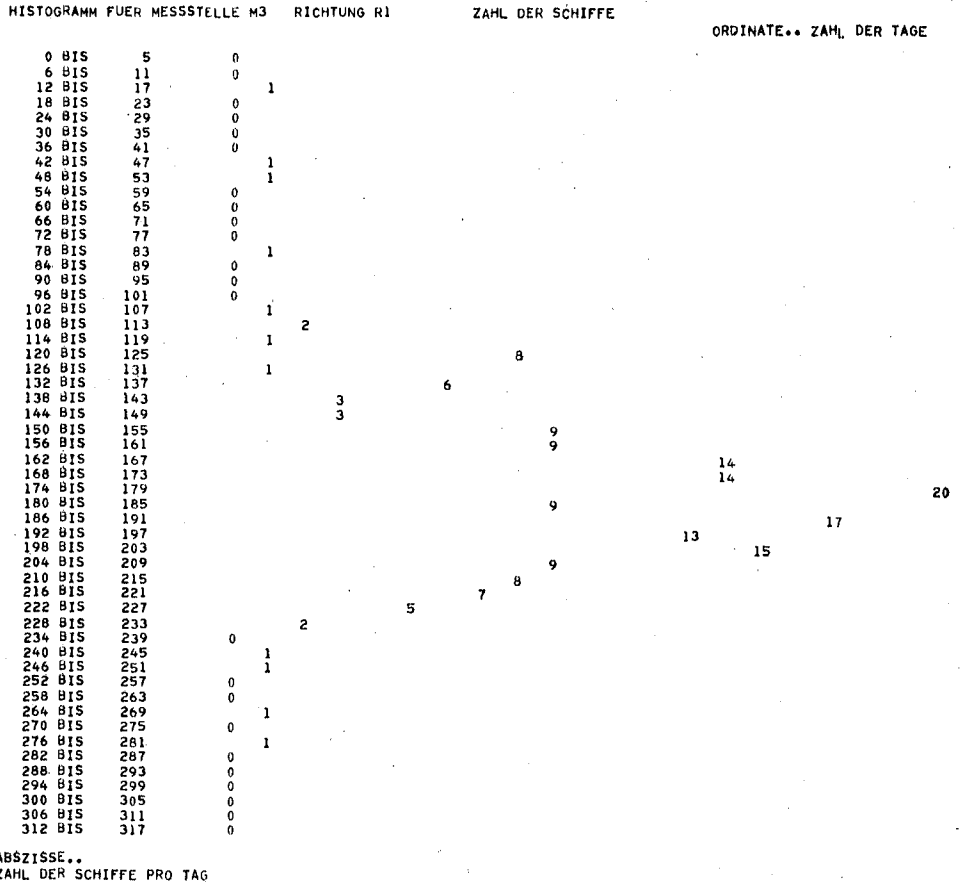


Bild 1

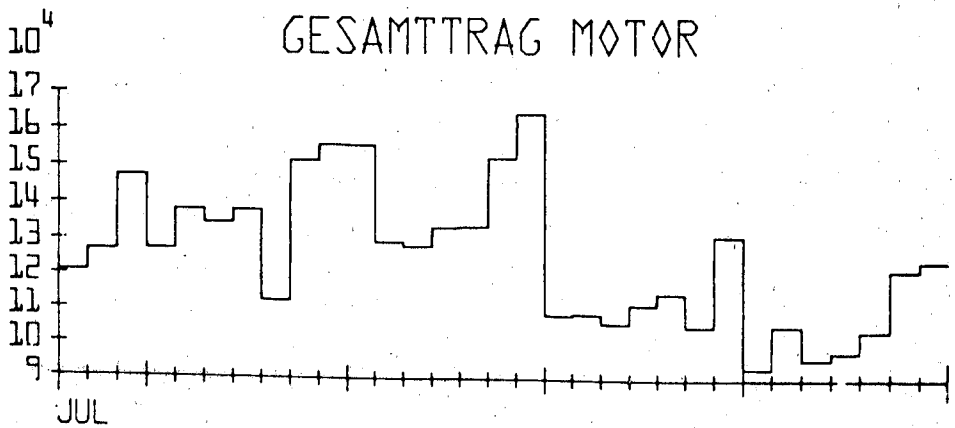
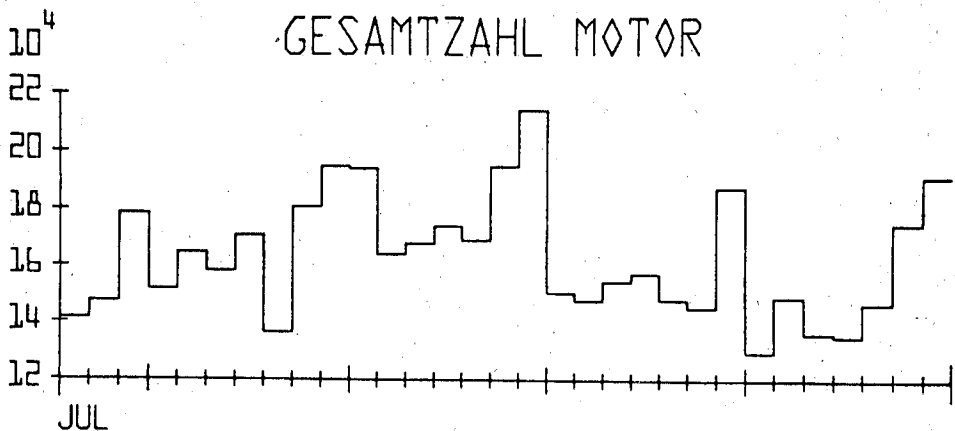
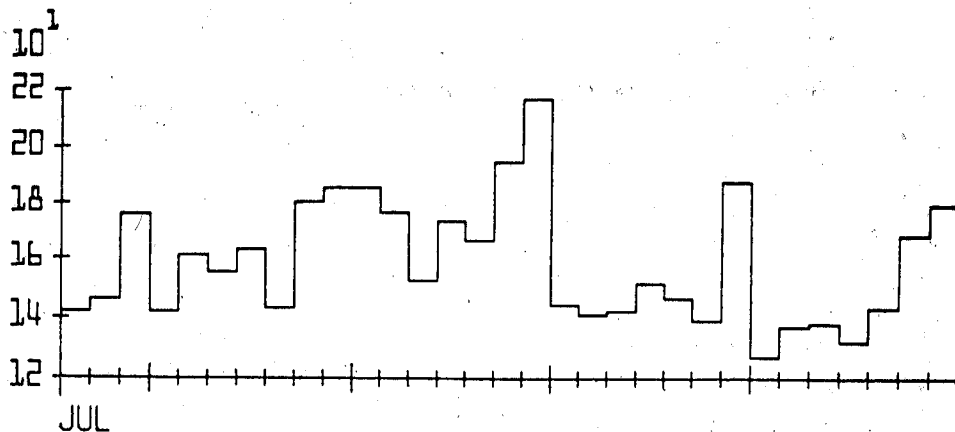
Histogrammdarstellung der Häufigkeiten (Zahl der Schiffe pro Tag) des Schiffsdurchgangs auf dem Rhein bei Koblenz — bergwärtige Richtung — unterhalb der Moselmündung.

