23

Der Einfluß von Verkehr und Betrieb auf die Entwicklung der Seehäfenstückgutkais.

Von Dr.-Ing. Günter Krauß, Baurat in Hamburg.

Unter besonderer Berücksichtigung der Hamburger Verhältnisse wird der Einfluß von Verkehr und Betrieb auf Anordnung und Abmessungen der Verkehrsanlagen am Kai dargestellt. Näher eingegangen wird hierbei auf die erforderlichen Wassertiefen, die sich aus der Größenentwicklung der Seeschiffe ergeben, auf die bisher wenig ergründeten Beziehungen zwischen Schiffsladung und Schuppenabmessungen, auf Notwendigkeit und Umfang der Kranausrüstung, auf den Einfluß der Portalkonstruktion und der Anzahl der Kräne auf die Ausnutzbarkeit der Ladegleise für den direkten Umschlag zwischen Seeschiff und Eisenbahn, auf den Bedarf an Ladegleisen und die Frage der Kraftwagenabfertigung.

I. Einleitung.

Das Dampfzeitalter brachte mit der neuzeitlichen Gestaltung und Entwicklung des Seeschiffbaues auf der einen und dem Entstehen der Eisenbahnen auf der anderen Seite einen Wendepunkt für den Hafenbau mit sich. An Stelle der Strom-Liegeplätze früherer Zeiten brauchte man nun Kaianlagen, um den direkten Güteraustausch zwischen Seeschiff und/oder Schuppen und den Transportmitteln des Zubringer- und Verteilerverkehrs zu ermöglichen. Die Zug um Zug folgenden technischen Fortschritte zwangen die Häfen auch weiterhin, sich den immer wieder veränderten Bedingungen anzupassen und sich, soweit möglich, vorausschauend auf das Kommende einzurichten. Durch die ständig wachsenden Schiffsgrößen, das Aufblühen des Straßenverkehrs nach Erfindung des Kraftwagens, die Entwicklung der Krantechnik, steigende Bedeutung des direkten Umschlages zwischen Seeschiff und Eisenbahn und weitere Einflüsse betrieblicher und verkehrlicher Natur wurden im Verlaufe von 8 Jahrzehnten grundlegende Änderungen für die Aufteilung und Abmessungen der Kaianlagen erforderlich, ohne daß bisher ein Endzustand zu erkennen ist. Wie sehr sich in Hamburg, wo ähnliche Verhältnisse vorliegen wie in den anderen nordwesteuropäischen Tidehäfen, das Gesicht der Kailiegeplätze seit ihrem Entstehen verändert hat, zeigt Abb. 1. Auf Pieranlagen und Dockhäfen, für deren Entstehen andere Gesichtspunkte maßgeblich waren, soll in diesem Zusammenhang nicht näher eingegangen werden.

Vorrang im Hafen hat das Seeschiff, dessen Liegezeiten aus wirtschaftlichen Gründen auf ein Mindestmaß verkürzt werden müssen, damit es möglichst viele Reisen im Jahr machen kann.[1]) Der Ruf eines Hafens hängt

[1]) Der Anteil der Hafenliegetage an der Gesamtfahrzeit ist nach Ermittlungen englischer Reeder ganz beträchtlich, wie folgende Durchschnittszahlen ausweisen:

	1938	%	1944	%
Seetage	205	56	163	45
Hafentage	160	44	203	55

von der Schnelligkeit der Schiffsabfertigung ab. Je rascher ein Seeschiff einen Hafen mit neuer Ladung wieder verlassen kann, um so größer ist für den Reeder der Anreiz, diesen Hafen wieder anzulaufen. Aber auch die kurzfristige Abfertigung des Zubringer- und Verteilerverkehrs spielt für die wirtschaftliche Anziehungskraft auf die Verkehrstreibenden aus naheliegenden Gründen eine bedeutende Rolle. Schnelle Be- und Entladung vergrößert die Umlaufgeschwindigkeit, bedeutet damit eine intensivere Ausnutzung der Transportmittel und wirkt sich bei der Bemessung der Frachtraten aus.

Aufgabe des Hafenbauers ist es, die Stückgutkais so zu gestalten, daß großzügige, den vielfältigen Bedürfnissen des Verkehrs entsprechende Abfertigungsanlagen zur Verfügung stehen, die in Verbindung mit geeigneten technischen Hilfsmitteln eine betrieblich einwandfreie Verkehrsabwicklung ermöglichen. Durch die räumliche Beschränkung am Kai entstehen dabei häufig enge Wechselbeziehungen zwischen Verkehr und Betrieb, deren eingehendes Studium erst die Auffindung der zweckmäßigsten Lösung ermöglicht, die der Individualität des betreffenden Hafens gerecht wird.

II. Der Einfluß des Überseeverkehrs (Seeschiff)

1. auf die Kaimauerabmessungen (Wassertiefe).

Die geläufigste Beziehung besteht zwischen der Größe der Seeschiffe und den entsprechenden Abmessungen der Verkehrsanlagen am Kai. Für Tidehäfen ist nur der Tiefgang, für Dockhäfen außerdem Länge und Breite der Seeschiffe maßgebend.

Das Wachsen der Schiffsgrößen im Zuge der Rationalisierungsbestrebungen der Seeschiffahrt hat im Verlaufe der letzten 8 Jahrzehnte die Hafenanlagen immer wieder vorzeitig altern lassen. Da der Schiffbau seine Abmessungen bisher ohne Rücksicht auf den Hafenbau entwickelte, mußten die Häfen meist schon nach kurzer Zeit erkennen, daß ihre vermeintlich auf lange Sicht gemachten Aufwendungen durch den schon wieder vergrößerten Tiefgang des Regelfrachtschiffes im Weltverkehr überholt wurden. Kostspielige Vertiefungen von Zufahrten und Kaimauern, längst vor Erreichung des natürlichen Abganges der baulichen Anlangen, waren die Folge. Durch den letzten Krieg ist diese Entwicklung wiederum beschleunigt worden. Lloyd's Register stellt u. a. in seinem neuesten Bericht fest, daß die Zahl der seegehenden Dampfer und Motorschiffe von 4000 t Ladefähigkeit und mehr ganz beträchtlich angewachsen ist. Im Jahre 1914 gab es 3608 Schiffe dieser Größenklassen, während am 30. Juni 1948 8246 gezählt wurden. Davon waren 957 größer als 10 000 t und 54 größer als 20 000 t.[2])

Aus dem Weltschiffbau der vergangenen Jahrzehnte und der Liste der gegenwärtigen Neubauten läßt sich ein ungefährer Anhalt darüber gewinnen, mit welchen Schiffsabmessungen für die nahe Zukunft zu rechnen ist. Die Entwicklung des Regelfrachtschiffes verläuft innerhalb der letzten

[2]) Einen erheblichen Anteil an der heutigen Welthandelstonnage haben die Libertyschiffe, von denen insgesamt 2800 in Dienst gestellt wurden. Bei ihrer Entwicklung standen die Einheitsschiffe der sogenannten C-Klasse Pate. Diese waren auf Grund des Merchant-Marine-Gesetzes für Aufbau und Erneuerung der Handelsflotte (1936) von der USA-Maritime Commission entworfen worden und stellten hochwertige Seeschiffe mit 7500—12000 ts Ladefähigkeit bei 14—16 Knoten Geschwindigkeit dar. Als sich mit Kriegseintritt der Vereinigten Staaten die Notwendigkeit eines beschleunigten Seeschiffbaues ergab, waren 148 dieser Schiffe bestellt. Mit Rücksicht auf ihre für Kriegszwecke zu langwierige und kostspielige Herstellung entwickelte man neben anderen einen vereinfachten Notschiffstyp EC 2 mit rd. 10000 ts Ladefähigkeit und 11,5 Knoten Geschwindigkeit — das Libertyschiff.

50 Jahre vom 5000-BRT- über das 6—7000-BRT- zum 8—10 000-BRT-Schiff mit 6 über 7—8 zu 8,5—9,5 m Tiefgang[3]). Berücksichtigt man weiterhin, daß für Häfen wie Hamburg, Bremen u. ä. zu dem Salzwassertiefgang noch ein Zuschlag von 0,15 m für Süßwasserfahrt hinzukommt, so erkennt man, daß 10 m Wassertiefe für Zufahrten und zumindest einen Teil der Kaianlagen erforderlich sind, um dem augenblicklichen Entwicklungsstand Rechnung zu tragen. Wie die teuer bezahlten Erfahrungen der Vergangenheit zeigen, muß sich der Hafenbauer jedoch bereits bei seinem heutigen Bauvorhaben auf die Abmessungen des Regelschiffes von morgen einstellen, also seine Häfen von vornherein für das 10-m-Schiff anlegen oder die Kaimauern so konstruieren, daß ihre Vertiefung mit verhältnismäßig einfachen Mitteln möglich ist. Nur dann besteht eine gewisse Gewähr dafür, daß die Lebensdauer der Kaimauern, Seeschleusen und Trockendocks einigermaßen ausgenutzt werden kann. Aus diesen Gründen werden auch die neuen Kaianlagen in Hamburg am Kaiser-Wilhelm- und Ellerholz-Hafen auf 10 bzw. vorsorglich 11 m Wassertiefe unter MNW gebracht.

2. auf die Schuppenabmessungen.

Während die Auswirkung der Seeschiffsabmessungen auf die Größenverhältnisse der Kaimauern klar erfaßbar ist, bestehen zwischen Schiffsladung und Schuppenfläche noch recht wenig ergründete Beziehungen. Im allgemeinen geht man davon aus, daß die gesamte Schiffsladung, die oft aus mehr als 100 Einzelpartien besteht, in einem Schuppen oder Schuppenteil, dessen Länge der des Seeschiffes entspricht, bei mäßiger Stapelung übersichtlich ausgebreitet werden können soll. Das erforderliche Längenmaß liegt damit fest, es beträgt ein Ein- oder Mehrfaches der Länge des für die betreffende Kaistrecke geltenden Regelschiffes. Die Kardinalfrage ist die der notwendigen Breite. Während für die Stückgutschuppen der Eisenbahnen eingehende Untersuchungen zu allgemein gültigen Resultaten geführt haben, kam man in den Häfen zu keinem eindeutigen Ergebnis, da es bisher nicht gelang, die Eigenarten des Hafenverkehrs gesetzmäßig zu erfassen. Von der Tatsache ausgehend, daß uneinheitliche Ladungen einen größeren, einheitliche einen kleineren Flächenbedarf haben, und daß die Dauer der Einlagerung eine wesentliche Rolle spielt, legte man die Schuppenbreite nach Erfahrungen an anderer Stelle fest und kam so häufig zu brauchbaren Ergebnissen. Eine unrichtige Entscheidung macht sich aber, meist unrevidierbar, betrieblich nachteilig bemerkbar. Zu kleine Bemessung führt zu Verkehrsstockungen, zu große zu unnötigen Investitionen, Flächenvergeudung und unnötiger Flurförderung. Eine bessere Klärung der Beziehungen wäre daher erwünscht.

Die meist übliche Ermittlung der Schuppenbreite aus den umgeschlagenen Tonnen je m² Schuppenfläche und Jahr vorhandener Anlagen wird durch erhebliche Unsicherheitsfaktoren belastet. Die entsprechenden Zahlen schwanken nicht nur in den verschiedenen Beobachtungsjahren stark, sondern auch noch zwischen den einzelnen Schuppen, wie die Hamburger Hafenstatistik ausweist (Abb. 2). Sie bewegen sich z. B. für 1927 zwischen 7 t/m² (Sch. 60) und 21 t/m² (Sch. 6/7), für 1948 zwischen 1,6 t/m² (Sch. 2/3 u. 30) und 13,2 t/m² (Sch. 36). Der Berechnung der erforderlichen Schuppenfläche muß daher bereits eine Durchschnittszahl zugrundegelegt werden. In Hamburg rechnet man mit 9—10 t/m² und Jahr. Über die Berechtigung

[3]) vgl. Agatz, A., Wasserstraßen und Seehäfen
Hansa, Jahrg. 1 (1948) Heft 31

derartiger Zahlen gehen aber häufig schon innerhalb der einzelnen Häfen die Meinungen beträchtlich auseinander. Außerdem kann man mit ihrer Hilfe nur einen ungefähren Anhalt für den Gesamtbedarf an Schuppenfläche gewinnen. Maßgebend für die Bemessung einer bestimmten Anlage ist allein der Flächenbedarf bei Abfertigung des Regelschiffes und niemals eine Jahresdurchschnittszahl. Da ein genaueres Verfahren fehlt, mußte das bisherige, unsichere beibehalten werden. Hier muß die Praxis die Theorie ergänzen. Die besten Ergebnisse wurden daher aus der Erfahrung der Kaibetriebe gefunden.

Vielleicht kommt man der endgültigen Lösung näher, wenn man den im folgenden entwickelten Gedanken aufgreift.

Sind l, b und t Länge, Breite und Seitenhöhe eines Frachtschiffes, so ist

$$\frac{b}{l} = c_1 \text{ und } \frac{t}{l} = c_2 \text{ oder } b = c_1 l \text{ und } t = c_2 l$$

Sollten diese Beziehungen allgemeine Gültigkeit haben, so müßte sich der Schiffsinhalt annähernd ergeben zu

$$J = c_n \cdot b \cdot t \cdot l = c_n \cdot c_1 \cdot c_2 \cdot l^3 = C \cdot l^3$$

Hierzu berücksichtigt c_n das Verhältnis Nettoraum : Bruttoraum. Trägt man nun in einem Koordinatensystem, dessen Ordinate den Schiffsinhalt in Netto-cbm und dessen Abszisse die Schiffslänge in m darstellt, die entsprechenden Werte für eine größere Anzahl von Frachtschiffen unterschiedlicher Größe auf, so ergibt sich eine Punkteschar, die tatsächlich dem Verlauf einer kubischen Parabel $y = C \cdot x^3$ folgt, wobei die Punkte etwa zwischen 2 Kurven mit den C-Werten 0,004 und 0,006 liegen. (Abb. 3.) Um den Schiffsinhalt in einem Schuppen(teil) von der Länge l ausbreiten zu können, ist daher eine Schuppenbreite

$$b = \frac{k}{h} \cdot C \cdot l^2 \text{ oder } b = C_b \cdot l^2$$

erforderlich, wobei k den Flächenbedarf für Karrwege und h die durchschnittliche Stapelhöhe erfaßt. Die Ermittlung dieser Faktoren dürfte nun in der Praxis einige Schwierigkeiten bereiten.

