

Mehrdimensionale Gewässergüte-Simulation als Werkzeug für ein Ästuarmanagement

Jens Wyrwa, Birte Hein,

Volker Kirchesch, Andreas Schöl

Inhalt:

Mehrdimensionale Gewässergüte-Simulation als Werkzeug für ein Ästuarmanagement

Ausgangspunkt

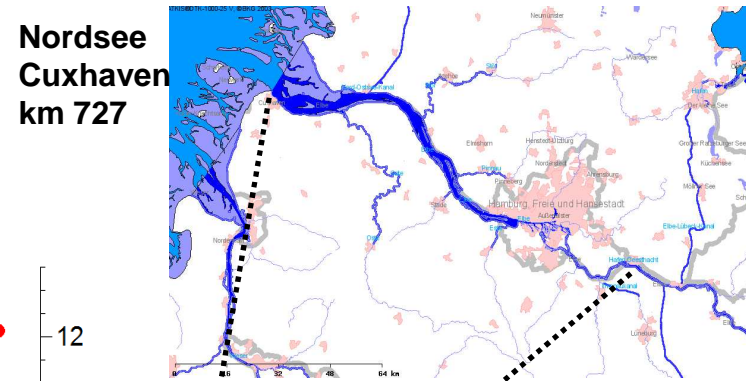
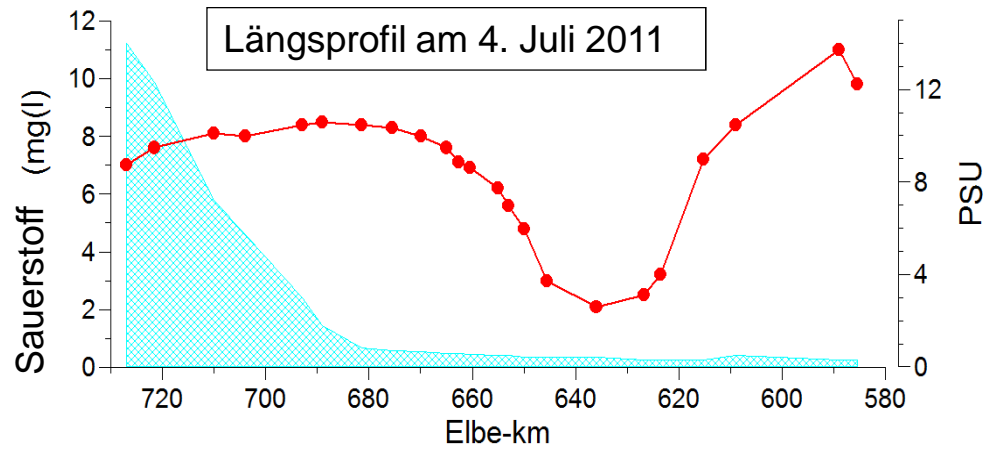
Gütemodell-Entwicklung