Der Verwaltungsaufwand wird gemindert, Hebestellen können vereinigt und in der Regel mit Schleusendienststellen zusammengelegt werden.

Da der Schiffsführer oder ein Schiffsangehöriger im Höchstfall nur zweimal das Schiff zu verlassen hat, nämlich beim „Lösen“ und dann beim „Abgeben“ des „Fahrscheines“, ist hierdurch auch ein entscheidender Beitrag zur Sicherheit des Schiffsbetriebes gegeben.

5. Mögliche Entwicklung durch ein Numerierungssystem für alle Schiffe

Eine wesentliche Verbesserung der Erfassung und Verarbeitung der Daten würde sich ergeben, wenn alle Fahrzeuge nach einem einheitlichen Numerierungssystem gekennzeichnet würden. Frühere Anregungen [1] sind in der Zwischenzeit von der Arbeitsgemeinschaft der Rheinschiffahrt zu folgendem Vorschlag fortentwickelt worden.



GESAMTLAD MOTOR

Bild 2

Tagesdaten des Schiffsdurchgangs auf dem Rhein bei Koblenz unterhalb der Moselmündung — bergwärtige Richtung — im Monat Juli 1971.

- Gesamtzahl der Motorschiffe ($\times 10$),
- Gesamttragfähigkeitstonnage der Motorschiffe ($\times 10^4$ t),
- Gesamtladungstonnage der Motorschiffe ($\times 10^4$ t).

Es sollen durch „Numerierung“ der Schiffe erfaßt werden:

- a) Nationalität (und, falls unerlässlich, Registrierungsort, dessen Angabe dann auch genügt)
- b) Schiffsart
- c) Schiffsgröße (t) oder -stärke (PS)
- d) Eigner
- e) Ordnungs-Nummer innerhalb des Unternehmens des Schiffseigners bzw. eines Verbandes

Zu a) Nationalität

Kennzeichnung durch große Buchstaben gemäß Anlage 1 zur Rheinschiffahrtspolizeiverordnung (Kennzeichnung des Registrierungsortes durch die Unterscheidungsbuchstaben der Schiffsuntersuchungs-Kommissionen)

Zu b) Schiffsart

Kennzeichnung durch Ziffern:

- 0 = Schlepper
- 1 = Schubboot
- 2 = Schiebender Selbstfahrer
- 3 = Selbstfahrer
- 4 = Motortankschiff
- 5 = Schleppkahn
- 6 = Tankschleppkahn
- 7 = Schubleichter
- 8 = Tankschubleichter
- 9 = Fahrgastschiff

Bei weiteren Unterteilungen müßten zwei Stellen bereitgestellt werden.

Zu c) Schiffsgröße

Kennzeichnung durch Ziffern:

- 0 = Tragfähigkeit bis 250 t oder bis 50 PS
- 1 = Tragfähigkeit bis 500 t oder bis 100 PS
- 2 = Tragfähigkeit bis 750 t oder bis 250 PS
- . = Tragfähigkeit bis . t oder bis . PS
- . = Tragfähigkeit bis . t oder bis . PS
- 9 = Tragfähigkeit über 2500 t oder über 3000 PS

Zu d) und e)

Größere Schiffahrtsbetriebe mit mehr als 100 Schiffen erhalten nur eine Kennziffer (0—9) und für die Schiffe dreistellige Ordnungsziffern; alle anderen Betriebe erhalten zweistellige Kennziffern und für ihre Schiffe zweistellige Ordnungsziffern. Nach der Kennziffer des Eigners wird das Nationalitätszeichen gesetzt.

Beispiele:

a) 771 F 122

7 = Schubleichter

7 = 1750 — 2000 t

1 = Reederei x mit mehr
als 100 Schiffen

F = Französische Nationalität

122 = Ordnungsnummer des Schiffes

b) 0317 B 52

0 = Schlepper

3 = 250 — 400 PS

17 = Unternehmen y mit weniger
als 100 Schiffen

B = Belgische Nationalität

52 = Ordnungsnummer des Schiffes

Die einheitliche Numerierung würde es erlauben, die Anzahl der Grunddaten für die Abgabenerhebung und die statistischen Auswertungen von bisher 73 Zeichen auf 51 Zeichen zu verringern. Dies würde eine wesentliche Rationalisierung der EDV bedeuten.

Auch wird damit die Kontrolle für die verschiedenen Zwecke, wie grenzpolizeilicher und sonstiger polizeilicher Maßnahmen, und der Aufbau eines zentralen Schiffsbestandswerks erleichtert.

