

87 | 1961

## SCHRIFTENREIHE SCHIFFBAU

Maria Kirsch

Die Behandlung von Problemen der  
Schiffstheorie mit Hilfe eines  
elektronischen Rechenautomaten

**TUHH**

*Technische Universität Hamburg-Harburg*

Die Behandlung von Problemen der Schiffstheorie mit Hilfe eines elektronischen Rechenautomaten

M. Kirsch , Hamburg, Technische Universität Hamburg-Harburg, 1961

© Technische Universität Hamburg-Harburg  
Schriftenreihe Schiffbau  
Schwarzenbergstraße 95c  
D-21073 Hamburg

<http://www.tuhh.de/vss>

Institut für Schiffbau  
der Universität Hamburg

Inventar-Verz.-Nr. JFS Bericht No. 87

**MATHEMATIK  
TECHNIK  
WIRTSCHAFT**

HERAUSGEBER:

R. Inzinger, Wien  
E. Bukovics, Wien

unter Mitwirkung von:

L. Collatz, Hamburg  
J. Heinhold, München  
H. Hornich, Wien  
L. L. Ilieschko, Wien  
W. Knödel, Wien  
K. Laschtowiczka, Wien  
F. Mayer, Wien  
J. Pfanzagl, Köln  
F. Regler, Wien  
R. Sauer, München  
H. Sequenz, Wien  
E. Stiefel, Zürich  
A. Walthert, Darmstadt

SCHRIFTFLEITUNG:

E. Bukovics, Wien  
H. Zemanek, Wien



**SONDERDRUCK**

**8. Jahrgang 1961, Heft 4**

NAT 570  
 III NAT 551

Dr. R. Kirsch  
 Hamburg

DR.-ING. MARIA KIRSCH, HAMBURG<sup>1)</sup>

## Die Behandlung von Problemen der Schiffstheorie mit Hilfe eines elektronischen Rechenautomaten<sup>2)</sup>

Auf dem Gebiet der Schiffstheorie gibt es mannigfaltige Aufgaben, deren Bearbeitung einen so großen Rechen- und damit verbundenen Zeitaufwand erfordert, daß erst durch den Einsatz elektronischer Rechenautomaten an die Lösung dieser Probleme herangegangen werden kann. In der vorliegenden Veröffentlichung sollen diejenigen Fragen der Schiffstheorie kurz erläutert werden, deren Behandlung mit Hilfe der IBM 650 durch verschiedene Wissenschaftler im Institut für Schiffbau der Universität Hamburg zur Zeit erfolgt oder auch bereits abgeschlossen ist.

### Einleitung

In der Schiffstheorie unterscheidet man zwei große Gebiete: Das eine umfaßt den Fragenkomplex der Strömung um das Schiff und der damit verbundenen Größen und Vorgänge; dazu gehören die Bestimmung der Geschwindigkeit und des Widerstandes, des Einflusses beschränkter Wassertiefe oder -breite, die Ermittlung der Kräfte beim Überholen und Begegnen von Schiffen u. a. Die Probleme der Stabilität und Sicherheit der Schiffe gehören zu dem anderen Teilgebiet der Schiffstheorie.

Das Schwergewicht der Untersuchungen liegt im Institut für Schiffbau der Universität Hamburg auf der Behandlung von Strömungsaufgaben und den damit zusammenhängenden Fragen, während K. Knüpfner in Hannover umfangreiche Berechnungen der Stabilität und Sicherheit von Schiffen im Leckfall durchgeführt hat.

Es folgt nun eine kurze Skizzierung der vorliegenden Probleme. Die Tabelle am Schluß der Veröffentlichung gibt eine stichwortartige Zusammenfassung derselben.

### 1. Das Quell-Senken-Verfahren von Rankine

Wenn in einer Flüssigkeit eine einfache Translationsströmung herrscht, so wird diese verändert, wenn in die Flüssigkeit ein Körper gebracht wird, d. h. die Stromlinien, die bei einer Translationsströmung aus Geraden bestehen, werden verändert und nehmen einen gekrümmten Verlauf, da sie dem Hindernis, das in Form eines Körpers vorhanden ist, ausweichen müssen. Das gleiche Stromlinienbild kann man erzielen, indem man an Stelle des Körpers eine bestimmte Verteilung von Quellen und Senken oder Dipolen in der Flüssigkeit vornimmt. Man sagt dann, der betreffende Körper wird durch diese Verteilung erzeugt. Bezeichnet man die Stromlinien der Translationsströmung mit  $\psi_T$  und die Strom-

linien der Quell-Senkenströmung mit  $\psi_Q$ , so sind die Stromlinien des zusammengesetzten Strombildes

$$\psi = \psi_T + \psi_Q$$

Natürlich ergibt nicht jede beliebige Verteilung von Quellen und Senken einen bestimmten Körper. Dies ist nur dann der Fall, wenn die Stromlinie  $\psi = 0$ , aus welcher man die Ordinaten des Körpers ermittelt, eine geschlossene Form hat.

Das Verfahren zur Ermittlung von Körpern aus vorgegebenen Singularitätenverteilungen stammt von Rankine [1; 2]. Der einfachste Fall: eine Quelle und eine Senke gleicher Intensität in einer Transportströmung ist von Rankine behandelt worden. In der Ebene erhält man hieraus eine eiförmige geschlossene Kurve, ein Oval, nach Rankine auch Rankinesches Oval genannt; im Raum ergibt sich ein eiförmiger Rotationskörper, das Rankinesche Ovoid. Man kann in einer Flüssigkeit beliebig viele Quellen und Senken oder Dipole verteilen, bzw. sie kontinuierlich auf Achsen oder Flächen anordnen. Davon soll in den folgenden Abschnitten die Rede sein.

### 2. Die Erzeugung von Zylindern und Rotationskörpern aus Singularitätenverteilungen

In einer inkompressiblen, idealen Flüssigkeit hat die Gleichung der Stromlinie  $\psi = 0$  für bestimmte axiale Verteilungen in einer Transportströmung in normierter Form folgendes Aussehen:

$$(1) \quad C^* \int_{-1}^{+1} \frac{\eta(\xi)}{N} d\xi = 1$$

Mit  $\eta(\xi)$  ist die normierte Dipolverteilung bezeichnet; im Vorfaktor  $C^*$  ist das Maß für die Quellenintensität enthalten. Im ebenen Fall gilt

$$N = (x - \xi)^2 + \left(\frac{y}{a/b}\right)^2 \quad C^* = \frac{\kappa}{\pi} \frac{1}{a/b}$$

und im rotationssymmetrischen Fall

$$N = \left[ (x - \xi)^2 + \left(\frac{z}{a/b}\right)^2 \right]^{3/2} \quad C^* = \frac{\kappa}{2} \frac{1}{(a/b)^2}$$

<sup>1)</sup> Institut für Schiffbau der Universität Hamburg.

<sup>2)</sup> Erweiterte Fassung eines Kurzreferates, gehalten auf einem Kolloquium des Mathematischen Instituts für Angewandte Mathematik der Universität Hamburg am 2. 6. 1961; vergl. MTW VIII/4. (S. 169) u. d. T. Kolloquium „Austausch von Erfahrungsberichten, Probleme aus dem Bereiche des Hamburger Rechenzentrums.“

### 3. Singularitätenverteilungen auf Flächen

$\kappa$  ist ein Korrekturfaktor, der bewirkt, daß die Breite des Körpers exakt gleich  $2b$  wird;  $2a$  ist die Länge der Verteilung. Letztere Größe weicht etwas von der Länge des Körpers ab, d. h. die Körperlänge  $L$  ist etwas größer als die Verteilungslänge; im ebenen Fall ist der Unterschied zwischen diesen beiden Größen allerdings im Rahmen der Rechengenauigkeit nicht mehr feststellbar, so daß man setzen kann  $2a = L$ .

