

Magdalena Eder, Helmut Kobus und Rainer Helmig

Dreidimensionale Modellierung der Hydrodynamik im Bodensee

Die dreidimensionalen Strömungsverhältnisse im Bodensee können mit Hilfe des Modells ELCOM mit großer zeitlicher Auflösung hinreichend genau erfasst werden, sofern eine Kopplung mit einem räumlich differenzierten Windmodell erfolgt. Anhand des Starkregenereignisses vom August 2005 wird gezeigt, dass die Einschichtung und Ausbreitung des Alpenrheins mit seiner Sedimentfracht im Modell erfasst werden kann. Ebenso können Prozesse wie die Einmischung kleinerer Zuflüsse in die Flachwasserzone und der Beitrag des Litorals zur Tiefenwassererneuerung im Modell nachgebildet werden.

1 Einleitung

Die Erfassung und zeitnahe Modellierung der großräumigen Strömungs- und Transportvorgänge im Bodensee ist eine unerlässliche Komponente des Informationssystems BodenseeOnline [1]. Seeweite interne Strömungen und Wassermassenbewegungen werden vom Wind als dominierender Antriebskraft angefacht. Durch die Windwirkung entstehen interne Wellen im See, welche von der temperaturbedingten Dichteschichtung, von der Topografie des Seebodens und der Uferbereiche sowie von der Erdrotation beeinflusst werden. Zusätzlich wirken sich die Zuflüsse lokal auf das Strömungsfeld aus. Das

komplexe 3-D-Strömungssystem muss für den gesamten See im numerischen Modell erfasst werden, wobei alle maßgeblichen Prozesse hinreichend genau nachgebildet werden müssen.

Eine Modellierung der seeweiten Strömungen im Bodensee mit vertretbaren Rechenzeiten wurde erstmals von Appt [2], [3] durchgeführt. Hierbei kam das dreidimensionale hydrodynamische Modell ELCOM (Estuary, Lake and Coastal Ocean Model) [4], [5] zum Einsatz, das vom Centre for Water Research (CWR), University of Western Australia, entwickelt wurde. Das Modell berechnet Strömung, Wassertemperatur und Transport von Wasserinhaltsstoffen mit Hilfe der insta-

tionären Reynolds-Gleichungen auf einem festen 3-D-Modellgitter.

Zur Erfassung der beckenweiten Prozesse wurde das Modell mit einem horizontalen Modellraster von 400 m x 400 m und mit einer vertikalen Diskretisierung in 53 Schichten, deren Mächtigkeit bis 80 m Tiefe 2,5 m beträgt und darunter bis auf 10 m ansteigt, an den Bodensee angepasst.

Anhand von zwei seeweiten Messkampagnen in den Jahren 2001 und 2003 wurde das Modell mit sehr gutem Ergebnis validiert. Hierbei hat sich die besondere Bedeutung des Windfeldes gezeigt, das als maßgebliche Antriebskraft räumlich differenziert erfasst werden muss. Außer Betracht blieb bisher sowohl die Berücksichtigung von Zu- und Abflüssen als auch die Rolle der Flachwasserzonen.

Im vorliegenden Beitrag werden nun für das ELCOM-Modell des Bodensees der Einfluss des Windfeldes und seiner räumlichen Differenzierung für die seeweite Strömung diskutiert, die Einschichtung des Alpenrheins mit seiner Sedimentfracht mit dem Modell simuliert und schließlich die Bedeutung von Zuflüssen sowie Flachwasserzonen für den See untersucht.

2 Einfluss des Windfeldes

2.1 Ergebnisse der Messkampagnen

Das großräumige dreidimensionale Strömungsfeld im Bodensee wird hauptsächlich vom Wind bestimmt. In **Bild 1** ist beispielhaft eine Momentaufnahme des Strömungsfeldes dargestellt, das sich an der Seeoberfläche bei schwachem bis mäßi-

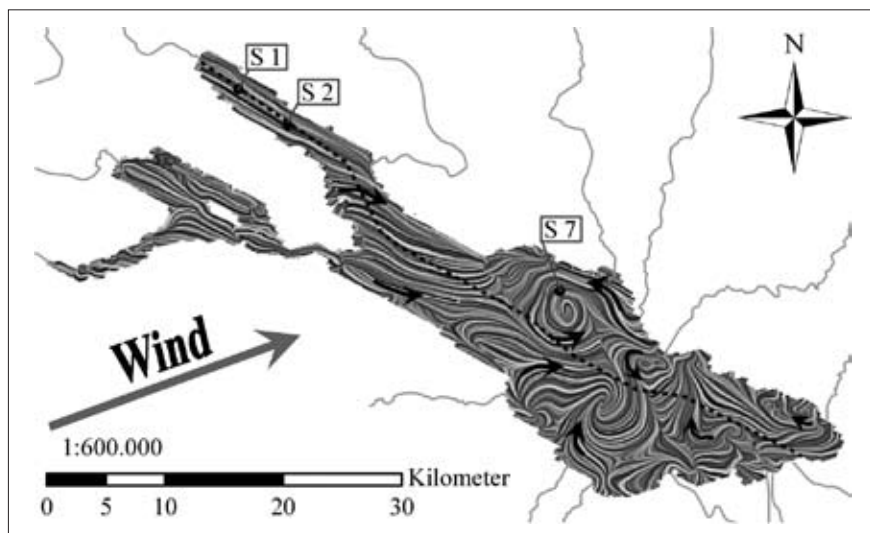


Bild 1: Berechnetes Strömungsfeld an der Oberfläche des Bodensees am 16.05.2007 um 18 Uhr bei Wind aus WSW; die gepunktete Linie kennzeichnet den in Bild 2 dargestellten Längsschnitt

gem Wind aus Westsüdwest, der vorherrschenden Windrichtung am Bodensee, ergibt. Die Randbedingungen entstammen der Daten- und Methodenbank Bodensee-Online [1].