Vor allem aber könnte das vorgeschlagene Numerierungssystem für eine funktionsfähige Kapazitätsregelung, deren Realisierung als marktpolitisches Instrument anerkannt ist, nützlich sein. So könnten Schiffe, durch solche Zahlen außen deutlich gekennzeichnet, sicherer erfaßt werden und unerlaubte Manipulationen wären ausgeschlossen. Dies wäre für die Heranziehung der Schiffseigner zu Beitragszahlungen und die notwendigen Kontrollen usw. wichtig.

Eine systematische, laufende Aufnahme der Schiffsdaten an bestimmten Stellen, z. B. am Rhein in Rotterdam, Emmerich/Lobith, Duisburg, Koblenz, Neuburgweier/Straßburg, Basel, und eine gezielte Auswertung mit Hilfe der EDV würde die Erkenntnisse vermitteln, durch die die Entscheidung über die Bestimmung des Zeitraumes für Stilllegungen gegen Entschädigung besser unterbaut wäre.

Die EDV ermöglicht damit die Bereitstellung von Informationssystemen, die als Basis jeweils Datenbanken haben, die die so erfaßten Daten vorhalten. Das Schiffahrtsgewerbe wird auch für eine innerbetriebliche Einsatzregelung ihrer Schiffe Nutzen hieraus ziehen können. Entsprechende Planungen sind eingeleitet.

II. Erfassung des Verkehrsablaufs auf der Wasserstraße mit Hilfe von Simulationsmodellen

Voraussetzung dafür, Wirtschaftlichkeit und Sicherheit des Betriebes auf Wasserstraßen zu verbessern, sind erweiterte und vertiefte Kenntnisse über Ursachen und Wirkungen der Vorgänge auf der Wasserstraße selber. Unterlagen hierfür sind die Grunddaten der Binnenschifffahrt, besondere Messungen und Beobachtungen auf Wasserstraßen. Mit Hilfe der Elektronik können diese Unterlagen aber besser und vielfältiger ausgenutzt und zum Teil ergänzt werden. Dies soll an zwei Fällen, in denen Simulationsmodelle benutzt sind, deutlich gemacht werden. Der eine behandelt die freie Strecke und hier besonders Fragen im Zusammenhang mit Überholvorgängen, der andere betrifft den Verkehrsablauf im Schleusenbereich.

1. Freie Strecken ohne Schleusen und in begrenztem Fahrwasser

Für die theoretische Leistungsfähigkeit der freien Strecke mit begrenztem Fahrwasser (gemessen als Zahl der Fahrzeuge, die pro Zeitintervall einen Querschnitt überqueren

können) sind vor allem die Geschwindigkeit sowie der Abstand der Schiffe untereinander von erheblichem Einfluß.

Überschlägige Abschätzungen der maximalen Verkehrsstärke gehen von einer konstanten Geschwindigkeit v aller Schiffe und einem konstanten Abstand a der Schiffe untereinander aus. Dann errechnet sich die Leistungsfähigkeit L zu:

$$L = \frac{v \text{ [km/h]}}{a \text{ [km/Fzge]}} = \text{[Fzge/h]}$$

Die getroffenen Annahmen entsprechen jedoch meist nicht den tatsächlichen Gegebenheiten. In Wirklichkeit sind auf Grund der Bauart der Schiffe, vor allem aber auf Grund unterschiedlicher Abladung die tatsächlich gefahrenen Geschwindigkeiten relativ großen Streuungen unterworfen.

Das führt unter anderem zu Überholungen auf der Strecke. In [2] wurde eine Methode angegeben, die Auswirkungen mangelnder Überholmöglichkeit zu quantifizieren.

In Fortführung dieser Arbeiten wurde versucht, auf nordwestdeutschen Kanälen den Zusammenhang zwischen Geschwindigkeitsverteilung, Verkehrsstärke und Überholhäufigkeit zu erfassen. Zwar zeigte sich, daß solche Zusammenhänge wohl existieren, doch waren die Beobachtungszeiträume und die beobachtbaren Schiffsmengen zu gering, um daraus quantitative Zusammenhänge ableiten zu können. Aus diesem Grunde wurde ein Simulationsmodell erstellt, das auf folgenden Voraussetzungen beruht:

1. Betrachtet wird eine Kanalstrecke mit zweischiffigem Ausbau. Ein Schiff kann demzufolge ein vor ihm fahrendes Schiff nur dann überholen, wenn während des Überholvorganges auf der zum Überholen notwendigen Strecke kein Gegenverkehr herrscht.
2. Die zum Überholen notwendige Strecke wird nach der in [3] angegebenen Formel errechnet:

$$l = \frac{a + s_1 + s_2 + a}{v_2 - v_1} \cdot v_2$$

- l = Weg des überholenden Schiffes [m]
 a = Sicherheitsabstand vor und nach dem Überholvorgang [m]
 s_1, s_2 = Länge der Schiffe [m]
 v_1 = Geschwindigkeit des überholten Schiffes [km/h]
 v_2 = Geschwindigkeit des überholenden Schiffes [km/h]

3. An den Eingangsquerschnitten der im Modell betrachteten Strecke treffen die Schiffe zufallsverteilt ein.
4. Das Modell ermöglicht es, verschiedene Ankunftsverteilungen, unterschiedliche Geschwindigkeitsverteilungen, unterschiedliche Verhalten der Schiffe beim Überholen bzw. beim Überholtwerden, sowie unterschiedliches Fahrverhalten in bezug auf den Abstand der Schiffe untereinander zu variieren.