Es sei von vornherein klargestellt, daß diese Formel reichlich theoretisch ist. Immerhin ergibt sich, daß die Schuppenbreite proportional dem Quadrat der Schiffslänge wachsen muß. Eine Nachprüfung der Hamburger Verhältnisse zeigt, daß bis zum Bau des 1909/10 errichteten Schuppens 51 ein derartiges Gesetz, das die Richtigkeit der aus der Erfahrung gefunden Abmessungen bestätigt, zu erkennen ist. Später blieb man bei b = 50 m, einem Maß, mit dem man günstige Erfahrungen gemacht hat, stehen. Daß diese Breite ausreicht, ist neben anderen Gründen darauf zurückzuführen, daß im normalen Linienverkehr fast durchweg nur Teilmengen der Schiffsladung in den Schuppen gelangen. Der Rest wird außenbords umgeschlagen und auf dem Wasserwege abtransportiert. Die örtlichen Eigenarten des Hafenverkehrs spielen also auch für die Bemessung der Schuppen eine besondere Rolle.

III. Kräne als Hilfmittel des Hafenbetriebes zur Verkehrsabfertigung.

1. Die Notwendigkeit der Kranausrüstung.

Der beherrschende Einfluß der Größenverhältnisse des Seeschiffes beschränkt sich nicht nur auf die Abmessungen von Kaimauer und Schuppen, sondern wirkt sich auch auf die übrigen Anlagen aus, deren Gestaltung außerdem durch die Abhängigkeiten zwischen Hafen- und Hafenbahnbetrieb geformt wird. Hierzu gehören die Wechselbeziehungen zwischen

den betrieblichen Umschlagseinrichtungen, den Kränen und den Bedürfnissen von Eisenbahnverkehr und -betrieb am Kai.

Bekanntlich vertreten die meisten europäischen Häfen die Notwendigkeit einer reichlichen Kranausrüstung. Mit der Begründung, daß in den nordamerikanischen Häfen keine Stückgutkräne vorhanden seien und die Lösch- und Ladezeiten dennoch den in Deutschland erreichten keineswegs nachstünden, ist das hier geübte Verfahren häufig angegriffen worden. Selbstverständlich ist man dieser Frage auf den Grund gegangen, da jede Möglichkeit zur Vermeidung von Kapitalinvestitionen schon aus wirtschaftlichen Gründen nach jeder Richtung geprüft werden muß.

Notwendig, ja unentbehrlich für europäische Verhältnisse sind die Kräne zur Abfertigung der Binnenschiffahrt, die über keine eigene Ladegeschirre verfügt und deren Bedienung über Sputen und Laufplanken in Anbetracht des Tideunterschiedes — in Hamburg 2,30 m — nicht möglich ist. Außerdem reicht die Ausrüstung der Seeschiffe mit Hebezeugen trotz erheblicher Verbesserungen, die im Laufe der Zeit durchgeführt wurden, meist nicht aus, um gleichzeitig in 2 Richtungen — zwischen Seeschiff und Kai und außenbords — zu löschen oder zu laden. Für Hamburg kommt ferner hinzu, daß Umschlag und Lagerung sich in verschiedenen Bauwerken abspielen. Während der hier schon mehrfach erwähnte Kaischuppen gewissermaßen als Sortiertisch dient und das Gut nur so lange beherbergt, bis es vom nächsten Verkehrsmittel übernommen ist, findet die langfristige Aufbewahrung in Lagerhäuser statt, die, um die teure Seeschiffskaimauer zu sparen, an nur flußschifftiefen Kanälen angeordnet sind. Der Verkehr zwischen Kaischuppen und Lagerhaus wird zu einem großen Teil durch offene Hafenfahrzeuge (sog. Schuten) bewerkstelligt; zu ihrer Be- und Entladung bedarf es ebenso wie bei Binnenschiffen einer Kranausrüstung am Kai.

Während in Hamburg die Binnenschiffahrt bis zum Kriegsende eine bedeutende Rolle spielte und nur gegenwärtig durch das Fehlen der Verkehrsanteile der sowjetischen Zone darniederliegt, ist sie für die nordamerikanischen Häfen fast durchweg ohne Bedeutung[4]). Seit dem Ende des Bürgerkrieges (1860/61), der Ausgangspunkt einer stürmischen Entwicklung des Eisenbahnwesens war, ging sie ständig zurück und kam vor dem 1. Weltkrieg fast völlig zum Erliegen. Ein allmähliches Wiederaufleben ist erst in den letzten 30 Jahren zu beobachten, betrifft aber, soweit es für den Seehafenumschlag von Bedeutung ist, fast ausschließlich den Massengutverkehr auf dem erweiterten Stromsystem des Mississipi. Welche Ursachen auch dieser Entwicklung zugrunde liegen mögen, ihre unmittelbare Folge für die Ausrüstung der nordamerikanischen Seehäfen ist das Fehlen der Stückgutkräne. Die Seeschiffe bewältigen dort den Güterumschlag mit dem Kai aus eigener Kraft (burtoning-Verfahren). Weitere Gründe für den Verzicht auf Kranhilfe dürften in sozialpolitischen Zusammenhängen zu suchen sein, die sich nur dem intimen Kenner der nordamerikanischen Verhältnisse offenbaren.

Die Bedeutung, die der Kranausrüstung in Hamburg für die Schiffsabfertigung zukommt, erläutert Abb. 4. Die Kranarbeitsstunden an 4 verschiedenen Schuppen sind für jeweils 7 Tage getrennt nach Arbeit am See- und am Binnenschiff graphisch dargestellt. Die Summenlinie ergibt die Gesamtarbeitsstunden pro Tag. Wie man sieht, wechseln die Spitzen für den

[4]) vgl. Zeis, Paul M., The Inland Waterways of the United States, The Dock and Harbour Authority Nr. 334, Vol XXIX, August 1948

Einsatz am See- und Einsatz am Binnenschiff mehr oder weniger ausgewogen. Während der Abfertigung des Seeschiffes läuft die der Binnenschiffe an und erreicht nach Beendigung des Löschgeschäftes ihre stärkste Intensität. Die im Durchschnitt größere Anzahl an Arbeitsstunden am Binnenschiff erklärt sich aus den geringeren Umschlagsleistungen.

2. Der erforderliche Umfang der Kranausrüstung.

Der Umfang der Kranhilfe oder mit anderen Worten die Anzahl der Kräne, die für das Löschgeschäft eingesetzt werden können, richtet sich nach der Arbeitsmöglichkeit am Seeschiff. Während die Aufstellänge für die Kräne proportional der Schiffslänge wächst, wächst der Schiffsinhalt proportional deren 3. Potenz. Um die Lösch- und Ladezeiten nicht im gleichen Maße zu verlängern, wie die Schiffe größer werden, mußte und muß auch weiterhin versucht werden, die Kranarbeit zu intensivieren. Ansatzpunkte hierfür wurden in der Leistungssteigerung für den einzelnen Kran und in der Vermehrung der Kranhaken am Seeschiff gesucht.

Kriterien der Leistungsfähigkeit der Kräne sind Arbeitsgeschwindigkeit, Wendigkeit und Größe des Arbeitsbereiches für den Kranhaken. Eine Leistungssteigerung durch die Erhöhung der Arbeitsgeschwindigkeit ist nur in geringem Umfang möglich, da es in der Eigenart des Kaibetriebes liegt, daß die Hauptbestandteile eines Kranspieles Anschlag- und Wartezeiten sind. Der Rationalisierung des Kai- und Stauereibetrieben sind aber bei Verringerung dieser Zeiten sehr enge Grenzen durch die räumlichen Arbeitsbedingungen im Seeschiff gezogen. Außerdem wäre es unwirtschaftlich, die Lademannschaft auf den Kran warten zu lassen, da die Bereitschaftsstunde eines normalen Stückgutkranes nur einen Bruchteil dessen kostet, was für die wartende Mannschaft in der gleichen Zeitspanne aufgewendet werden muß. Was an Wendigkeit und Größe des Arbeitsbereiches zu erreichen ist, dürfte nach heutigen Begriffen der moderne Wippkran hergeben, durch dessen Entwicklung außerdem eine erhebliche Verdichtung des Kraneinsatzes am Seeschiff ermöglicht wurde.

Der Umfang der Kranhilfe richtet sich danach, wieviel Haken man an die einzelne und darüber hinaus an alle Luken eines Seeschiffes heranbringen kann.

In deutschen Häfen arbeiten beim Löschen großer Seeschiffe bis zu 4 Haken an einer Luke und zwar 3 Kran- und 1 Schiffshaken. Selbst wenn eine Erhöhung dieser Zahl technisch möglich wäre, würde sie praktisch nicht vorgenommen werden, da sich die zur Bedienung der Haken erforderlichen Schauerleute im Schiffsinnern zu stark gegenseitig behindern und eine nicht mehr vertretbare Erhöhung der Unfallgefahr die Folge wäre. Nun ist die Lukengröße an einem Frachter nicht einheitlich. Bei großen Seeschiffen sind, bedingt durch die Formgebung des Bugs, den Platzbedarf der Maschinenanlage und der Schiffswelle, Bug-, Mittel- und Heckluke i. a. erheblich kleiner als die übrigen. Bei Libertyschiffen mit 5—6 Luken schwankt z. B. ihr Fassungsvermögen zwischen 12,5 — 25 v. H. des Deadweights. Da die Entladung aus Stabilitätsgründen möglichst gleichmäßig erfolgen soll, wird man an kleine Luken weniger Haken heranbringen als an große.

Zwischen den beiden äußersten Kränen, die an der Bug- bzw. Heckluke arbeiten, müssen die übrigen so verteilt werden, daß der Umfang der Kranhilfe an den einzelnen Luken etwa deren Größe entspricht, gegenseitige Behinderungen vermieden werden und jedem Haken Rampenfläche zum Absetzen ausreichend zur Verfügung steht. So lassen sich z. B. 13 Kräne der neuen Hamburger Bauart an einem Libertyschiff unterbringen. Der-

artige Einsätze kommen vor. Dabei zeigt sich, daß die zweckmäßige Anzahl an der einzelnen Luke und die mögliche an allen verhältnismäßig genau miteinander korrespondieren.

Es liegt nun in der Hand der Kaibetriebe, die Schiffsliegeplätze einer Kaistrecke so zu besetzen, daß nicht an allen gleichzeitig ein kranintensiver Umschlag stattfindet. Daher ist es auch nicht notwendig, am einzelnen Liegeplatz die zum Löschen des Regelschiffes benötigte Höchstzahl von Kränen vorzuhalten. Man kann vielleicht mit einem gewissen Ausgleich innerhalb der gesamten Kaistrecke rechnen. Aus diesem Grunde werden für die Abfertigung der Seeschiffe an den Liegeplätzen der neuen Hamburger Kaianlagen je 10 Kräne vorgesehen.

Da während des Löschens an den Schuppenenden auch Schuten abgefertigt werden sollen, um u. a. Transitgüter an die Anschlußdampfer bringen und mit der Freimachung des Schuppens frühzeitig beginnen zu können, sind noch weitere Kräne erwünscht, so daß sich für einen voll arbeitenden modernen Schuppen von 400 m Länge mit 2 Liegeplätzen für große Seeschiffe folgende Höchstzahlen für die Kranausstattung ergeben:

für	Seeschiffe	$2 \times 10 = 20$
„	Absetzen	$= 3$
	Reserve	$= 1$
		24

Wesentlich ist nun, ob die Leistungsfähigkeit dieser Kräne imstande ist, die Kapazität des Schuppens voll zu nutzen oder ob durch ihre Vermehrung, soweit technisch durchführbar, eine derartige Erhöhung der Umschlagsmenge bewirkt werden kann, daß die Belastung jeder umgeschlagenen Tonne mit Kapital-, Unterhaltungs- und Erneuerungskosten niedriger wird. Ist das letztere der Fall, so ist die Kapazität der vorhandenen Verkehrsanlagen infolge unzureichender betrieblicher Hilfsmittel nicht voll ausgenutzt. Nun liegt es aber auf der Hand, daß innerhalb der wirtschaftlichen Grenzen jede Aufwendung zur besseren Ausnutzung der gewaltigen, für die Herstellung einer Kaistrecke erforderlichen Kapitalien vertretbar ist. Wirtschaftlichkeitsberechnungen, die im Hamburger Hafen angestellt wurden, haben hierbei ergeben, daß 1 zusätzlicher Kran die gesamten Kapital-, Unterhaltungs- und Erneuerungskosten für den Kai nur um 2 v. H. erhöht. Leistet er also dasselbe wie die vorhandenen, im erwähnten Fall 24 Kräne, so vermehrt er die Umschlagsleistung um rund 4 v. H. (genau genommen etwas weniger, da der Eisenbahn- und Fuhrwerksverkehr durch die Kranleistungen meist nicht beeinflußt wird). Seine Beschaffung rentiert sich also, solange seine Leistungen mindestens 50 v. H. derjenigen der übrigen Kräne beträgt[5]).

Es ist einleuchtend, daß die Frage, ob die Kapazität eines Schuppens erreicht ist oder nicht, wegen der Verschiedenheit der örtlichen Bedingungen, die, wie bereits eingangs betont, schon innerhalb der meisten Häfen stark voneinander abweichen, und wegen der Unterschiede in Art und Geschlossenheit der umgeschlagenen Güter sich nicht allgemein beantworten läßt. Immerhin ist es in Hamburg an Hand genauer betrieblicher Aufschreibungen gelungen, durch Vergleich von Schuppen mit unterschiedlicher Kranausrüstung, sonst aber ähnlichen Daten, den Nachweis zu führen, daß eine Vermehrung der Kranzahl tatsächlich die Umschlagsleistung (t/m² Schuppenfläche und Jahr) ganz erheblich steigern kann.

[5]) Loewer, Rolf, HHLA, Die Kranausrüstung des Hamburger Hafens Denkschrift, unveröffentlicht.

Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß für den Umfang der Kranausrüstung einer Kaistrecke zunächst die Einsatzmöglichkeit beim Löschen des Regelschiffes und der gleichzeitige Bedarf für Abfertigung von Binnenschiffen maßgeblich sind. Die Austauschbarkeit der Kräne zwischen den verschiedenen Liegeplätzen sollte optimistisch eingeschätzt werden. Zeigt später der Betrieb, daß der Gleichzeitigkeitsfaktor für den Kraneinsatz an den Liegeplätzen einer Kaistrecke vermutlich zu günstig, d. h. im Sinne einer zu geringen Kranbestückung veranschlagt wurde oder daß weitere Kräne für den Umschlag zwischen Schuppen und Binnenschiff erwünscht erscheinen, so sollte eine eingehende wirtschaftliche Überlegung jeder weiteren Beschaffung vorangehen. Nach Hamburger Erfahrungen ist sie erst dann vertretbar, wenn eine Umschlagsleistung von 10 t/Arbeitsstunde im Jahresdurchschnitt zu erwarten ist.

IV. Einfluß der Portalkonstruktion und der Anzahl der Kräne auf die Verkehrsabwicklung zwischen Seeschiff- und Eisenbahn; Rückwirkungen auf die Kranausrüstung.

