

Einleitung

1.1 Problemstellung

1.1.1 Einordnung des Begriffs "Manövrieren"

Ma|nö|ver [...v...], das; -s, - <franz.> (größere Truppen-, Flottenübung; Bewegung, die mit einem Schiff, Flugzeug usw. ausgeführt wird; Winkelzug); ... **ma|nö|vrie|ren** (Manöver vornehmen; geschickt zu Werke gehen); ... [DUDEN, 1991]

Mit dieser Definition sind alle willkürlichen Bewegungszustände eines Schiffes erfaßt, und zwar sowohl die Geradeausfahrt als auch die Abweichung von dieser.

Die vielfältigen Forschungszweige des Schiffbaus, im besonderen die Hydrodynamik, beschäftigen sich mit diversen Teilgebieten des Themenkomplexes "fahrendes Schiff", wobei die ungestörte Fahrt geradeaus ohne eigenen Antrieb die Basis bildet. Die Problematik der Minimierung des *Widerstands*, der weiter unterteilt werden kann in Reibungs- und Wellenwiderstand, ist Grundlage für alle weiteren Betrachtungen.

Eng damit verknüpft ist das Thema *Propulsion*, bei dem das mit Antriebsorganen ausgerüstete Schiff untersucht wird. Hier tritt die Interaktion des Vortriebsorgans mit dem um das sich bewegende Schiff strömende Wasser in den Vordergrund. Das Hauptziel der Forschungen in diesem Bereich zielt auf eine maximale Leistungsausnutzung der Antriebsmaschine für den Vortrieb bei geringstmöglicher Störung der Schiffsumströmung. Damit ist jedoch nur ein Teilaspekt des Schiffsbetriebs abgedeckt, da nur eine grundlegende Frage an die Schiffstheorie, nämlich "Wie komme ich möglichst kostengünstig von Punkt A nach Punkt B", beantwortet wird.

In der Praxis interessiert jedoch nicht nur die Frage nach den Kosten, sondern auch, auf welche Art und Weise das Reiseziel erreicht wird. Der Einsatz des Ruders oder anderer Steuerorgane führt zum nächsten Forschungsschwerpunkt, dem *Manövrieren*. Ausgehend vom Zustand der stationären Geradeausfahrt, definiert als konstante Geschwindigkeit bei konstantem Kurs, werden von diesem Teilgebiet "alle Schiffsbewegungen, die durch eine zeitliche Änderung des Bewegungszustandes umschrieben werden können" erfaßt.

Die Definition des Manövrierens ist umfassend, denn sie impliziert nicht nur übliche Kursänderungen von Schiffen, sondern auch Geschwindigkeitsänderungen sowie den möglichen Ausgangszustand "Stillliegendes Schiff". Der Umfang dieses Teilgebietes wird in Abbildung 1-1 verdeutlicht, die die schrittweise Einteilung der Hydrodynamik dokumentiert.

