

Aerodynamische Modellierung

Zur Planung wasserbaulicher Maßnahmen werden bei komplizierten Fragestellungen, die nicht mit Hilfe gültiger Regelwerke gelöst werden können, gegenständliche Modelle in Form von Wasser - (hydraulischen) oder Luftmodellen und numerische Modelle eingesetzt. Als aerodynamische (AD) oder Luftmodelle bezeichnet man im flussbaulichen Versuchswesen Analogiemodelle, bei denen das strömende Medium "Wasser" durch "Luft" ersetzt wird. Somit wird das freie Wasserspiegelniveau der Naturströmung durch eine Abdeckung simuliert, damit die Modellströmung unter Druck erfolgen kann. Die Druckluftmodellierung von Freispiegelströmungen wurde in der Sowjetunion in den 40er Jahren des 20. Jahrhunderts entwickelt. Weitere Anwendungen sind aus der BRD, Bulgarien, der DDR, Frankreich, Italien, Polen, Portugal, Rumänien, der Tschechoslowakei, der Türkei, Ungarn und den USA bekannt. Luftmodelle kamen und kommen in der Bundesanstalt für Wasserbau (BAW), sowie vormalig auch in der Forschungsanstalt für Schifffahrt, Wasser- und Grundbau (FAS), routinemäßig seit etwa 20 Jahren zur Untersuchung flussbaulicher Probleme zum Einsatz, wobei sie in letzter Zeit mit numerischen Modellen kombiniert werden.

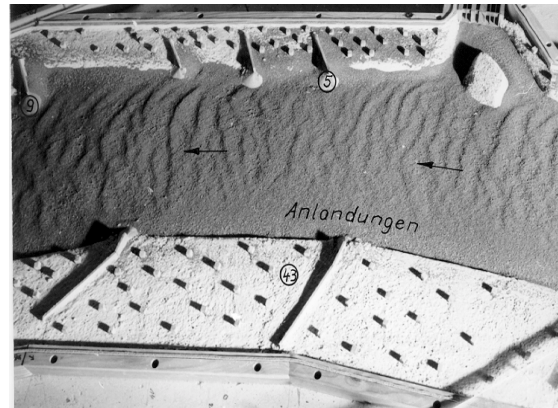
Die Einschränkungen bei der Wahl der geometrischen Maßstäbe hydraulischer Flussmodelle sind besonders auf die Grenzen der zulässigen Überhöhung der geometrischen Maßstäbe ($L_r > H_r$) und die Notwendigkeit, sowohl die Bedingung $Fr_r = 1$ (Fr = Froude-Zahl) als auch $Re_m > Re_{gr}$ (Re = Reynolds-Zahl) einhalten zu müssen, zurückzuführen. Deshalb ist ein Modellierungsverfahren besonders verlockend, bei dem die erstgenannte Bedingung entfällt, da man die geometrischen Maßstäbe verkleinern kann, wenn die Froude-Zahl nicht als Ähnlichkeitskriterium berücksichtigt werden muss. Diese Möglichkeit ist gegeben, wenn die Freispiegelströmung durch eine Druckströmung ersetzt wird. Luftmodelle können deshalb mit deutlich kleineren Maßstabsverhältnissen aufgebaut werden, so dass wesentlich geringere Laborflächen ausreichen.

	Luftmodell aerodynamisches Modell	Wassermodell hydraulisches Modell
Strömungsmedium	Luft	Wasser
Strömung	Druckströmung	Freispiegelströmung
wesentliche Ähnlichkeitskriterien	Eu (Euler), Re	Fr, Re
Längenmaßstab	1:150 bis 1:2000	1:15 bis 1:200
Modellgeschwindigkeit	bis 50 m/s (10 bis 30 m/s)	bis 1 m/s (0,05 bis 0,5 m/s)

Vergleich von aerodynamischem und hydraulischem Modell

Modellarten

In der BAW werden Luftmodelle in der Regel als Modelle mit zwei Grundzielrichtungen betrieben: Dreidimensionale Modelle, bei denen neben der Geländegeometrie auch die vertikale Geschwindigkeitsverteilung naturähnlich abgebildet wird, dienen zur Simulation der räumlichen Strömungsverhältnisse. Als Übersichtsmodelle werden solche Luftmodelle mit dreidimensional abgebildeter Geometrie genutzt, bei denen entweder auf Grund der starken Überhöhung oder wegen der geringen Modellabmessungen Abweichungen in der Ausbildung der vertikalen Geschwindigkeitsverteilung gegenüber der Naturströmung zu erwarten sind, so dass Untersuchungen nur in der Ebene ausgewertet werden.



