

BodenseeOnline

Verbundforschungsvorhaben für ein Informationssystem zur Vorhersage der Hydrodynamik und der Wasserqualität von Seen am Beispiel des Bodensees

U. Lang; T. Breiting

Ingenieurgesellschaft Prof. Kobus und Partner GmbH

Wilhelmstr. 11

70182 Stuttgart

W. Scheuermann; J. Achenbach

Universität Stuttgart

Institut für Kernenergetik und Energiesysteme

Pfaffenwaldring 31

70569 Stuttgart

R. Obad; G. Kuhn

Institut für Seenforschung

der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg

Argenweg 50/1

88085 Langenargen

M. Felix

Universität Stuttgart, Institut für Wasserbau

Pfaffenwaldring 61

70550 Stuttgart

K. Rinke

Universität Konstanz, Limnologisches Institut

Mainaustrasse 252

78464 Konstanz

S. Kempke

Arbeitsgemeinschaft Wasserwerke Bodensee - Rhein

Zweckverband Bodensee-Wasserversorgung

Süßenmühle 1

78354 Sipplingen

1. MOTIVATION	131
2. PROJEKTZIELE.....	132
3. TEILPROJEKTE UND PROJEKTKOOPERATIONEN.....	134
3.1 TEILPROJEKT 1: DATENBANK UND ONLINE MODELL (KUP):.....	134
3.2 TEILPROJEKT 2: SIMULATIONSPLATTFORM UND BEREITSTELLUNG METEOROLOGISCHER RANDBEDINGUNGEN (IKE)	134
3.3 TEILPROJEKT 3: HYDRODYNAMIK UND TRANSPORT VON WASSERINHALTSSTOFFEN (IWS):	134
3.4 TEILPROJEKT 4: BIOLOGIE, CHEMIE UND SEDIMENT (ILK):.....	135
3.5 TEILPROJEKT 5: ANWENDUNGSBEZOGENE FRAGESTELLUNGEN AUS SICHT DER WASSERVERSORGUNGUNTERNEHMEN (AWBR):.....	135
4. DATENMANAGEMENT	135
4.1 DATENFLÜSSE.....	135
4.2 DATENBANKSTRUKTUR	136
5. ONLINE-MODELL	137
5.1 ANFORDERUNGEN AUS SICHT DER WASSERVERSORGER.....	137
5.2 HYDRODYNAMISCHES MODELL.....	138
5.3 ERSTE ERGEBNISSE	138
6. ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK.....	139
7. LITERATUR.....	140

1. Motivation

Havarien, technisches Versagen und unvorhersehbare Unfälle können die vorhandenen Wasserressourcen bedrohen, so dass die Nutzung dieser Wasserressourcen zum Teil zeitlich begrenzt eingeschränkt werden muss. In diesen Fällen sind kurzfristige Entscheidungen auf abgesichertem Kenntnisstand zu den aktuellen Verhältnissen und zu den zu erwartenden Auswirkungen erforderlich. Die oberirdischen Gewässer sind in besonderem Maße diesen Gefährdungen ausgesetzt. Im Gegensatz zu den Fließgewässern können Kontaminationen in stehenden Gewässern zu lang anhaltenden Verunreinigungen führen, die insbesondere für die Sicherstellung der Trinkwasserversorgung aus Seen eine große Gefahr darstellen. Für den Bodensee als größtem See in Deutschland wächst mit zunehmender Industrialisierung und wachsendem Siedlungsdruck im Einzugsgebiet die Gefahr von unvorhergesehenen Unfällen wie die jüngste Vergangenheit zeigt (Absturz eines Verkehrsflugzeuges am 25.04.1994 in den Bodensee, der Brand bei dem Chemieunternehmen Sandoz 1986, der Reaktorunfall von Tschernobyl am 26.04.1986 oder der Zusammenstoß einer Passagier- und Frachtmaschine am 01.07.2002 bei Überlingen/Owiningen).

Neben diesen Unfallszenarien wird aus den Statistiken der großen Versicherungsgruppen deutlich, dass in steigendem Maße die Häufigkeit und das Schadensmaß von Naturkatastrophen zunehmen, wie die jährlichen Erdbeben in den Alpen oder die jüngsten Hochwasserereignisse am Bodensee (Juni 1999) bzw. (August 2005) zeigen. Am Bodensee hatte das lang anhaltende Hochwasser von 1999 nicht nur gravierende ökologische Auswirkungen sondern führte auch zu immensen Schäden in bebauten Gebieten.