Durch die windinduzierte Verdriftung der oberflächennahen Wasserschichten werden interne Schwingungen des gesamten geschichteten Wasserkörpers ausgelöst (interne Wellen). Dabei entsteht ein komplexes Strömungsfeld, wie dies in **Bild 2** anhand von Ergebnissen aus der Messkampagne 2001 [6] dargestellt ist.

Das Bild 2 zeigt die Auslenkung der Thermokline, welche durch Reflexion an den Rändern zur Entstehung von internen Wellen führt. Das an der Station S2 gemessene Temperaturprofil ist in Farbe für den Zeitraum vom 24.10. bis zum 16.11.2001 dargestellt. Die entsprechenden Simulationsergebnisse sind als schwarze Linien darüber gelegt. Zu Beginn zeigt das Modell in guter Übereinstimmung mit der Messung die so genannte Kelvinwelle, deren Periode hier etwa 90 Stunden beträgt [1]. Zwischen dem 6. und dem 9.11. verursachte starker Wind aus WSW eine Verschiebung des warmen Oberflächenwassers in den Ostteil des Sees. Am gezeigten Messpunkt steigt kälteres Wasser aus der Tiefe auf, die Wassertemperaturen an der Oberfläche sinken kurzfristig bis auf 7,5 °C ab.

2.2 Modellierung

Für die Modellierung des Starkwindereignisses wurden zwei Varianten für die Angabe des Windes als Randbedingung untersucht: Zum einen wurde die an der Messstelle S7 gemessene Zeitreihe als gleichförmige Randbedingung für die gesamte Seeoberfläche angesetzt, zum anderen wurde ein räumlich differenziertes Windfeld aus den seeweiten Windmessdaten zugrunde gelegt. Da der Wind im Gebiet des Bodensees deutliche räumliche Gradienten aufweist, bilden Simulationen mit einem differenzierten Windfeld als Randbedingung die Realität wesentlich besser ab. **Bild 3** zeigt den Verlauf der 7-°C-Isotherme an den Stationen S7 und S1 über eine Woche vom Beginn des Starkwindes aus den Messdaten und in den beiden Simulationsvarianten. An der Station S7 (Referenz für das gleichförmige Windfeld) weichen die Simulationsergebnisse erwartungsgemäß nur geringfügig voneinander ab (wobei beide Simulationen die Auslenkung der Thermokline etwas unterschätzen). An der Station S1 dagegen kommt die Simulation mit dem differenzierten Windfeld den