Ergebnisse

Dokumentation

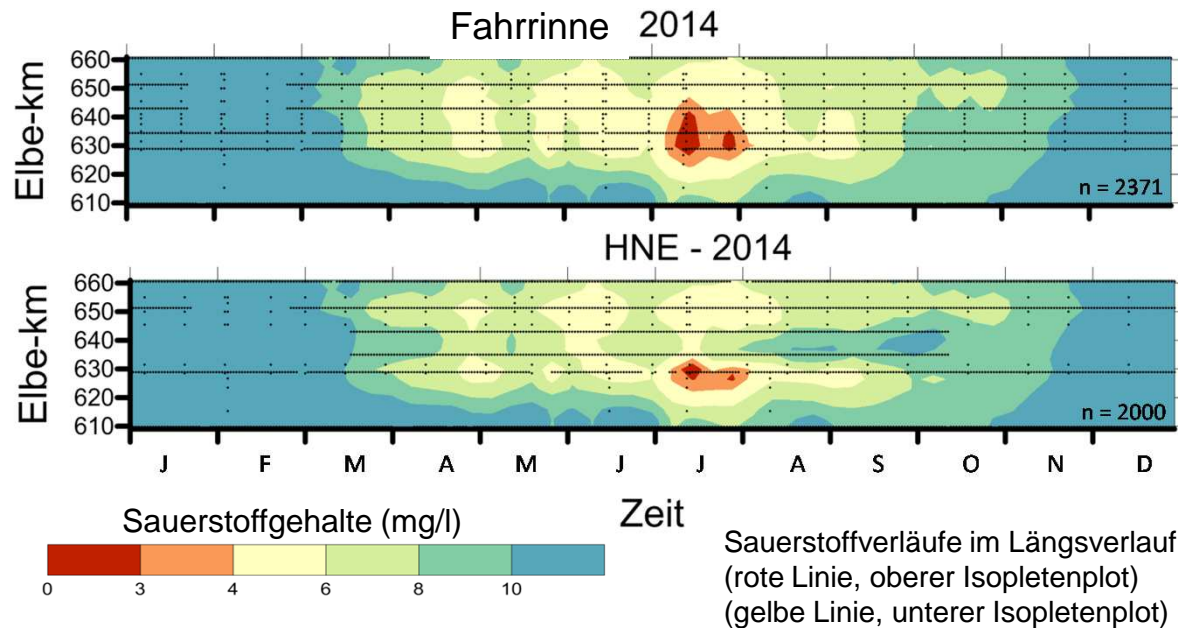
Stand und Ausblick

Sauerstoff im Elbe-Ästuar



Tidewehr
Geesthacht
km 586

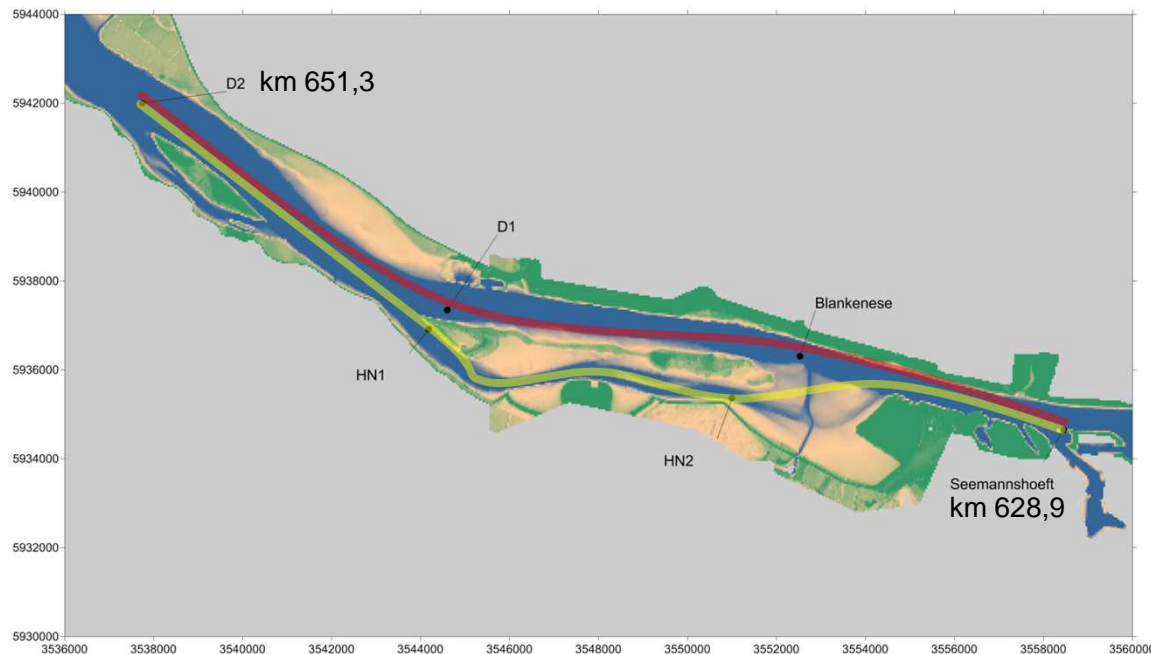




Aufgabenstellung:

Die Hahnöfer Nebelnelbe als Beispiel dafür, dass flache Seitenräume und Watten große Unterschiede im Sauerstoffgehalt gegenüber der Fahrrinne aufweisen.