Für einen integralen und vorsorgenden Gewässerschutz ist die langfristige Entwicklung der Wasserqualität die zentrale Fragestellung. Am Bodensee konnte die Wasserqualität durch kostenintensive Erweiterungen der Kläranlagen mit Phosphatelemination im Einzugsgebiet innerhalb der letzten 40 Jahre wieder deutlich verbessert werden. Aber langfristige Änderungen der klimatischen Verhältnisse und anhaltende Stoffbelastungen aus den Zuflüssen können zu einer Veränderung der Chemie und Biologie im See führen. Diese möglichen Änderungen gilt es zu erkennen und zu quantifizieren.

Da bislang nur bedingt Ansätze vorliegen, die eine Beurteilung und Vorhersage der Auswirkungen von Störfällen mit wassergefährdenden Stoffen oder von immer häufiger werdenden Extremereignissen sowie der Prognose der lang- und kurzfristigen Wasserqualität erlauben, wird im Rahmen des Forschungsprojektes BodenseeOnline ein Informations- und Warnsystems für den Bodensee erstellt, das

- nicht nur von Wasserversorgungsunternehmen als Entscheidungshilfe im Bereich des Hochwassermanagements bzw. der Störfallvorsorge, sondern vielmehr auch
- als Grundlage für wasserwirtschaftliche Entscheidungen im Sinne des vorsorgenden Gewässerschutzes sowie
- zur Abklärung verschiedener Fragestellungen u. a. im Zusammenhang mit der Fischerei, der Schifffahrt oder der Wasserschutzpolizei

eingesetzt werden kann.

Das Projekt BodenseeOnline ist ein vom Bundesministerium für Bildung und Forschung und von der Deutschen Forschungsgemeinschaft gefördertes Forschungsprojekt. Es hat eine Laufzeit von 3 Jahren, innerhalb dessen ein Prototyp von BodenseeOnline entwickelt wird. Daran muss sich eine zweite Phase anschließen, in der der Prototyp zur Anwendungsreife weiterentwickelt wird.

2. Projektziele

Am Beispiel des Bodensees (Obersee, d. h. Hauptbecken und Überlinger See) wird ein Online Informationssystem zur Vorhersage des hydrodynamischen Verhaltens und der Wasserqualität von Seen entwickelt. Dieses Informationssystem soll zur Unterstützung von wasserwirtschaftlichen Entscheidungen im Hinblick auf den integrierten Gewässerschutz, die Störfallvorsorge und die Prognose von Hochwasserauswirkungen dienen. Mit Hilfe des Informationssystems lassen sich Langzeitprognosen zur Wasserqualität durchführen, die Entscheidungshilfen für langfristige wasserwirtschaftliche Planungen liefern. Das Informationssystem wird disziplinübergreifend unter Einbindung bestehender Daten, Informationen und wissenschaftlicher Arbeiten aufgebaut. Deshalb sind unterschiedliche Projektpartner beteiligt, die durch ihre umfangreichen wissenschaftlichen und anwendungsbezogenen Erfahrungen Informationen, Daten und Modelle zur Beantwortung relevanter Fragestellungen liefern und in der Lage sind, diese in den Prototyp eines operationellen Systems zu integrieren. Dieses ermöglicht eine ganzheitliche Betrachtungsweise von Seen und deren Einzugsgebieten, die eine wichtige Grundlage für wasserwirtschaftliche Entscheidungen darstellt. Die Interpretation der Daten basiert auf numerischen Modellen zur Beschreibung der antreibenden Kräfte sowie der Wasser- und Stoffflüsse im See (siehe Abbildung 2.1). Dabei wird auf bestehende Modelle zurückgegriffen, die im Rahmen des Verbundforschungsvorhabens weiterentwickelt, angepasst und für einen Online-Betrieb bereitgestellt werden.