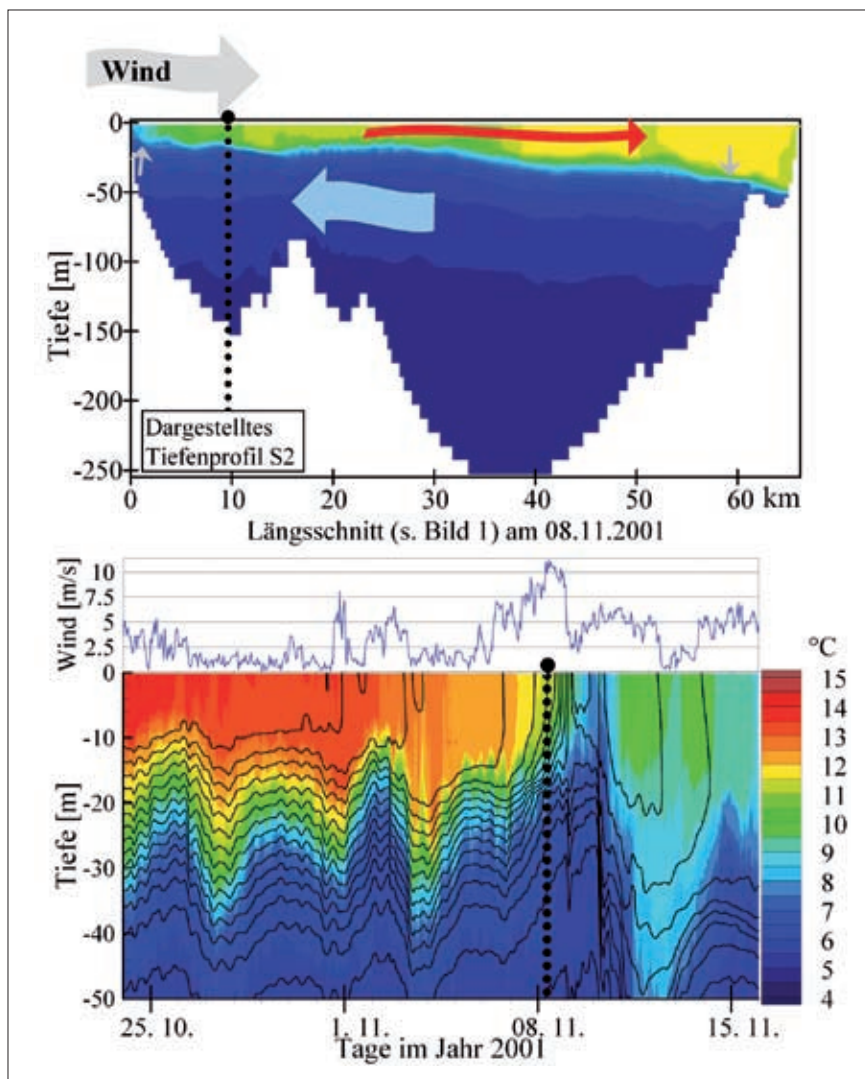


Bild 2: Windinduzierte interne Schwingungen: oben: berechnete Temperaturverteilung im Längsschnitt am 8.11.2001 bei starkem Wind aus WSW, die Pfeile deuten die momentane Strömungsrichtung im Epi- und Hypolimnion an; unten: gemessenes (Farbflächen) und berechnetes (Linien) Temperaturprofil über die Zeit am Messpunkt S2

Messwerten sehr nahe, während die andere große Abweichungen zeigt, da die örtliche Windgeschwindigkeit im Überlinger See (S1) deutlich geringer ist als in der Friedrichshafener Bucht (S7). Dies verdeutlicht die Notwendigkeit einer detaillierten Bestimmung des differenzierten Windfeldes, wie dies in Scheuermann et al. [7] dargestellt wird.

3 Einfluss des Alpenrheins und seiner Sedimentfracht

3.1 Hochwasserereignis 2005

Nach heftigem Regen in den Alpen am 22. August 2005 führten der Rhein und die Bregenzerach am 23. August extremes Hochwasser. Der hohe Oberflächenab-

fluss war mit einer hohen Sedimentfracht verbunden. Der maximale Abfluss in Rhein und Bregenzerach betrug 2 600 beziehungsweise 1 350 m³/s, was im Rhein einem 100-jährlichen Hochwasser entspricht und im Fall der Bregenzerach sogar noch höher einzustufen ist [8].

In **Bild 4** sind die Auswirkungen des Hochwassers auf die Hydrodynamik skizziert: Die Schwebstofffracht (1) erhöht die Dichte des warmen Flusswassers so stark, dass es an der Mündung in den See abtaucht, wobei auch noch wärmeres Oberflächenwasser eingemischt wird, und am Grund des Sees entlang mehr als 20 km weit bis zum tiefsten Punkt zwischen Fischbach und Uttwil absinkt (2). Mit abnehmender Geschwindigkeit und Turbulenz im Dichtestrom an der Seesohle

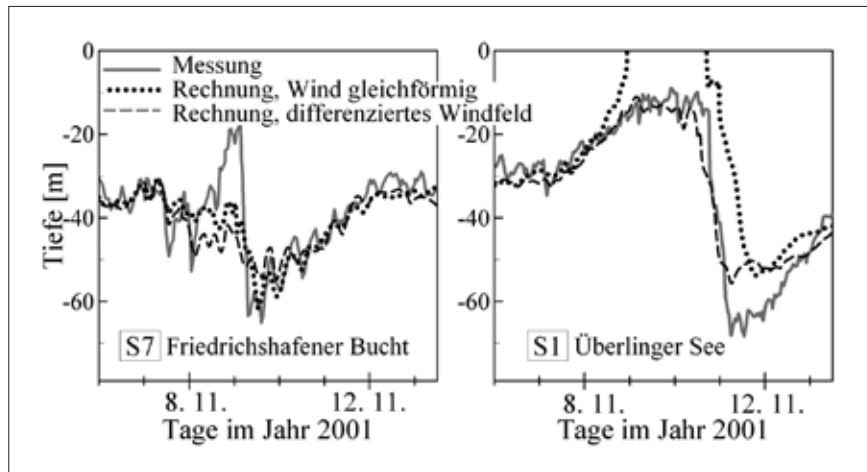


Bild 3: Einfluss des Windfeldes: Verlauf der 7°C-Isotherme während des Starkwindereignisses an zwei Profilen

fallen die größeren Fraktionen der Sedimentfracht aus (3), die Dichte nimmt ab, und das warme Wasser steigt mitsamt den verbliebenen feineren Sedimenten unter Einmischung kalten Tiefenwassers wieder auf (4), bis es die Höhe der neutralen Schicht erreicht hat, in der die Dichte des aufsteigenden Wasserstroms der Umgebungsdichte im See entspricht. Dies ist ein räumlich heterogener Prozess, bei dem das warme Wasser in Auftriebsstrahlen von Metern bis Zehnermetern Durchmesser aufsteigt und dabei kaltes Umgebungswasser einmischt, welches gleichzeitig aus Kontinuitätsgründen auch etwas absinkt. Die aufgestiegene Schwebstoffwolke wird im Bereich der Thermokline mit der Seeströmung verdriftet (5) und sogar im Überlinger See noch als erhöhte Trübung an der Wasserentnahme des Zweckverbandes Bodensee-Wasserversorgung (BWV) beobachtet. Auf dem Foto der Alpenrheinmündung ist der höhere Schwebstoffgehalt an der helleren Farbe deutlich zu erkennen. Kurz nach der Mündung verschwindet das Flusswasser aufgrund seiner höheren Dichte in die Tiefe (Rheinbrech).