Die Verkehrsabwicklung am Kai, vor allem bei Direktverkehr zwischen Seeschiff und Eisenbahn, wird nicht nur durch die Anzahl der Kräne beeinflußt. Es spielt wegen der auftretenden Überschattungen auch eine große Rolle, ob Halb- oder Vollportalkräne verwendet werden. Unter Überschattungen versteht man die Flächen innerhalb des Arbeitsbereiches eines Kranes, die seinem Haken nicht oder nicht ungehindert zugänglich sind (Abb. 5).

Der Bereich des toten Winkels entspricht der Kreisfläche, die beim Drehen des Kranes mit ganz eingezogenem Ausleger vom Kranhaken umschrieben wird und betrifft Halb- wie Vollportalkräne, während weitere Behinderungen nur bei Halbportalkränen vorhanden sind. Wie Abb. 5 zeigt, sind diese Überschattungen ganz erheblich. Die reinen Sichtbehinderungen durch die Oberkante der Portalwange dürfen allerdings nicht überschätzt werden, da ihre Auswirkungen durch die aufgelösten Querverbände, durch die der Kranführer hindurchsehen kann, wenigstens bei Tagesarbeit gemildert werden.

Der nachteilige Einfluß der Überschattungen bei Halbportalkränen in heute üblicher Ausführung auf die Ausnutzbarkeit der Ladegleise bei Direktverkehr besteht darin, daß die den einzelnen Kränen zugeordneten Wagengruppen soweit aufgelockert aufgestellt werden müssen, daß sie unabhängig voneinander verschoben werden können, da sonst sämtliche Bewegungen in gegenseitige Abhängigkeit geraten und ein Kran mit den ihm zugeordneten Gängen auf den anderen warten müßte. Bei dichter Kranstellung können daher erheblich weniger Waggons aufgestellt werden, als Ladegleislänge vorhanden ist. Folge hiervon sind mehr Bedienungen durch die Hafenbahn und damit Unterbrechungen des Umschlagsgeschäftes. Die Wechselbeziehung zwischen Kranzahl und Gleisbesetzung für ein Libertyschiff an Kais mit 2, 3 und 4 Ladegleisen ist in Abb. 6 dargestellt. Die Gleisbesetzung ist für 5 Kräne, bei denen sich die erwähnten Auswirkungen noch nicht ergeben, mit 100 v. H. veranschlagt. Wie die Kurven zeigen, sinkt sie bis auf etwa 63 v. H. bei 13 Kränen für jedes der 3 untersuchten Ladegleissysteme. Eine Gesetzmäßigkeit ist also zu erkennen. Ähnliche Beziehungen können für andere Gleisanordnungen, Kraneinsätze und Schiffstypen ermittelt werden.

Am klarsten lassen sich die Auswirkungen der Überschattungen von Halbportalkränen beim Vergleich mit unter sonst gleichen Umständen ein-

gesetzten Vollportalkränen erkennen. Zur Darstellung wurde ein häufiger Umschlagsvorgang gewählt, nämlich die Beladung eines Libertyschiffes mit Gütern, die 8 Kräne direkt den Waggons entnehmen. (Abb. 7 a—c.)

Bei Verwendung der bisher üblichen Halbportalkräne bestehen folgende Möglichkeiten für die Verteilung der Waggons:

a) Jeder Kran arbeitet an einem Gleis. Bei 3 Ladegleisen lassen sich dann je 5 Eisenbahnwagen nacheinander in den Bereich jedes Kranhakens bringen. Dieser Fall ist denkbar für die Verladung eines einheitlichen Massenkaigutes.

b) Bei unterschiedlichem Stückgut müssen die einzelnen Güter in der Reihenfolge an Bord gebracht werden, die der Stauplan vorschreibt. Bei jedem Kran müssen daher gleichzeitig mehrere Waggons zur Verfügung stehen, damit die jeweils vom Schiff gewünschten Güter angeschlagen werden können, ohne daß langwierige Waggonverschiebungen erforderlich werden. In diesem Fall lassen sich bei 3 Ladegleisen 4 bzw. 5 Eisenbahnwagen pro Kran aufstellen. Um bei der Bedienung durch die Hafenbahn das zeitraubende Ausrangieren nicht fertig entladener Waggons bzw. für die weniger besetzten Kräne und die ihnen zugeordneten Arbeitsgänge Zwangspausen zu vermeiden, wird man i. a. einheitlich 4 Wagen pro Kran aufstellen.

c) Das gleiche Ergebnis erreicht man bei Verwendung von Vollportalkränen und Anordnung von nur 2 Ladegleisen.

Aus diesem Beispiel zeigt sich klar der nachteilige Einfluß der Überschattungen, der sich übrigens auch noch beim Umschlag über die Rampe auswirkt. Die Absetzmöglichkeiten der Kräne werden dort derartig eingeschränkt, daß die Flüssigkeit der Betriebsabwicklung darunter leiden kann, wenn zahlreiche Kräne für das Löschgeschäft eingesetzt sind.

Folge dieser Erkenntnisse sind Bestrebungen, die Größe der Überschattungen zu verringern oder einige von ihnen ganz zu beseitigen. Die geringsten Möglichkeiten bestehen hierbei für den toten Winkel, der aber auch nur dann stört, wenn er ein Ladegleis und nicht ein Betriebsgleis überdeckt. Anders ist es mit den für Halbportale genannten weiteren Überschattungen, die sich durch konstruktive Änderungen erheblich einschränken und bei Verwendung von Vollportalkränen ganz vermeiden lassen. In Bremen versucht man durch engste Zusammenfassung der Portalträger die Überschattung durch Konstruktion und Sichtbehinderung zu verringern. Da die letztere fast genau linear mit der ersteren wächst, ist das auch gut möglich. Allerdings wird erst die Erfahrung zeigen, ob die Steifigkeit derartiger Konstruktionen ausreichend ist. In Hamburg hat man dagegen den Halbportalkran, der seit den Neunziger Jahren charakteristisch für die dortigen Kaistrecken war, verlassen und stellt sich auf den Vollportalkran mit 6 m Spur um, der gegenüber dem Halbportalkran, dessen Spurweite sich mit dem Kaiquerschnitt an fast jeder Kaizunge änderte, den großen Vorteil der Austauschbarkeit hat. In Zukunft wird es also möglich sein, bei entsprechendem betrieblichen Bedürfnis Kräne von einer zur gleichen Zeit weniger beanspruchten Kaistrecke ohne weiteres an eine andere umzusetzen. Allerdings entsteht dabei ein neues Problem, nämlich das der Kreuzung von Kranschienen mit den Weichenstraßen. Werden diese Weichenstraßen bei Bedienungsfahrten benutzt, so müssen die betroffenen Kräne über z. T. erhebliche Strecken — im ungünstigsten Fall 60 m — profilfrei verfahren werden. Außerdem müssen besondere Sicherungsmaßnahmen getroffen werden. Auf Grund der Dauer des Rangiergeschäftes und der geringen Fahrgeschwindigkeit der Kräne, die bei 10 m/min liegt,

ergeben sich bei intensivem Eisenbahnumschlag, der häufigere Bedienungen erfordert, erhebliche Unterbrechungen des Umschlagsgeschäftes. In dieser Beziehung sind daher bei dem neuen Hamburger Kaiquerschnitt gewisse Vorteile für einen gelegentlichen Nachteil eingetauscht worden. Der erwähnte Nachteil kann bei einer Kaiaufteilung gem. Abb. 8 vermieden werden, wobei man jedoch zusätzliche Flächen benötigt. Diese können in mäßigen Grenzen gehalten werden, wenn man die freie Fläche unter den Kränen zur kurzfristigen Zwischenlagerung von Gütern benutzt, wozu jetzt die für diesen Zweck sehr breit gehaltene Rampe herangezogen wird; die Rampenbreite kann dann vermindert werden. Ob man sich zu der skizzierten Lösung entschließt, bedarf noch eingehender Überlegungen.

V. Verkehrliche und betriebliche Gesichtspunkte für die Gleisausrüstung.

1. Allgemeines.

Maßgebend für die Gestaltung der Gleisanlagen eines Stückgutkais sind die Forderungen von Verkehr und Betrieb, d. h. die der Verlader und die des Hafenbahnbetriebes.

Für die Eisenbahn können am Kai gleichzeitig oder nacheinander folgende Verkehrsvorgänge anfallen:

Eingang

a) Umschlag Schuppen — Eisenbahn
Der Schuppen wirkt als großes Ausgleichsbecken, aus dem die eingelagerten Güter z. T. noch während des Löschprozesses gleichmäßig abfließen.

b) Umschlag Seeschiff — Eisenbahn
spielt eine verhältnismäßig untergeordnete Rolle, da es in der Natur des Stückgutes liegt, daß es zunächst zur Sortierung, kaufmännischen Manipulation usw. in den Schuppen kommt. In Bremen das seinerzeit als ausgesprochener Eisenbahnhafen galt, wurden vor dem Kriege nur 7 v. H. der von See einkommenden Güter, die mit der Eisenbahn abtransportiert wurden, direkt in Waggons verladen.

Ausgang

a) Umschlag Eisenbahn — Schuppen
Die Güter treffen in wechselnden Mengen ein. Bei Schuppen, die der Linienschiffahrt dienen, wird sich die Waggonzahl zum Abfahrtstermin des betreffenden Dampfers steigern.

b) Umschlag Eisenbahn — Seeschiff
spielt aus tariflichen Gründen eine hervorragende Rolle. Da die Güter ohne Zwischenlagerung direkt an das Seeschiff übergeben werden, liegen die Umschlagskosten z. B. für Hamburg durchschnittlich 30 v. H. unter den normalen Gebühren. In Bremen, wo man diese Umschlagsart von jeher besonders pflegte, gingen vor dem Kriege rund 70 v. H. der mit der Bahn eintreffenden Ausfuhrgüter direkt zum Seeschiff über.

Zwischen Eisenbahn und Schuppen läßt sich der Umschlag sowohl über land- wie über wasserseitige Gleise abwickeln, während er zwischen Eisenbahn und Seeschiff selbstverständlich nur auf der Wasserseite erfolgen kann. Mit der zunehmenden Bedeutung des Direktverkehrs hat sich daher der Schwerpunkt der Gleisanlagen von der Land- auf die Wasserseite der Schuppen verlagert. Der Vorteil, den die Abwicklung des Ladegeschäftes über die wasserseitigen Gleise bietet, ist auch bei geringerem Umfang des Direktverkehrs beträchtlich. Häufig werden nämlich erhebliche Teile der

Seeschiffsladung unmittelbar in Binnenschiffe gelöscht. Der für die Einlagerung verbleibende Ladungsanteil reicht dann nicht mehr zur Belegung des gesamten Schuppens aus. Wenn nun die Güter in der dem Wasser zu liegenden Schuppenhälfte gelagert und von dort aus wieder in Waggons auf der Wasserseite verladen werden, lassen sich erhebliche Karrwege und damit Kosten sparen. Das gleiche gilt für die umgekehrte Verkehrsbeziehung. Die wenigen landseitigen Gleise moderner Anlagen dienen daher häufig nur zur klaren Gliederung der verschiedenen Ladevorgänge bei Spitzenverkehr der Eisenbahn, um die einwandfreie Durchführung der Kontrollen am Schuppen zu gewährleisten. Zur Beschränkung der Gleisanlagen auf eine Schuppenseite — einer Lösung, die eine reinliche Scheidung zwischen Eisenbahn und Kraftwagen ermöglichen würde — hat man sich in Deutschland noch nicht entschließen können.

Aus den genannten Gründen ist für den Stand der Gleisausrüstung moderner Anlagen nicht die Zahl der land-, sondern die der wasserseitigen Gleise charakteristisch.

2. Die Bedienungen durch die Hafenbahn.

Bei der Ermittlung der erforderlichen Anzahl von Ladegleisen spielt neben der Lage des Bezirksbahnhofs und der Anzahl hintereinanderliegender Liegeplätze die Bedienungsfrage (Hafenbahn) eine ausschlaggebende Rolle. Je schneller und zuverlässiger der Austausch der Ladegruppen am Kai erfolgen kann, um so geringer ist der Bedarf an Ladegleisen.

Der heutige Hafenbetrieb stellt vor allem beim Umschlag zwischen Eisenbahn und Seeschiff scharf umgrenzte Anforderungen an den Zeitpunkt der Bedienungen. Erfolgen diese nicht rechtzeitig, so muß u. U. das Umschlagsgeschäft bis zur Zustellung der nächsten Ladegruppe ruhen. Das verzögert die Schiffsabfertigung und kostet Geld, da die Lademannschaften warten müssen.

Für den Umschlag zwischen Eisenbahn und Schuppen spielt die Zeitfrage bezüglich der Bedienung nicht eine so entscheidende Rolle. Bei mehreren Ladegleisen läßt sich die Be- und Entladung so einrichten, daß zunächst die Wagengruppe in einem, dann die im anderen Gleis abgefertigt wird. Der Austausch kann daher jederzeit erfolgen, ohne daß die Arbeit unbedingt unterbrochen werden muß. Die Lademeister müssen nur richtig disponieren. Außerdem läßt sich der Einsatz der Kaiarbeiter im Schuppen beweglicher gestalten. Sie können notfalls vorübergehend zur Lastwagenabfertigung oder für andere Aufgaben herangezogen werden, während die Schauerleute im Schiff aus verschiedenen Gründen, deren Erörterung hier zu weit führen würde, nicht anderweitig beschäftigt werden können. Das gilt wenigstens für Hamburg.

Das Bedienungsverfahren für den gesamten Stückgutkai mit mehreren Liegeplätzen läßt sich ganz allgemein folgendermaßen ausdrücken: Eine größere Anzahl von Ladestellen ist entweder in gleichen Zeiträumen (starre Bedienungsfolge) oder nach Bedarf (Bedarfszustellung) mit im Mittel m Wagen zu versorgen; die Größe von m schwankt zwischen O und dem durch die Ladegleislänge gegebenen Größtwert m_{max}. Der Rythmus der Bedienungen wird durch die Umschlagsleistung bestimmt[6]).

[6]) vgl. auch Förster, Kurt, Beiträge zur betriebswirtschaftlichen Beurteilung der Rangierarbeit auf Hafenbahngleisen
Verl. Konrad Triltsch, Würzburg-Aumühle, 1936

Wegen der entstehenden Abhängigkeiten kann an einer Kaistrecke, häufig sogar auf der ganzen Kaizunge, i. a. nur eine Rangierlokomotive arbeiten. Wird an mehreren Liegeplätzen ein eisenbahnintensiver Umschlag durchgeführt, so müssen die Bedienungen auf das genaueste mit dem Hafenbetrieb abgestimmt werden. Der Zeitbedarf für die einzelne Bedienung spielt dabei eine hervorragende Rolle. Er beträgt z. B. für die beiden wasserseitigen Ladegleise eines Liegeplatzes der neuen Hamburger Kaizunge am Kaiser-Wilhelm-Hafen 35—45 Minuten. Dort sind besonders günstige Voraussetzungen für die Abwicklung des Eisenbahnbetriebes vorhanden, da unmittelbar vor der Kaiwurzel eine Kaigruppe (Unter-Bezirksbahnhof) angeordnet werden konnte. In dieser Kaigruppe, die fast unmittelbar an den Haupthafenbahnhof anschließt, werden die neuen Ladegruppen bereit- und die aus den Ladegleisen an den Liegeplätzen abgezogenen abgestellt. Hier findet auch das sogenannte Feinsortieren und das Ausrangieren angeladener oder nicht fertig entladener Wagen statt. Wegen der Verlängerung der Bedienungsdauer und der damit verbundenen Unterbrechung des Umschlagsgeschäftes gehört die Erledigung derartiger Rangieraufgaben nämlich nicht in die Kaigleise. Es muß vielmehr, wie in jedem richtig angeordneten Güterbahnhof, eine klare Trennung zwischen Lade- und Rangierdienst möglich sein.