Die Simulation brachte folgende Ergebnisse:

1. Bleibt die Verteilung der Geschwindigkeiten unabhängig von der Verkehrsstärke gleich und bleibt auch die Verkehrsstärke der Gegenrichtung konstant, dann nimmt die Zahl der Überholungen bei wachsender Verkehrsstärke zu (Abb. 3).
2. Je größer die Verkehrsstärke der Gegenrichtung ist, desto geringer ist die Zunahme der Überholungen in der betrachteten Verkehrsrichtung.
3. Die Anzahl der Überholungen hängt in starkem Maße von der Verteilung der Geschwindigkeiten ab.

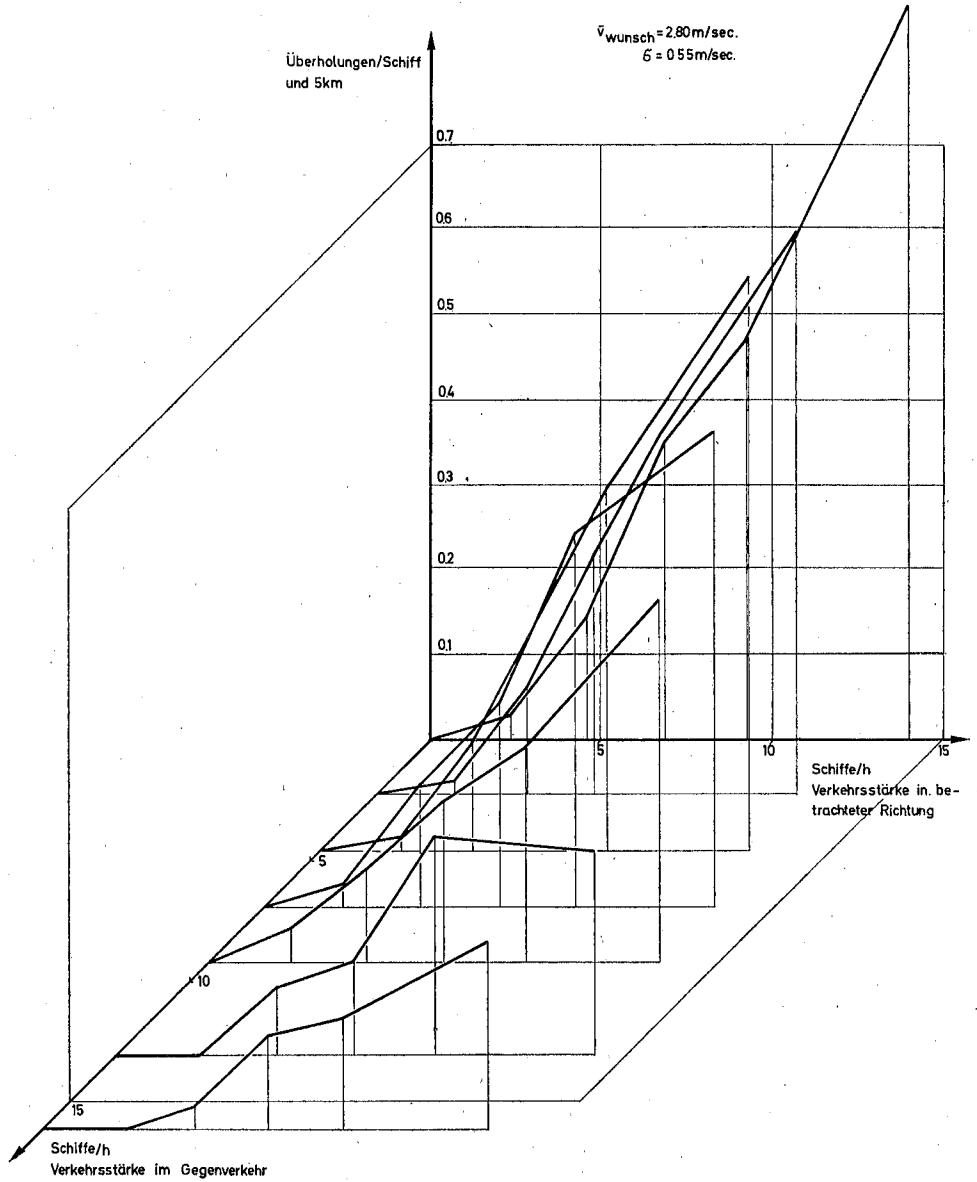


Bild 3

Zusammenhang zwischen Anzahl der Überholungen und der Verkehrsbelastung.

\bar{v}_{wunsch} = Mittelwert der Wunschgeschwindigkeiten

σ = Standardabweichung der Geschwindigkeitsverteilung.

Je geringer die Standardabweichung der Geschwindigkeitsverteilung ist, desto geringer ist die Zahl der notwendigen Überholungen.

4. Bei gleichbleibender Verkehrsstärke in der Gegenrichtung sinkt die mittlere Reisegeschwindigkeit mit wachsender Verkehrsstärke in der betrachteten Richtung (Abb. 4).
5. Wächst die Verkehrsstärke in der Gegenrichtung, so sinkt die mittlere Reisegeschwindigkeit in der betrachteten Richtung in verstärktem Maße.
6. Die Abnahme der mittleren Reisegeschwindigkeit hängt wesentlich von der Standardabweichung der Geschwindigkeitsverteilung ab. Je geringer die Standardabweichung ist, desto geringer ist die Abnahme der mittleren Reisegeschwindigkeit.
7. Es zeigt sich, daß schnellere Schiffe infolge mangelnder Überholmöglichkeit größere Zeitverluste erleiden als langsame. Unter Zeitverlust sei hier die Differenz zwischen tatsächlich benötigter Reisezeit und theoretischer Reisezeit auf Grund der Wunschgeschwindigkeit verstanden.

Wie Abb. 5 zeigt, wächst der Mittelwert der Zeitverluste mit zunehmender Wunschgeschwindigkeit. Darüber hinaus zeigt die Abb. 5 den überproportionalen Anteil der höheren Geschwindigkeitsklassen am Gesamtzeitverlust aller Schiffe.