3.2 Modellierung

Zur Modellierung der oben beschriebenen Prozesse wird das hydrodynamische Modell ELCOM mit dem Wasserqualitätsmodell CAEDYM [8] gekoppelt, mit dem Dichteeffekte durch suspendiertes Material und das Absinken von Schwebstoffen simuliert werden kann. Aus Dichte und Konzentration der Schwebstoffe ergibt sich die Dichte des Wassers wie folgt:

$$\rho_{ges} = \rho_w + \sum (1 - \rho_w / \rho_{sed}) \cdot c_{sed} \quad (1)$$

Die Sinkgeschwindigkeit wird nach dem Stokes'schen Gesetz aus Dichte und Durchmesser der Teilchen errechnet. Zur Erfassung der Sedimentfracht, welche in der Natur ein Spektrum von 1 bis 40 µm aufwies, wurden im Modell zwei repräsentative Korngrößen verwendet: 4 µm für das Feinsediment und 20 µm für die Grobseimente. Auch Resuspensionsprozesse werden vom Modell anhand der kritischen Sohlschubspannung für jede Sedimentklasse berücksichtigt [8].

Zur Simulation der Strömungsverhältnisse an der Mündung wurde das Modellgitter lokal horizontal auf 100 m x 100 m verfeinert.

Zur Validierung der Modellergebnisse dienen Temperaturmesswerte des Institutes für Seenforschung (ISF), Langenargen, am tiefsten Punkt des Sees zwischen Fischbach und Uttwil sowie Trübungsmessungen der Seewasserwerke [9].

Bild 5 zeigt die berechnete Wassertemperatur des Hypolimnions im Profil am

tiefsten Punkt des Sees. Deutlich erkennbar sind der sehr plötzliche Temperaturanstieg in Sohlhöhe kurz nach dem Hochwasser und dann der Rückgang der Temperatur in der Tiefe zufolge des Aufsteigens des warmen Wassers. Die Auftriebsstrahlen mit den korrespondierenden Zonen absinkenden kalten Wassers treten auch im Modell auf, wenn auch, bedingt durch die horizontale Diskretisierung, in einem größeren Maßstab als in der Natur.

In **Bild 6** ist exemplarisch dargestellt, wie die Schwebstoffwolke erst am Nordufer des Hauptbeckens (Seewasserwerk Immenstaad) und 4 bis 5 Tage später dann auch im Überlinger See (BWV) als erhöhte Trübung (Einheit: FNU) detektiert wurde. Das Modell berechnet nicht die Trübung, sondern die Schwebstoffkonzentration in mg/m³, die hier zur besseren Vergleichbarkeit mit den Messungen logarithmisch aufgetragen ist. Der Anstieg der Schwebstoffkonzentration erfolgt in Messung und Rechnung in etwa zum selben Zeitpunkt, ist in der Rechnung jedoch vor allem bei Immenstaad wesentlich steiler, was auf die grobe Klassifizierung der Schwebstoffe im numerischen Modell zurückzuführen ist.

4 Die Bedeutung der Flachwasserzone

Als Flachwasserzone oder Litoral wird die Zone bis zur Haldenkante in etwa 10 m Wassertiefe bezeichnet. Im Bodensee liegen bedeutende Flachwasserzonen in der Friedrichshafener Bucht und nahe der Rheinmündung vor. Die Flachwasserzonen spielen aus verschiedenen Gründen eine besondere Rolle für das System See.



Bild 4: Starkregenereignis August 2005: links: Der Weg des Rheinwassers durch den See; rechts: Mündung des Rheins in den Bodensee (Bild: Peter Rey, HYDRA)

4.1 Zuflüsse am Beispiel Schussen

Im November 2007 unternahm die BWV eine Messkampagne mit dem Ziel der Identifizierung des Wasserkörpers der Schussen im Bereich der Mündung in den Bodensee anhand von Wassergüteparametern. Dazu wurden an 15 Messpunkten sowohl Wasserproben entnommen als auch mit Multiparametersonden Temperatur, Leitfähigkeit und Sauerstoffgehalt gemessen. Zu diesem Zeitpunkt führte die Schussen Niedrigwasser, der Abfluss betrug etwa $5 \text{ m}^3/\text{s}$. Die Untersuchungen ergaben, dass der Zufluss nur im Flachwassergebiet direkt an der Mündung nachweisbar ist und nach der Haldenkante weder anhand der Leitfähigkeit noch mit Hilfe von Spurenanalytik nachgewiesen werden kann.