Je eleganter derartige Kaibahnhöfe zwischen Kaigleisen und Bezirks- bzw. Hauptbahnhof eingefügt werden können, umso größer ist der betriebliche Nutzeffekt. Schließen die örtlichen Verhältnisse ihre Anlage aus, so muß zumindest ein Teil der erwähnten Rangieraufgaben trotz der Behinderung des Umschlagsgeschäftes am Kai stattfinden. Hieraus erklärt sich auch die unterschiedliche Ausstattung der Kaigleise mit Weichenstraßen. Während man z. B. in Bremen an den Schuppen 13 und 15, für die eine leistungsfähige Kaigruppe nicht angelegt werden konnte, die Weichenstraßen so zahlreich angeordnet hat, daß — theoretisch — Vorder- und Hinterschiff rangiertechnisch unabhängig voneinander bedient werden können, kommt man in Hamburg nach reiflicher Überlegung mit einer Weichenstraße für den Liegeplatz aus. Ein Vorteil zahlreicher Weichenverbindungen längs einer Kaistrecke liegt in der klareren Aufteilung für die Eisenbahn bei Belegung mit Seeschiffen unterschiedlicher Größe, die im Direktverkehr abgefertigt werden sollen. Er kommt aber größeren Häfen i. a. nicht zum Tragen, da die Schiffe meist, je nach Tiefgang, in bestimmten Hafenbezirken abgefertigt werden. Die Gleisanlage kann daher auf das Regelschiff abgestellt werden.

Die Frage nach Anzahl und Zeitdauer der Bedienung läßt sich nur an Hand des Betriebsablaufes der Hafenbahn zumindest im zugehörigen Unterbezirk beantworten. Genaue Ermittlungen auf Grund fahrdynamischer Berechnungen und Aufstellung von Betriebsplänen erfordern dabei einen erheblichen Arbeitsaufwand. Ist man mit dem Eisenbahnbetrieb soweit vertraut, daß man den Verlauf einer Bedienung im Unterbezirk richtig veranschlagen kann, so läßt sich auch ihre Dauer überschläglich aus der Gesamtweglänge und einer mittleren Fahrgeschwindigkeit, in der die Zeiten für Umlaufen, An- und Abkuppeln, Anfahren und Bremsen usw. bereits berücksichtigt sind, ermitteln. Für Hamburg beträgt z. B. die Höchstgeschwindigkeit für Rangierfahrten 25 km/h. Die zahlreichen schienengleichen Überwege dürfen aber nur mit 5 km/h befahren werden. Außerdem muß am Kai während der Arbeitszeit besonders vorsichtig rangiert werden. Wie an Hand einiger exakt durchgeführter Berechnungen nachgewiesen werden

konnte, liegt daher die mittlere Rangiergeschwindigkeit etwa bei 5 km/h. Mit dieser Zahl kommt man zu zunächst ausreichenden Ergebnissen.

3. Die Anzahl der Ladegleise.

a) An der Landseite können höchstens 2 Ladegleise angeordnet werden, da ein ständiges Durchladen über 2 Gleise nicht zweckmäßig und daher in Deutschland ungebräuchlich ist. Alle weiteren werden aus betrieblichen Gründen als Durchlauf-, Wechsel- und Aufstellgleise verwendet. Ihre Anzahl richtet sich nach der Länge des Kais und den Möglichkeiten für den Eisenbahnanschluß. Aus der von vornherein gegebenen Anzahl der Ladegleise läßt sich ohne Schwierigkeiten an Hand der üblichen oder möglichen Anzahl der Bedienungen und der Schuppenlänge die Anzahl der Waggons errechnen, die im Verlauf einer Schicht gestellt werden können.

b) Die Festlegung der Gleiszahl an der Wasserseite erfolgte meist aus der Erfahrung heraus. Ergab sich bei der letztgebauten Anlage, daß sie in dieser Beziehung zu knapp ausgerüstet wurde, so stattete man die nächste reichlicher aus. Soweit bekannt, schwankt die Anzahl der wasserseitigen Gleise zwischen 0 und 4. Eins von diesen muß bei Kaistrecken mit mehr als 2 Liegeplätzen ständig als Durchlaufgleis freigehalten werden. Bei 4 Gleisen scheint eine wirtschaftliche Grenze für Flächenbedarf, Krankonstruktion und Gleisausnutzung zu liegen, die wohl noch eingehender erforscht werden muß.

Bei der rechnerischen Ermittlung der erforderlichen Gleiszahl ist man i. a. von Jahresdurchschnittszahlen ausgegangen, mit denen man den Eisenbahnanteil am voraussichtlichen Gesamtverkehr der betreffenden Kaistrecke und den mutmaßlichen Jahresanteil des direkten Umschlages zwischen Seeschiff und Eisenbahn zu erfassen suchte. Es bedarf wohl keiner Erläuterung, daß ein derartiger Rechnungsgang von zahlreichen Unsicherheitsfaktoren belastet ist. Dabei läßt sich ein recht genaues Bild von der erforderlichen Leistungsfähigkeit der Gleisanlagen auf Grund folgender Überlegungen gewinnen:

Von den unter „Allgemeines" genannten Verkehrsvorgängen können an der Wasserseite eines Liegeplatzes Umschlag zwischen Seeschiff und Eisenbahn in einer Richtung und zwischen Schuppen und Eisenbahn in beiden Richtungen gleichzeitig anfallen. Vorrang hat dabei auf jeden Fall das Seeschiff. Es soll daher zunächst auf den Bedarf an Ladegleisen für den Direktverkehr eingegangen werden.

Nutzbar hierfür sind nur die Gleisabschnitte, die im Bereich der am Seeschiff eingesetzten Kräne liegen. Ihre Länge ergibt sich aus der Stellung der äußersten Kräne an der Bug- bzw. Heckluke. Sie wird von den Kreisen begrenzt, die die Haken beim Drehen der Kräne mit weitester Ausladung beschreiben. An Hand der Lukenanordnung beim Regelschiff und der jeweiligen Krandaten läßt sich die Nutzlänge der Ladegleise für den Direktverkehr ohne weiteres ermitteln. Diese beträgt z. B. für Libertyschiffe und die Kräne an den neuen Hamburger Kaistrecken rund 170 m (vgl. auch Abb. 7). Auf einem Gleise lassen sich daher $2 \cdot \frac{170}{4{,}70} = 18$ Waggons aufstellen. Verteilt man diese Eisenbahnwagen gleichmäßig auf 5—13 Kräne, so ergeben sich für 1—3 Ladegleise Zahlen, die in der graphischen Darstellung (Abb. 9) abgelesen werden können. Diese Waggonzahlen gelten für Vollportale. Beim Einsatz von Halbportalkränen müssen sie noch mit dem Überschattungsfaktor (vgl. Abb. 6) multipliziert werden.

Die Geschwindigkeit der Waggonbe- oder -entladung hängt von der Umschlagsleistung und diese wiederum von der Beschaffenheit des Umschlagsgutes ab. Zwischen Kai und Seeschiff werden in Hamburg je Kran und Schicht beim Laden etwa 90—140 t gleichartiges oder 40—60 t ungleichartiges Stückgut umgeschlagen. Die Löschleistungen liegen bei 100—180 t bzw. 60—70 t. Die Leistungen beim Umschlag zwischen Eisenbahn und Seeschiff dürften etwas niedriger sein. Um rechnen zu können, muß man die mittlere Umschlagsleistung für ein bestimmtes Gut, das den örtlichen Eigenarten des Hafenverkehrs am besten entspricht, festlegen. Fällt z. B. im Direktverkehr am häufigsten Sackgut an, so werden je Kran und Schicht in Hamburg 100—140 t (120 t) beim Laden und 120—150 t (135 t) beim Löschen umgeschlagen. Die eingeklammerten Zahlen geben die mittleren Umschlagsleistungen an.

Bei Beladung mit Sackgut werden die Eisenbahnwagen fast immer gewichtsmäßig ausgelastet. Das Ladungsgewicht kann daher für G-Wagen mit 15 t angesetzt werden.

Bei einer reinen Arbeitszeit/Schicht von 7,5 Std. = 450 Min. wird 1 Waggon in $\frac{450 \cdot 15}{120} = 56$ Minuten entladen.

Die Beladezeit beträgt $\frac{450 \cdot 15}{135} = 50$ Minuten. Aus der Abfertigungsdauer für die Wagengruppe an einem Kran ergibt sich dann der erforderliche Bedienungsrythmus. Näheres ist der graphischen Darstellung (Abb. 9) zu entnehmen. Da die mehr oder weniger exakte Ermittlung der Dauer einer Bedienung den jetzt angestellten Erwägungen bereits vorangegangen ist, bietet die Festlegung der zweckmäßigen Anzahl der Ladegleise keine Schwierigkeiten mehr. Der Zeitbedarf für die Abfertigung der Waggons und gegebenenfalls für die Bedienungen während der Schicht muß möglichst der Arbeitszeit entsprechen, damit — wie auch üblich — die nächste Bedienung zwischen den Schichten erfolgen kann. Unter diesem Gesichtswinkel betrachtet, ergibt sich aus Abb. 9 folgendes:

1. Ein Ladegleis ist für die Abwicklung des Direktverkehrs unzureichend. Die Belastung des Eisenbahnbetriebes durch die erforderlichen, zahlreichen Bedienungen und die entsprechenden Verzögerungen des Umschlages sind erheblich.
2. 2 Ladegleise sind für den Umschlag Eisenbahn — Seeschiff völlig ausreichend. Während der Schicht braucht nur eine Bedienung zu erfolgen, die u. U. gerade in der Mittagspause stattfinden kann.

   Da normalerweise der Umschlag Seeschiff — Eisenbahn die Ausnahme bildet, dürften hierfür besondere Maßnahmen des Hafenbahnbetriebes infolge der erforderlichen höheren Zahl der Bedienungen vertretbar sein.
3. Der Vorteil von 3 Ladegleisen wirkt sich erst beim Löschen in Waggons aus. Das ist aber, wie wiederholt erwähnt, kein Regelfall. Wickelt man einen derartigen gelegentlichen Umschlagsvorgang am letzten (höftseitigen) Liegeplatz einer Kaistrecke mit 2 Ladegleisen ab, so kann u. U. auch das Durchlaufgleis zur Aufstellung der Ladegruppen mitbenutzt werden. Man hat dann auch 3 Ladegleise zur Verfügung.

Ergebnis: 2 Ladegleise reichen zur Abwicklung des Direktverkehrs unter den vorliegenden Verhältnissen aus.

Während des direkten Umschlages zwischen Seeschiff und Eisenbahn muß auch die Möglichkeit bestehen, Waggons an den Schuppen zu bringen. Hierfür stehen an sich das landseitige Gleis und die für den unmittelbaren

Umschlag nicht nutzbaren Gleisstrecken an der Wasserseite, soweit sie nicht durch Weichenstraßen in Anspruch genommen sind, zur Verfügung. Nun könnte sich in der Praxis der Fall ergeben, daß z. B. Direktverkehr an einem Schuppen abgewickelt wird, der unmittelbar vorher die Ladung eines Seeschiffes übernommen hat, die nun zum größten Teil mit der Eisenbahn abtransportiert werden soll, während Güter für den nächsten Dampfer bereits per Waggon eintreffen. Dann würden die für den Umschlag zwischen Schuppen und Eisenbahn zur Verfügung stehenden Ladegleise womöglich nicht auslangen. Man hätte also die Wahl, entweder ein weiteres Ladegleis an der Wasserseite für derartige Verkehrsspitzen vorzuhalten oder aber durch geeignete Dispositionen des Hafenbetriebes Betriebsklemmen zu vermeiden. Bei größeren Häfen wird das letztere wohl immer möglich sein.

Dann stellt sich bei der Verwendung von Vollportalkränen die Gleisausrüstung eines Liegeplatzes folgendermaßen dar:

Landseite:		Wasserseite:
1 Ladegleis		2 Ladegleise + 1 Durchlaufgleis
	oder	3 Ladegleise + 1 Durchlaufgleis.

Bei Beschränkung der Gleisanlagen auf die Wasserseite erscheint es zweckmäßig, die Gleisabstände, wenn möglich, auf 5,00 m bzw. 5,50 m zu erweitern, damit die Hieven auf Pritschen, die zwischen den Gleisen stehen, gelandet oder von ihnen aufgenommen werden können.

VI. Die Anlagen zur Aufnahme und Abfertigung des Straßenverkehrs.

Bis zum 1. Weltkrieg wurde auf den Kai- und sonstigen Hafenstraßen (wenn auch oft in großem Umfang) fast ausschließlich Fuhrwerksverkehr von nur lokaler Bedeutung abgewickelt. Haupttransportmittel des Zubringer- und Verteilerverkehrs waren seinerzeit Binnenschiff und Eisenbahn. Verhältnismäßig schmale Kaistraßen mit wenigen Spuren reichten daher zur Abwicklung des Straßenverkehrs mit seinen geringen Geschwindigkeiten (Pferdefuhrwerke) aus. Die Hauptverkehrsstraßen im Hafengebiet wurden dagegen oft großzügig angelegt, so daß sie — wie z. B. in Hamburg — auch heute noch in vielen Fällen ausreichen.

Mit der Verdrängung des Pferdefuhrwerkes und der technischen Vervollkommnung des Kraftwagens im Verlaufe der letzten 30 Jahre änderte sich jedoch die Situation ganz erheblich.

Der Wettbewerb des Kraftwagens setzte aus den bekannten Gründen mit Erfolg und erstaunlicherweise auf allen Entfernungen ein. Beträchtliche Verkehrsmengen wanderten hierdurch von der Schiene zum neuen Verkehrsmittel ab. Die stärksten Einbrüche erzielte der Kraftwagen beim Stückgutverkehr und bei den oberen Wagenladungsklassen.