Aus der Gleichung (1) sind die Ordinaten  $x, y$  des Zylinderquerschnitts bzw. die Ordinaten  $x, z$  des Mittellängsschnitts des Rotationskörpers zu ermitteln.

Die tatsächlichen, nicht normierten Ordinaten sind  $ax, by$  und  $bz$ .

Die Dipolverteilung wird in Polynomform angenommen:

$$(2) \quad \eta = 1 - \sum_{m=1}^n a_m \xi^m$$

Die Ordinaten  $y$  bzw.  $z$  sind in Gleichung (1) nur implizit gegeben; ihre Berechnung erfolgt nach der Methode von Amtsberg [3], die im folgenden kurz skizziert werden soll.

Setzt man den Ausdruck (2) für die Dipolverteilung in Gleichung (1) ein, so kann man das Integral in eine Reihe von

Integralen  $\int_{-1}^{+1} \frac{\xi^m}{N} d\xi$  zerlegen, die sich geschlossen über  $\xi$

integrieren lassen. Man berechnet die Ordinaten  $y$  oder  $z$ , indem man das Intervall  $-1 \leq \xi \leq +1$  in genügend klein gewählte Teilintervalle aufteilt und jeweils einem bestimmten  $x$ -Wert mehrere  $y$ -Werte bzw.  $z$ -Werte zuordnet und die Ausdrücke

$$C^* \int_{-1}^{+1} \frac{(1 - \sum_{m=1}^n a_m \xi^m)}{N} d\xi$$

berechnet. Durch Interpolation bestimmt man den Wert  $y$  bzw.  $z$ , welcher die Gleichung (1) befriedigt. Die Ermittlung der Körperkontur erfolgt sehr schnell, wenn man die numerischen Werte der Integrale  $\int_{-1}^{+1} \frac{\xi^m}{N} d\xi$  in Tabellenform zur

Verfügung hat. Amtsberg hat in der genannten Veröffentlichung [3] diese Integrale für den Fall der Rotationskörper für  $0 \leq m \leq 12$  und  $a/b = 8$  tabelliert. Er weist fernerhin nach, daß durch einfache Ordinatenverschiebung die Tabellen auch für  $a/b \neq 8$  verwendbar sind. Bei der Durchführung von Berechnungen von Zylindern und Rotationskörpern im Institut für Schiffbau ergab sich die Notwendigkeit, die Tabellen von Amtsberg durch zahlreiche Zwischenwerte zu ergänzen und entsprechende Tabellen für Zylinder in großem Umfang anzulegen. Dies geschah zweckmäßigerweise mit Hilfe eines Elektronenrechners. Die Berechnung erfolgte auf der IBM 650 in zwei getrennten Programmen für Zylinder und Rotationskörper. Hierfür wurde insgesamt etwa 600 Speicherplätze benötigt und die Unterprogramme  $\arctg x, \ln x, \sqrt{x}$ . Es ist ersichtlich, daß die Kapazität der Maschine mit 2000 Speicherplätzen für die Rechnungen gar nicht voll ausgenutzt wurde. Jedoch ist der Gewinn an Zeit und Arbeitskraft infolge Benutzung eines Rechenautomaten beträchtlich. Die

Ergebnisse dieser Rechnung, die Größen  $\int_{-1}^{+1} \frac{\xi^m}{N} d\xi$  liegen

für den symmetrischen Fall  $y(-x) = y(+x)$ , bzw.  $z(-x) = z(+x)$  in den Veröffentlichungen [4; 5] in Tabellenform vor und sind in erweiterter Form im Institut für Schiffbau vorhanden. Die Tabellen können auch zur Berechnung der Geschwindigkeit in beliebigen Punkten der Strömung und am Körper benutzt werden.

Während durch axiale Verteilungen Zylinder oder Rotationskörper erzeugt werden, entstehen durch Singularitätenverteilungen auf Flächen allgemeine, dreidimensionale Körper. Die Bestimmung derartiger Körper stößt auf erhebliche Schwierigkeiten, da in diesem Fall die Stromlinien nicht durch geschlossene, analytische Ausdrücke gegeben sind. Deshalb muß von dem Geschwindigkeitspotential ausgegangen werden, das durch geschlossene Integrationen bestimmt wird. Der Verlauf der Stromlinien wird numerisch ermittelt und aus den Stromlinien auf die Körperform geschlossen. Vorausgesetzt wird wieder eine inkompressible, ideale Flüssigkeit. Als einfachste Verteilungen werden Quell-Verteilungen in einer Ebene, nämlich der  $xz$ -Ebene, senkrecht zur freien Oberfläche, angenommen, für welche der Polynomansatz

$$m = \sum_{i=1}^{l,n} a_i \xi^i (1 - b_j |\xi|^j) \text{ gilt. Für die freie Oberfläche}$$

gelten die Bedingungen, daß die freie Oberfläche eine Stromlinienfläche ist und daß der Druck auf ihr gleich dem atmosphärischen Druck ist. Zunächst werden die Komponenten der Strömungsgeschwindigkeit  $\Phi_x, \Phi_y, \Phi_z$ , bestimmt, danach die Differentialgleichung der Stromlinien

$$(3) \quad dx : dy : dz = \Phi_x : \Phi_y : \Phi_z$$

mit Hilfe des Runge-Kutta-Verfahrens integriert; man erhält daraus die Ordinaten  $x, y, z$  einer bestimmten Stromlinie. Um festzustellen, ob tatsächlich eine Stromlinie  $\psi = 0$  vorliegt, — die Gesamtheit der Stromlinien  $\psi = 0$  bildet eine Stromlinienfläche und charakterisiert die Körperkontur, — muß geprüft werden, ob die betreffende Stromlinie durch die Staupunkte geht.

Diese ursprünglich von Inui [6] angestellten Überlegungen und Untersuchungen sind im Institut für Schiffbau aufgegriffen und weiterentwickelt worden. Unter Leitung und auf Anregung von K. Eggers hat P. Thomsen [7] die Stromlinien für zwei verschiedene, auf einer Rechteckfläche  $-1 \leq \xi \leq +1$ ;  $-0,2 \leq \zeta \leq +0,2$  angeordnete Verteilungen berechnet. Es sind dies die beiden Fälle

$$(4) \quad \begin{aligned} m &= a_1 \xi \text{ und} \\ m &= a_1 \xi (1 - b_1 |\xi|) \end{aligned}$$

mit  $a_1 = 0,8$  in beiden Fällen und  $b_1 = 5,0$ .

Zu beachten ist, daß  $\zeta = 0$  die Ebene der freien Oberfläche darstellt, durch die genannten Verteilungen also nicht der bis zur Flüssigkeitsoberfläche getauchte Körper berechnet wird, sondern der durch Spiegelung an der freien Oberfläche erzeugte Doppelkörper. Die erste der Verteilungen (4) stellt eine auf der  $x$ -Achse lineare Quellverteilung dar, der eine parabolische Dipolverteilung entspricht; die Verteilung ist über die Höhe des Rechtecks, also für  $-0,2 \leq \zeta \leq +0,2$  konstant. Die zweite der gewählten Quellverteilungen ist ebenfalls in Richtung der  $x$ -Achse linear, aber über die Tiefe nicht konstant, vielmehr nimmt sie von  $\zeta = 0$  ausgehend nach beiden Seiten hin linear ab und für  $\zeta = \pm 0,2$  verschwindet die Quellintensität völlig.