Um diese Situation modelltechnisch nachzubilden, wurde das Diskretisierungsnetz im Bereich der Schussenmündung auf $20 \text{ m} \times 20 \text{ m}$ verfeinert. Die Morphologie des Mündungsgebietes wurde anhand der Daten aus der internationalen Bodensee-Tiefenvermessung von 1990 [10] so genau wie möglich nachgebildet. **Bild 7** zeigt ein Luftbild der Schussenmündung sowie die Strömungsverhältnisse im Umfeld der Schussenmündung bei einem Zufluss von $5 \text{ m}^3/\text{s}$ in den ruhenden See, wobei der Strahlimpuls nach wenigen hundert Metern verschwunden ist. Ebenfalls dargestellt ist das Strömungsfeld bei Hochwasser mit einem Abfluss von $100 \text{ m}^3/\text{s}$. Die Geschwindigkeiten sind hier zwar wesentlich höher, die Energiedissipation infolge Sohlenreibung und Turbulenz im

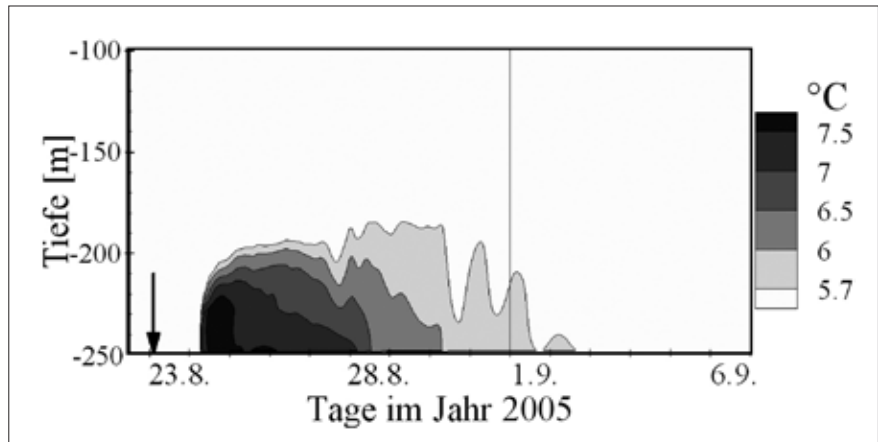


Bild 5: Temperaturprofil am tiefsten Punkt des Sees zwischen Fischbach und Uttwil während und nach dem Hochwasser 2005eignisses an zwei Profilen

Flachwasserbereich sorgt aber dafür, dass sich selbst bei Hochwasser kein Impulsstrahl ausbildet, sondern eine fächerförmige Ausbreitung erfolgt. Ohne den Einfluss der Sohle dagegen würde der Zufluss von $100 \text{ m}^3/\text{s}$ einen deutlichen Impulsstrahl von 2 bis 3 km Länge bilden.

4.2 Bedeutung für die Tiefenwassererneuerung

Aus hydrodynamischer Sicht von besonderem Interesse ist die Tatsache, dass Gebiete mit geringen Wassertiefen bei kalter Witterung schneller auskühlen als das Freiwasser. Da das kalte Wasser eine höhere Dichte besitzt als der Rest des Sees, strömt es an der Sohle entlang in die Tiefe, wo es als kälteres und sauerstoffreiches Oberflächenwasser detektiert werden kann (**Bild 8**). Dieser Vorgang trägt zur Tiefen-

wassererneuerung bei und kann vor allem in milden Wintern von großer Bedeutung sein [11]. Daher ist anzunehmen, dass diesem so genannten Differential Cooling im Zuge der Klimaerwärmung noch größere Bedeutung zukommen wird.

Bei der Modellierung der temperaturbedingten Dichteströme ist zu beachten, dass die Dichteströme in der Natur als lokale Instabilitäten meist nur geringe Ausdehnungen haben und im Modell der scharfe Temperaturgradient durch die vergleichsweise grobe Diskretisierung und numerische Dispersion abgeschwächt wird. Dennoch ist es möglich, die Effekte des Differential Coolings, wie in **Bild 8** gezeigt nachzubilden.

5 Zusammenfassung

Die 3-D-Strömungsverhältnisse im Bodensee können mit dem Modell ELCOM mit guter räumlicher und hoher zeitlicher Auflösung hinreichend genau erfasst werden. Eine Modellierung mit 53 Modellschichten und einer horizontalen Auflösung von $400 \text{ m} \times 400 \text{ m}$ mit Netzverfeinerungen auf $100 \text{ m} \times 100 \text{ m}$ im Bereich des Alpenrheins sowie in den Flachwasserzonen erfordert bei Zeitschritten von 40 s Rechenzeiten, die bei einem Verhältnis von Echtzeit zu Rechenzeit von 4 bis 6 und größer liegen.

Die hydrodynamischen Prozesse im Bodensee werden hauptsächlich durch das differenzierte Windfeld und die thermodynamischen Prozesse sowie auch durch die Zuflüsse beeinflusst. Mit Hilfe des hydrodynamischen Modells ELCOM wurden alle Einflussgrößen detailliert an Einzelergebnissen untersucht.