Auch in den Häfen hat sich daher der Kraftwagenverkehr derartig vermehrt, daß seine Abfertigung, besonders in den älteren Hafenteilen durch die Engpässe der schmalen Kaistraßen, ernste Schwierigkeiten bereitet. Wenn sich auch die augenblickliche Situation in den deutschen Häfen, die durch den fast völligen Übergang bestimmter Güterarten auf den Kraftwagen gekennzeichnet ist, jederzeit wieder durch gesetzgeberische oder durch tarifarische Maßnahmen der Eisenbahn zu deren Gunsten verändern kann, so wird der Kraftwagenverkehr mit seinen neuzeitlichen, umfangreichen Transportgefäßen auch weiterhin als gleichberechtigtes Verkehrsmittel ähnlich vollkommene Abfertigungsanlagen fordern, wie sie für die Eisenbahn seit langem selbstverständlich sind.

Beide Landverkehrsmittel, Kraftwagen und Eisenbahn, benötigen Platz am Schuppen. Um gegenseitige Behinderungen zu vermeiden, ist eine völlige Trennung zweckmäßig, etwa derart, daß die wasserseitige Rampe dem Eisenbahnverkehr, die landseitige dem Straßenverkehr vorbehalten bleibt. Mit Rücksicht darauf, das des öfteren, wie oben dargelegt, auch an der Landseite der Schuppen Gleisanlagen erforderlich oder jedenfalls erwünscht sind, ist man auf dem Wege zu einer grundsätzlichen Lösung über Gleiseinpflasterungen, Schuppeninnenhöfe und Zungenrampen, die aber alle nicht dem geringen Manövriervermögen der großen Lastzüge entsprechen, zu der wiederholt erwähnten neuen Hamburger Lösung gelangt. Dort wurde der Schwerpunkt der Gleisanlagen auf die Wasserseite gelegt und auf der Landseite ein eingepflastertes Gleis vorgesehen, das nur ausnahmsweise benutzt werden soll. (Vgl. Abb. 1 b.)

Zwei Einbahnstraßen von je 9,90 m Breite werden durch einen Mittelstreifen getrennt, auf dem Betriebs- und Aufstellgleise, außerdem Radfahr- und Fußwege untergebracht sind. Bei Aufstellung von Waggons am Schuppen bleiben dann noch zwischen Bordstein und Lichtraumprofil 6 m, d. h. also 2 Spuren, für den Lastwagenverkehr frei.

Derartig großzügige Abfertigungsanlagen für den Straßenverkehr waren an den Schuppen im Hamburger Hafen bisher nicht vorhanden, und man erwartet, daß sie ausreichen. Aber selbst für den Fall, daß sie sich bei weiterem Anwachsen des Kraftwagenverkehrs doch noch als ungenügend erweisen sollten, bestehen außergewöhnliche Erweiterungsmöglichkeiten. Der Mittelstreifen zwischen den Schuppen 75 und 76, der u. a. 2 Abstellgleise enthält, läßt sich u. U. ganz beseitigen, so daß die gesamte Fläche zwischen den Rampen beider Schuppen vollkommen eingepflastert werden kann. Die damit gewonnene Straßenbreite von 34 m würde es gestatten, daß die Lastwagen rückwärts an die Rampe setzen. Abgesehen davon, daß dies schon deswegen vorteilhaft ist, weil der Laderaum meist nur über Heck zugänglich ist, würden sich gleichzeitig etwa 3—4mal mehr Kraftwagen abfertigen lassen, als wenn die Rampen im Längsverkehr benutzt werden. Rechnet man mit einem mittleren Fahrzeugtyp von 10—12 m Länge, so verbleiben 10—14 m Fahrbahn, d. h. 3—5 Spuren, für den fließenden Verkehr. Die Gleisanlagen zwischen den Schuppen 74 und 77 lassen sich allerdings wahrscheinlich nicht beseitigen, da der Eisenbahnbetrieb aller Voraussicht nach nicht auf sie verzichten kann. Die an der Kaiwurzel angelegten Parkplätze müssen dann als Puffer wirken, wobei allerdings eine energische Verkehrsregelung, die übrigens schon weit vor der Kaiwurzel einsetzen muß, unerläßlich ist.

Derartige Lösungen lassen sich fast durchweg nur bei Neuanlagen anwenden. Neben den übrigen Behelfen, wie sie oben bereits genannt wurden, und weiteren wie z. B. sägenförmige Anordnung der Rampen, liegt noch eine Möglichkeit, gleichzeitig mehr Fahrzeuge abzufertigen, im Übergang des Kraftwagens auf die Schuppenfläche. In zahlreichen Ländern wird bereits seit langem entsprechend verfahren, ohne daß die als Gegenargument aufgeführten Gefährdungen von Menschen, Gütern usw. besonders zum Tragen kommen. In Deutschland ist man aber der Ansicht, daß die infolge der zusätzlichen Fahrwege größere Schuppenfläche (Mehrbedarf nach amerikanischen Schätzungen 30 v. H.) unwirtschaftlich ist. Für die Aufstellung der Lastwagen braucht man keine überdachte Fläche. Der Verbreiterung der Schuppen wird daher die der Straßen vorgezogen.

Die Schwierigkeiten an vorhandenen Anlagen, bei deren Ausbau die heute geltenden Gesichtspunkte für den Straßenverkehr noch nicht berücksichtigt werden konnten, lassen sich im allgemeinen jedoch nur mit den

bekannten Behelfsmaßnahmen mildern. Dabei dürfte es zweckmäßig sein, diese so großzügig wie irgend möglich durchzuführen. Da die Fahrer auf schnellste Be- und Entladung ihrer Fahrzeuge bedacht sind, versuchen sie häufig alles, um zur Abfertigung zu gelangen und weder Einfriedigungen noch Gleiskörper sind vor ihnen sicher, wie die Unterhaltungsbilanz an zahlreichen Kaischuppen mit starkem Straßenverkehr eindringlich zeigt. Man spart daher letzten Endes doch, wenn man sich bei der Bemessung der eingepflasterten Flächen usw. nicht von theoretischen Erwägungen, sondern von den oft rauhen Sitten des Betriebes leiten läßt.

Die Einpflasterung der landseitigen Gleise ist häufig das gangbarste Mittel, wenn auch die Nachteile eines gemischten Betriebes nicht zu unterschätzen sind. In Hamburg versucht man daher, wenn irgend anwendbar, die Verkehrsteilung, d. h. also die Trennung der Eisenbahnabfertigung von der des Kraftwagens durchzuführen. Im Verlaufe der entsprechenden Maßnahmen wurden z. B. an den 80er Schuppen, an denen die Breite der Kaistraße dies zuließ, zweite Gleise verlegt, während eins der drei landseitigen abgebaut und die verbleibenden zwei, von denen eins Betriebsgleis ist, zur Einpflasterung vorgesehen wurden. Das Ladegleis auf der Landseite soll nur bei Spitzenverkehr der Eisenbahn benutzt werden. Es ist durchaus zu erwarten, daß der Normalverkehr dort nach erfolgtem Umbau erheblich zügiger abgefertigt werden kann als bisher.

Sind wegen mangelnder Kaibreite und mit Rücksicht auf den Eisenbahnbetrieb derartige Lösungen nicht anwendbar, so lassen sich häufig Zungenrampen (z. B. gem. Abb. 10) anlegen.

Die einwandfreieste Lösung liegt aber, wie nochmals betont werden muß, in einer klaren Trennung zwischen Straße und Schiene mit breiten Zuwegungen und großen Rampenlängen für den Kraftwagenverkehr. Nur so kann dessen steigenden Ansprüchen auf die Dauer genügt werden. Wie weit dabei die Beschränkung der Gleisanlagen auf die Wasserseite der Schuppen für die Eisenbahn tragbar ist, kann nur von Fall zu Fall nach Überwindung althergebrachter Ansichten und nach den tatsächlichen Bedürfnissen beurteilt werden.

VII. Schlußbetrachtung.

Den beherrschenden Einfluß auf die Entwicklung der Stückgutkais übt das Seeschiff aus. Wie aufgezeigt wurde, wächst die Gütermenge, die sich über 1 m Schiffslänge entleert, proportional dem Quadrat der letzteren. Die Fortschritte im Seeschiffsbau brachten also eine progressive Steigerung der Verkehrsgröße je Längeneinheit mit sich. Der Seeschiffsbau selbst tendiert zu einer weiteren Vergrößerung der Schiffsgefäße. Das technisch Mögliche oder wirtschaftlich Vertretbare dürfte der damit notwendigen Vertiefung der Zufahrten oder Hafenbecken mancher Häfen allmählich Einhalt gebieten. Damit gewinnt das an sich nicht neue Problem der Klassifizierung der Seehäfen in solche I. und II. Ordnung immer mehr an Bedeutung.

Um nicht die Lösch- und Ladezeiten im gleichen Maße zu verlängern, wie die Schiffe größer werden, mußten und müssen nach Obigem auch weiterhin die Umschlagsleistungen mit allen Mitteln gesteigert werden. Die Ansatzpunkte hierfür dürften für die Zukunft vielleicht in der Entwicklung neuartiger Umschlagsgeräte, in der betrieblichen Organisation und im Seeschiffbau selbst zu suchen sein. Wenn eine technisch einwandfreie Lösung des Problems der Seitenluken für Seeschiffe gefunden und geeignete kontinuierliche Fördergeräte entwickelt werden könnten, so würde dies

nicht nur eine Erhöhung der Umschlagsleistungen ermöglichen, sondern auch eine grundlegende Änderung des Umschlagverfahrens und damit der Betriebsweise am Kai mit sich bringen.

Von besonderem Einfluß auf die Gestaltung der Stückgutkais ist der Zubringer- und Verteilerverkehr zu Land, der sich im gleichen Maße verdichtet, wie die Verkehrsgröße je Längeneinheit wächst. Die den heutigen Erkenntnissen entsprechenden Maßnahmen zur Lösung der entsprechenden Verkehrsprobleme sind diskutiert worden. Für einen neu zu errichtenden Kai werden sie sich durchführen lassen, wenn nicht die damit im Zusammenhang stehende meist erforderliche Verbreiterung der Kaizunge deswegen unterbleiben muß, weil die anliegenden Hafenbecken zu schmal werden würden. Aber noch ein anderer, und zwar ein für zahlreiche Häfen sehr gewichtiger Grund kann zum Verzicht auf modernste und großzügigste Ausgestaltung der Verkehrsanlagen am Kai führen. Die meisten Häfen sind zu einer Zeit entstanden, in der man sich von der Entwicklung des Verkehrs und seiner Transportmittel zum heutigen Stand keine Vorstellung machen konnte. Außerdem engten politische und durch die Natur gegebene Verhältnisse, die damals nicht verbessert werden konnten, die Hafenbauer bei ihren Planungen stark ein. So entstand häufig eine Gesamtanordnung, die man heute als unzulänglich empfindet und die sich wegen der zahlreichen Zwangspunkte, die von vornherein vorhanden waren oder im Laufe der Zeit entstanden sind, aus wirtschaftlichen Gründen nicht mehr grundlegend umgestalten läßt. Die großzügigsten Verkehrsanlagen am Kai nützen aber wenig, wenn die Vorflut für den Landverkehr nicht funktionieren kann. Auch hier muß daher das Erwünschte mit dem betrieblich Möglichen abgestimmt werden.

Nr. 23

Abb. 1a - 1b

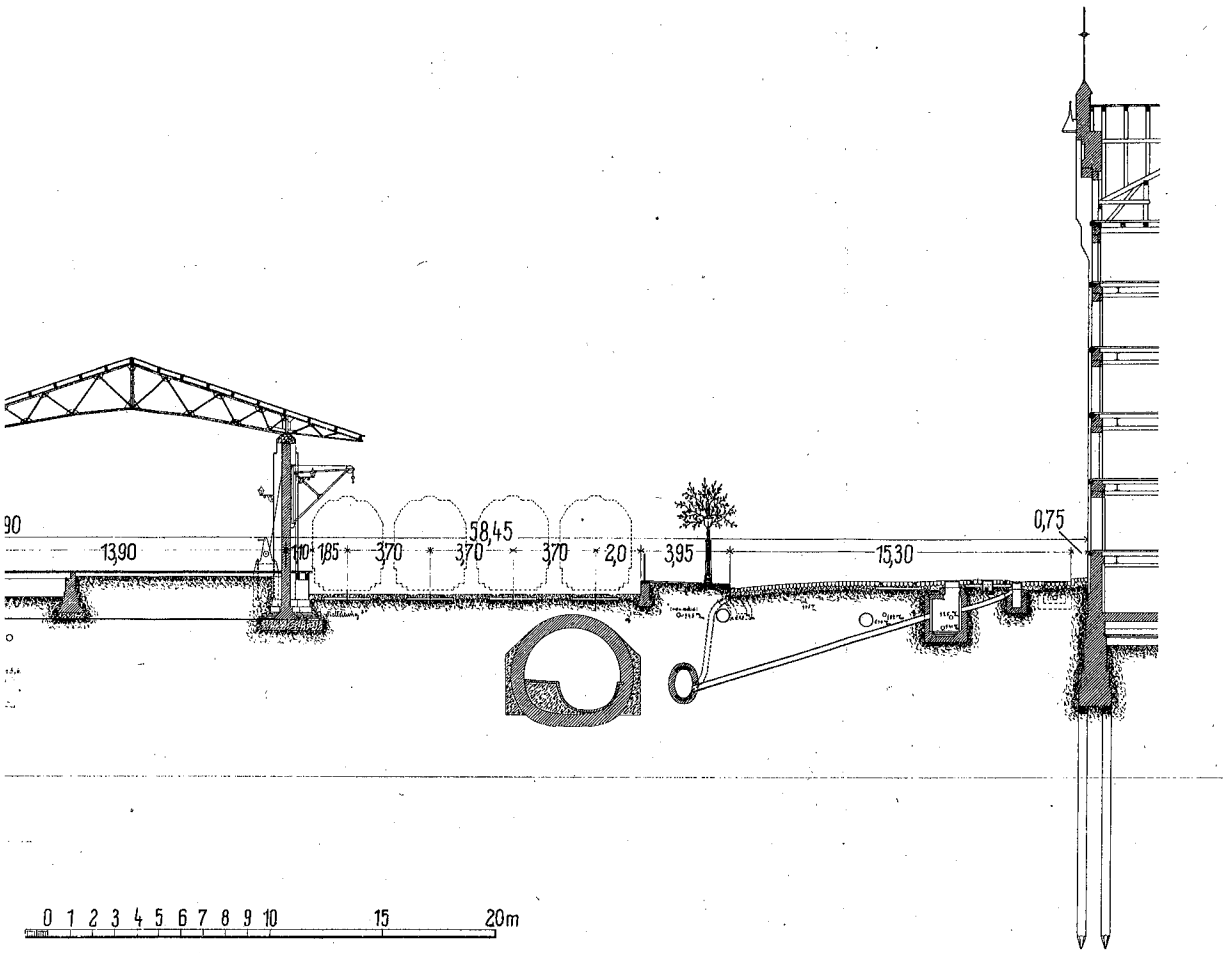
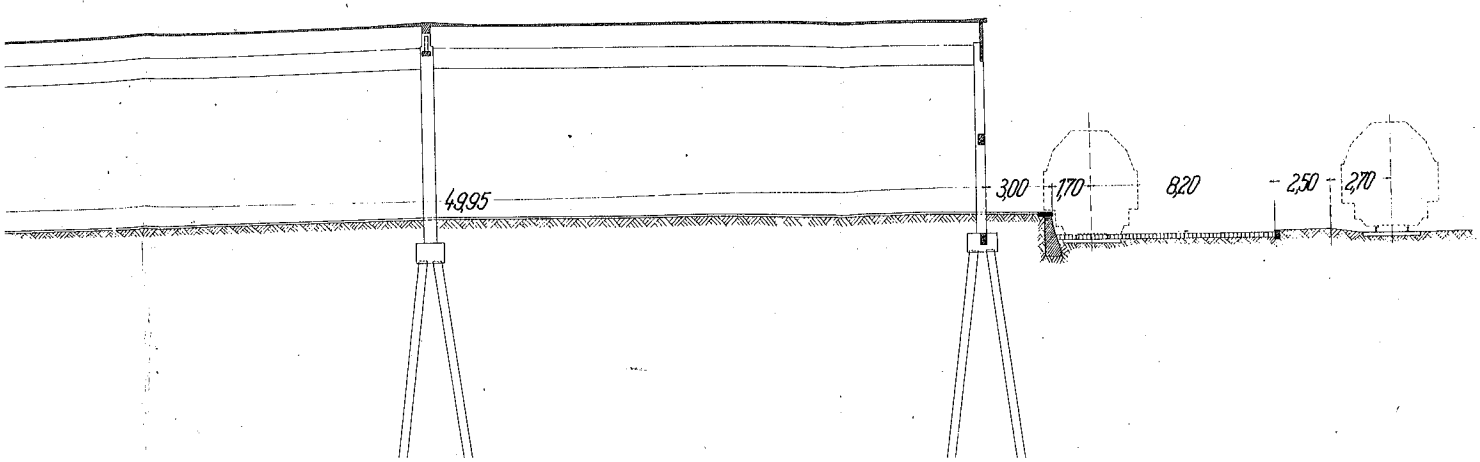