Die verschiedenen, im Rahmen dieser Aufgabe notwendigen Rechnungen hat P. Thomsen im Math. Seminar auf der IBM 650 durchgeführt. Er benötigte hierfür etwa 1000 Speicherplätze und die Unterprogramme für  $\sqrt{x}, \arctg x$  und  $\ln x$ .

Gegenwärtig werden weitere Rechnungen im Institut für Schiffbau durchgeführt von S. D. Sharma in Zusammenarbeit mit K. Eggers. Die Dipolverteilung auf der Rechteckfläche ist in  $x$ -Richtung parabolisch und über die Tiefe des Rechtecks konstant. Derselbe Fall mit gleichen Aufmaßen ist bereits von Inui in der genannten Untersuchung [6] behandelt worden, aber durch Verfeinerung der Rechenmethoden und exakte Bestimmung des Staupunktes ist es S. D. Sharma ge-

lungen, genauere Ergebnisse zu erzielen. Im Zusammenhang mit diesen Rechnungen ergaben sich auch verschiedene, sehr interessante Einzelheiten und neue Erkenntnisse. Nähere Angaben werden in der von S. D. Sharma geplanten Veröffentlichung erfolgen. In die Rechnung gehen folgende Parameter ein: das Verhältnis  $a/b$  und die Höhe  $2T$  der Rechteckfläche;  $2a$  ist die Länge der Verteilung in  $x$ -Richtung, d. h. die Länge des Rechtecks und die Größe  $2b$ , in welcher das Maß für die Quellintensität enthalten ist, kann in guter Näherung gleich der Breite des Körpers gesetzt werden. Diese Körper, die durch bestimmte Verteilungen auf Rechteckflächen erzeugt werden, heißen nach ihrem Urheber Inui, der sie als erster berechnet hat, Inui-Körper. Ihre Form ist dadurch charakterisiert, daß sie keinen geraden Kiel haben, d. h. daß ihr Tiefgang über die Länge variabel und somit eine Funktion von  $x$ , und zwar eine nichtlineare Funktion von  $x$  ist. Während die Länge eines Inui-Körpers ungefähr gleich der entsprechenden Verteilungslänge ist, erhält man für den Tiefgang in der Mitte etwa den Wert  $2T$ , was der doppelten Tauchtiefe des Rechtecks entspricht; an den Körperenden dagegen ist der Tiefgang ungefähr gleich  $T$ . Somit sind für die Inui-Körper „durchhängende Bäume“ charakteristisch (Abb. 1). Soviel

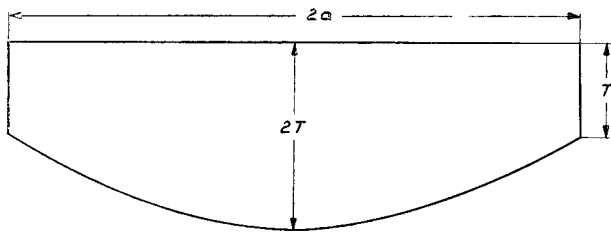


Abb. 1. Skizze eines Inuikörpers im Längsschnitt

über das Aussehen der Inui-Körper. Für die Berechnung eines derartigen Körpers auf einem Elektronenrechner benötigte S. D. Sharma rund 1500 Speicherplätze und die gleichen Unterprogramme wie P. Thomsen.

#### 4. Wellenwiderstandsberechnungen.

Die Erzeugung von Körperformen aus vorgegebenen Singularitätenverteilungen, die in den vorhergehenden Abschnitten kurz erläutert wurde, ist kein Selbstzweck, sondern dient dazu, durch anschließende Berechnungen der Geschwindigkeit und des Widerstandes diejenigen Körperformen herauszufinden, die bei bestimmten, geforderten Geschwindigkeiten den geringsten Widerstand aufweisen, d. h. gewisse Optimalformen aufzustellen.

Im Folgenden soll von einem wichtigen Widerstandsanteil, nämlich dem Wellenwiderstand die Rede sein, dessen Berechnung auf der Singularitätenverteilung basiert. Die Theorie des Wellenwiderstandes dünner Schiffe stammt von Michell [8]. Durch namhafte Wissenschaftler ist diese Theorie weiterentwickelt und ausgebaut worden. Doch hier soll kein historischer Überblick gegeben werden. Wir beschränken uns deshalb auf die Tatsachen, die mit den Rechnungen in Zusammenhang stehen, die auf diesem Gebiet vom Institut für Schiffbau auf elektronischen Rechenautomaten ausgeführt worden sind. Weinblum hat in verschiedenen Untersuchungen die Michellsche Theorie weiterentwickelt und in einer Arbeit über den Wellenwiderstand von Rotationskörpern [9] den entscheidenden Anstoß zur allgemeinen numerischen Auswertung des Michellschen Widerstandsintegrals gegeben. In einer weiteren Veröffentlichung [10] dehnt G. Weinblum dies Verfahren von den Rotationskörpern auf vereinfachte Schiffformen aus.

Hier soll keine ausführliche Beschreibung der Methode erfolgen, die in der genannten Literatur sehr klar dargelegt

ist, sondern nur ganz kurz gesagt werden, daß Weinblum das Michell-Integral für den Wellenwiderstand aus Funktionen  $\mathfrak{M}_{ij}$  aufbaut, Integralausdrücken, die von dem Verhältnis

$K = \frac{2T}{L}$  abhängen ( $L$  ist die Länge,  $T$  der Tiefgang des Kör-

pers) und von der Froudeschen Zahl. Im Falle der Rotationskörper ist der Wellenwiderstand eine Funktion der entsprechenden Singularitätenverteilung und im Falle vereinfachter Schiffformen eine Funktion der Spantflächenkurve und der Form des Hauptspants. Zur Erklärung sei kurz hinzugefügt, daß die Querschnitte eines Schiffes senkrecht zu seiner Länge als Spantflächen bezeichnet werden, die größte Querschnittsfläche als Hauptspant. Die Spantflächenkurve gibt die Werte der einzelnen Spantflächen als Funktionen der Länge; sie ist ebenso wie die Spantflächen im allgemeinen nicht durch einen geschlossenen analytischen Ausdruck gegeben. Zur Ermittlung des Wellenwiderstandes werden die Spantflächenkurve und das Hauptspant durch Polynome angenähert; die Singularitätenverteilung für die Rotationskörper wird ebenfalls, wie in den vorhergehenden Abschnitten dargelegt, in Form von Polynomen angenommen. Man hat somit die Polynome  $X(\xi) = 1 - \sum_{m=1}^n a_m \xi^m$  für die normierte

Spantflächenkurve und  $Z(\zeta) = 1 - e^\zeta \zeta^4$  für das normierte Hauptspant.

In das Integral für den Wellenwiderstand gehen die Quadrate dieser Polynome ein. Die Bezeichnung  $\mathfrak{M}_{ij}(s, t, K, \gamma_0)$  bedeutet, daß die Funktion  $\mathfrak{M}_{ij}$  von den Kombinationen  $\xi^i \xi^j$  und  $\zeta^s \zeta^t$  abhängt, wobei für  $s$  und  $t$  nur die Zahlen 0 oder 4 in Frage kommen; es ist  $K = \frac{2T}{L}$  und  $\gamma_0 = \frac{1}{2F^2}$  mit  $F$  als der Froudeschen Zahl.