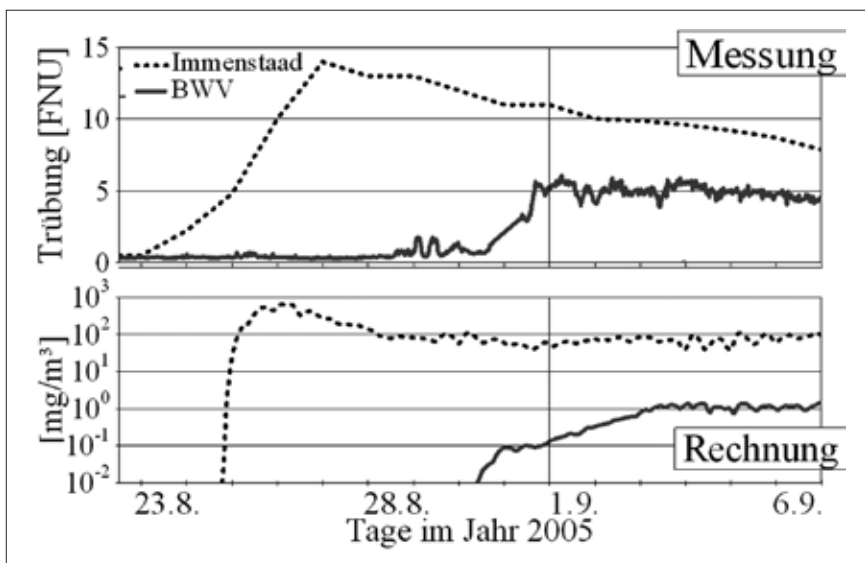


Bild 6: Trübung und Schwebstoffkonzentration an den Seewasserwerken Immenstaad und Sipplingen (BWV)

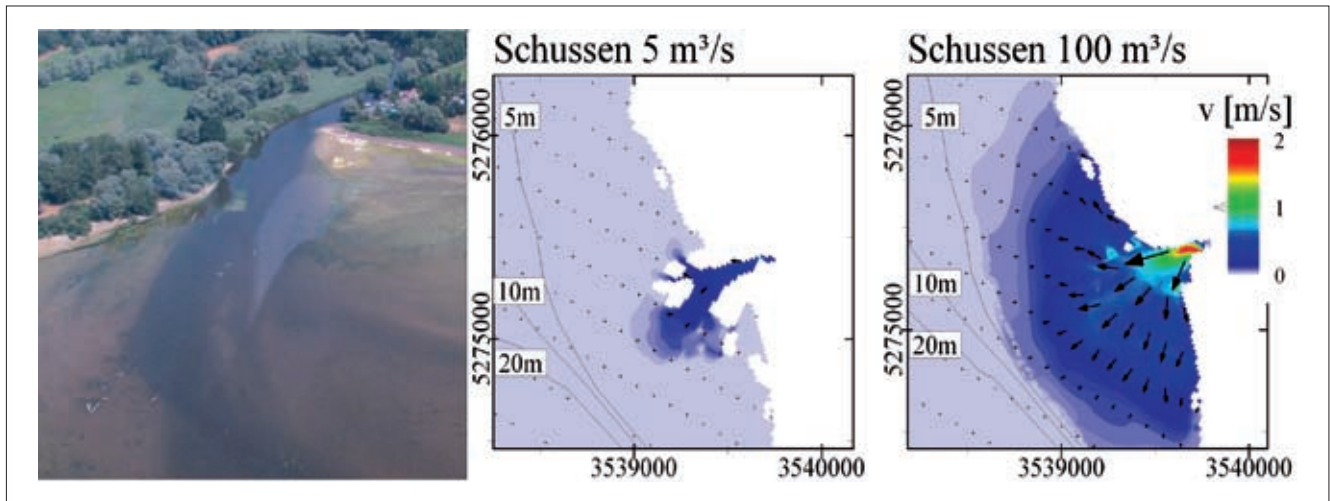


Bild 7: Mündung der Schussen (links; Bild: ISF); berechnete Strömungsverhältnisse bei Niedrig- (mitte) und Hochwasser (rechts), dargestellt sind Geschwindigkeitsvektoren und der Betrag der Geschwindigkeit als Farbflächen

Am Beispiel eines Sturmereignisses im Herbst 2001 hat sich gezeigt, dass sich die internen Wellen nur mit einem räumlich differenzierten Windfeld ausreichend genau nachbilden lassen.

Die dichtegetriebenen Einschichtungs- und Transportprozesse des Rheins als dem größten Zufluss in den Bodensee bei hoher Wasserführung mit entsprechend hoher Sedimentfracht lassen sich modelltechnisch näherungsweise nachbilden. Am Beispiel des Starkregenereignisses vom August 2005 konnte gezeigt werden, dass warmes Rheinwasser bis an die tiefste Stelle des Bodensees gelangt und dann nach Sedimentation der groben Korngrößen wieder aufsteigt. Allerdings lässt sich mit zwei repräsentativen Sedimentklassen das Spektrum der Feststofffracht nur grob annähern, und aufgrund der Diskretisie-

rung im 100 m x 100 m-Raster können die subskaligen Auftriebstrahlen und Vermischungseffekte nur in erster Näherung erfasst werden.

Während der Alpenrhein auch die Hydrodynamik im Pelagial und im Tiefenwasser beeinflussen kann, lassen sich die kleineren Zuflüsse, die in das Flachwasser des Bodensees münden, sowohl mess- als auch modelltechnisch nur lokal nachweisen. Hier wird durch die hohen Energieverluste im Flachwasserbereich selbst im Hochwasserfall die Ausbildung einer ausgeprägten Strahlströmung verhindert.