Abb. 1a

ınlage im Hamburger Hafen – Sandthorhafen (1866)



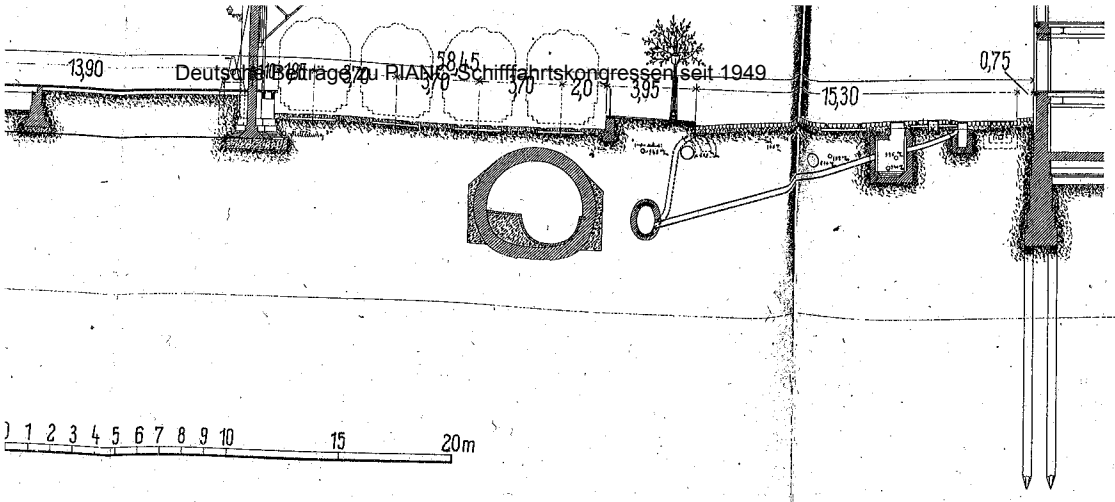


Abb. 1a
ge im Hamburger Hafen — Sandthorhafen (1866)

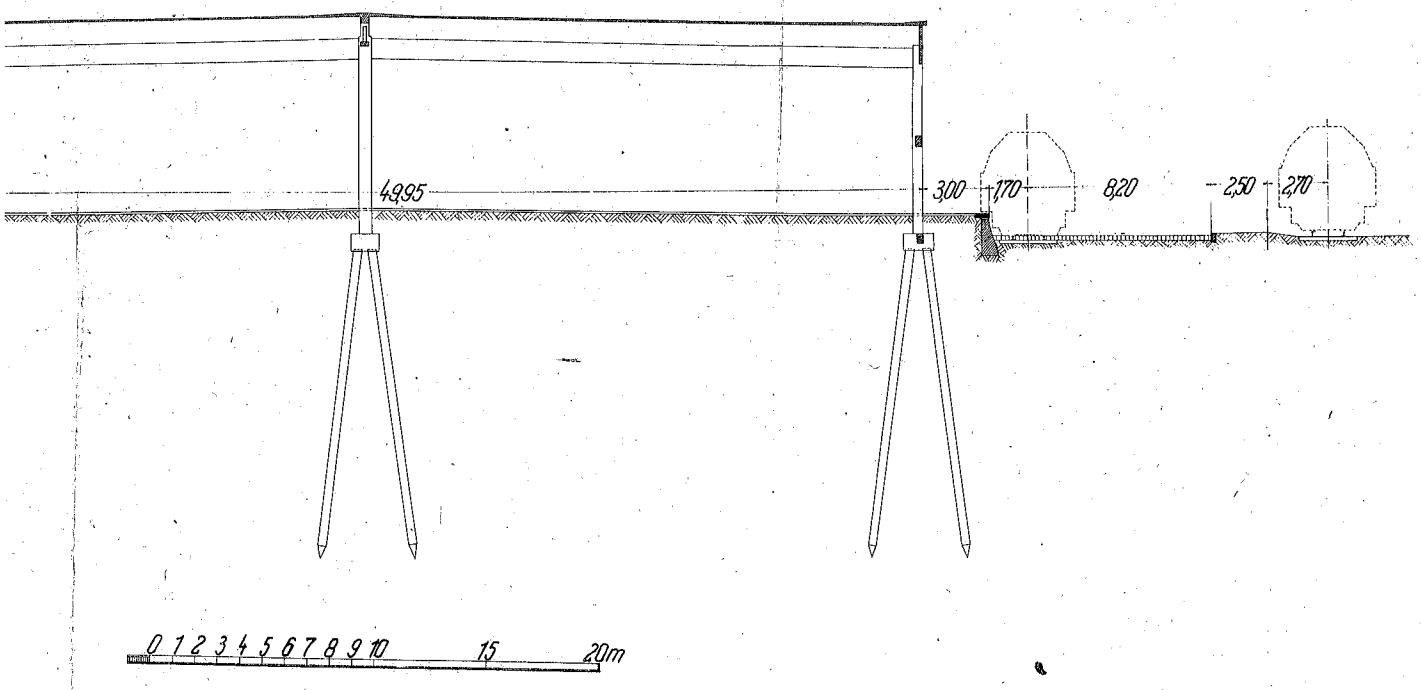
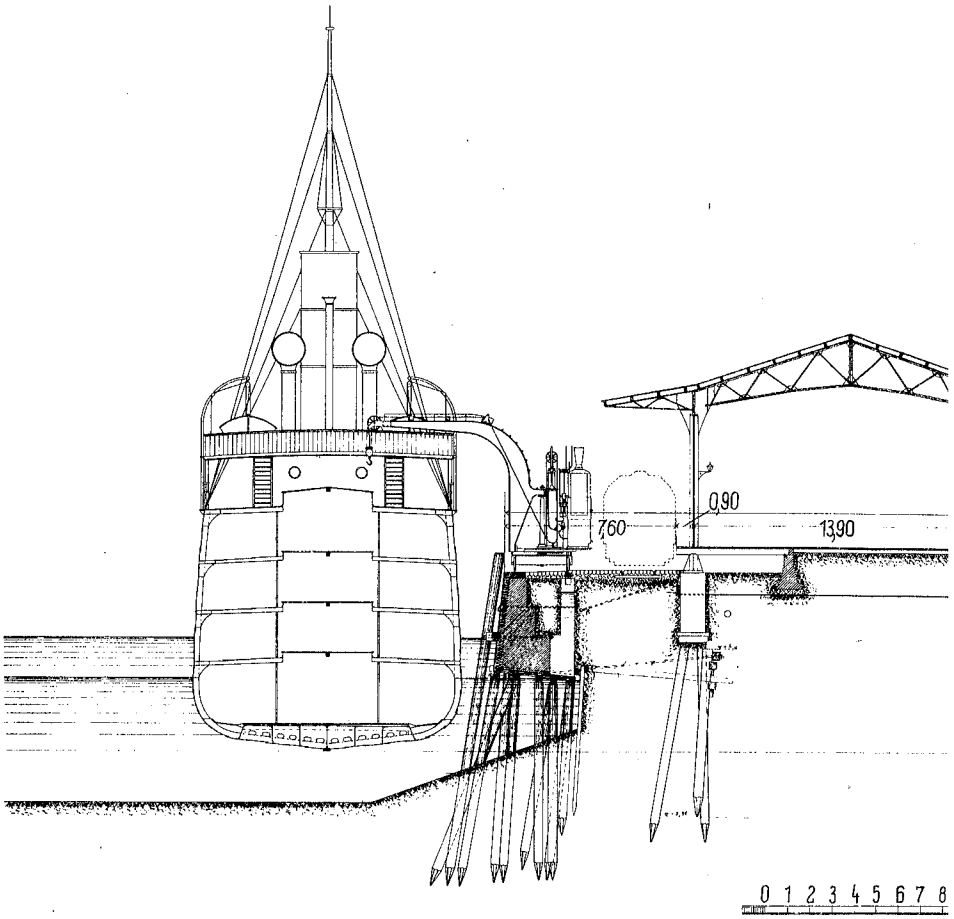
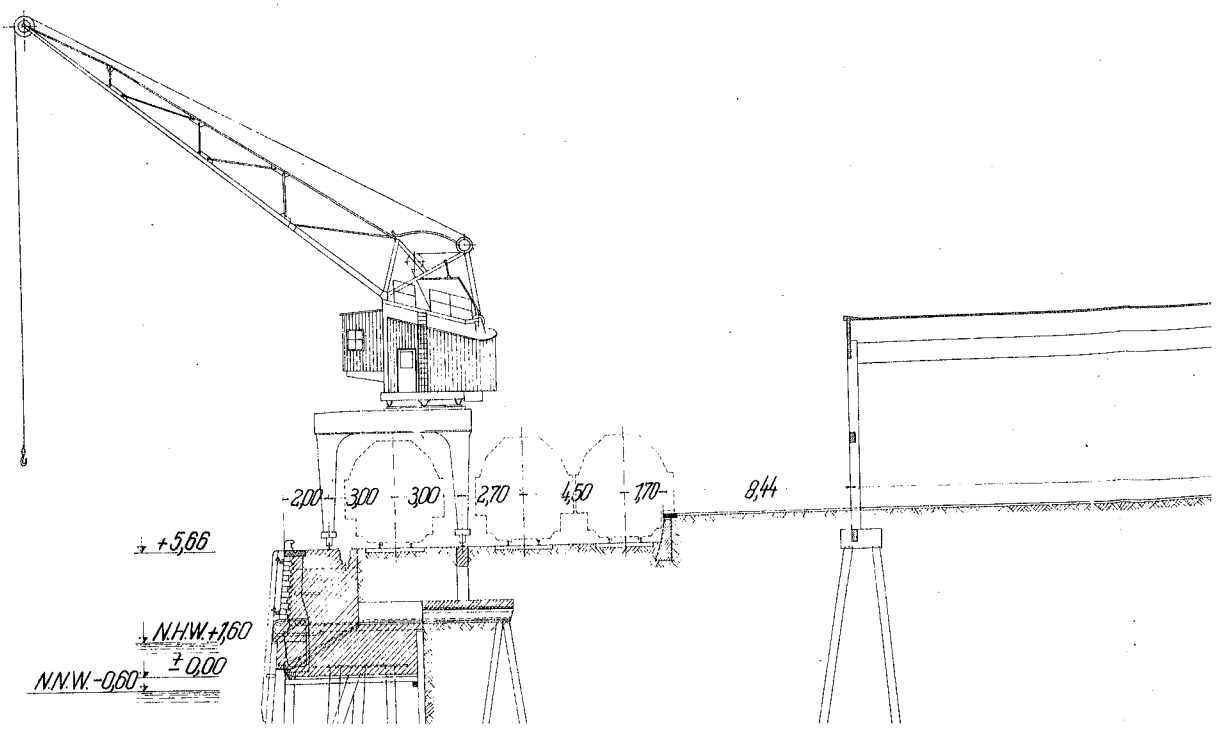
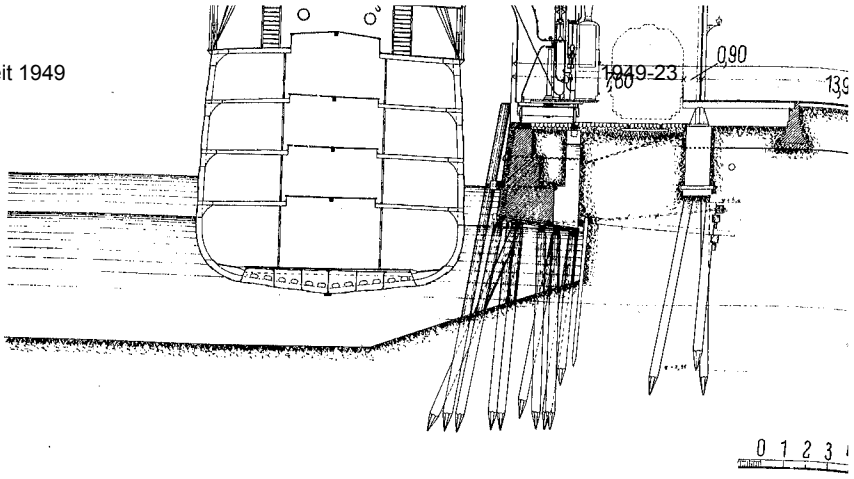


Abb. 1b
efindlichen Kaianlagen am Kaiser-Wilhelm-Hafen in Hamburg (1949)

