

Schlußfolgerungen und Ausblick

Bei vielen Problemstellungen zur Manövrierbarkeit von Schiffen ist das Bewegungsverhalten bei bestimmten Wassertiefen gefragt. Bisher war es üblich, in diesem Fall für jede interessierende Wassertiefe eigene Modelluntersuchungen durchzuführen, um die Manövriersimulationen vornehmen zu können. Dabei wurden implizit wassertiefenabhängige Koeffizientensätze ermittelt, die die Berechnung der Schiffsmanöver nur für die betrachtete Wassertiefe zuließen.

In dieser Arbeit wird die Abhängigkeit der hydrodynamischen Beiwerte vom Flottwasser anhand von Beispielen explizit aufgezeigt. Es zeigt sich, daß eine monotoner Zusammenhang zwischen den hydrodynamischen Koeffizienten und dem verwendeten Parameter T/h besteht. Dies wird besonders bei Beiwerten, welche die durch die Umströmung des Schiffskörpers hervorgerufenen Kraftwirkungen beschreiben, deutlich. Für alle mathematischen Simulationsansätze, die hydrodynamischen Kräfte ausdrücklich verwenden, ist diese Abhängigkeit von der Wassertiefe festzustellen.

Durch die Verwendung eines einfachen Potenzansatzes für die einzelnen Koeffizienten kann der Verlauf der Beiwerte über die Wassertiefen formal beschrieben werden.

$$f = \underbrace{c_0}_{\text{Tiefwasser}} + \underbrace{c_n \cdot (T/h)^n}_{\text{Flachwasserkorrektur}} \quad (7.1)$$

Diese Formel enthält nur drei Parameter:

1. den Basiswert c_0 , der dem Koeffizienten für den Fall der unendlichen Wassertiefe entspricht,
2. den Flachwasserwert c_n , der die Änderung des Koeffizienten vom unendlich tiefen ($T/h = 0$) zum unendlich flachen ($T/h = 1$) Wasser ausdrückt und
3. den Exponenten n , der den Verlauf der Änderung mit dem die Wassertiefe beschreibenden Parameter T/h darstellt.

Für die Praxis der Manövriersimulation bedeutet dies, daß mit einer relativ geringen Anzahl von Untersuchungen spezielle Koeffizienten ermittelt werden können, die zur Berechnung der Manöver für alle Wassertiefen zu verwenden sind.

Für mindestens drei Wassertiefen (tiefes Wasser, mäßiges und extremes Flachwasser) sind durch Modellversuche die hydrodynamischen Koeffizienten zu bestimmen, damit die drei Parameter c_0 , c_n und n berechnet werden können. Ist aufgrund von Voruntersuchungen der Exponent bekannt, kann auf eine Wassertiefe verzichtet werden, da nur noch der Basiswert und der Flachwasserwert zu ermitteln sind.

Sollte sogar der Zusammenhang zwischen c_0 und c_n bekannt sein, etwa in der Form

$$c_n = A \cdot c_0 \cdot n, \quad (7.2)$$

so ist nur noch für eine einzige Wassertiefe ein Modellversuch erforderlich. Dies muß nicht der Tiefwasserfall sein, da der Basiswert auch bestimmt werden kann, wenn bei bekanntem Exponenten n eine beliebige Wassertiefe untersucht wurde.

$$\text{Beispiel: } c_0 = \frac{F_{(T/h)}}{1 + A \cdot n \cdot (T/h)^n} \quad (7.3)$$

Durch die Anwendung der in dieser Arbeit dargelegten Beschreibung der Wassertiefenabhängigkeit und möglicher Vereinfachungen kann also der Aufwand für die Bereitstellung der Koeffizienten deutlich verringert werden. Es ist auch möglich, bei Kenntnis der Abhängigkeit c_n von c_0 für die einzelnen Beiwerte Koeffizientensätze von einer Wassertiefe auf eine andere umzurechnen. Die bisher vorliegenden Untersuchungen über das Manövrierverhalten von Schiffen auf verschiedenen Wassertiefen sind jedoch noch nicht umfangreich genug, um sichere Voraussetzungen für diese Umrechnung zu liefern.

In künftigen Forschungsvorhaben ist es daher empfehlenswert, die Abhängigkeit der wichtigsten hydrodynamischen Koeffizienten von den Hauptabmessungen und -parametern der Schiffe genauer zu untersuchen. Dabei ist es sinnvoll, die hier verwendete Dimensionslosmachung der Kräfte zu ändern. Wie vielfach üblich wird hier als Bezugsfläche das Quadrat der Schiffslänge verwendet. Dadurch wird jedoch die für die Kraftwirkung bei Schräganströmung und Kurvenfahrt relevante Lateralfläche nicht beschrieben. Sind für ein Schiff die Koeffizienten in verschiedenen Beladungszuständen (z.B. voll beladen, teilbeladen und leer) ermittelt worden, so geht dieser Variationsparameter nicht in die Dimensionslosmachung ein, wenn L^2 verwendet wird. Bei Ansatz der Lateralfläche in der vereinfachten Form $L \cdot T$ jedoch wird die

Reduktion der Kraftwirkung durch die Verringerung des Tiefgangs bei der Bestimmung der Koeffizienten berücksichtigt.

Ziel dieser Untersuchungen sollte es sein, Vorhersageverfahren in Form von empirischen Formeln zu entwickeln, welche die Wassertiefenabhängigkeit der Koeffizienten aus den Hauptabmessungen und Völligkeitsparametern abschätzen lassen. Es gibt zwar schon einzelne Ansätze für dieses Ziel [Ankudinov, 1990; Kijima, 1990], aber ihre Eignung ist begrenzt, da sie nur innerhalb sehr enger Parametergrenzen anwendbar sind und nur einige Koeffizienten betreffen.

Künftige Untersuchungen sollten nicht die Abschätzung der einzelnen Koeffizienten im üblichen Sinne zum Ziel haben, sondern sich auf die Angabe von Basiswert, Flachwasserwert und Exponent unter Berücksichtigung der vereinfachten Lateralfläche konzentrieren. Damit kann die in dieser Arbeit dargestellte Beschreibung der Wassertiefenabhängigkeit der Beiwerte direkt angewendet werden.

Wie dargestellt wurde, besteht bezüglich des verwendeten mathematischen Ansatzes keine Einschränkung bei der Formulierung des Einflusses der abnehmenden Wassertiefe. Dadurch kann dieses Verfahren und die Abschätzung der Koeffizienten für viele Simulationsverfahren angewendet werden.

Schließlich ist zu bemerken, daß die hier vorgeschlagene und vorgenommene Approximation der Kräfte kein Endzweck ist. Das Ziel der Bemühungen ist immer die Voraussage der Manöverbahnen. Deshalb ist es unerlässlich, die Validierung der mathematischen Modelle und Ansätze für die Berücksichtigung der Wassertiefe durch Vergleich der Bahnen simulierter Manöver mit frei gefahrenen Modellversuchen bzw. Großversuchen vorzunehmen.