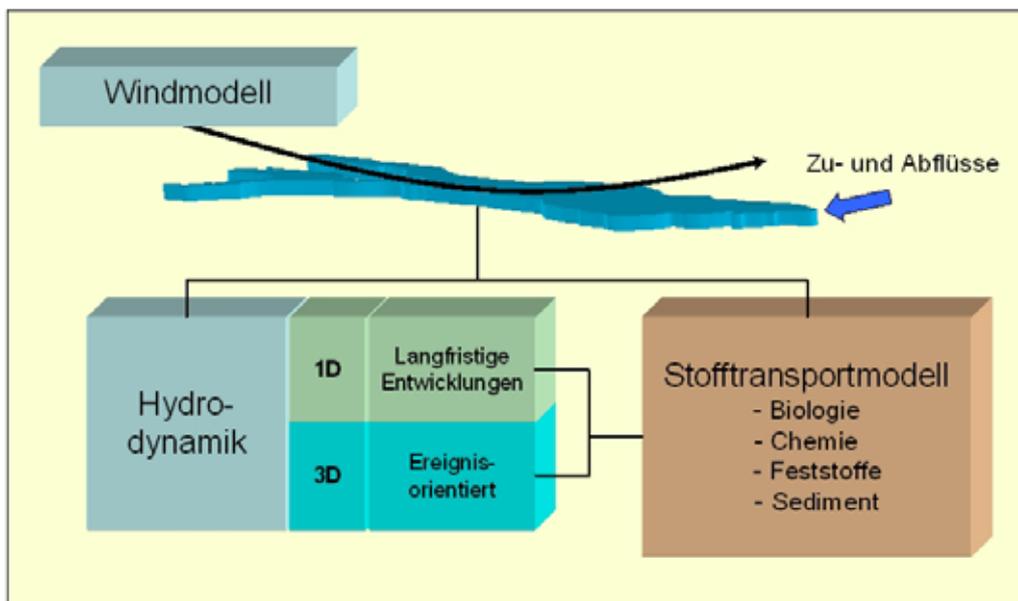


Abbildung 2.1: Schematische Darstellung der Modelle im Informationssystem

Die Aufgabe von BodenseeOnline besteht in der Beschreibung, Quantifizierung und Prognose der Auswirkungen anthropogener Eingriffe. Damit wird ein umfassendes Instrument zur Beurteilung der nachhaltigen Bewirtschaftung des Bodensees erstellt. BodenseeOnline stellt dazu über das Internet Mess- und Rechen- und Daten in standardisierter Form und mit einer für die jeweilige Verwendung charakteristischen Zeitauf- und Auflösung zur Verfügung. Die Daten beschreiben erstmals den Zustand des Sees in einer konsistenten Weise und über einen längeren Zeitraum. Die Daten werden passwortgeschützt den Projektpartnern zur Verfügung gestellt.

BodenseeOnline wird so aufgebaut, dass die Interessen von zahlreichen Nutzern am Bodensee abgedeckt werden können. Für folgende Nutzer werden Informationen bereitgestellt:

- Wasserversorgung (Störfallprognose):
 - Welche Wasserfassungen sind betroffen?
 - Innerhalb welches Zeitraumes gelangt der Schadstoff zu den Fassungen?
 - Wie lange sind einzelne Fassungen betroffen?
- Wasserschutzpolizei (Auswertung oberflächennaher Strömung):
 - Wie kann die Vermisstensuche optimiert werden?
 - Wie breiten sich Schadstofffahnen aus (Schadensbekämpfung)?
 - Welche Sicherungsmaßnahmen sind bei erwartetem Hochwasser zu treffen?
- Fischerei:
 - Wie sieht die Nährstoffverteilung im See aus und welche Auswirkung hat diese für den Fischbestand? (z.B. Wo halten sich die Fische auf?)
 - Wohin werden die ausgebrachten Treibnetze verfrachtet?
 - Wie entwickeln sich die Fischpopulationen (z.B. Laichverhalten) in Abhängigkeit der Temperaturen im See?
- Örtliche Verwaltung:
 - Welche Sicherungsmaßnahmen sind bei erwartetem Hochwasser zu treffen?
 - Wie entwickelt sich die Wasserqualität?

Darüber hinaus lassen sich für den Tourismus am Bodensee folgende Informationen verwenden:

- Welche Wassertemperaturen werden erwartet?
- Sind Algenblüten bzw. Beeinträchtigungen der Wasserqualität z.B. an Badestränden zu erwarten?
- Welche Windverhältnisse und welche oberflächennahen Strömungen sind z.B. für Segler zu erwarten?

Ziel ist es ein Informationssystem zu erstellen, das auch in der Umweltverwaltung der am Bodensee angrenzenden Länder eingesetzt wird. Dazu unterstützt die Internationale Gewässerschutzkommission für den Bodensee (IGKB) das Forschungsprojekt.

3. Teilprojekte und Projektkooperationen

Das Verbundforschungsvorhaben ist in 5 Teilprojekte unterteilt. Dabei wird im ersten Teilprojekt durch die Ingenieurgesellschaft Prof. Kobus und Partner GmbH (kup) die Basis für die wissenschaftlichen Arbeiten gelegt. Mit 3 Modellierungsprojekten werden die bestehenden numerischen Modelle weiter entwickelt und in verbesserter Version für den Prototyp von BodenseeOnline zur Verfügung gestellt. Diese wissenschaftlichen Arbeiten werden vom Institut für Kernenergetik und Energiesysteme (IKE) und vom Institut für Wasserbau (IWS) der Universität Stuttgart sowie vom Limnologischen Institut der Universität Konstanz (ILK) durchgeführt. Im letzten Teilprojekt ist mit der Arbeitsgemeinschaft der Wasserwerke Bodensee – Rhein (AWBR) ein Nutzer von BodenseeOnline in der Entwicklergruppe vertreten.

Die Forschungsarbeiten werden in direkter Kooperation mit dem Institut für Seenforschung (ISF) in Langenargen der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW) durchgeführt. Das Projekt BodenseeOnline wird von der LUBW durch die Bereitstellung von Daten und Methoden unterstützt. Ebenso werden durch den Deutschen Wetterdienst die meteorologischen Randbedingungen für den Bodenseeraum zur Verfügung gestellt.