Aus Abb. 6 wird ersichtlich, daß der mittlere Zeitverlust um so größer ist, je höher die Verkehrsstärke auf der betrachteten Wasserstraße ist.

Die Simulation führt also zu plausiblen Ergebnissen.

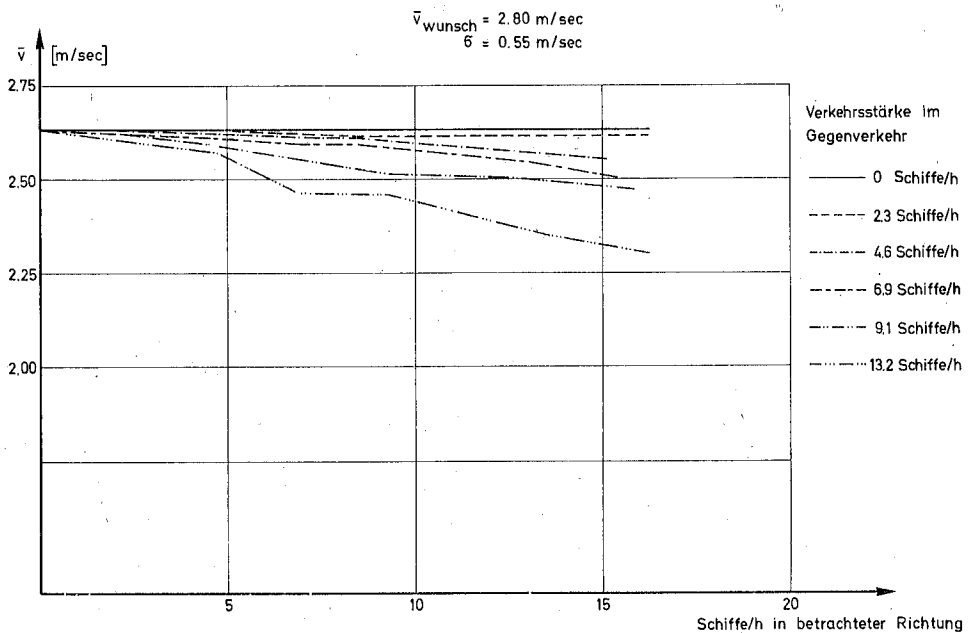


Bild 4

Zusammenhang zwischen mittlerer Geschwindigkeit und Verkehrsbelastung.

\bar{v} = mittlere Reisegeschwindigkeit m/sec

restliche Begriffe siehe Bild 3.

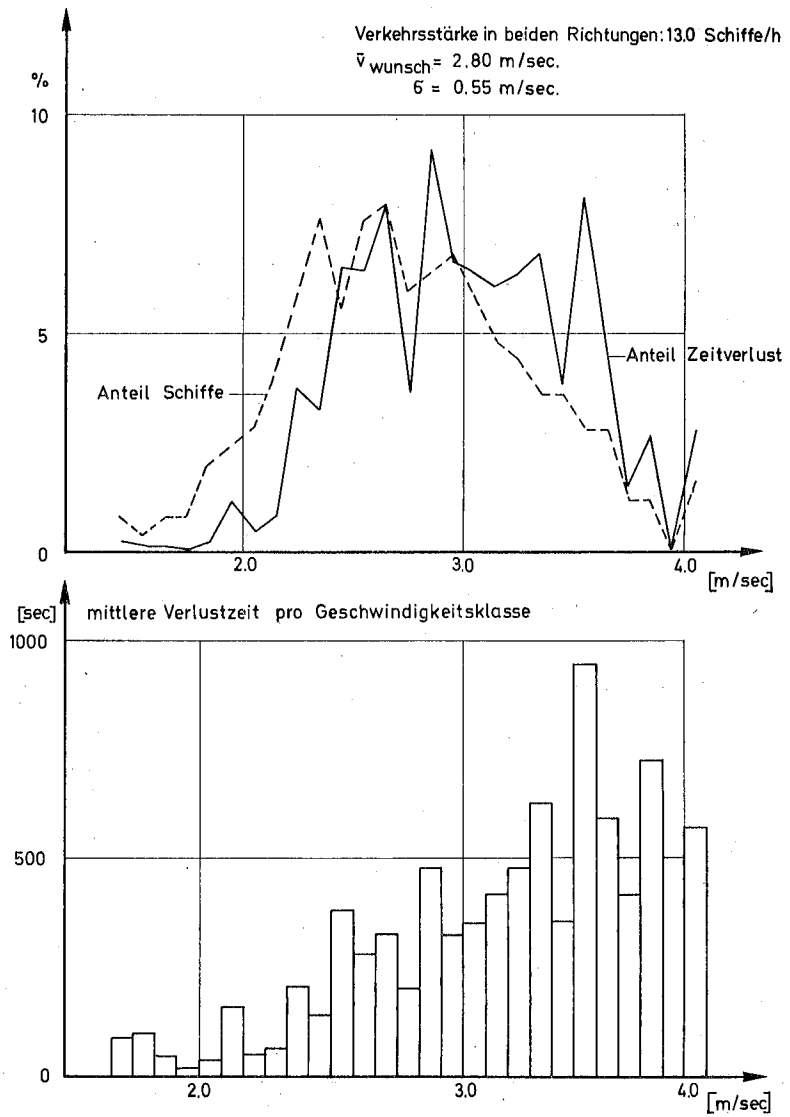


Bild 5

Verteilung der Zeitverluste und der Anzahl von Schiffen pro Geschwindigkeitsklasse.

restliche Begriffe siehe Bild 3.