Zur Untersuchung ist eine Abkehr von querschnittsgemittelten 1D Betrachtungen erforderlich



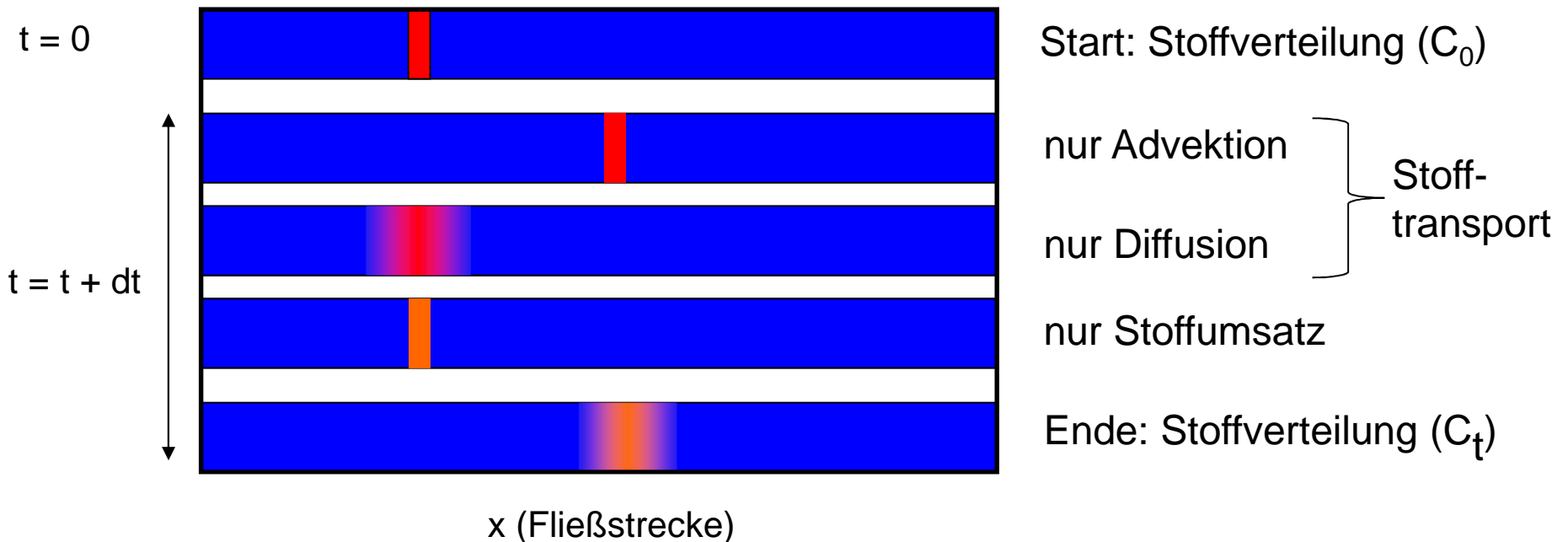
Deterministischer Modellansatz

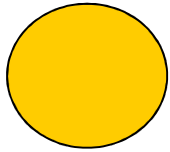
- modelliert alle güterelevanten Variablen als Konzentrationen
- formuliert für deren Änderung als Differentialgleichung