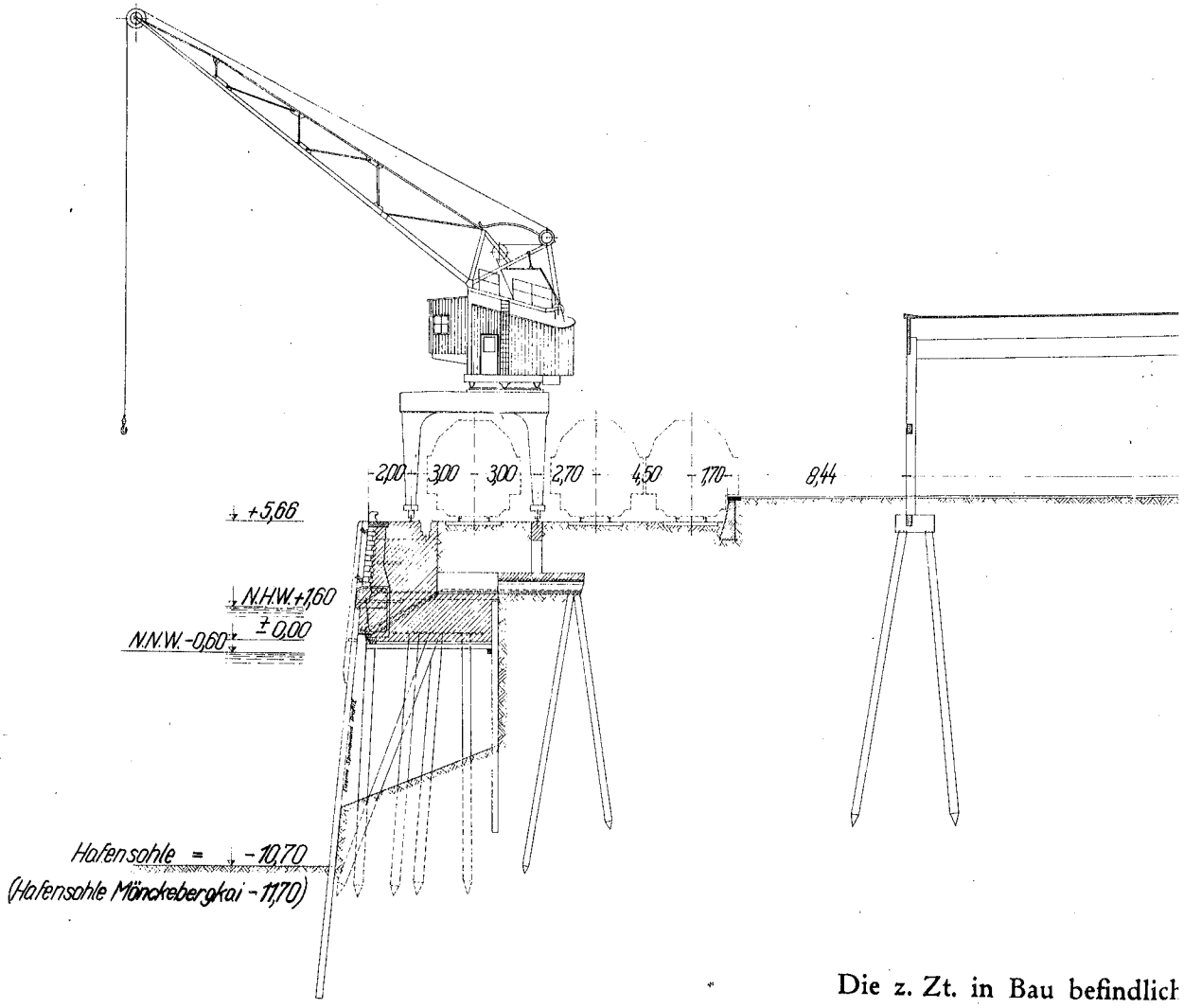


A
Die erste Kaianlage im Hambu





Die erste Kaianlage im



Die z. Zt. in Bau befindlich

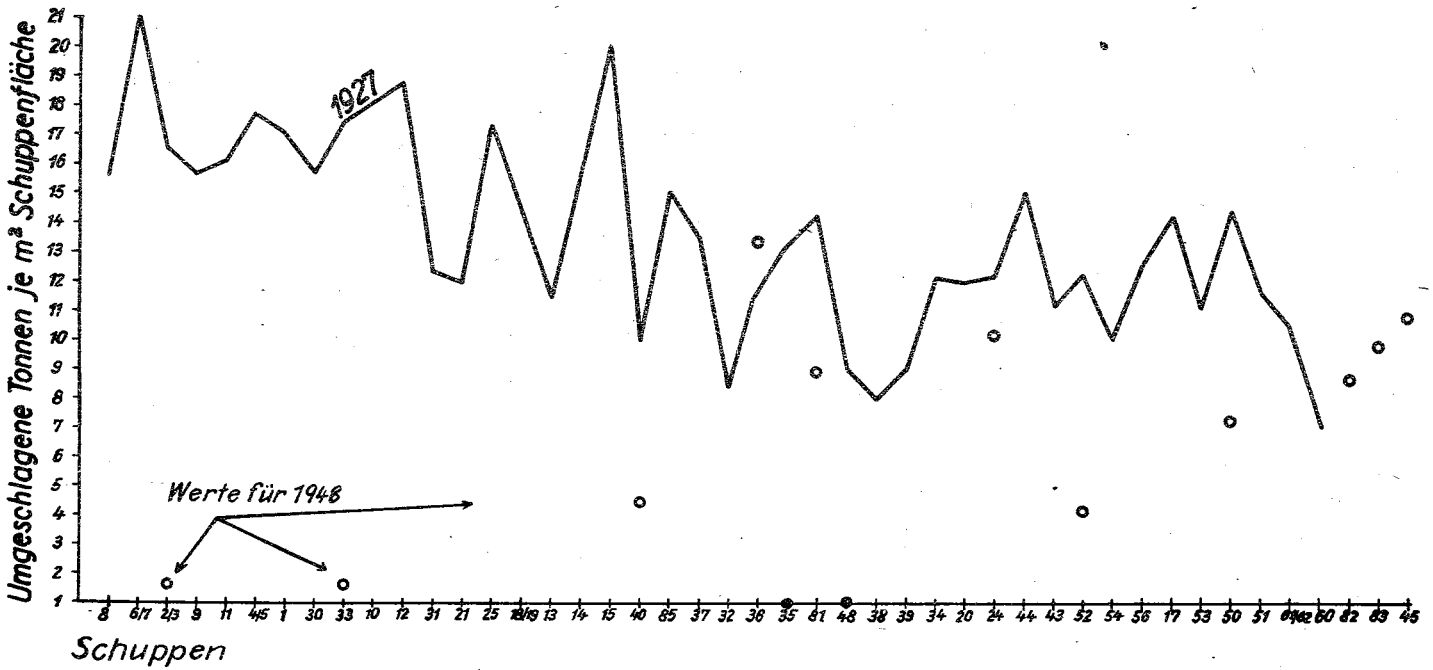


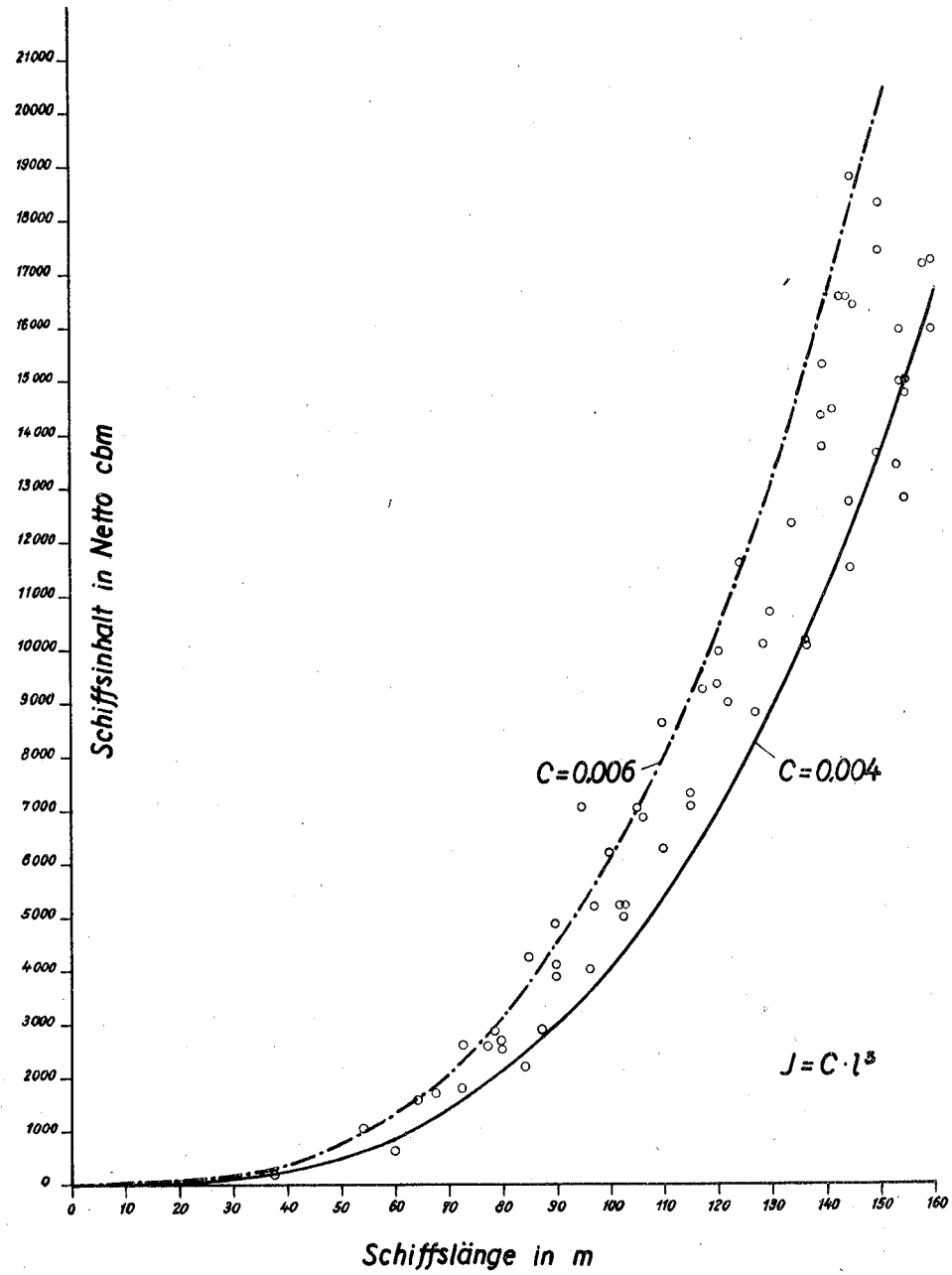
Abb. 2 ○ Werte für 1948

t Umschlagsgut je m² Schuppenfläche für die Hamburger Kaischuppen in den Jahren 1927 u. 1948.

1949-23 **Nr. 23** Abb. 2

Abb. 3

Die Beziehungen zwischen Länge u. Inhalt d. Seeschiffe x)



x) Nach einer Zusammenstellung von Dipl. Ing. R. Loewer, Hamburger Hafen - und Lagerhaus A-G. (H.H.L.A.)

Abb. 3

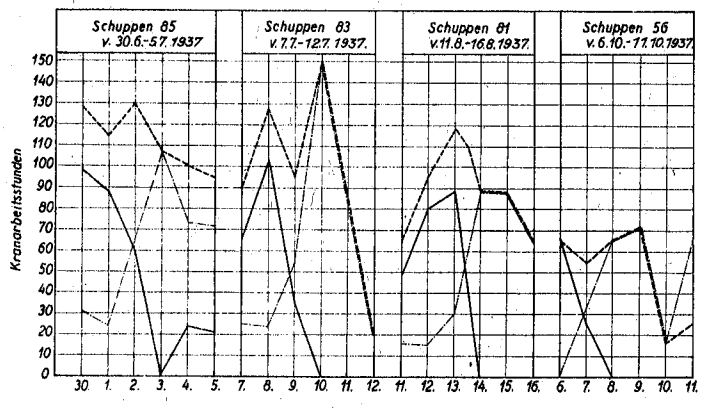


Abb. 4.