3.1 Teilprojekt 1: Datenbank und Online Modell (kup):

- Projektmanagement und Koordination
- Definition der grundlegenden Datenstruktur und Erstellung des Datenbankkonzeptes
- Einbindung der aktuellen Daten vom Bodensee mit Prüfung auf Konsistenz und Vollständigkeit
- Prognose von Hochwasserauswirkungen
- Erstellung und Betrieb eines funktionsfähigen Prototyps von BodenseeOnline

3.2 Teilprojekt 2: Simulationsplattform und Bereitstellung meteorologischer Randbedingungen (IKE)

- Erstellen der Simulationsplattform, auf der die numerischen Modelle implementiert werden
- Modellierung des Windfeldes („diagnostisches Windmodell“)
- Bereitstellung der meteorologischen Randbedingungen für das hydrodynamische Seenmodell

3.3 Teilprojekt 3: Hydrodynamik und Transport von Wasserinhaltsstoffen (IWS):

- Weiterentwicklung des Modellinstrumentariums zur Simulation der hydrodynamischen Prozesse und des Transports von Wasserinhaltsstoffen
- Überprüfung der Modelle für unterschiedliche Schichtungsverhältnisse und Windsituationen
- Untersuchungen zum Einfluss der räumlichen Diskretisierung

- Optimierung der Anfangsbedingungen
- Implementierung eines hydrodynamischen 1D-Modells als Grundlage für die langfristige Prognose der Wasserqualität

3.4 Teilprojekt 4: Biologie, Chemie und Sediment (ILK):

- Weiterentwicklung des Modellinstrumentariums für die Beschreibung der lang- und kurzfristigen biologischen, chemischen und sedimentologischen Prozesse:
 - Modellierung des Kohlenstoff- und Phosphorkreislaufes
 - Modellierung von Algenblüten und Partikelbildung aufgrund von Calcitfällung

3.5 Teilprojekt 5: Anwendungsbezogene Fragestellungen aus Sicht der Wasserversorgungsunternehmen (AWBR):

- Definition der Anforderungen an das System
- Erhebung von Messdaten und Informationen für den Online-Betrieb
- Unterstützung der Projektpartner mit der bei den Wasserwerken vorhandenen technischen Ausstattung
- Weiterentwicklung des Prozessverständnisses für den partikelgebundenen Schadstofftransport im Bodensee

4. Datenmanagement

Die Datenbank in BodenseeOnline ist die zentrale Schnittstelle zwischen den Messdaten, den eingesetzten numerischen Modellen und der Auswertung der Modellergebnisse. Aus diesem Grund werden sowohl die gemessenen Informationen als auch Modellergebnisse in der Datenbank gespeichert.

Die Messwerte bestehen meist aus Punktinformationen, für die zu unterschiedlichen Zeitpunkten Messwerte vorliegen. Generell kann zwischen historischen Messwerten und online erfassten Messwerten unterschieden werden. Außerdem ist im Hinblick auf die Anwendung der numerischen Modelle zwischen Messdaten, die als Randbedingungen angesetzt werden, und Messwerten, die zum Vergleich zwischen Messung und Rechnung und damit zur Verifizierung der Modelle verwendet werden, zu differenzieren.

4.1 Datenflüsse

Insbesondere bei der Online-Modellierung ergeben sich Datenflüsse, die einer Automatisierung bedürfen, da es routinemäßig wiederkehrende Prozesse sind. Beim Online-Betrieb müssen zunächst die gemessenen Informationen in der Datenbank abgelegt werden. Die meisten Online-Daten werden von Dritten zur Verfügung gestellt und via FTP einmal täglich abgeholt. Da sich der Online-Betrieb zunächst auf die Simulation der hydrodynamischen Prozesse beschränkt, werden derzeit folgende Daten in das System importiert:

- Hydrologische Daten: Abflüsse und Temperaturen an den Zuflüssen sowie Wasserstände (bereitgestellt von der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg und dem Hydrologischen Dienst Vorarlberg)
- meteorologische Daten: z.B. Wind, Lufttemperatur, Globalstrahlung, rel. Luftfeuchte, Bedeckungsgrad (bereitgestellt vom Deutschen Wetterdienst)

Aus der Datenbank werden die Messdaten selektiert, die für die Online-Simulationen notwendig sind. Dies betrifft zunächst das Windmodell und das dreidimensionale hydrodynamische Modell. Alle Modellergebnisse werden wieder in die Datenbank gespeichert, so dass weitere Modelle problemlos auf bereits existierende Modellergebnisse zurückgreifen können. Als Austauschformat wird das Datenformat NetCDF – Network Common Data Form verwendet. Dieses Datenformat ermöglicht eine komprimierte und strukturierte Ablage von zeilen- und spaltenorientierten Daten. Die Visualisierung der Ergebnisdaten erfolgt dann durch Zugriff auf die in der Datenbank gespeicherten Daten.