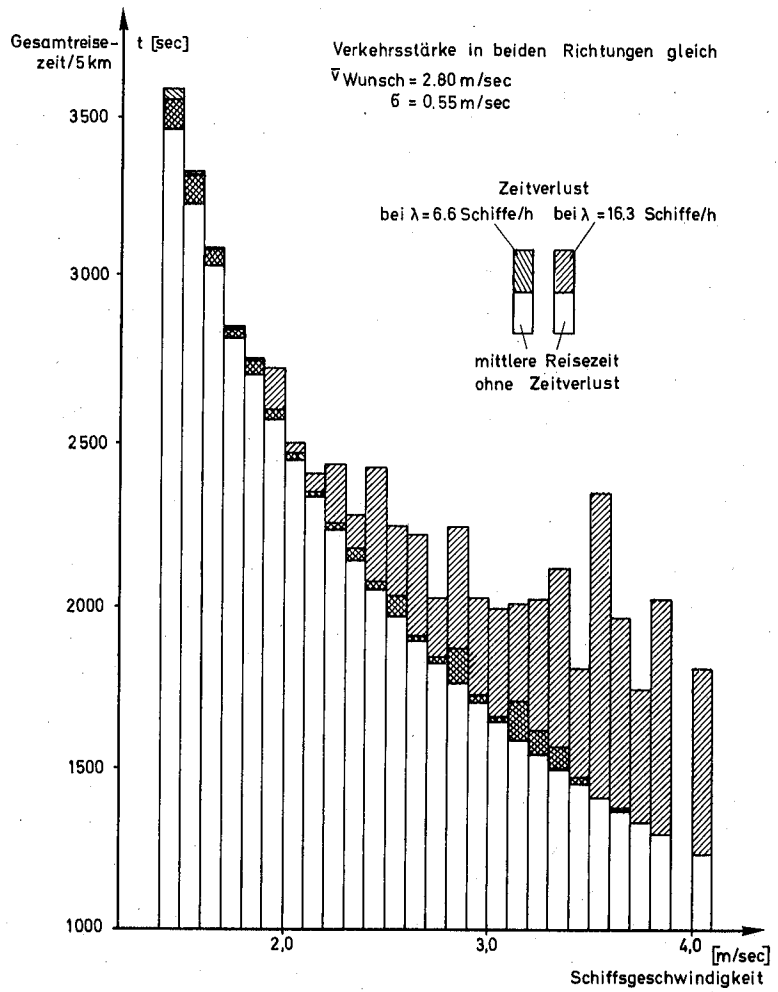


Bild 6

Mittlere Zeitverluste in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit.

λ = Zuflußparameter

restliche Begriffe siehe Anlage 3.

2. Einzelschleusen innerhalb längerer Strecken

Trotz der erwähnten Behinderungen durch mangelnde Überholmöglichkeit bestimmen sehr häufig Schleusen die Leistungsfähigkeit kanalisierter Wasserstraßen.

Zur umfassenden Beurteilung der Belastung einer Schleuse gehören außer den Werten, die die klassischen Berechnungsverfahren [4], [5] bieten, aber auch Informationen über Wartezeitverluste der Schifffahrt in Abhängigkeit vom Auslastungsgrad der Schleuse.

In [3] wurde daher versucht, eine praktische Leistungsfähigkeit auf der Basis der für das Einzelschiff zumutbaren Wartezeit vor der Schleusung zu ermitteln.

Der Betriebsablauf vor und in einer Schleuse läßt sich als Warteschlangenproblem auffassen. Es wird dabei von folgender Modellvorstellung ausgegangen:

Die Schiffe werden in der Reihenfolge ihres Eintreffens geschleust, ihre Ankünfte an der Schleuse seien zufallsverteilt, die Bedienungszeiten werden als konstant angenommen. Mit Hilfe der Theorie der Warteschlangen soll die Wahrscheinlichkeit berechnet werden, mit der eine Wartezeit bestimmter Länge auftritt bzw. überschritten wird.

Zur Lösung dieses Problems wurde zur Auswertung auf einer EDV-Anlage ein Simulationsmodell entwickelt, mit Hilfe dessen der Verkehrsauflauf an einer Schleuse unter Berücksichtigung verschiedener Schleusungszeiten, verschiedener Schleusenarten, unterschiedlicher Schiffszusammensetzungen sowie verschiedener Ankunftsverteilungen nachvollzogen wurde. Zusätzlich wurden folgende Voraussetzungen getroffen:

1. Die Schleusungszeiten für Leerschleusungen und für Schleusungen mit Schiff sind jeweils für einen Schleusentyp konstant.
2. Es wird davon ausgegangen, daß die Schleusungsdauer unabhängig von der Zahl der Schiffe ist, die sich in der Kammer befinden. In Untersuchungen an Schleusen unterschiedlicher Größe im nordwestdeutschen Kanalgebiet konnte kein Zusammenhang zwischen der Anzahl der Schiffe pro Kammer und der Schleusungsdauer nachgewiesen werden [6].
3. Es wird ein stationärer Zustand betrachtet; d. h. der Zuflußparameter λ [Schiffe/Zeiteinheit] ist konstant.
4. Der Betrachtungszeitraum muß hinreichend lang sein, so daß alle möglichen Zustände des Systems sich einspielen können.

Dieses Simulationsmodell wurde für Einkammerschleusen und für Zweikammerschleusen mit Kammern gleicher Größe erstellt. Es wurde für die Einkammerschleuse davon ausgegangen, daß sie entweder nach Bedarf oder in konstantem Takt in Betrieb genommen wird, während für die Zweikammerschleuse eine Schleusung mit konstantem Takt angenommen wurde, d. h. die Schleusung erfolgt ohne Berücksichtigung des Verkehrsanfalls in konstanten Zeitabständen, die sich aus der Schleusungszeit mit Schiffen in der Kammer ergeben. Dieser Zustand tritt auch ein, wenn ständig Schiffe auf Schleusung warten.