Die raschere Auskühlung der Flachwasserzonen und die hierdurch induzierte Tiefenwassererneuerung (Differential Cooling) lässt sich bei entsprechender Modellauflösung in diesen Bereichen näherungsweise nachbilden, wenngleich auch hier die

subskaligen Abtriebströmungsprozesse nur summarisch erfasst werden können.

Das anhand vielfältiger Messungen und Untersuchungen validierte hydrodynamische Modell steht damit für einen dauerhaften Einsatz im Informationssystem BodenseeOnline [1] zur Verfügung, mit dem die wichtigsten hydrodynamischen Prozesse nachgebildet und v. a. prognostiziert werden können.

Falls kleinskalige Prozesse das großräumige Strömungs- und Transportverhalten stark beeinflussen, ist es notwendig, das bestehende Modell um Mehrskalensätze zu erweitern, die die kleinskaligen lokalen Prozesse (z. B. Dichteveränderungen in Abhängigkeit starker lokaler Temperaturschwankungen) in die großräumigen Prozesse in einem Lösungsgebiet mit integrieren. Die Mehrskalensätze können

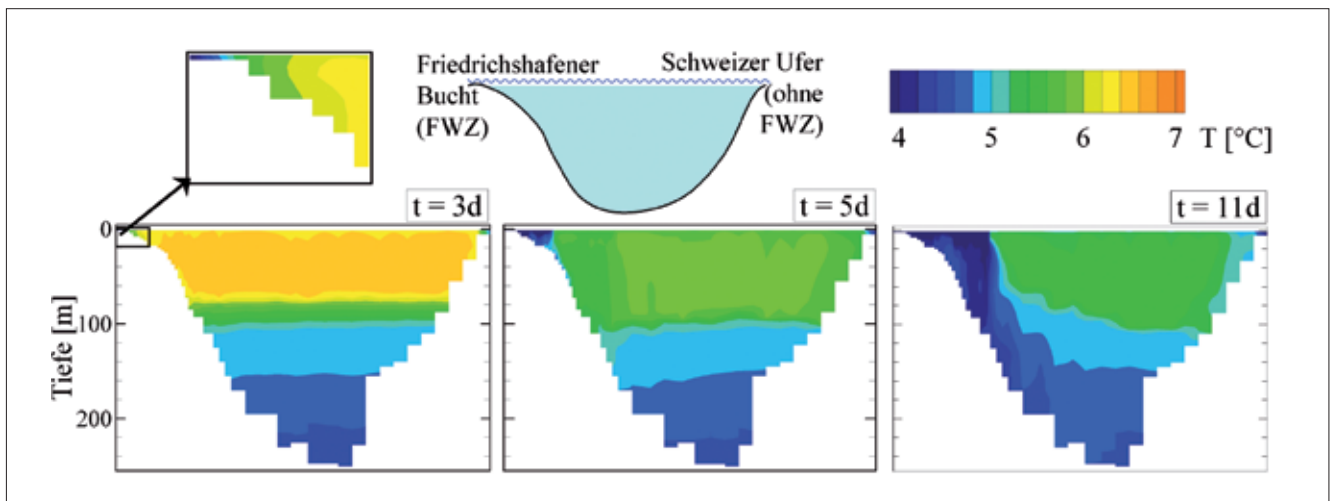


Bild 8: Simulation von Tiefenwassererneuerung durch Abkühlung der Flachwasserzone (FWZ); Prinziprechnungen für die Friedrichshafener Bucht

Magdalena Eder, Helmut Kobus and Rainer Helmig

Three-Dimensional Modelling of Hydrodynamics in Lake Constance

The dynamic flow patterns in Lake Constance can be simulated adequately and with high time resolution with the hydrodynamic model ELCOM, if it is coupled with a wind model for the regional wind distribution. With data from the high discharges during the extreme rain event in August 2005, it is shown that the inflow of the Rhine and its sediment load can be simulated with an adequate refinement of the spatial grid. Also, river inflows into the shallow areas of the lake and density currents due to differential cooling in shallow areas can be simulated adequately.

gleichfalls dazu beitragen, lokale Fronten besser aufzulösen und somit auch die numerische Diffusion zu verringern.

70569 Stuttgart
Magdalena.Eder@iws.uni-stuttgart.de
Helmut.Kobus@iws.uni-stuttgart.de
Rainer.Helmig@iws.uni-stuttgart.de

Danksagung

Die hier dargestellten Untersuchungen wurden von der DFG im Rahmen des Vorhabens Ko 528/19 gefördert. Die Autoren bedanken sich bestens für die ihnen zuteil gewordene finanzielle Unterstützung.