4.2 Datenbankstruktur

Als Datenbank wird „MySQL 5.0“ eingesetzt. Dies ist ein relationales Datenbankmanagementsystem (RDBMS) mit Open-Source Charakter. Die Daten werden in mehreren Tabellen gespeichert. Die Typen der Tabellen sind zum einem MyISAM-Tabellen für statische Informationen (z.B. Betreiberinformationen oder die Definitionen der Messtypen). Zum anderen werden InnoDB-Tabellen für dynamische Informationen (z.B. Speicherung der Messwerte) eingesetzt. Die einzelnen Tabellen besitzen spezielle Schlüsselspalten (z.B. Primärschlüsselspalte), worüber die Tabellen untereinander in Beziehung stehen. Die relationalen Beziehungen der Attribute für die Messwerte sind in Abb. 4.1 dargestellt.

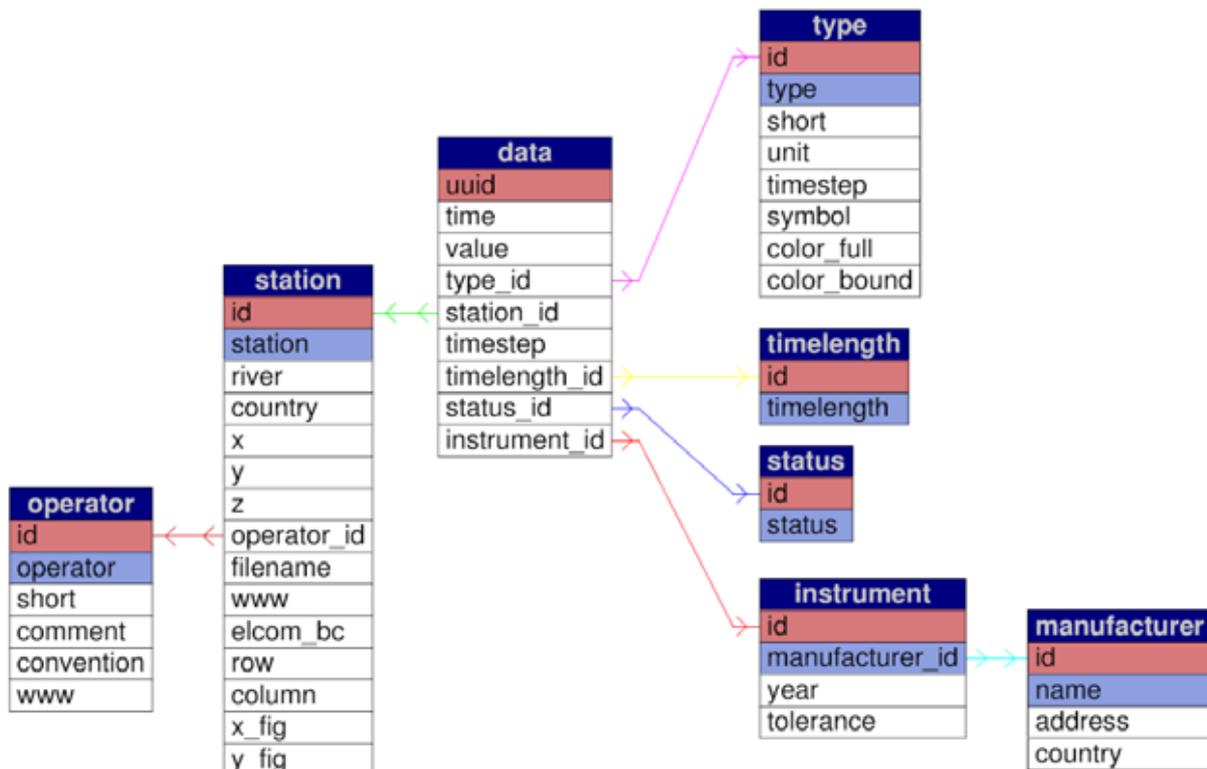


Abbildung 4.1: MySQL-Tabellenschema für die bislang vorhandenen Messdaten

Aufgrund der zentralen Bedeutung der Datenbank im Rahmen des Gesamtsystems wurden hinsichtlich der Zugriffperformance und des Speicherbedarfs Tests durchgeführt. Dabei wurde das Verhalten der in MySQL verfügbaren Speichertechnologien, die so genannten Storage Engines,

- MyISAM
- InnoDB
- Archive

mit der Ablage von Dateien im Dateisystem von Windows (NTFS) untersucht. Sowohl die transaktionale InnoDB-Storage-Engine als auch die speicheroptimierte Archive-Storage-Engine waren im Vergleich etwa eine Größenordnung langsamer. Die transaktionalen Fähigkeiten der InnoDB sind für das Projekt nicht relevant, da die Transaktionen in der O/R-Persistenzschicht abgehandelt werden können.