In den Abbildungen 7 und 8 sind Beispiele von Ergebnissen dieser Simulationsmodelle dargestellt. Allen ermittelten Kurven gemeinsam ist, daß die mittlere Wartezeit bis zu einem gewissen Auslastungsgrad, der sich als Quotient aus Zuflußparameter und reziproker Schleusungszeit darstellt, relativ schwach ansteigt, um nach Überschreitung eines bestimmten Auslastungsgrades exponentiell gegen unendlich zu gehen. Der kritische Auslastungsgrad liegt zwischen 0,6 und 0,7. Bei höherem Auslastungsgrad wird eine Schleuse bzw. Schleusengruppe als überlastet angesehen.

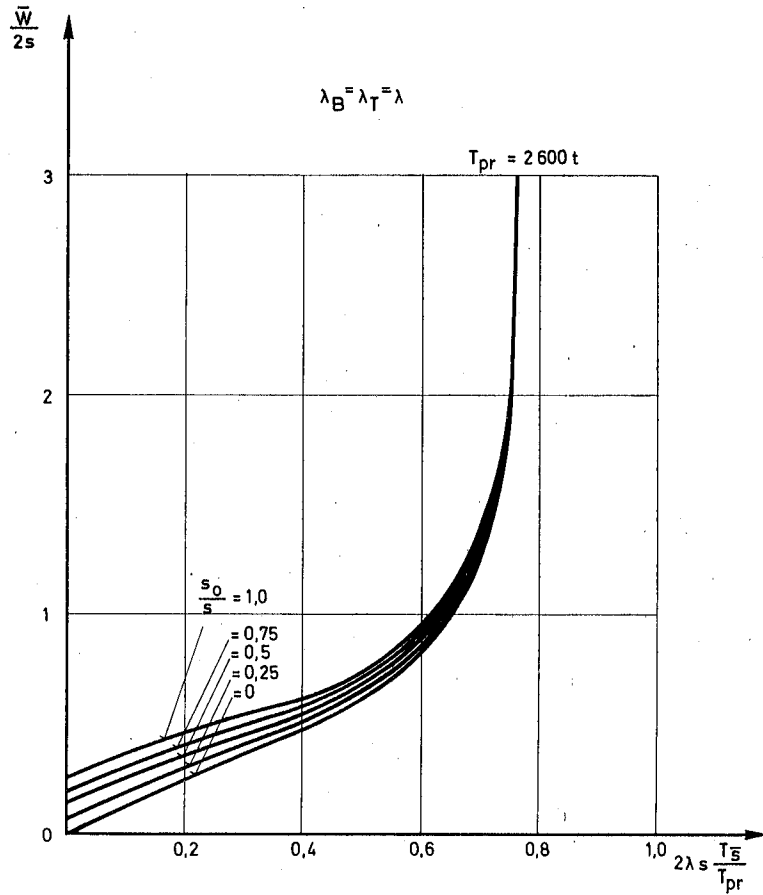


Bild 7

\bar{w} — stationär für Einkammerschleuse mit mehreren Schiffen pro Kammer.

$\frac{\bar{w}}{2s}$ = auf die Schleusungszeit bezogene mittlere Wartezeit

λ = Zuflußparameter

λ_B = Zuflußparameter zu Berg

λ_T = Zuflußparameter zu Tal

T_{pr} = ausnutzbare Kammertonnage

T_s = mittlere Schiffstonnage

s = Schleusungszeit mit Schiffen in der Kammer

s_0 = Leerschleusungszeit

$2s \frac{T_s}{T_{pr}}$ = Ausnutzungsgrad der Schleusenanlage

Mit Hilfe der Modelle kann auch untersucht werden, welche Wartezeitreduzierungen durch den Bau weiterer Schleusenkammern an derselben Staustufe möglich sind [3]. Abbildung 9 zeigt die Unterschiede von zu erwartenden mittleren Wartezeiten bei zwei Kammern gegenüber einer Kammer. Die Reduzierung beträgt bei einer Auslastung der Einkammerschleuse von 0,65 und der Zweikammerschleuse von 0,32 ca. 74 %.

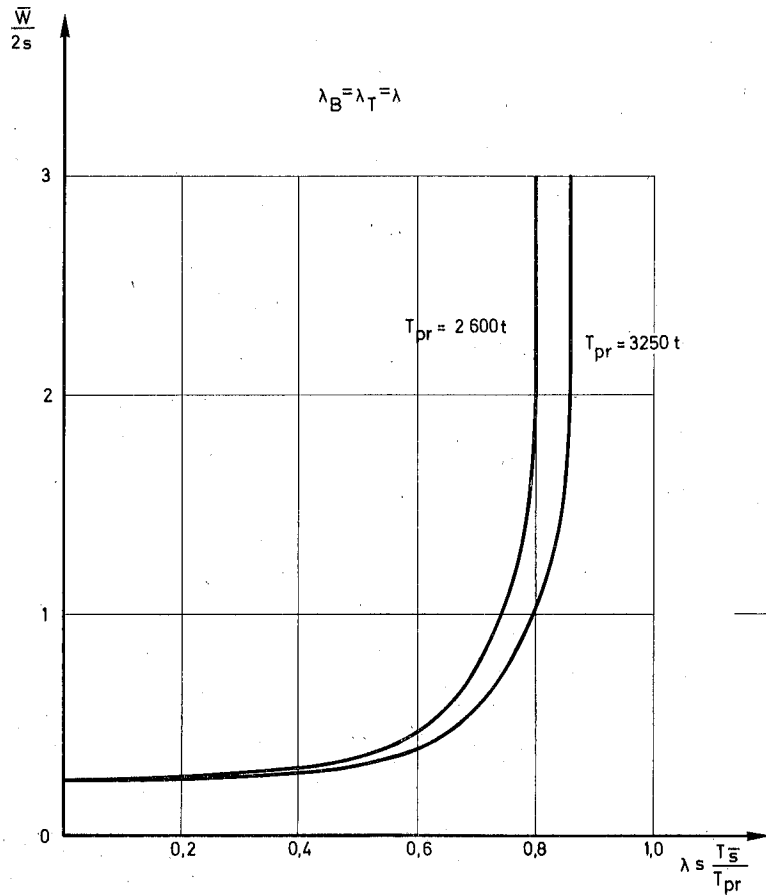


Bild 8

\bar{W} — stationär für Zweikammerschleuse mit mehreren Schiffen pro Kammer und Schleusung in konstantem Takt

Begriffe wie Bild 7.