Autoren

Dipl.-Ing. Magdalena Eder
Prof. Dr. h. c. Dr.-Ing. E. h. Helmut Kobus, Ph. D.
Prof. Dr.-Ing. Rainer Helmig
Institut für Wasserbau
Universität Stuttgart
Pfaffenwaldring 61

Literatur

- [1] Lang, U.; Paul, T.: Zustandsbeschreibung und Prognose mit der Daten- und Methodenbank BodenseeOnline. In: Wasserwirtschaft 98 (2008), Heft 10, S. 39-44.
- [2] Appt, J.: Analysis of Basin-Scale Internal Waves in Upper Lake Constance. In: Mitteilungsheft des Instituts für Wasserbau der Universität Stuttgart (2003), Heft 123.
- [3] Appt, J.; Imberger, J.; Kobus, H.: Basin-scale motion in stratified Upper Lake Constance. In: Limnol. Oceanogr. 49 (2004), Nr. 4, S. 919-933.
- [4] Hodges, B. R.; Imberger, J.; Saggio, A.; Winters, K. B.: Modeling basin-scale internal waves in a stratified lake. In: Limnol. Oceanogr. (2000), 45 (7).
- [5] Hodges, B.; Dallimore, C.: Estuary, Lake and Coastal Ocean Model: ELCOM. v2.2 Science Manual. Centre for Water Research, University of Western Australia, 2006.
- [6] Appt, J.; Stumpp, S.: Die Bodensee-Messkampagne 2001. In: Mitteilungsheft des Instituts für Wasserbau der Universität Stuttgart (2002), Heft 111.
- [7] Scheuermann, W.; Schmidt, F.; Krass, C.: Modellierung des Windfeldes als Antriebskraft für die interne Strömung im Bodensee. In: Wasserwirtschaft 98 (2008), Heft 10, S. 22-25.
- [9] Kempke, S.; Fleig, M.; Lang, U.; Faißt, M.; Schick, R.: ‚BodenseeOnline‘ – ein Informationssystem zur Vorhersage der Hydrodynamik und der Wasserqualität von Seen – Anwendungsbezogene Aspekte aus der Sicht der Wasserversorgung. 37. Jahresbericht der Arbeitsgemeinschaft Wasserwerke Bodensee-Rhein (AWBR) (2005), S. 107-138.
- [8] Hipsey, M. R.; Romero, J. R.; Antenucci, J. P.; Hamilton, D.: Computational Aquatic Ecosystem Dynamics Model: CAEDYM v3 Science Manual. Centre for Water Research, University of Western Australia, 2007.
- [10] Braun, E.; Schärpf, K.: Internationale Bodensee-Tiefenvermessung 1990. Stuttgart: Landesvermessungsamt Baden-Württemberg, 1994
- [11] Rossknecht, H.; Güde, H.; Hetzenauer, H.; Wahl, B.; Wolf, T.: Auswirkungen von Klimaänderungen auf das Zirkulationsverhalten des Bodensee-Obersees. In: KLIWA-Berichte (2007), Heft 11, S. 65-98.

BUCHTIPPS

Westrich, B.; Förstner, U. (Hrsg.):

Sediment Dynamics and Pollutant Mobility in Rivers

Springer-Verlag, Berlin, 2007;
ISBN 978-3-540-34782-8; 430 S., € 139,05

In diesem interdisziplinären Fachbuch werden aus der Feder einer Vielzahl von ausgewiesenen Experten sowohl die Grundlagen als auch zahlreiche Detailspekte von der Mobilisierung von Stoffen und Materialien in Gewässern über deren Transport bis hin zu den Ablagerungsprozessen behandelt. Dabei werden sowohl die verschiedenen Untersuchungstechniken, wie numerische Simulationen sowie Natur- und Laborversuche, einschließlich der Interaktion von chemischen, biologischen und hydrodynamischen Faktoren erörtert als auch die möglichen Modelle zur Lösung von qualitativen und quantitativen Fragestellungen auf lokaler und überregionaler Ebene in

Gewässersystemen vorgestellt. Abgerundet wird die Darstellung durch die Einbeziehung zahlreicher Fallbeispiele.

Rubbert, S.:

Entwicklung eines Langfristgewässergütemodells für flache Standgewässer

Shaker Verlag, Aachen, 2007;
ISBN 978-3-8322-7131-2; 346 S.; € 49,80

Zur Unterstützung ein langfristig ausgelegten wasserwirtschaftlichen Betrachtung sind u. a. auch Gewässergütemodelle notwendig. Dabei gibt es nur wenige Modelle, die sich mit Standgewässern und deren Spezifika auseinandersetzen und die darüber hinaus in flussgebietsweise Betrachtungen integriert werden können. Im Rahmen der im Band 151 der Aachener Wasserbau-Mitteilungen vorgestellten Dissertati-

on wurde ein derartiges Modell entwickelt, das v. a. auf die wichtigen Austauschprozesse zwischen Sediment und Wasser, die hydrodynamischen und die chemisch-physikalischen Prozesse eingeht. Zur Verifikation wurde die flache Talsperre Spremberg herangezogen, für die eine Vielzahl von notwendigen Daten vorlagen. SH

Neuerscheinungen in Kürze

Storm/Lohse: EG-Umweltrecht. Erg. 3/08 mit VO-Texten zu Abfallarten, Biotopschutz u. a. m. Berlin: E. Schmidt Verlag, ISBN 978-3-503-03497-0.

Lersner et al.: Handbuch des Dt. Wasserrechts. Erg. 3/08 mit Aufnahme der Hochwasserschutz-RL und dt. Umweltschadengesetz sowie Aktualisierung des Kommentierung des hessischen WG u. a. m. Berlin: E. Schmidt Verlag, ISBN 9-783-503-00041-1.