Hinsichtlich des Einflusses der Anzahl der zu speichernden Dateien hat sich gezeigt, dass die Speicherung aller Daten in der Datenbank im Hinblick auf die Performance des Gesamtsystems von Vorteil ist.

5. Online-Modell

5.1 Anforderungen aus Sicht der Wasserversorger

Da ein wichtiger Nutzer des Systems BodenseeOnline die Wasserversorgung am Bodensee ist, wurden zunächst die Anforderungen an den Online-Modellbetrieb aus Sicht der Wasserversorger definiert. Es hat sich gezeigt, dass im Falle eines Störfalles vergleichsweise rasch Informationen zu den Strömungsverhältnissen aus BodenseeOnline benötigt werden. Dies hat zur Folge, dass neben der Online-Modellierung auch noch ein so genannter Strömungskatalog erstellt wird, aus dem sich Strömungsrichtungen und ggf. auch Gefährdungen einzelner Wasserwerke ableiten lassen.

Aufgrund der Komplexität der eingesetzten numerischen Modelle wird es nicht möglich sein, dass von fachfremden Benutzern Simulationsrechnungen angestoßen werden. Deshalb werden in einem Routinebetrieb aktuelle Informationen bereitgehalten. Aus Sicht der Nutzer betrifft dies folgende Informationen:

- Ausbreitung der Flusswasserfahnen im Bodensee
- Ausbreitung der Fahnen von Kläranlagen
- Ausbreitung des oberflächennahen Wasser bzw. von Treibholz unter Berücksichtigung der Windverhältnisse

Mit dem Routinebetrieb wird eine Modellgrundlage bereitgestellt, die bei Bedarf für aktuelle Fragestellungen modifiziert werden kann. Die Transportsimulationen erfolgen unter der Annahme eines nicht abbaubaren mit dem Seewasser mischbaren Stoffes. Anhand eines Stoffkataloges werden Informationen zum Verhalten von Schadstoffen bei Störfällen bereitgestellt, die mit den Szenarienrechnungen zu kombinieren sind.

5.2 Hydrodynamisches Modell

Bei der hydrodynamischen Modellierung kommt das vom Center of Water Research der University of Western Australia (CWR) entwickelte Programm ELCOM /3/ zum Einsatz. Der Datensatz des hydrodynamischen Modells wurde aus dem bestehenden Datensatz des Instituts für Wasserbau /1/ und /2/ weiterentwickelt. Dafür wurde zunächst eine verfeinerte horizontale Diskretisierung verwendet, um die Einströmungsvorgänge an den Gewässerzuflüssen besser erfassen zu können.

Bei der Weiterentwicklung des hydrodynamischen Modells wurden die instationären Zu- und Abflüsse im System mitberücksichtigt. Die Einschichtung der Zuflüsse erfolgt entsprechend den Temperaturen der Zuflussgewässer. Der Rhein als hauptsächlicher Zufluss zum Bodensee weist bei hohen Abflüssen auch einen hohen Schwebstoffgehalt auf, der einen zusätzlichen Einfluss auf die Dichte des Rheinwassers hat. Anhand des Starkregenereignisses vom August 2005 konnte identifiziert werden, dass lediglich die in Suspension befindlichen Schwebstoffe mit sehr kleinen Korngrößen die beckenweite Strömung von Rheinwasser beeinflussen. Schwebstoffe mit größeren Korndurchmessern sedimentieren im Mündungsbereich des Rheins und haben keinen Einfluss auf die seeweiten Strömungen. Um zumindest den Transport von suspendiertem Material berechnen zu können, werden derzeit die suspendierten Schwebstoffe als gelöste Salze betrachtet. Nach der Weiterentwicklung des Modellsystems in Teilprojekt 3 zur Berücksichtigung der Sedimentationsprozesse werden diese auch im Online-Modell mitberücksichtigt.

5.3 Erste Ergebnisse

Das hydrodynamische Modell wird bereits als Online-Modell eingesetzt. Dazu werden die aktuell gemessenen Daten als Randbedingungen dem numerischen Modell vorgegeben. Das hydrodynamische Online-Modell wird seit 01.01.2006 kontinuierlich betrieben. Dabei erfolgt nicht nur der Test der Datenflüsse für den Online-Betrieb sondern auch die Überprüfung des Modellsystems für einen dauerhaften Einsatz. Es wird versucht, die aktuellen Verhältnisse beginnend von ungeschichteten Verhältnissen über das Frühjahr mit einsetzender Temperaturschichtung bis in den Sommer hinein nachzubilden. Im Rahmen dieser Onlinebetrachtung erfolgt die Auswertung der Temperaturverhältnisse und der Flusswasserfahnen, die über einen konservativen Markierungsstoff nachgebildet werden. Derzeit wird zwischen der Zuströmung durch den Alpenrhein und den übrigen Zuflüssen unterschieden.