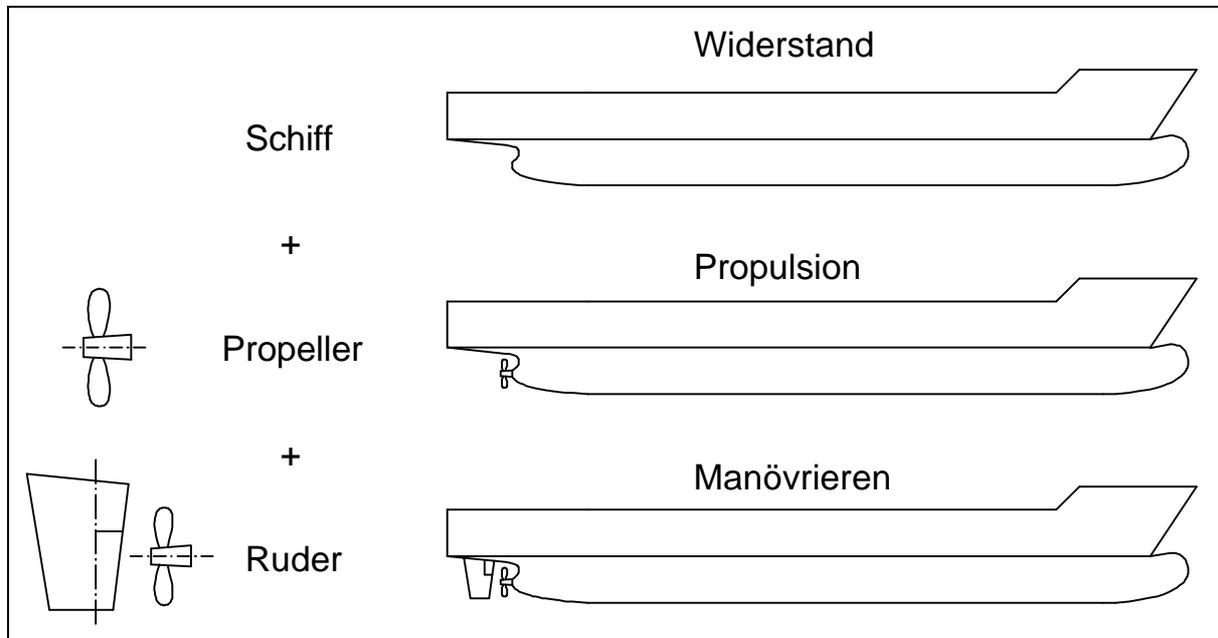


Abb. 1-1

1.1.2 Sicherheitsaspekte beim Manövrieren

Im vorangegangenen Abschnitt wurde Manövrieren als Änderung von Kurs und Geschwindigkeit durch Betätigung des Ruders oder des Fahrtreglers (zeitliche Änderung des Bewegungszustandes) definiert. Selbst der Idealzustand der reinen Geradeausfahrt mit konstanter Geschwindigkeit ist in der Praxis immer wieder durch Manöver unterbrochen. Dies geschieht durch Anpassen des Fahrtzustandes an die Umgebungsbedingungen, wie z.B. reguläre Kurs- oder Geschwindigkeitsänderungen oder die reine Regelung der Geradeausfahrt.

Manöver im engeren Sinn, also deutliche Änderungen des Bewegungszustandes, wie das Ausweichen bei Annäherung an andere Fahrzeuge oder die Revierfahrt, sowie das An- und Ablegen stellen die eigentlichen Anforderungen dar, die ein Schiff in Bezug auf die Manövrierbarkeit erfüllen muß. Hier kommt es nicht nur auf die Fähigkeit des Fahrzeuges an, diese Bewegungen überhaupt ausführen zu können, sondern es ist sicherzustellen, daß diese Manöver auch innerhalb gewisser zeitlicher und räumlicher Grenzen durchgeführt werden können. Dazu wurden ein-

schlägige Vorschriften international festgelegt [IMO, 1993], um bei dem besonders in Küstennähe sehr regen Schiffsverkehr das Risiko von Kollisionen zu minimieren.

Die Sicherheit des Schiffsbetriebs ist natürlich besonders stark von der Qualifikation der Besatzung abhängig, wobei insbesondere die nautische Ausbildung und die Aufmerksamkeit beim Wachdienst von Bedeutung sind. Diese Aspekte sollen jedoch an dieser Stelle nicht diskutiert werden. Vielmehr interessiert die Fähigkeit des Schiffes, unter den Umgebungsbedingungen Manöver durchzuführen.

1.1.3 Wassertiefeneinfluß

Die meisten Manöver von Seeschiffen werden im begrenzten Fahrwasser, z.B. auf Seewasserstraßen im Küstenvorfeld, in Hafenzufahrten oder Hafenbereichen ausgeführt, also in Gebieten, wo das Risiko von Havarien erheblich größer ist als im schon angesprochenen Fall "Geradeausfahrt in tiefem Wasser auf offener See". Der Anteil der Fahrzeit eines Schiffes auf tiefem Wasser ist zwar deutlich größer als der in begrenztem Fahrwasser, jedoch sind die Anforderungen an die Manövrierbarkeit eines Schiffes dabei sehr gering.