Advektion Diffusion Stoffumsetzungen

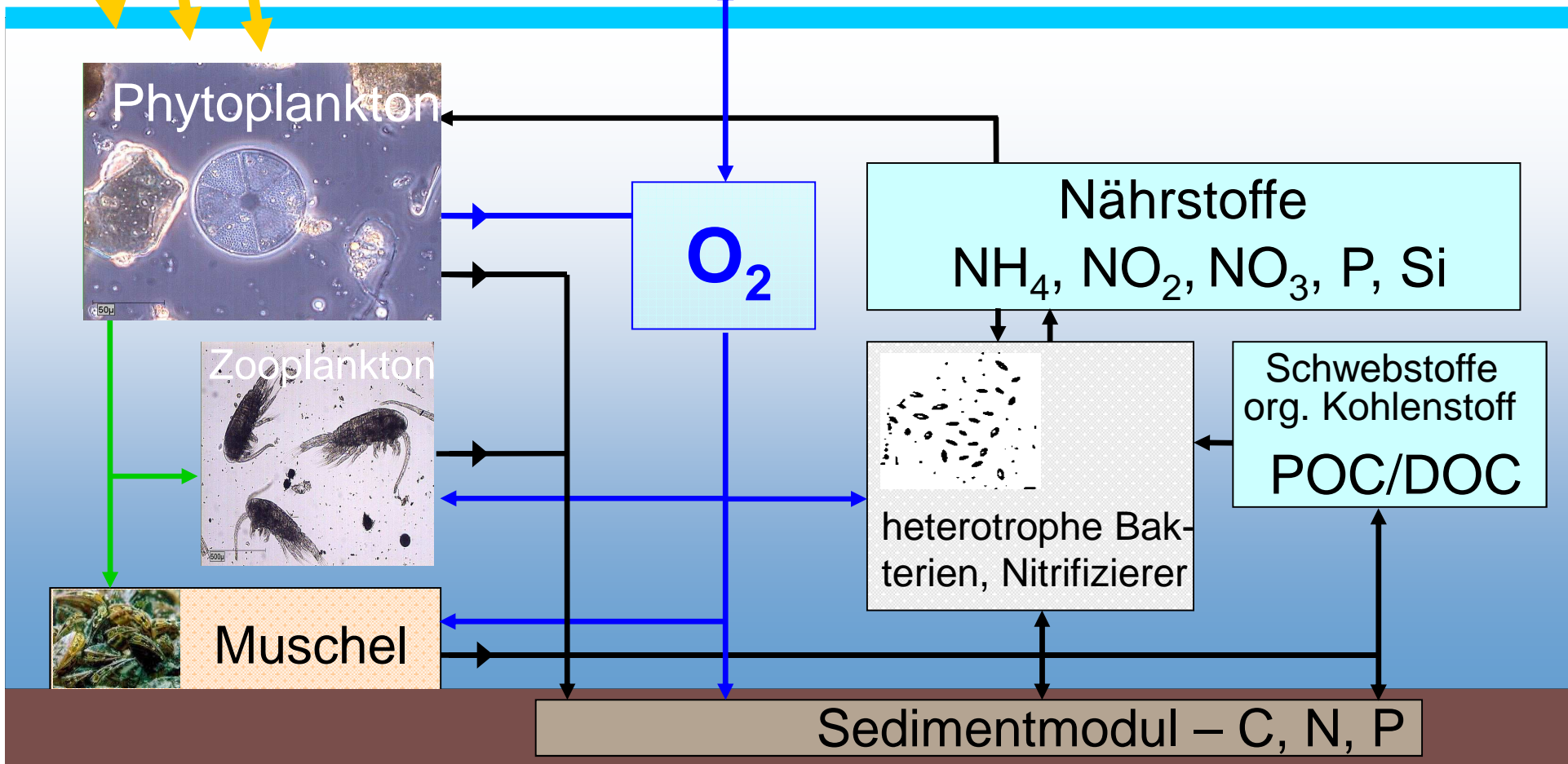
$$\frac{\partial C}{\partial t} = -v * \frac{\partial C}{\partial x} + D_x * \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} - k * C$$

v = Fließgeschwindigkeit D_x = Diffusionskoeffizient k = Stoffumsatzrate





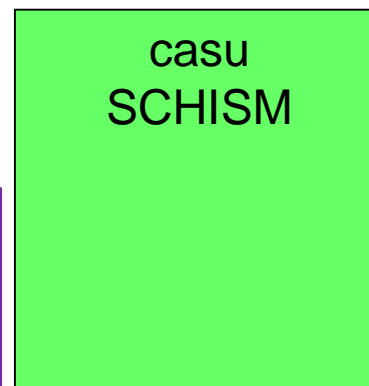
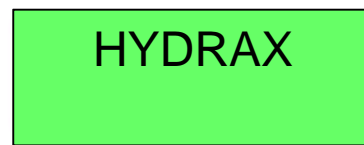
Stoffumsetzungs-Prozesse



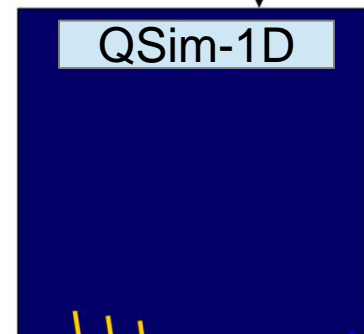
16 Module 70 planktische Konzentrationen 100 Parameter	große Gebiete lange Simulationszeiträume große Anzahl Kalibrier-/Validier-Läufe
--	---