Die Online-Simulation sieht eine tägliche Aktualisierung der Modellrechnungen vor. Dabei wird ausgehend vom Modellergebnis des vorangegangenen Tages die Simulation für den aktuellen Tag durchgeführt. Aus numerischen Gründen ist eine Zeitschrittweite von 40 Sekunden notwendig. Dies hat eine Simulationszeit von ca. 10 Stunden zur Folge. Eine höherfrequente Aktualisierung (z.B. stundenweise) ist jederzeit möglich.

Die vom Programm ELCOM erzeugten Ergebnisse werden zuerst in das standardisierte Format (NetCDF – Network Common Data Form) umgewandelt und dann in die Datenbank geschrieben. Es werden ein- und zweidimensionale Informationen kontinuierlich abgespeichert. Die 2D-Informationen sind horizontale Schnitte in verschiedenen Tiefen und Vertikalschnitte an unterschiedlichen Stellen. Die eindimensionalen Informationen sind tiefendiffe-

renzierte Auswertungen an den Entnahmestellen der Wasserwerke und ausgesuchten Positionen im See, die nach Vorliegen weiterer Messdaten aus dem Bodensee mit diesen zur Verifizierung verglichen werden können.

Ein Beispiel für die Auswertung der Modellergebnisse ist in Abb. 5.1 mit der horizontalen Ausbreitung der Flusswasserfahne aus dem Alpenrhein dargestellt. Die Auswertung erfolgte für eine oberflächennahe Schicht. Das Alpenrheinwasser wurde seit dem 01.04.2006 markiert. Vergleichsweise niedrige Konzentrationen von Alpenrheinwasser haben sich innerhalb des Simulationszeitraumes von 2 Monaten über das gesamte Hauptbecken des Obersees ausgebreitet.