Die Funktionen  $\mathfrak{M}_{ij}$  sind seinerzeit im Bureau of Standards in Washington und Ergänzungen späterhin in Göttingen mit Rechenautomaten für verschiedene Werte  $i, j$  und  $K$  und für  $0,5 \leq \gamma_0 \leq 15$  berechnet worden. Für Wellenwiderstandsberechnungen, die im Institut für Schiffbau durchgeführt werden sollten, ergab sich die Notwendigkeit, diese Tabellen der  $\mathfrak{M}_{ij}$ -Funktionen weiterhin zu ergänzen. Es sind von G. Wittkopp folgende Fälle programmiert und auf der IBM 650 gerechnet worden:  $ij = 12, 22, 23, st = 04, 44, K = 0,2; 0,1; 0,06$  und  $0,5 \leq \gamma_0 \leq 15$ . Für das Programm wurden ungefähr 300 Speicherplätze benötigt und die Unterprogramme  $\sin x, \cos x, e^x, \sqrt{x}$ .

Die Berechnung des Wellenwiderstandes von Wulstschiffen ist im Institut für Schiffbau von A. Kracht in Angriff genommen worden. Der Wulst wird analytisch durch einen Einzeldipol ausgedrückt. Die Singularitätenverteilung, durch welche ein bestimmter Körper mit Wulst erzeugt wird, besteht demnach in der Kombination einer axialen, kontinuierlichen Dipolverteilung mit einem Einzeldipol. Analog den Funktionen  $\mathfrak{M}_{ij}$  hat A. Kracht Funktionen  $\mathfrak{M}_{iD}$  aufgestellt, welche in normierter, dimensionsloser Form die von den Kombinationen  $\xi^i$  mit einem Einzeldipol abhängigen Werte ergeben. Zusätzlich zu den Parametern, die bei den Wellenwiderstandsberechnungen ohne Einzeldipole benötigt werden, waren erforderlich die Angaben über die Lage des Dipols der Länge und Tiefe nach. Das Programm zur Bestimmung der Funktionen  $\mathfrak{M}_{iD}$  erforderte etwa 1000 Speicherplätze und die gleichen Unterprogramme wie die Berechnung der Funktionen  $\mathfrak{M}_{ij}$ .

Mit Hilfe der tabellierten  $\mathfrak{M}_{iD}$ -Funktionen hat A. Kracht verschiedene konkrete Fälle berechnet, für welche dann noch das Dipolmoment und der Schärfegrad  $\varphi$  des betreffenden Schiffes vorgegeben sein mußten. Unter dem Schärfegrad  $\varphi$  ist das Verhältnis der Verdrängung des Schiffes zu dem umschriebenen Zylinder zu verstehen oder, anders aus-

gedrückt der Völligkeitsgrad der Spantflächenkurve:  $\varphi = \frac{V}{F_{\text{H}} \cdot L}$ . Es bedeuten  $V$  die Verdrängung,  $L$  die Länge und  $F_{\text{H}}$  die Hauptspantfläche des Schiffes bis zur Schwimmlinie, d. h. bis zur Höhe der Flüssigkeitsoberfläche. Das Ergebnis der Rechnungen war der Wellenwiderstand in normierter, dimensionsloser Form  $R^*$ . Die Rechnungen wurden ebenfalls auf der IBM 650 durchgeführt und dabei 1000 Speicherplätze mit dem Programm belegt. Die Auflösung einiger Gleichungssysteme erfolgte mit Hilfe des Unterprogrammes für Matrizen.

Den Gang der Untersuchungen und die Ergebnisse hat A. Kracht in einem nichtveröffentlichten Institutsbericht niedergelegt [11].

## 5. Der Einfluß beschränkter Wassertiefe

Hinsichtlich der Geschwindigkeit und des Widerstandes von Schiffen ist es sehr wichtig, den Einfluß beschränkter Wassertiefe auf diese Größen zu kennen. Zu diesem Zweck sind theoretische Untersuchungen im Institut für Schiffbau angestellt worden. Vorausgesetzt wurde eine inkompressible, ideale Flüssigkeit der Tiefe  $h$ . Berechnet wurden für einige Rotationskörper die Zusatzgeschwindigkeiten in einzelnen Körperpunkten. Aus der Höhe der Geschwindigkeitszunahme im Flachwasser gegenüber unbegrenzter Flüssigkeit kann auf die Widerstandserhöhung infolge begrenzter Wassertiefe geschlossen werden. Die Untersuchung erstreckte sich auf einige Rotationskörper als Näherung für konkrete Schiffformen, um eine analytische Behandlung zu ermöglichen. Ausgegangen wurde nicht von den Körpern selbst, sondern von den entsprechenden Singularitätenverteilungen. Zu ermitteln waren das Geschwindigkeitspotential und die Zusatzgeschwindigkeit in  $x$ -Richtung  $\Delta u_x$ . Die Berechnung erfolgte nach dem Spiegelungsprinzip, d. h. durch unendlich häufige Spiegelung des Körpers und der umgebenden Strömung an den Wänden. Vorher war der halb getauchte Rotationskörper durch Spiegelung an der freien Oberfläche zu einem vollen Rotationskörper in einer Strömung zwischen 2 Wänden mit dem Abstand  $2h$  ergänzt worden (Abb. 2).

Auf Grund dieser Methode ergaben sich für die Zusatze-

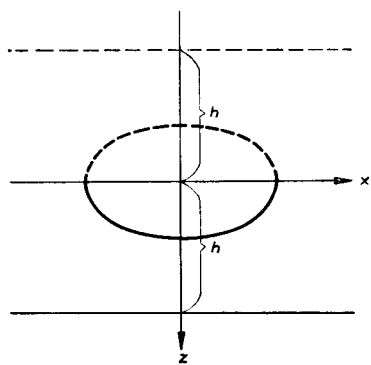


Abb. 2. Spiegelung eines Halbkörpers in Flachwasser an der freien Oberfläche

geschwindigkeit unendliche Reihen, die mit Hilfe der IBM 650 berechnet wurden. Dabei gingen folgende Größen in die Rechnung ein: das Verhältnis der Wassertiefe zur halben Körperbreite  $h/b$ , das Verhältnis der halben Verteilungslänge zur halben Körperbreite  $a/b$ , die Verteilung und die Koordinaten  $x, y, z$  der Körperpunkte, in welchen die Zusatzgeschwindigkeit zu ermitteln war. Die Ergebnisse sind die Zusatzgeschwindigkeiten in normierter, dimensionsloser Form  $\frac{\Delta u_x}{u_0}$ , wobei  $u_0$  die Translationsgeschwindigkeit ist. Durch

das hierfür aufgestellte Programm, einschließlich Daten wurden etwa 750 Speicherplätze belegt und die Unterprogramme  $\sqrt{x}$ ,  $\ln x$  und  $\Re \sin x$  benötigt.

Für  $h/b$  wurde der Bereich  $2 \leq h/b \leq 10$  gewählt, für  $a/b$  der Bereich  $6 \leq a/b \leq 12$ .

Die Ergebnisse und der Rechnungsgang sind in der Arbeit [12] ausführlich dargelegt.