1D

3D



Strömungsfeld



Transportinformation



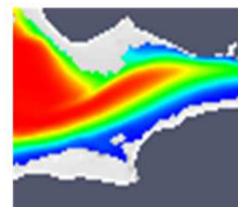
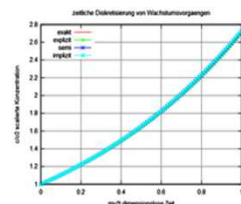
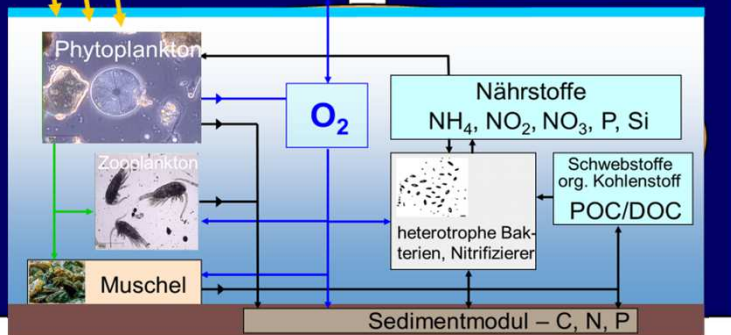
Strömungssimulation
(Impulsbilanz +
Massenerhaltung)

Stoff-Transport
(Advektion+Diffusion)