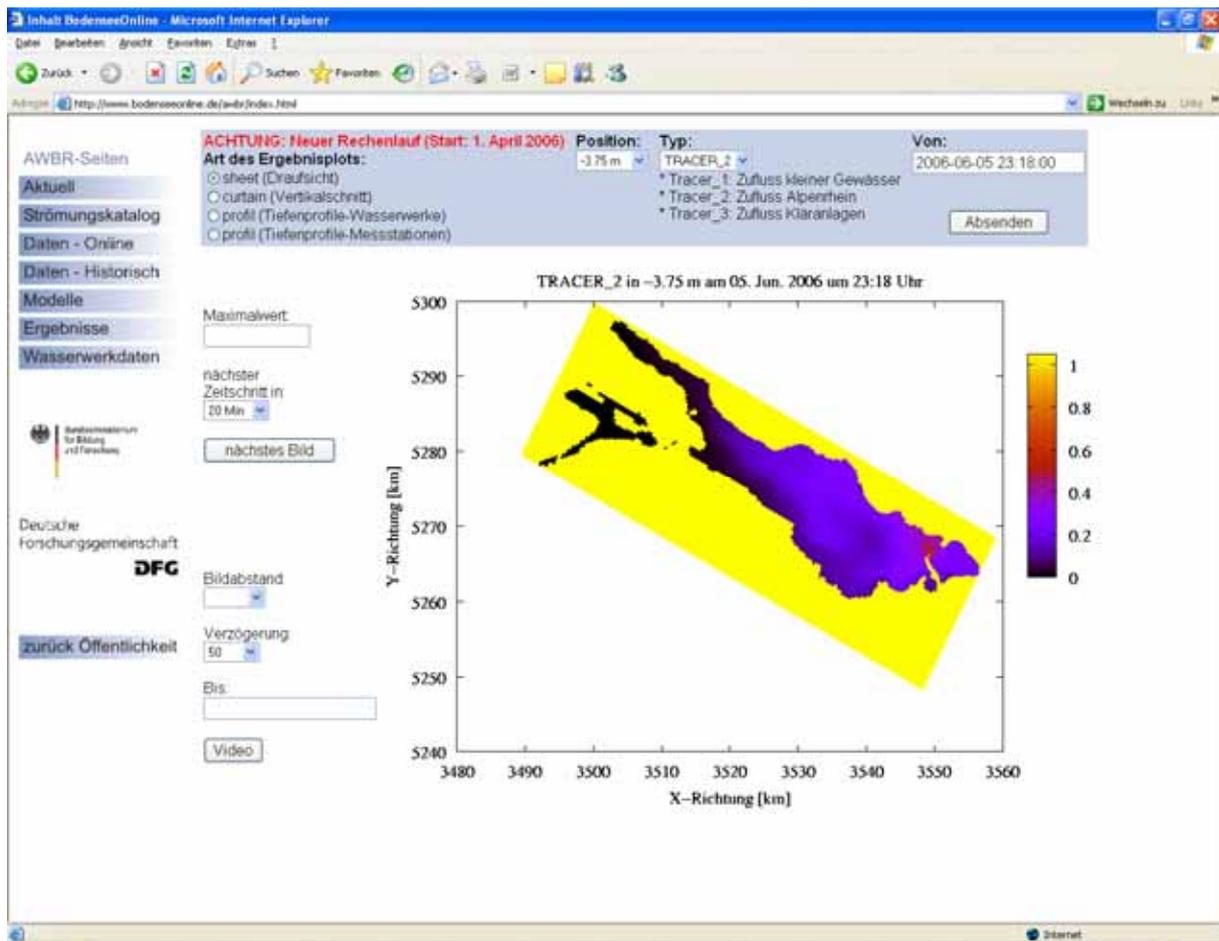


Abbildung 5.1: Beispiel für die Darstellung der Online-Berechnungsergebnisse in BodenseeOnline

6. Zusammenfassung und Ausblick

BodenseeOnline ist ein gemeinsam vom Bundesministerium für Bildung und Forschung und der Deutschen Forschungsgemeinschaft gefördertes Verbundforschungsprojekt. Von den Projektpartnern der Ingenieurgesellschaft Prof. Kobus und Partner GmbH, dem Institut für Kernenergetik und Energiesysteme, dem Institut für Wasserbau der Universität Stuttgart, dem Limnologischen Institut der Universität Konstanz und der Arbeitsgemeinschaft Wasserwerke Bodensee–Rhein wird ein Informationssystem zur Vorhersage der Hydrodynamik und

der Wasserqualität von Seen am Beispiel des Bodensees entwickelt. Dazu wurde eine gemeinsame Datenbank aufgebaut, in der die projektrelevanten Daten und Methoden gespeichert werden. Anhand von numerischen Modellen werden die Strömungsverhältnisse und die Verhältnisse zur Wasserqualität analysiert. Dies erfolgt auf unterschiedlichen Raum- und Zeitskalen, um sowohl für mögliche Störfälle mit wassergefährdenden Stoffen hoch auflösende Informationen zu erhalten als auch langfristige Änderungen der Wasserqualität simulieren zu können und so Informationen für einen integralen Gewässerschutz liefern zu können.

In einem Online-Betrieb werden derzeit schon Simulationen zu den aktuellen dreidimensionalen hydrodynamischen Verhältnissen durchgeführt und den Projektpartnern zusammen mit den aktuellen Messwerten zur Hydrologie und Meteorologie bereit gestellt, die die bestehenden Modelle im Hinblick auf eine verbesserte Prozessmodellierung weiterentwickeln und in das System BodenseeOnline integrieren.

Das Verbundprojekt BodenseeOnline ist abgestimmt mit dem Umweltministerium Baden-Württemberg (UM) und der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW). Die LUBW mit dem Institut für Seenforschung (ISF) in Langenargen unterstützt das Verbundprojekt insbesondere durch die Bereitstellung von Daten- und Informationen. Zwischen dem Institut für Seenforschung und dem Verbundprojekt findet ein regelmäßiger Informationsaustausch statt. Wegen der besonderen Bedeutung für die Umweltinformatik wurde BodenseeOnline in die bundesweite Kooperation Umweltinformationssysteme /4/ auf Antrag des UM am 21.09.2005 aufgenommen. Das Verbundprojekt wird unter der Beteiligung der Internationalen Bodenseekonferenz (IBK) und der Internationalen Gewässerschutzkommission für den Bodensee (IGKB) bearbeitet.

7. Literatur

- /1/ Appt, J., Stumpp, S. (2002): "Die Bodensee-Messkampagne 2001, IWS/CWR Lake Constance Measurement Program 2001", Mitteilungsheft 111, Institut für Wasserbau, Universität Stuttgart
- /2/ Appt, J. (2003): "Analysis of Basin-Scale Internal Waves in Upper Lake Constance", Mitteilungsheft 123, Institut für Wasserbau, Universität Stuttgart
- /3/ Hodges, B.R., Imberger, J., Saggio, A., Winters, K.B. (2000): "Modeling basin-scale internal waves in a stratified lake", *Limnol. Oceanogr.* 45(7)
- /4/ Vereinbarung zwischen dem Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit und dem Umweltministerium Baden-Württemberg sowie 15 obersten Umweltbehörden über die Kooperation bei Konzeptionen und Entwicklungen von Software für Umweltinformationssysteme (VKoopUIS) vom Dezember 2001