Luftmodell mit beweglicher Sohle (Modell Elbe bei Stendal)

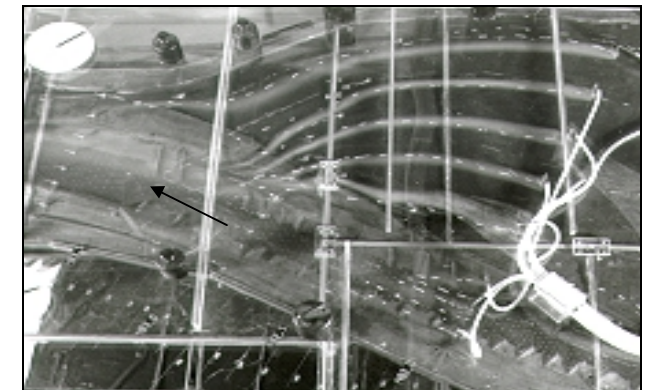
Für Untersuchungen zum Feststofftransport werden einerseits aerodynamische Modelle mit fester Sohle als „Tracermodelle“ eingesetzt, da über geeignete Methoden zur Strömungssichtbarmachung die für den Geschiebetransport maßgebende sohlennahe Strömung

qualitativ analysiert werden kann. Andererseits wurden, in der Vergangenheit hauptsächlich in der Sowjetunion, in Rumänien und in der Tschechoslowakei umfangreiche Untersuchungen an Luftmodellen mit Geschiebetransport durchgeführt. Die Begehrlichkeit, aerodynamische Modelle zur Untersuchung des Geschiebetransport einzusetzen, entsteht daraus, dass bei diesen der Geschwindigkeitsmaßstab nicht direkt mit den geometrischen Maßstäben verbunden ist und somit in Abhängigkeit von der Strömungsgeschwindigkeit das Modellsediment über den spezifischen Bewegungsbereich gewählt werden kann.

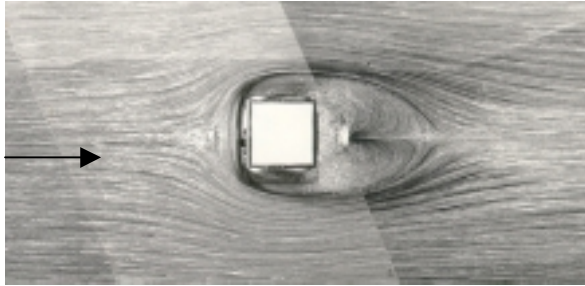
Messtechnik

In Luftmodellen werden die prinzipiell gleichen Parameter gemessen wie in Wassermodellen, allerdings sind die Messmethoden speziell an die aerodynamische Modellierung angepasst. Folgende Hauptparameter werden erhoben:

Parameter	Messmethode
Druckgefälle als Kriterium für das Wasserspiegelgefälle	statische Drucksonden mit Druckaufnehmer
Fließgeschwindigkeit (Größe und ggf. Richtung)	Hitzdrahtanemometer bzw. Staudrucksonden, Laser-Doppler-Velocimetry
Strömungsrichtung (und ggf. Größe)	Nebelfluid, Anstrichmethode, Particle Image Velocimetry
Durchfluss	Gesamtdurchflussmessung mit verschiedenen Methoden



Strömungssichtbarmachung durch Nebelinjektion



Anstrichverfahren zur Sichtbarmachung der sohlennahen Strömung

Ausgewählte Literatur:

- FAULHABER, P.: Ein Beitrag zur Anwendung aerodynamischer Modelle im wasserbaulichen Versuchswesen, Wasserwirtschaft-Wassertechnik Heft 8, Berlin 1983
- FAULHABER, P.: Aerodynamische Modellierung hydraulischer Abflüsse mit freier Oberfläche, Mitteilungen der Forschungsanstalt für Schifffahrt, Wasser- und Grundbau, Heft 50, Berlin 1986
- NESTMANN, F.; BACHMEIER, G.: Anwendung von Luftmodellen im strömungsmechanischen Versuchswesen des Flussbaus, Mitteilungsblatt der Bundesanstalt für Wasserbau Nr. 61, Karlsruhe 1987
- NESTMANN, F.: Aerodynamische Modelle, eine strömungsmechanische Untersuchungsmethode zur Planung wasserbaulicher Maßnahmen, Franzius-Institut für Wasserbau und Küstenwesen, Mitteilungen Heft 73, Hannover 1992
- FAULHABER, P.: Hydraulisch-morphologische Untersuchung von Rückdeichungen bei Lenzen (Elbe), Auenreport 3/3. Jahrgang 1997- Beiträge aus dem Naturpark „Brandenburgische Elbtalaue“, Rühstädt 1997
- FAULHABER, P.: Kombination von aerodynamischen und numerischen Modellen zur Untersuchung von flussbaulichen Problemen, Institut für Wasserbau und Technische Hydromechanik, Dresdener Wasserbauliche Mitteilungen, Heft 13, TU Dresden, 1998

Bundesanstalt für Wasserbau

Die Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) ist eine Oberbehörde des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen mit Sitz in Karlsruhe und Außenstellen in Hamburg, Berlin und Ilmenau mit ca. 500 Beschäftigten. Sie ist das zentrale Institut der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV) für die wissenschaftliche Versuchs- und Forschungsarbeit und die praxisbezogene Unterstützung der WSV in den Fachgebieten

- BAUTECHNIK
- GEOTECHNIK
- WASSERBAU
- INFORMATIONS- UND KOMMUNIKATIONSTECHNIK
- MASCHINENWESEN

Zugleich ist sie zentrale Dokumentations- und Informationsstelle für diese Fachgebiete. Ihr sind ferner zentrale Aufgaben der Informationstechnik in der WSV übertragen.

Die BAW wurde 1948 als Nachfolgeanstalt der 1903 in Berlin gegründeten Königlichen bzw. Preußischen Versuchsanstalt für Wasserbau und Schiffbau eingerichtet. 1990 wurde die damalige Versuchsanstalt für Schifffahrt, Wasser- und Grundbau (FAS) in Berlin von der BAW übernommen. Im Bereich der aerodynamischen Modellierung wurden somit die Erfahrungen der FAS und der BAW zusammengeführt. Derzeit werden in Berlin und Karlsruhe Luftlabore betrieben.

Stand: September 1999

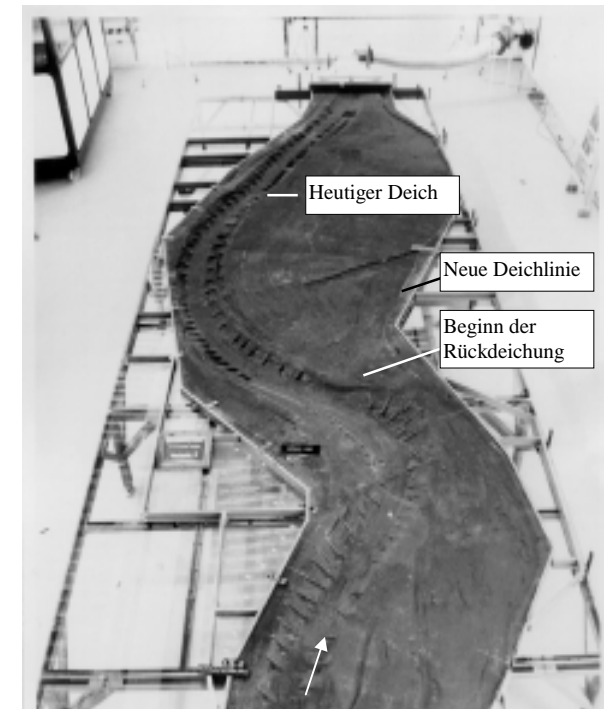
Bundesanstalt für Wasserbau
 Referat W2
 Flusssysteme II
 Dipl.-Ing. P. Faulhaber
 Kußmaulstr. 17
 76187 Karlsruhe
 ☎ 0721 – 9726-2630

Bundesanstalt für Wasserbau



Einsatz von Luftmodellen zur Untersuchung von flussbaulichen Fragestellungen

Luftmodell der Elbe bei Lenzen



BAW Karlsruhe, Referat W2