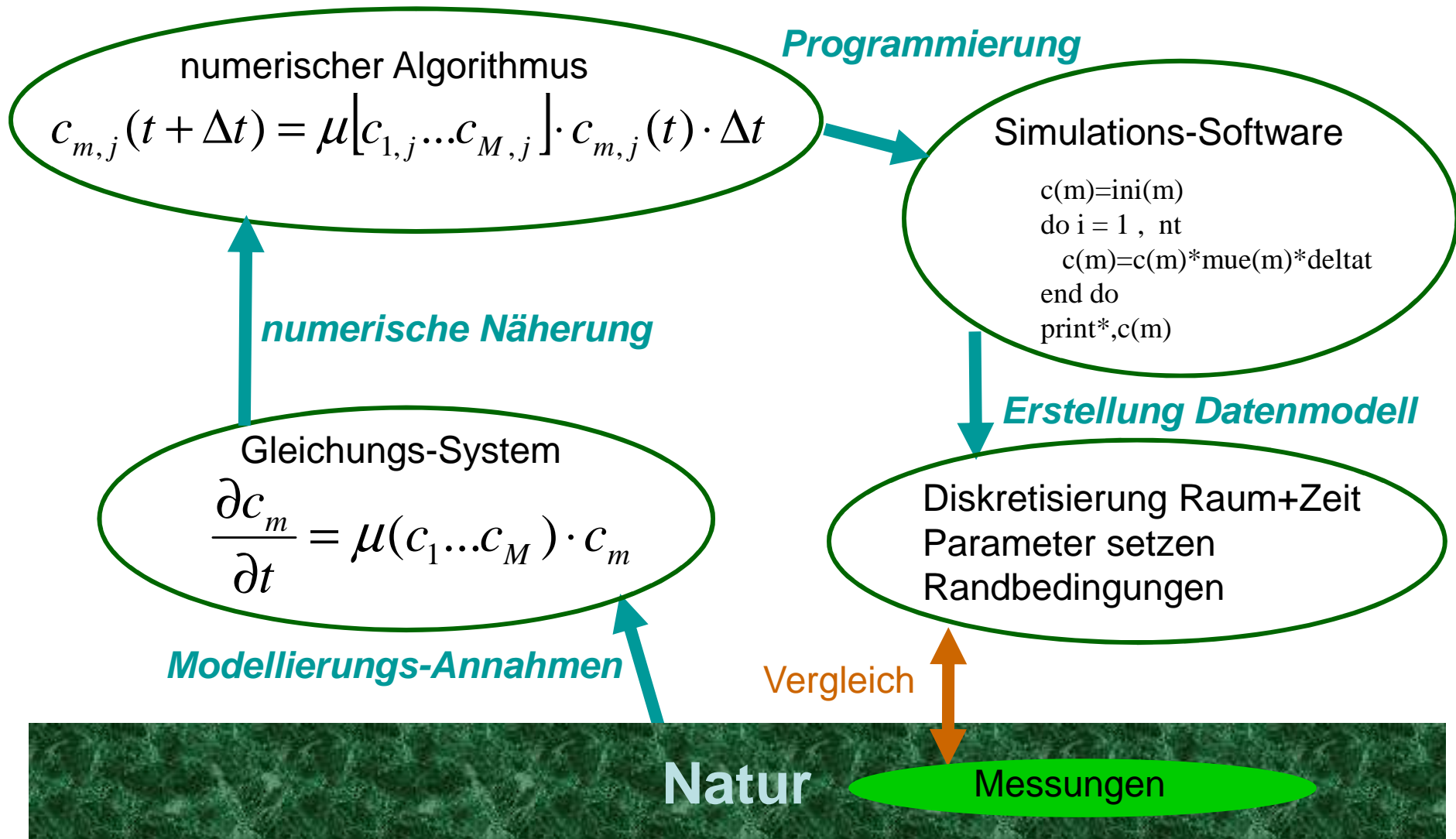
offline-Kopplung

Stoff-Umsatz

Ergebnis -
Auswertung



4 Stufen der Modellierung



numerische Näherung

Advektion (ELM):

Bahnlinienrückverfolgung
lineare tiefengewichtete Interpolation

+ schnell
+ speichereffizient
+ stabil

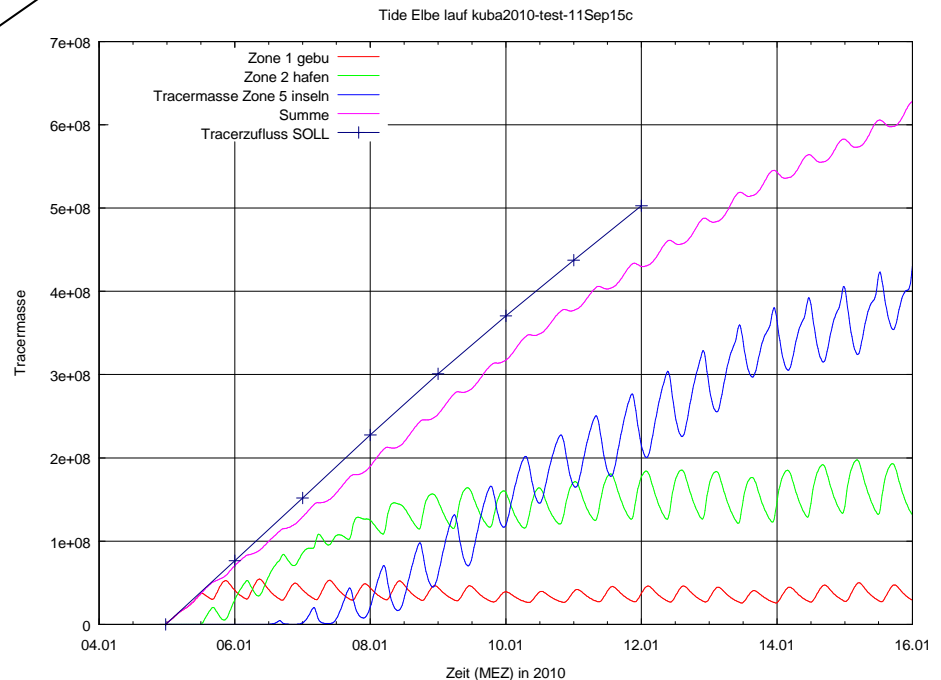
- nicht exakt massenerhaltend
- numerisch diffusiv

QSim 2D-tiefengemittelt
Tide-Elbe Modell 51.000 Knoten

Sim.Zeit/Laufzeit(HPC) = 718
(600=1Jahr/Nacht)