Neben der geringer werdenden Wassertiefe und den seitlichen Beschränkungen durch Einengungen des Fahrwassers, verursacht die hohe Verkehrsdichte Gefahren, die Manövrieruntersuchungen dringend erforderlich machen. Durch die in diesen Fahrsituationen geringere Schiffsgeschwindigkeit reduziert sich auch die Anströmung und damit die Wirksamkeit des Ruders im schwächer werdenden Propellerstrahl. Dies bewirkt eine zusätzliche Beeinträchtigung der Manövrierbarkeit.

Im allgemeinen Fall der unendlichen Wassertiefe (der nur das Ende der Skala aller möglichen Wassertiefen darstellt) können zwar sinnvolle Prognosen und zutreffende Aussagen über die Steuerbarkeit und das Ansprechvermögen des Fahrzeugs auf Ruderbetätigungen gemacht werden. Berechnungen und Vorhersagen über die Manövrierbarkeit auf begrenzter Wassertiefe sind jedoch wegen der deutlich geringeren Anzahl von hydrodynamischen Untersuchungen noch nicht präzise möglich. Aus diesem Grunde und aus den bisher gemachten Erfahrungen über den Einfluß der abnehmenden Wassertiefe auf das Manövrierverhalten ist eine eingehende Untersuchung der Effekte und Zusammenhänge erforderlich. Erst wenn bekannt ist, wie sich das Bewegungsverhalten eines Schiffes auf flachem Wasser ändert, können detaillierte und fundierte Prognosen für alle Einsatzzwecke abgegeben werden.

1.2 Beurteilung der Manövriereigenschaften von Schiffen

1.2.1 Fahrversuche

Die Manövrierbarkeit von Schiffen kann am unmittelbarsten mit Hilfe von Fahrversuchen beurteilt werden. Für diese wurden Standardmanöver definiert [IMO, 1993; VG 81 208, 1986], bei denen die Rand- und Durchführungsbedingungen genau festgelegt sind. Dazu zählen z.B. der Drehkreisversuch oder das Z-Manöver. Diese Versuche zeichnen sich durch einfache Ausführung und verhältnismäßig gute Reproduzierbarkeit aus und erlauben so einen Vergleich für unterschiedliche Fahrzeuge oder spezielle Umgebungsbedingungen wie z.B. die Wassertiefe. Sie können nicht nur mit dem großen Schiff, sondern auch mit Modellen ausgeführt werden, wobei jedoch gewisse Einschränkungen bei der Übertragung aufgrund von Maßstabseffekten gemacht werden müssen [Oltmann, 1986a; Oltmann 1989].

1.2.2 Manövrierkenngrößen

Die direkten Ergebnisse dieser Manövrierversuche sind Bahnkurven und Zeitverläufe von Meßgrößen. Diese große Datenmenge kann in Form einiger weniger Kenngrößen zusammengefaßt werden. Die sogenannten Manöverparameter beschreiben bestimmte Teilaspekte der Schiffsbewegung und erlauben so den Vergleich mehrerer Manöver eines Typs bei Variation bestimmter Randbedingungen wie z.B. Schiffstyp, Anlaufgeschwindigkeit, Ruderwinkel oder Wassertiefe. Diese Komprimierung der Ergebnisse eines Manövrierversuches ist ein effektives Werkzeug bei der Beurteilung der Manövrierbarkeit und wird häufig eingesetzt [IMO, 1993; VG 81 208, 1986].

1.2.3 Randbedingungen

Alle Manövrierversuche, ob im Modellmaßstab oder in der Großausführung, haben ein gemeinsames Problem. Die Randbedingungen, unter denen sie durchgeführt werden, müssen konstant gehalten werden, da sonst die Reproduzierbarkeit und damit die Möglichkeit zum Vergleich nicht gegeben ist. Die ist im Fall des naturgroßen Schiffes immer mit großen Unsicherheiten verbunden, da speziell das Wetter einen Parameter darstellt, der nicht beeinflusst werden kann. Es werden zwar Grenzwerte für Seegang, Wind- und Strömungsgeschwindigkeit angegeben [VG 81 208,

1986], die einen Vergleich der Manövrierversuche ermöglichen sollen, von einer echten Reproduzierbarkeit kann jedoch kaum gesprochen werden.