## 6. Zwei Kreiszyylinder in Scherströmung

Zur numerischen Auswertung einer Arbeit von Nigam [13] hat K. Wieghardt im Institut für Schiffbau das Problem zweier Kreiszyylinder in Scherströmung programmieren lassen. Gesucht sind die Kräfte, welche die beiden Zylinder aufeinander ausüben. Es handelt sich hierbei um einen stationären Vorgang; zu berechnen sind unendliche Reihen; Ausgangsgrößen sind die konstante Rotation, die Radien der Zylinder  $r_1$  und  $r_2$  und ihr Abstand voneinander.

Für die Rechnung werden 350 Speicherplätze auf der IBM 650 benötigt und die Unterprogramme  $\sin x$ ,  $\cos x$  und  $e^x$ .

## 7. Begegnen und Überholen zweier Körper

Es wird das Begegnen und Überholen zweier Körper als instationärer Vorgang betrachtet. Gesucht sind die Kraftwirkungen, welche die beiden Körper aufeinander ausüben. Die beiden Körper werden durch entsprechende Quellbelegungen auf der Oberfläche dargestellt. Nach ihrer Ermittlung aus einem System zweier gekoppelter Fredholmscher Integralgleichungen kann man nach Sätzen von Lagally [14] und Cummins [15] die Kräfte und Momente der beiden Körper aufeinander berechnen.

Wegen der Kompliziertheit der numerischen Auswertung des Problems hat G. Collatz, der diese Aufgabe bearbeitet, sich zunächst auf den ebenen Fall zweier Ellipsen beschränkt. Vorgegebene Größen sind ihre Geschwindigkeiten  $u_1$  und  $u_2$ , ihre Achsenverhältnisse  $a_1/b_1$  und  $a_2/b_2$  und ihre augenblickliche Lage zueinander. Die Quellverteilungen, die Kräfte und Momente zwischen den beiden Ellipsen werden mit Hilfe der IBM 650 berechnet. Benötigt werden die Unterprogramme  $\sin x$ ,  $\cos x$ ,  $e^x$ ,  $\ln x$ ,  $\sqrt{x}$ ,  $\sin x$ ,  $\cos x$  und das Matrizenprogramm, sowie die volle Speicherkapazität mit 2000 Speicherplätzen.

Die Theorie und die Ergebnisse des ersten Teils der Aufgabe hat G. Collatz in der Arbeit [16] dargelegt.

## 8. Hydrodynamische Stöße auf elastische Böden

Von großem schiffbaulichem Interesse sind die Fragen nach den Belastungen und Verformungen, die beim Aufschlagen des Bugs auf das Wasser im Seegang auftreten. Untersuchungen auf diesem Gebiet hat K. Meyerhoff angestellt. Behandelt wird zunächst das ebene Problem. Vorgegeben sind das Modell insgesamt und folgende Daten der Bodenplatte, die als elastisch betrachtet wird: Material und Blechstärke, die Breite, die Kielung, die Art der Lagerung und die Auftreffgeschwindigkeit. Gesucht sind der gesamte Bewegungsablauf beim Eintauchen der Bodenplatte, die Druckverteilung am Boden, die Verformungen der Bodenplatte und die dabei auftretenden Spannungen.

Als Erstes ist die Druckverteilung am Boden zu ermitteln. Ausgegangen wird von der Lösung von Wagner [17] für den starren Boden. Zu ermitteln ist die Änderung des Wasserdrucks infolge der zeitlich veränderlichen, elastischen Verformungen der Bodenplatte gegenüber dem Wasserdruck bei Annahme einer starren Platte. Diese Änderung wird be-

schrieben durch eine unendliche Reihe, deren Koeffizienten sich aus der Fourierreiheentwicklung der Beschleunigung ergeben.

Aus dem Druck ist dann der Bewegungsablauf der Platte mit Hilfe des Reihenansatzes der Eigenschwingungsform zu ermitteln. Die besondere Schwierigkeit des Problems liegt darin, daß die Beschleunigungen zwar Funktionen des äußeren Druckes sind, aber gleichzeitig das Druckfeld modifizieren. Daher ist es nur möglich, den Druck mit Hilfe eines unendlichen, linearen Gleichungssystems zu berechnen.

Der Rechenaufwand bei der Lösung dieses Problems ist enorm groß. Wegen der auf 2000 Speicherplätze beschränkten Kapazität der IBM 650 ist eine Unterteilung in fünf Teilprogramme für je 2000 Speicherplätze notwendig. Benötigt werden die Unterprogramme  $\sin x$ ,  $\cos x$ ,  $\sin x$ ,  $\cos x$ ,  $\arcsin x$ ,  $\arctg x$  und vor allem das Matrizenunterprogramm. Einen ersten Institutsbericht, der noch bei weitem nicht abgeschlossenen Untersuchung, hat K. Meyerhoff in der Arbeit [18] niedergelegt.

## 9. Nichtlinearer Energieaustausch innerhalb eines Seegangsspektrums.

Für die Schifffahrt und die damit zusammenhängenden Fragen der Schiffsicherheit und Stabilität ist es sehr wichtig, Voraussagen über Seegangsverhältnisse machen zu können. Die Ermittlung eines Seegangs, der durch ein bestimmtes Windfeld erzeugt wird, ist ein sehr umfassendes Gebiet; viele verschiedene Faktoren spielen dabei eine Rolle, sodaß die Bearbeitung in Details erfolgen muß. Ein wichtiges Problem, das von K. Hasselmann untersucht wird, ist die Frage nach dem nichtlinearen Energieaustausch innerhalb eines Seegangsspektrums. Für ein vorgegebenes Wellenspektrum ist aus einer nichtlinearen Integro-Differentialgleichung die zeitliche Änderung des Energiespektrums zu ermitteln. Die numerische Auswertung erfolgte mit Hilfe der IBM 650, deren volle Speicherkapazität mit 2000 Speicherplätzen benötigt wurde. Benutzt wurden auch die Unterprogramme  $e^x$ ,  $\sin x$ ,  $\cos x$ ,  $\sqrt{x}$ . Nähere Ausführungen hat K. Hasselmann in einem Vortrag [19] auf der „Conference of Ocean Wave Spectra, Washington, Mai 1961“ gemacht. Dieser Vortrag soll in Kürze veröffentlicht werden. Teilergebnisse sind bereits in der Arbeit [20] von K. Hasselmann zu finden.

## 10. Pantokarenen für lecke Schiffe

Hier soll noch kurz die Rede sein von einem Problem, das zu dem großen Gebiet der Schiffsicherheit und Stabilität gehört. Um die Stabilität eines Schiffes in verschiedenen Situationen bestimmen zu können, muß man Kenntnis haben von den Kräften und Momenten, die auf das Schiff in der gegebenen Lage einwirken. Die aufrichtenden und krängenden Momente sind einander gegenüberzustellen. Zur Ermittlung der aufrichtenden Momente gibt es eine Menge von Rechenverfahren, auf die hier aber nicht weiter eingegangen werden soll. Bemerkenswert ist jedoch, daß nicht die Momente selbst berechnet werden sondern ihre Hebel; dabei wird als Endergebnis der Hebel bezogen auf die Achse durch den Gewichtsschwerpunkt des Schiffes; d. h. der Hebel ist gleich dem Abstand des Auftriebsvektors von dem Gewichtsschwerpunkt. Vorher erhält man im Laufe der Rechnung den Abstand des Auftriebsvektors vom Kielpunkt K des Schiffes; letztere Abstände heißen Pantokarenen. Sie werden als Funktionen der Verdrängung mit dem Krängungswinkel  $\varphi$  als Parameter dargestellt. Ihre Ermittlung, ebenso wie die Berechnung des Kurvenblattes, d. h. derjenigen Größen, die von der Form des Schiffes abhängen, erfordert einen erheblichen numerischen Aufwand. Deshalb ist es gerade für die Praxis der Werften von erheblichem Interesse, daß K.