Der Kraneinsatz an Binnenschiff und Seeschiff

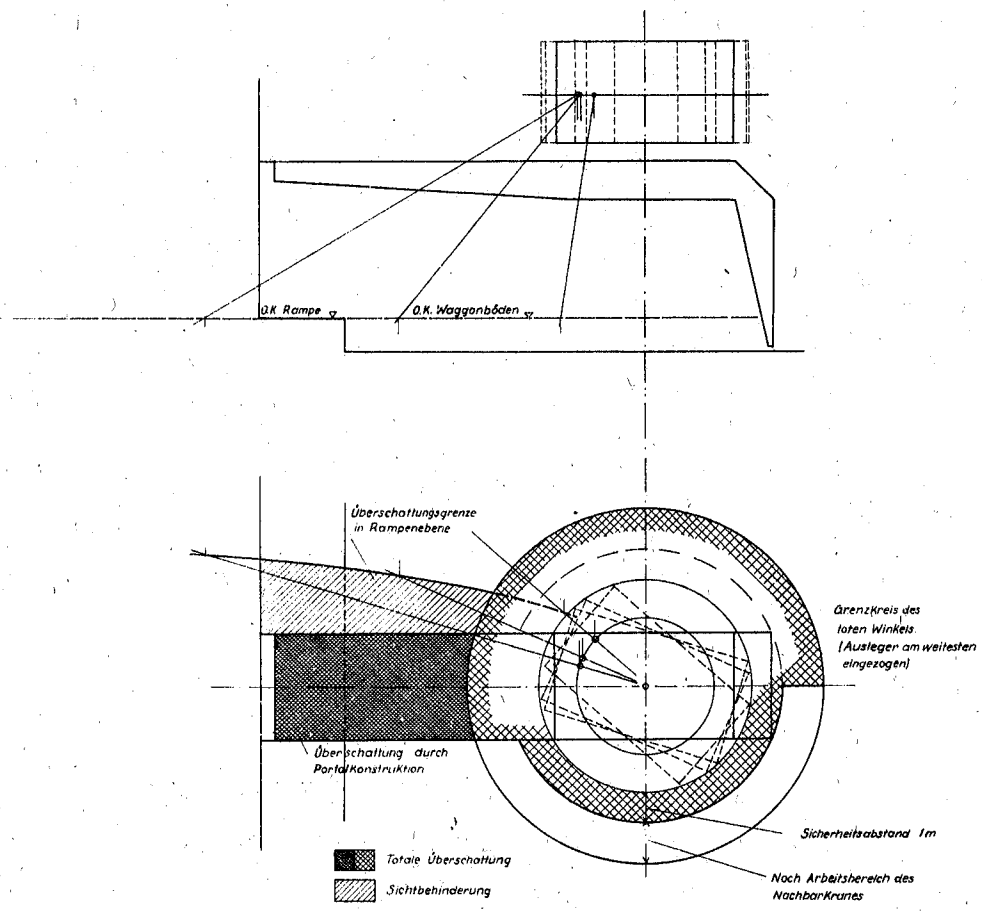
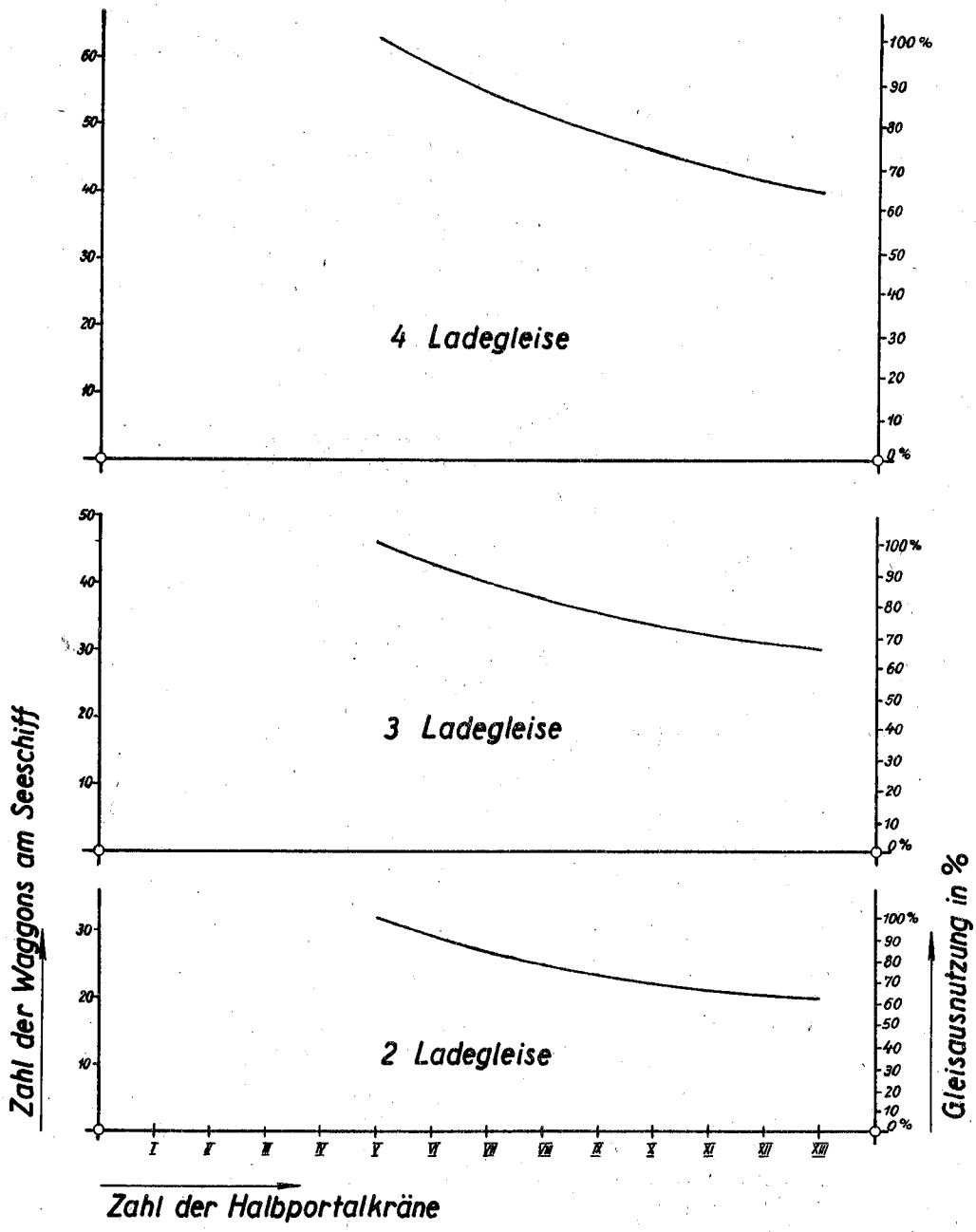


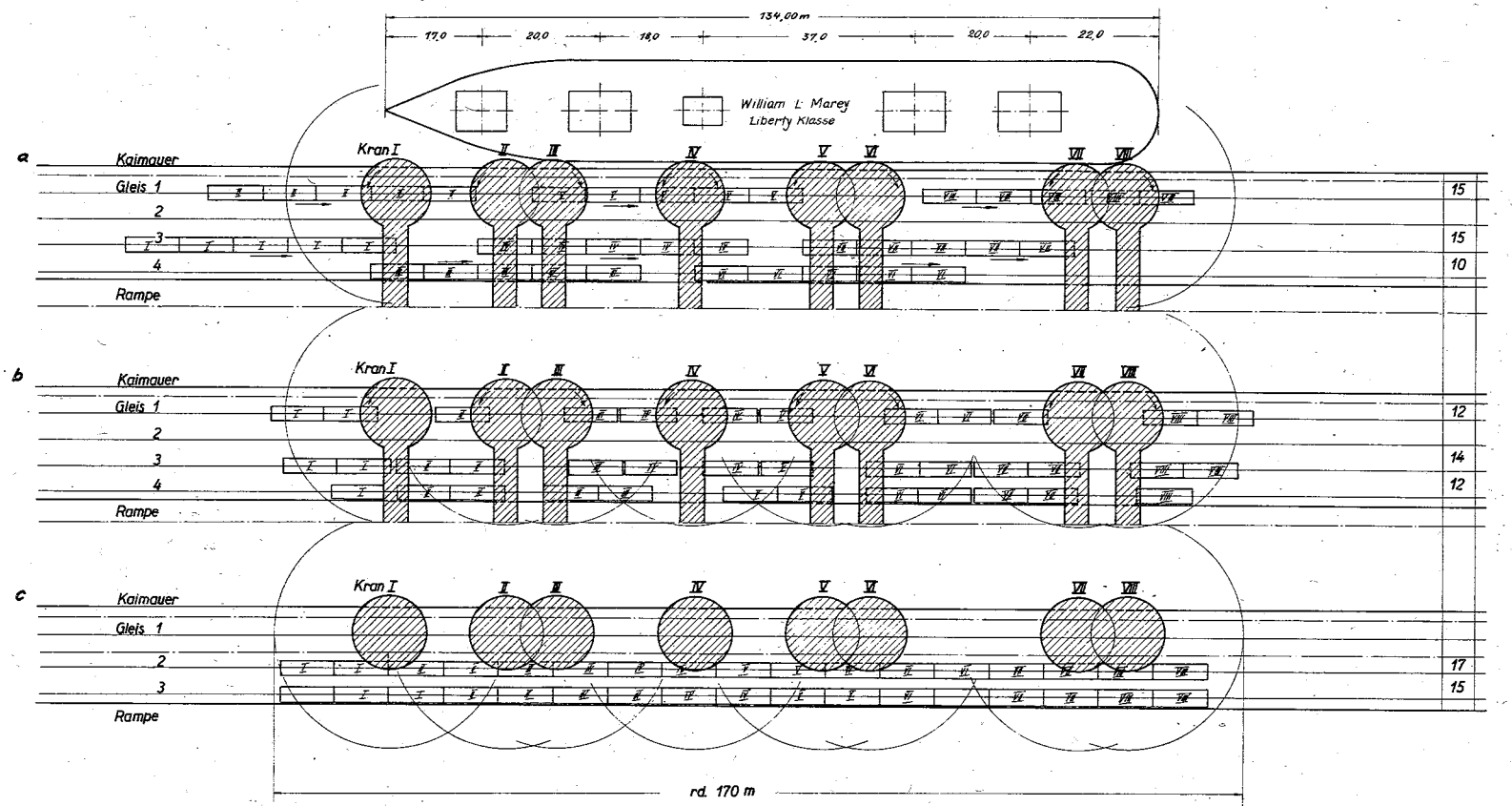
Abb. 5 **Die Überschattungen bei Halbportalkränen**

Abb. 6



Die Abhängigkeit zwischen Halbportalkran- und Waggonzahl bei direktem Umschlag zwischen Seeschiff und Eisenbahn

Abb. 6



Waggonaufstellung beim direkten Umschlag zwischen Seeschiff und Eisenbahn

(Erläuterung siehe Text)

Nr. 23
Abb. 8+10

Die betrieblich günstigste Anordnung von Vollportalkränen und Gleisen am Kai

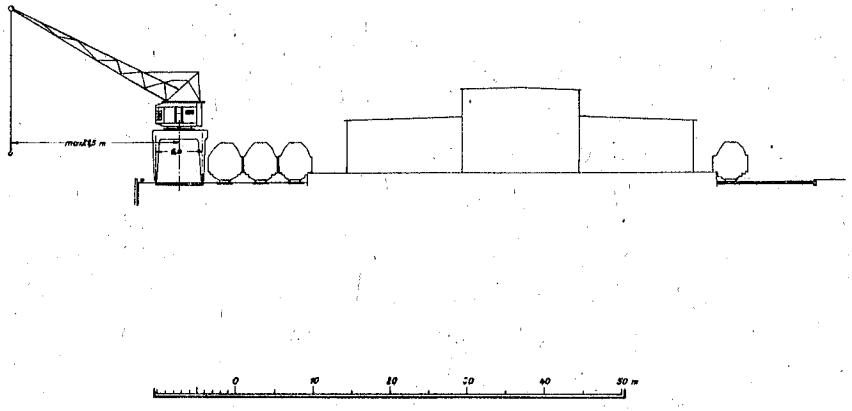
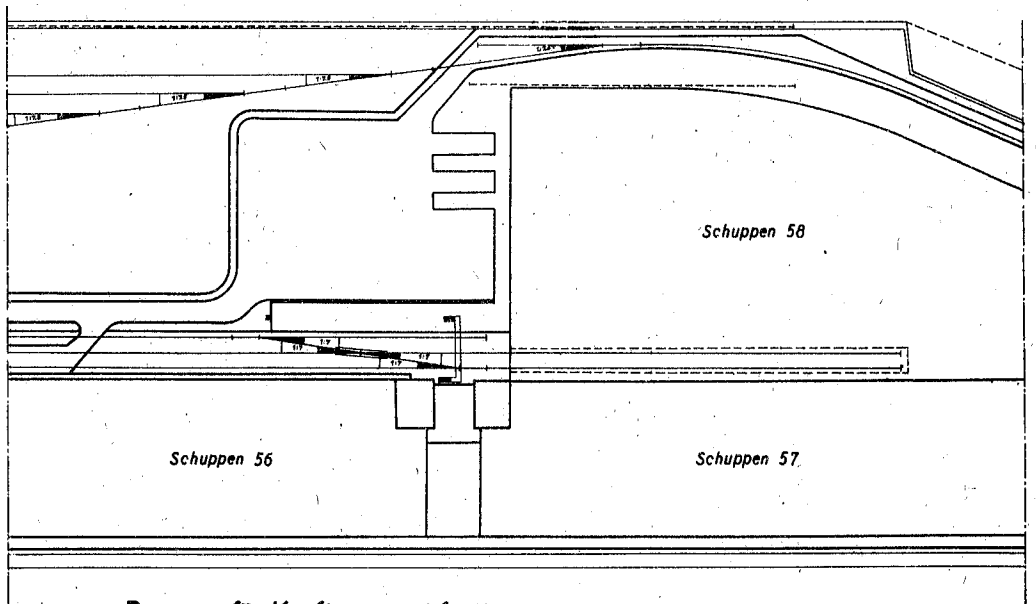


Abb.8



Rampen für Kraftwagenabfertigung an Kaischuppen

Abb. 10

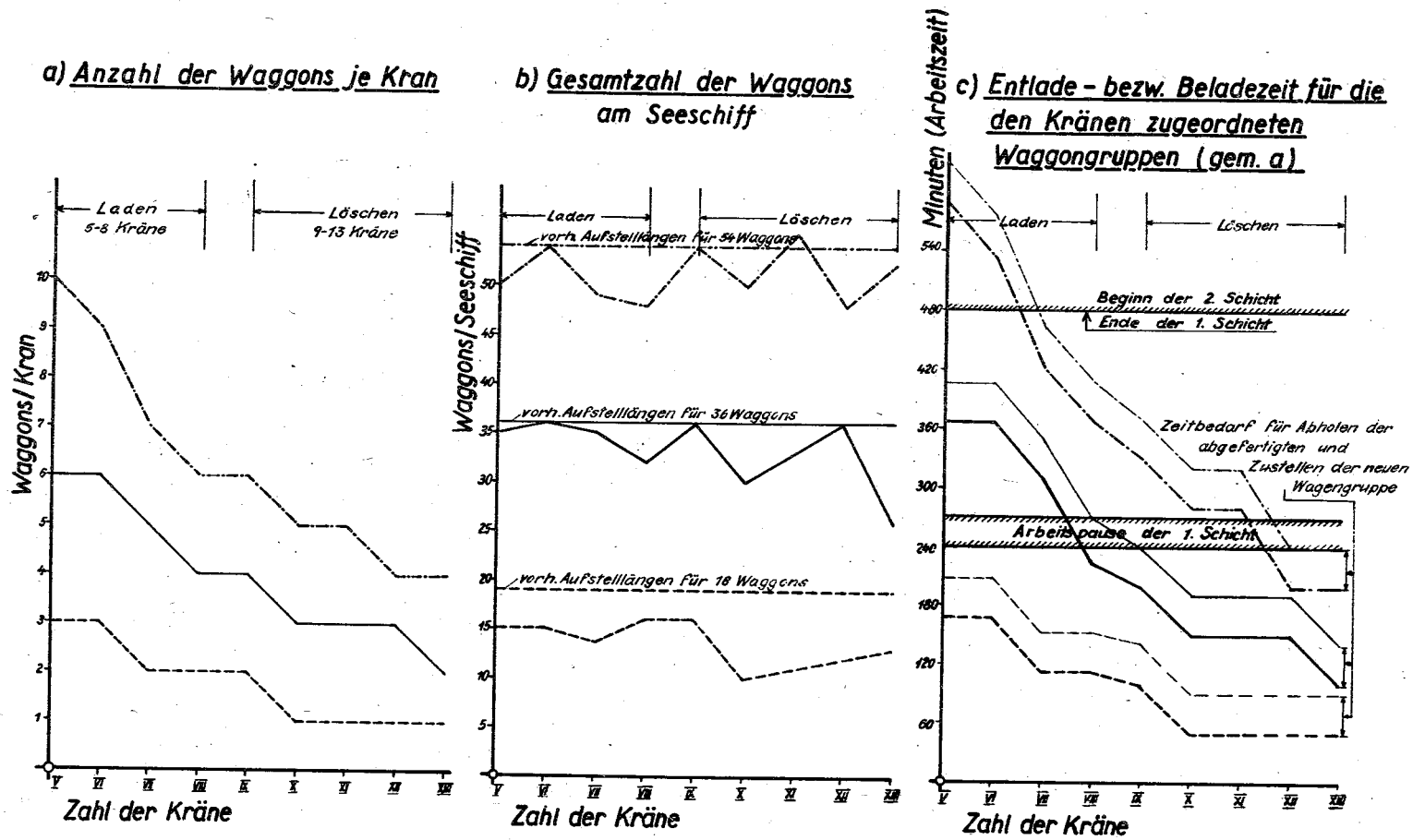


Abb.9
Beziehungen zwischen Kranzahl, Waggonzahl und Ladezeiten