Die Ergebnisse der Simulation wurden durch Messungen an Schleusen überprüft. An einer Einkammerschleuse wurde eine mittlere Wartezeit von 5,17 Stunden gemessen; die Simulation ergab eine Wartezeit von 5,6 Stunden.

An einer Zweikammerschleuse mit gleichen Kammern wurde eine mittlere Wartezeit von 2,6 Stunden gemessen, während sich aus der Simulation eine mittlere Wartezeit von 2,8 Stunden ergab. In beiden Fällen ist die Übereinstimmung von praktischer Messung und Simulationsergebnis sehr gut. Größere Abweichungen ergaben sich dort, wo die Ankunftsverteilung der Schiffe an der Schleuse nicht rein zufällig war und bereits eine gewisse Vormeldung der Schiffe von Schleuse zu Schleuse besteht, wodurch sich natürlich Wartezeiten reduzieren lassen.

3. Verbesserung durch Anwendung von Simulationsmodellen

Die Simulation des Verkehrsablaufes erlaubt die Beurteilung der Auswirkungen von Änderungen einzelner Elemente des Systems, wenn diese Änderungen praktisch nicht oder nur schwer beobachtbar sind, oder wenn solche Änderungen erst in Zukunft zu erwarten sind.

Mit Hilfe der Simulation lassen sich solche Änderungen des Systems in verkehrlicher, technischer wie auch betrieblicher Hinsicht erfassen.

Durch Anwendung der Elektronik werden also wertvolle Unterlagen geschaffen, die es möglich machen, Investitionen an Wasserstraßen wirtschaftlicher zu gestalten und zugleich die Sicherheit und den Betrieb der Binnenschifffahrt zu verbessern.

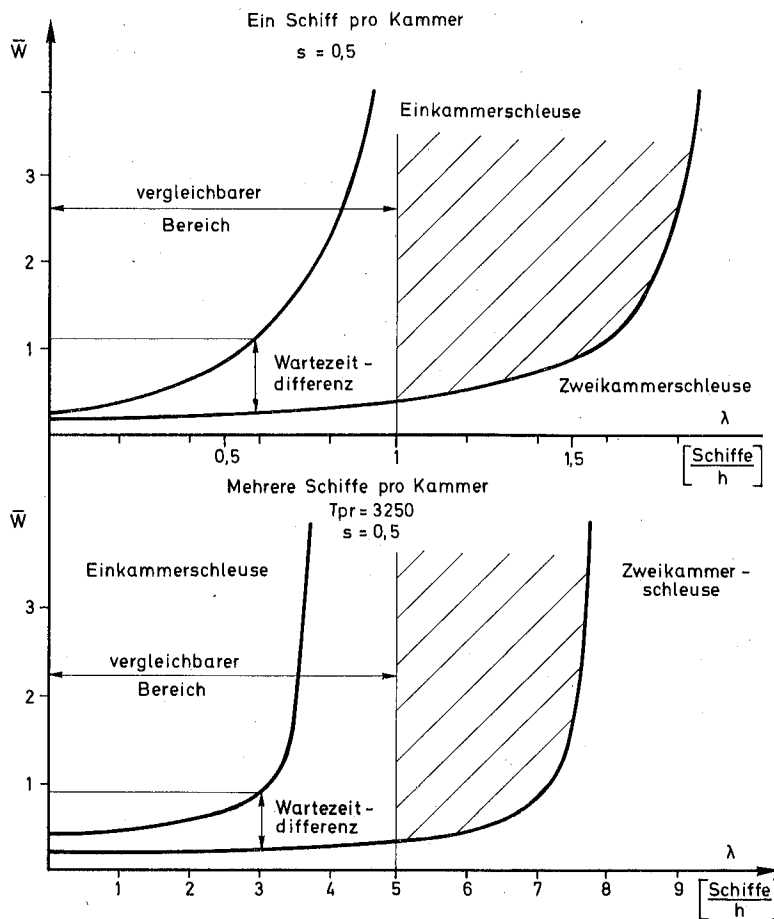


Bild 9

Unterschiede der Wartezeit bei zwei Kammern und gleichem Zufluß.

restliche Begriffe siehe Bild 7.

Schriftumsverzeichnis

- [1] Pabst, H. U.: Zeitschrift für Binnenschifffahrt 1968, S. 434 ff.
- [2] Wiedemann, G. u. a.: Leistungsfähigkeit einer Wasserstraße in verkehrlicher und betrieblich-technischer Hinsicht. Deutsche Berichte zum XXII. Internationalen Schiffahrtskongreß, Paris 1969, BVM, Bonn 1969.
- [3] Koehler, R.: Verkehrsablauf auf Binnenwasserstraßen. Schriftenreihe des Instituts für Verkehrswesen, Universität Karlsruhe, Heft 3/1968.
- [4] Mistol, G.: Die Leistungsfähigkeit von Fluß- und Kanalschleusen. Die Bautechnik, 10. Jhg., Heft 16/17.
- [5] Seifert, H., Röhnisch, A.: Die Leistungsfähigkeit von Schleusen. Deutsche Berichte zum XXIII. Internationalen Schiffahrtskongreß, Rom 1953.
- [6] Leutzbach, W., Koehler, R., Leutwein, B.: Generalverkehrsplan Nordrhein-Westfalen. Systemanalyse Binnenwasserstraßen — Betriebsablauf, 1966/1967.