Der Modellversuch dagegen wird üblicherweise in einer künstlichen Umgebung (dem Schlepptank) durchgeführt, bei der alle Randbedingungen so eingestellt werden können, daß die Manöver immer unter den gleichen Voraussetzungen ausgeführt werden können. Die Reproduzierbarkeit der Versuche ist in diesem Fall so hoch, daß auch geringe Abweichungen in den Randbedingungen bewußt vorgegeben und die Auswirkungen auf das Ergebnis untersucht werden können.

Dies führt zu einer bevorzugten Anwendung der Modellversuchstechnik nicht nur für die Beurteilung der Widerstands- und Propulsionseigenschaften, sondern auch im Bereich des Manövrierens. Gerade bei vergleichenden Untersuchungen ist dieses Hilfsmittel dem Großversuch deutlich überlegen.

1.2.4 Simulationstechnik

Das heutzutage meistens angewendete Verfahren zur Untersuchung und Bewertung der Manövrierbarkeit von Schiffen ist die rechnerische Simulation der Schiffsbewegungen. Im Gegensatz zu Fahrversuchen bietet sie die Möglichkeit, mit geringem Aufwand eine große Anzahl verschiedener Manöver zu analysieren, wenn es gelingt, die Basisdaten für die Berechnung des Bewegungsverhaltens aus Modell- oder Großversuchen bzw. durch die Anwendung empirischer Formeln oder theoretischer Berechnungen zu gewinnen. Die Berücksichtigung des Maßstabseinflusses bei der Übertragung von Versuchs- und Simulationsergebnissen zwischen dem Modellmaßstab und der Großausführung ist von besonderer Bedeutung. Da jedoch nur wenige Daten zu diesem Thema vorliegen wird von einer Betrachtung dieses Details in dieser Arbeit abgesehen.

Schon vor der Verfügbarkeit von elektronischen Datenverarbeitungsanlagen wurde die Manövrierbarkeit (insbesondere die Gierstabilität) von Schiffen anhand der aus den hydrodynamischen Kräften ermittelbaren Derivativa betrachtet. Hier ist die Gründung eines Komitees der "American Towing Tank Conference" im Jahre 1946 zur Erarbeitung der Nomenklatur für die Beschreibung der Bewegung eines getauchten Körpers in einem Fluid zu nennen [SNAME, 1952]. In den folgenden Jahren wurden verschiedene Ansätze und Modelle zur Beschreibung des Bewegungsverhaltens veröffentlicht, deren Qualität und Vielseitigkeit sich im Laufe der Jahre steigerte [Nomoto, 1957], [Abkowitz, 1964], [Strøm-Tejsen, 1965], [Oltmann / Sharma, 1984].

Parallel dazu wurde die Versuchstechnik zur Bestimmung der hydrodynamischen Koeffizienten laufend verbessert [Gertler, 1959], [Goodman, 1960], [Strøm-Tejsen / Chislett, 1966], [Booth / Bishop, 1973], [Grim et al., 1976].

Bei all diesen Arbeiten wurde zwar teilweise der Einfluß der abnehmenden Wassertiefe erwähnt, aber nicht detailliert darauf eingegangen. Dies ist vermutlich auf die starke Ausrichtung der Schiffbauforschung auf die Hochseefahrt und den Marine-schiffbau zurückzuführen. Die wachsenden Schiffsgrößen und der angestiegene Verkehr besonders in den Schelfgebieten und Häfen jedoch zeigen die Bedeutung der Flachwasserhydrodynamik auf und unterstreichen den Forschungsbedarf in dieser Hinsicht. In dieser Arbeit wird versucht, einen Beitrag zu diesem Thema zu leisten, indem Vorschläge zur Erweiterung der Simulationsverfahren für die Beschreibung des Bewegungsverhaltens unter besonderer Berücksichtigung der Wassertiefe gemacht werden.