Knüpffer Programme zur Ermittlung dieser Größen entworfen und für verschiedene Schiffstypen Berechnungen durchgeführt hat, zum überwiegenden Teil auf der elektronischen Rechenanlage in Hannover, z. T. aber auch im Math. Institut Hamburg auf der IBM 650. Die Ergebnisse sind von K. Knüpffer in [21] veröffentlicht. In Weiterführung dieser Arbeiten beschäftigt sich H. Söding unter Leitung von K. Knüpffer mit der Programmierung und Berechnung der Pantokarenen für lecke Schiffe, nachdem zunächst nur der Fall des heilen Schiffes erfaßt worden war. Ergänzend ist zu sagen, daß K. Knüpffer bereits umfangreiche Leckrechnungen mit Hilfe einer elektronischen Rechenanlage durchgeführt hat, deren Ergebnisse ebenfalls in [21] zu finden sind. Das Programm von H. Söding erfordert 2000 Speicherplätze und die Unterprogramme  $\sin x$  und  $\cos x$ . Vorgegeben müssen sein der Spantenriß des Schiffes, und zwar in einzelne Punkte aufgemessen, d. h. die Koordinaten dieser Punkte und die Koordinaten des Leckraumes.

## Schlußbetrachtung

Das Ziel des vorliegenden Berichtes ist es, dem Leser einen Einblick zu geben in die verschiedenen Probleme der Schiffstheorie, deren Bewältigung wegen des anfallenden großen Rechenaufwandes erst durch den Einsatz elektronischer Rechenautomaten möglich ist. Die einzelnen Probleme sind kurz erläutert; bei den bisher nicht im Druck erschienenen Untersuchungen ist die Darstellung bewußt knapp gehalten, um den Veröffentlichungen der Wissenschaftler, die das betreffende Problem bearbeiten, nicht vorzugreifen. Auf die eigentlichen Programmierarbeiten und die speziellen Schwierigkeiten, die bei der Programmierung der einzelnen Probleme auftreten, ist im Rahmen der vorliegenden Veröffentlichung nicht eingegangen, da derartige Beschreibungen den Umfang dieses Berichtes bedeutend erweitert hätten. Die Angabe der erforderlichen Unterprogramme und der Anzahl der benötigten Speicherplätze mag als kleiner Hinweis in dieser Richtung genügen. Auch über die notwendigen Rechenzeiten ist nichts ausgesagt worden, da diese von der Anzahl der zu berechnenden Fälle abhängen; über die noch in Arbeit befindlichen Angaben läßt sich in dieser Hinsicht noch gar keine Aussage machen. Aus den gemachten Angaben läßt sich aber vielleicht doch ahnen, welche Arbeits- und Zeitersparnis die Benutzung einer elektronischen Rechenanlage bedeutet, wenn auch zu erkennen ist, daß eine Speicherkapazität von 2000 Speicherplätzen in vielen Fällen nicht oder nur knapp ausreicht.

Zwecks numerischer Auswertung der von W. H. Isay aufgestellten Theorie der Unterwassertragflügel in endlich tiefem Wasser [22] werden zur Zeit im Institut für Schiffbau umfangreiche Programmierarbeiten durchgeführt. Wegen der Größe des Rechenaufwandes und der Vielzahl der vorgegebenen Ausgangsgrößen ist die Speicherkapazität von 2000 Speicherplätzen bei weitem nicht ausreichend und eine Programmierung in einzelnen Teilen erforderlich. Jedoch läßt sich gegenwärtig noch gar nichts über den notwendigen Umfang der Rechnungen und die Ergebnisse sagen.

Zum Schluß obliegt mir die angenehme Pflicht, im Namen aller genannten Wissenschaftler des Instituts für Schiffbau der Deutschen Forschungsgemeinschaft den Dank auszusprechen für die großzügige Förderung, in deren Rahmen uns auch die Benutzung der IBM 650 im Institut für Angewandte Mathematik der Universität Hamburg unter Leitung von Herrn Direktor Prof. Dr. Collatz ermöglicht ist. Unser besonderer Dank gilt auch allen hier nicht einzeln genannten Mathematikern an der elektronischen Rechenanlage, die uns bei der Programmierung unserer Probleme und der Benutzung der Rechenanlage hilfreich mit Rat und Tat zur Seite stehen.



## Probleme der Schiffstheorie, die mit Hilfe der IBM 650 bearbeitet werden

Definition des Problems	analytische Darstellung	Parameter	Speicherplätze	Unterprogramme	Ergebnisse
Körperformen aus Singularitätenverteilungen a) Zylinder- und Rotationskörper  b) Inui-Körper (dreidimensional)	Stromlinien $\psi = 0$  Bestimmung des Potentials und der Stromlinien (Runge-Kutta)	die verschiedenen Potenzen $\xi^n$ der Verteilungen, $a/b$ , $x$ , $y$ bzw. $x$ , $z$  Verteilung: $a/b$ , $T$ , $x$	400 Inst. 150 Daten  900 Inst. 600 Daten	$\text{arc tg}$ , $\ln$ , $\sqrt{\quad}$  $\text{arc tg}$ , $\ln$ , $\sqrt{\quad}$	$\int_N^{\xi^n} d\xi$ zur graph. Ermittlung der Körperkonturen und der Geschwindigkeiten  die Ordinaten $y$ , $z$ , des Körpers und die Geschwindigkeitsverteilung
Wellenwiderstand (dimensionslos, normiert)	$R^* = \int_{\gamma_0}^{\infty} f(\gamma) J^{*2}(\gamma) d\gamma$  $J^*(\gamma) = \Phi(\vartheta) S(\gamma)$	Polynome $X(\xi)$ , $Z(\xi)$ ; $K = \frac{2T}{L}$ ; $\gamma_0 = \frac{1}{2F^2}$ ; $\vartheta = K \frac{\gamma^2}{\gamma_0}$	250 Inst. 50 Daten	$\sin$ , $\text{ex}$ , $\sqrt{\quad}$	die Funktionen $\mathfrak{M}_{ij}$ , die in tabellierter Form die Grundlage für die Berechnung des Wellenwiderstandes bilden
Michellsche Widerstandsintegrale mit Einzeldipol; dazu konkrete Fälle	Widerstandsintegral und Einzeldipol	zusätzl. Parameter für Dipol: Tauchtiefe und Lage der Länge nach für konkrete Fälle: $\varphi$	1000 +100C	$\sin$ , $\cos$ , $\sqrt{\quad}$ ; $\text{ex}$ ; Matrizen	$\mathfrak{M}_{iD}$ $R^*$ = normierter, dimensionsloser Wellenwiderstand
Einfluß beschränkter Wassertiefe	Potential der Zusatzgeschwindigkeit nach dem Spiegelungsprinzip	$a/b$ , $h/b$ , Koordinaten $x$ , $y$ , $z$ und die Verteilung	650 Inst. 80 Daten	$\sqrt{\quad}$ , $\ln$ , $\text{Ar Sin}$	$\Delta u_x$ in einzelnen Punkten der Strömung
2 Kreiszyylinder in Scherströmung	unendliche Reihen	konst. Rotation, Abstand und Radien der Zylinder	300 Inst. 50 Daten	$\text{Sin}$ , $\text{Cos}$ , $\text{ex}$	Anziehungskräfte
Begegnen, Überholen zweier Körper (instationärer Vorgang)	System von 2 Fredholm'schen Integralgleichungen; Bestimmung der Quellbelegung auf beiden Körpern gleichzeitig	$u_1/u_2$ ; Abstand $d$ , $a_1/b_1$ ; $a_2/b_2$	2000	$\sin$ , $\cos$ , $\text{ex}$ , $\ln$ , $\sqrt{\quad}$ ; $\text{Sin}$ , $\text{Cos}$ , Matrizen	die Kräfte zwischen den beiden Körpern
hydrodynamische Stöße auf elastische Böden	Unendl. Gleichungssystem	Auftreffgeschwindigkeit; Abmessungen der Bodenplatte (Kielung, Lagerung), Blechstärke, Masse, Material	5 Teilprogramme für je 2000	$\sin$ , $\cos$ , $\text{Sin}$ , $\text{arc}$ , Matrizen, $\text{Cos}$ $\sin$ , $\text{arc tg}$	Bewegungsablauf, Verformungen der Bodenplatte, Spannungen
Nichtlinearer Energieaustausch innerhalb eines Seegangsspektrums	1 Integrodifferentialgleichung (Berechnung der Zeitableitungen)	1 Spektrum vorgegeben (Wellenlängen)	2000	$\text{ex}$ , $\sin$ , $\cos$ , $\sqrt{\quad}$	$\frac{dF}{dt}$ = zeitliche Änderung des Energiespektrums
Pantokarenen für lecke Schiffe	Gleichgewichtsbedingungen; numerische Rechnung nach der Tschebyscheff- und der Trapezregel	Koordinaten des Spantenrisses und des Leckraumes	2000	$\sin$ , $\cos$	Pantokarenen

