

# Kurzfassung

Die nichtlinearen Effekte langer barotropen Wellen in den Flachwassergebieten insbesondere der Keltischen und Irischen See werden am Beispiel der astronomischen  $M_2$ -Gezeit und ihrer ersten beiden Obertiden ( $M_4, M_6$ ) untersucht.

Zur Nutzung vorhandener Gezeitendaten für eine adäquate Reproduktion der gezeitenbedingten Druck- und Bewegungsfelder werden verschiedene Inverse Methoden eingesetzt, die zur Behandlung der nichtlinearen Gezeitendynamik entwickelt bzw. weiterentwickelt worden sind. Bei diesen Methoden handelt es sich um das semi-implizite bzw. explizite direkte Verfahren und um das implizite adjungierte Verfahren, die mit der Gezeitendynamik als schwacher Zwangsbedingung eine Anwendung auf Aufgabestellungen hoher Dimension zulassen.

Alle drei Methoden sind im Sinne der Minimumvarianzschätzung formuliert, und als numerische Lösungsmethode der sich ergebenden Differenzgleichungen wird von der Methode der konjugierten Gradienten Gebrauch gemacht, die sich als besonders speicherplatzsparend formulierbar erweist.

Die hohe Dimension des benutzten Randmeermodells ( $> 10^6$ ), die komplexe Topographie des Untersuchungsgebietes und die schwer a priori abschätzbaren Modelldefizite erfordern zur Einschätzung der Wirksamkeit der bereitgestellten inversen Modelle die Durchführung von Modellexperimenten unter vereinfachten, leichter analysierbaren Bedingungen. Daher wurden Zwillingsexperimente bei vorgegebenem Modelldefizit für ein halboffenes Rechteckbecken konstanter Tiefe vorgenommen. Die Abmessungen des Rechteckbeckens entsprechen jenen des zu behandelnden natürlichen Meeresgebietes. Bei Assimilation einer beschränkten Anzahl vom klassischen Modell ohne künstliches Modelldefizit erzeugter Daten gelingt es, mit allen drei Methoden eine gute Reproduktion der als exakt definierten Modellergebnisse zu erzielen, d.h. die Wirkung des künstlichen Modelldefizits durch die Einführung von punktuellen exakten Wasserstandswerten gut auszugleichen. Voraussetzung für die wirksame Anwendung der Datenassimilationsmethoden ist dabei eine geeignete Gewichtung der Bestandteile des quadratischen Minimierungsfunktional. Insbesondere die Gewichtung der benutzten ersten und zweiten Modellresiduumsdifferenzen, die Eigenschaften der Modellfehlerkovarianz darstellen, mußte noch untersucht werden und konnte hinsichtlich der Güte der Ergebnisse und der Konvergenzeigenschaften der Verfahren optimiert werden. Der geringere räumliche Maßstab der Obertiden erfordert für einen wirksamen Ausgleich des sie beeinflussenden Modelldefizits häufig eine lokale Hinzunahme von Daten. Während mit allen drei Methoden gleicherma-

ßen vielversprechende dateninduzierte Korrekturen der simulierten Wasserstände und Geschwindigkeiten sowohl der  $M_2$  als auch der Obertiden erzielt werden, zeigen sich in den mit der Datenassimilation verknüpften Modellresiduen erhebliche Unterschiede. Insbesondere bei Anwendung der neuentwickelten nichtlinearen EDV-Methode ergibt sich das in diesem Modellexperiment bekannte Modellresiduum mit hoher ( $M_2$ ) bzw. zufriedenstellender ( $M_4$ ) Genauigkeit, so daß bei Anwendungen auf reale Meeresgebiete vor allem von dieser Methode erzeugte Modellresiduen eine unmittelbare physikalische Interpretierbarkeit erwarten lassen.

In den Datenassimilationsexperimenten zur Reproduktion der  $M_2$ -Gezeit und ihrer wichtigsten Obertiden im Gebiet der Keltischen und Irischen See erweisen sich für alle drei Methoden die Modellresiduen bzw. adjungierten Modellresiduen unabhängig von ihrem unterschiedlichen Charakter als gute Indikatoren für eine gelungene Assimilation der Wasserstandsdaten. Mit den im Zwillingsexperiment abgeschätzten Parametern gelingt mit allen Methoden eine ausnahmslos deutliche Verbesserung der modellerzeugten Gezeitenfelder gegenüber den ohne Dateneinfluß auf klassische Weise ermittelten Feldern, wenn der Vergleich mit allen verfügbaren Beobachtungen zugrundegelegt wird. Eine Analyse der Feldkorrekturen ergibt als Schwachstellen der klassischen Lösung die Darstellung der nichtlinearen Wechselwirkung, der Bodentopographie und der Resonanz. Der Vergleich der datenbeeinflußt erzielten Ergebnisse mit jenen, die von anderen Autoren in jüngerer Zeit durch Anwendung vergleichsweise hoch aufgelöster klassischer Modelle ermittelt wurden, bestätigt die Leistungsfähigkeit der verwendeten Methoden.

Besonders die erfolgreiche Anwendung der zur Erfassung der nichtlinearen Gezeitendynamik neu formulierten impliziten Methode verspricht auf Grund der geringen Anforderungen dieser Methode an Rechenzeit und Speicherplatz ihn gute Einsetzbarkeit bei Datenassimilationsproblemen hoher Dimension, wie sich z.B. bei der Modellierung der globalen ozeanischen Zirkulation auftreten.