### LITERATUR

- [1] Rankine, W. J. M.: On the mathematical theory of streamlines, with four foci and upwards. (Phil. Trans. Royal Soc. London, 1871, S. 267—306.)
- [2] Rankine, W. J. M.: On plane water lines in two dimensions. (Phil. Trans. Royal Soc. London, 1864, S. 369—391.)
- [3] Amtsberg, H.: Untersuchungen über die Formabhängigkeit des Reibungswiderstandes (Jahrbuch der Schiffbautechnischen Gesellschaft 1937, S. 177—234.)
- [4] Kirsch, M.: Die Erzeugung von Zylindern aus vorgegebenen Singularitätenverteilungen (Schiff und Hafen 11, 1959, S. 365—384.)
- [5] Kirsch, M.: Die Erzeugung von Rotationskörpern aus vorgegebenen Singularitätenverteilungen. (Schiff und Hafen 11, 1959, S. 936—956.)
- [6] Inui, T.: A new theory of wave-making resistance, based on the exact conditions on the surface of ships. Part 1. (Journal of Zosen Kyokai, Tokyo, Bd. 85, 1952, S. 29—44.) [Japanisch; Ausz. in Englisch.]
- [7] Thomsen, P.: Zur Berechnung von Umströmungskörpern zu Quell-Senken-Verteilungen. (Schiffstechnik 7, 1960, S. 147—158.)

- [8] Michell, J. H.: The wave resistance of a ship. (Phil. Magazine, 5, 45, 1898, S. 106 bis 123.)
- [9] Weinblum, G.: The wave resistance of bodies of revolution. TMB Report 758 (1951). Gekürzte, leicht geänderte deutsche Ausgabe u. d. T.: Wellenwiderstand von Rotationskörpern. (Schiffstechnik 5, 1958, S. 43—54.)
- [10] Weinblum, G.: Ein Verfahren zur Auswertung des Wellenwiderstandes vereinfachter Schiffsförmern. (Schiffstechnik 3, 1956, S. 278—287.)
- [11] Kracht, A.: Einfluß aller Erhebungen am Schiffskörper auf den Wellenwiderstand, insbesondere Wulst am Bug und Keil am Heck. (Bericht des Instituts für Schiffbau der Universität Hamburg, 1961). [Nicht veröffentlicht.]
- [12] Kirsch, M.: Der Einfluß beschränkter Wassertiefe auf den Widerstand von Schiffen. (Institut für Schiffbau der Universität Hamburg.) [Veröffentlichung geplant.]
- [13] Nigam, L. N.: Constant shear flow past two circular cylinders. (Journal of Applied Mathematics and Physics, X, 1959, S. 584—592.)
- [14] Lagally, M.: Berechnung der Kräfte und Momente, die strömende Flüssigkeiten auf ihre Begrenzung ausüben. (Zeitschrift für Angewandte Mathematik und Mechanik, 1922, S. 409—422.)

- [15] Cummins, W. E.: The force and moment on a body in a time-varying potential flow. *Journal of Ship Research*, 1957, S. 7—18.)
- [16] Collatz, G.: Über die Kraftwirkungen, die zwei unendlich lange, elliptische Zylinder aufeinander ausüben, die sich in unbeschränktem Wasser begegnen bzw. überholen. (Bericht des Instituts für Schiffbau der Universität Hamburg.) [Veröffentlichung geplant.]
- [17] Wagner, H.: Über Stoß- und Gleitvorgänge an der Oberfläche von Flüssigkeiten. (Zeitschrift für Angewandte Mathematik und Mechanik, 12, 1932, S. 193—215.)
- [18] Meyerhoff, K.: Theoretische und experimentelle Untersuchung über den Stoß von elastischen Körpern auf eine freie Flüssigkeitsoberfläche. (Institut für Schiffbau der Universität Hamburg.) [Veröffentlichung geplant.]
- [19] Hasselmann, K.: On the non-linear energy transfer in wave spectrum. (Vortrag, gehalten auf der „Conference of Ocean Wave Spectra“, Washington, Mai 1961.) [Veröffentlichung geplant.]
- [20] Hasselmann, K.: Grundgleichungen der Seegangsvorhersage. (Schiffstechnik 7, 1960, S. 191—195.)
- [21] Knüpfner, K.: Vorführung schiffbaulicher Rechnungen auf dem Elektronenrechner IBM 650 an der Technischen Hochschule Hannover. (Schiff und Hafen, 1961, S. 421 bis 426.)
- [22] Isay, W.: Zur Theorie der Unterwassertragflügel in endlich tiefem Wasser. (Schiffstechnik, 8, 1961, S. 43—50.)

WP. DIPL.-ING. HANS MAUVE — DIPL.-KFM. ARNO LOHR, MÜNCHEN

## Elektronische Großrechenanlagen im kommerziellen Sektor (II. Teil)

### Erfahrungen bei der Vorbereitung ihres Einsatzes

#### B. Der Weg zur Elektronik (Fortsetzung)

##### 3. Die Maschinenwahl

Man sollte nicht schon zu Beginn der Vorbereitungsarbeiten die Maschinenwahl treffen, so eigenartig das klingen mag, aber:

Die Lieferzeit nahezu aller elektronischen Großrechenanlagen beträgt zwischen 12 und 24 Monaten oder noch mehr. Vielfach lassen sich die Betriebe wegen dieser langen Lieferzeiten dazu verleiten, aufs Geratewohl hin Mietscheine oder Kaufverträge zu unterschreiben, nur um in die Lieferplanung der Herstellerfirmen eingereiht zu werden. Das führt fast immer dazu, daß bei der Ausarbeitung der Organisationspläne Rücksicht auf die Arbeitsweise der bestellten Maschinentypen genommen werden muß und damit die Entscheidungsfreiheit des Organisationsteams schon weitgehend beeinträchtigt wird. Es ist in jedem Fall von Übel, irgend einen Maschinentyp zu bestellen und dann festzulegen, daß bis zum Datum X die Programme fertiggestellt sein müssen, weil dann die Maschinen geliefert werden und weil man selbstverständlich zum Zeitpunkt der Maschinen-Installation an auch mit diesen Maschinen arbeiten will. Der erste Schritt zur Elektronik sollte niemals die Bestellung der Maschinen sein, sondern die Aufstellung des Organisationsteams und der Beginn der Ausarbeitung der Gesamtabläufe.

Wenn dann in einem späteren Zeitpunkt die Probleme gelöst sind, ist immer noch Zeit genug, die geeigneten Aggregate auszuwählen und zu bestellen. Jeder in der Planung des Einsatzes elektronischer Großrechenanlagen erfahrene Organisator wird bestätigen, daß es für die damit verbundenen Aufgabenstellungen keine Patentlösungen gibt. Jeder Schritt des Gesamtablaufes muß in jedem Unternehmen neu und mühsam erarbeitet werden, und insbesondere lassen sich die Ideen, die neu entwickelt werden sollen, nicht auf „Bestellung“ liefern. Konfektionsware ist im Bereich der Elektronik völlig unverkäuflich. In Berichten über amerikanische Erfahrungen kann nachgelesen werden, daß trotz der dort schon weitverbreiteten Einführung der Elektronik in kommerziellen Gebieten immer noch mit einer Vorbereitungszeit bis zum Anlauf derartiger Aggregate von zwei bis zweieinhalb Jahren gerechnet wird. Das trifft sich mit den Erfahrungen in Deutschland. Kürzere Zeiten können nur dann erreicht werden, wenn nur eine ablauftechnische Umstellung bekannter Gebiete auf derartige Geräte vorgenommen wird. Und daß das niemals der Zweck des Einsatzes elektronischer Rechengeräte sein kann, wurde bereits ausführlich dargestellt. Es besteht also ohne weiteres die Möglichkeit, das Organisationsteam mit den ersten Arbeiten beginnen zu lassen und die ersten Erfahrungen und Überlegungen zu einem Gesamtbild abzuwarten. Diese ersten Arbeiten werden in der Regel in der exakten Aufnahme eines Ist-Zustandes bestehen und in der damit eng verbundenen Entwicklung noch verhältnismäßig grob gehaltener Gedankengänge. Aber schon in diesem Stadium werden

sich Wege abzeichnen, die Schlüsse auf die notwendige technische Ausstattung zulassen. Dann ist die Zeit gekommen, die geeigneten Aggregate aus dem Gesamtangebot auszuwählen und die Bestellung vorzunehmen. Sollte wider Erwarten ein Teil der Programme schon vor der Lieferung der Maschinen fertiggestellt sein, dann besteht ohne weiteres die Möglichkeit, diese Programme in den Rechenzentren der Herstellerfirma oder bei befreundeten Firmen, die über ähnliche Aggregate verfügen, auszutesten. Es ist in jedem Falle besser, fertige Programme und fertige Arbeitsrichtlinien für die Organisation auf Vorrat zu haben und ein Weilchen liegen zu lassen, bevor die Umstellung in Kraft tritt, als umgekehrt die Anlagen ins Haus geliefert zu bekommen, bevor die dazugehörigen Ausarbeitungen fertiggestellt sind.

##### 4. Die organisatorischen Bedingungen der Elektronik

Schließlich ist dieses vierte Teilgebiet für die Schaffung der innerbetrieblichen Voraussetzungen, die Beachtung der organisatorischen Bedingungen der Elektronik, von nicht unerheblicher Bedeutung. Bei der Ausarbeitung der Programme entdeckt man immer wieder, wie viele Fälle es in einem Unternehmen doch gibt, deren Behandlung nicht einheitlich festgelegt ist, sondern die immer wieder von Fall zu Fall von den zuständigen Sachbearbeitern entschieden werden. Dabei ist es oft eine Frage des Zufalls, ob sie so entschieden werden wie das letzte Mal oder ob sie anders und damit neu entschieden werden. Diese Verfahrensweise ist beim Einsatz elektronischer Rechengeräte undenkbar. Eine simultane Abrechnung, wie sie mit Hilfe dieser Geräte ja erreicht werden soll, erfordert ganz klare, möglichst schematische, d. h. gleichartige Lösungen. Sie verträgt keine Ausnahmen. Elektronik und sog. individuelle oder bewegliche Behandlung jedes Vorganges können nebeneinander nicht existieren. Diese Feststellung ist verhältnismäßig leicht zu erklären. Bei der Erstellung der Programme muß für jeden Vorfall, der durch die Rechenanlage gehen soll, jede Bearbeitungsmöglichkeit vorher festgelegt werden. Je mehr solcher Möglichkeiten also in das Programm eingebaut werden, desto umfangreicher wird dieses Programm und desto geringer wird demzufolge auch zeitlich und finanziell der Leistungsgrad der Maschine. Es bereitet immer sehr große Schwierigkeiten, eine kluge Abwägung darüber zu treffen, welche Fälle noch interessant genug sind, um programmiert zu werden, und welche Fälle man lieber für die Zukunft einfach nicht mehr zuläßt, um die Schwierigkeiten des Programmierens zu umgehen und um das Programm nicht übermäßig lang zu machen.

Jedenfalls muß aber die grundsätzliche Bereitschaft aller Beteiligten vorhanden sein, der Schaffung einer Betriebsorganisation zuzustimmen, die ziemlich straffe Grenzen setzt und aus denen auszubrechen mit viel Mühe und vor allem mit Kosten verbunden ist. Jeder Mitarbeiter muß frühzeitig

## **MATHEMATIK-TECHNIK-WIRTSCHAFT**

**Zeitschrift für moderne Rechentechnik und Automation**

**Einzelheft öS 45.—, DM 8.—, sFr. 8.—, Jahresabonnement öS 165.—,  
DM 30.—, sFr. 30.—**

**Bisher erschienen als „MTW-Mitteilungen“ mit dem Untertitel  
„Zeitschrift zur Pflege der Beziehungen zwischen Mathematik-  
Technik-Wirtschaft“, herausgegeben vom Mathematischen Labor  
der Technischen Hochschule Wien als Fortsetzung der im Jahre  
1954 gegründeten „Mitteilungen des Mathematischen Labors“.**

**Herausgeber: Prof. Dr. R. Inzinger und Prof. Dr. E. Bukovics,  
beide Mathematisches Labor, Technische Hochschule, Wien IV,  
Karlsplatz 13, Tel. 65-76-41. Eigentümer, Verleger und Anzeigen-  
verwaltung: Stiasny-Verlag G. m. b. H.; nach dem Pressegesetz  
für den Inhalt verantwortlich: Wilhelm Setje-Eilers; Druck: Buch-  
druckerei Heinrich Stiasny's Söhne, alle Graz, Annenstraße 65;  
Printed in Austria. In Deutschland: Anzeigenannahme: Carl  
Gabler G. m. b. H., München 2, Karlsplatz 13; Bezugsnachweis:  
Hermann Drewes, Regensburg, Luitpoldstraße 18**