Speicherbedarf Jahresgang Hydraulik
ca. 202 GB

1. Fehlerabschätzung: zonenweise Massenintegrale



2. Fehlerschätzer: knotenweise Massenbilanz (Korrekturalgorithmus)

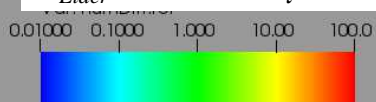
Erkenntnis:
Massendifferenzen in Watten

numerische Näherung

Advektion, numerische Diffusion

DB: ausgabe_27
Cycle: 2784599

Abschätzung der numerischen Diffusivität ins Verhältnis gesetzt zu einem empirischen Ansatz für die reale Diffusivität nach Elder (2D-tiefengemittelt)

$$\frac{D_{num.}}{D_{Elder}} < 0.25 * \Delta x^2 / \Delta t$$
$$D_{Elder} = 5.93 \cdot v_{\tau} \cdot d$$


D – Diffusivität
Δx – Ortschaftweite
Δt – Zeitschrittweite
v_τ – Schubspannungsgeschw.
d – Wassertiefe

Erkenntnis:
flache Seitenräume
von numerischer Diffusion
stärker betroffen.

user: Wyrwa
Fri Sep 11 17:07:27 2015

- Folgerung:**
1. empirische Überprüfung
 2. ggf. verbesserte Verfahren

hydraulischer Treiber für QSim-3D

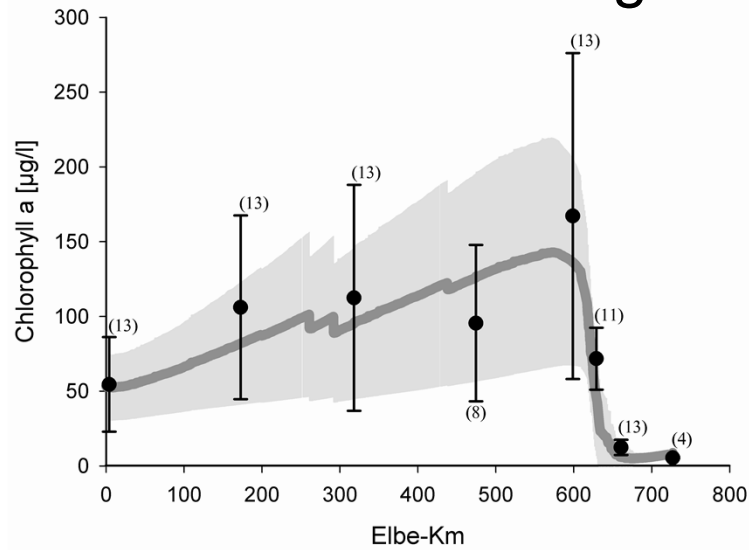


- Casulli-Nachfolge Verfahren wie casu
- parallelisiert (Gebietszerlegung)
- open-source
- Sediment, Wellen etc.
- Palette von Advektionsalgorithmen

*in Kooperation mit M3
Stephan Dietrich*

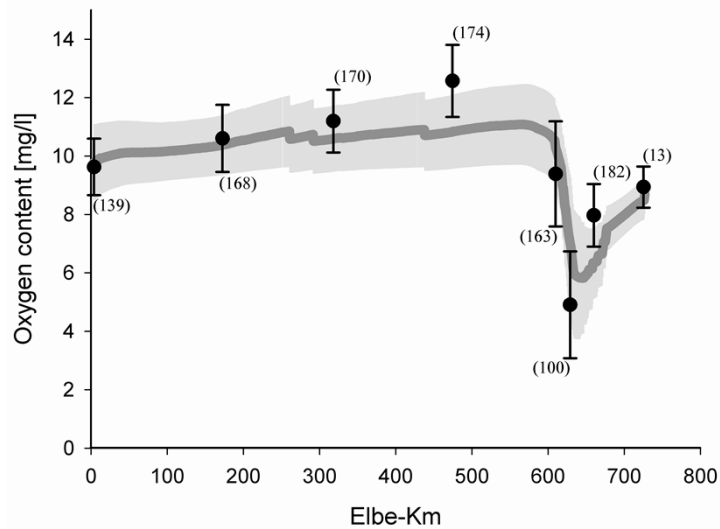
Parallelisierung ist Schlüssel zu performanten Modellen

Ergebnisse QSim-1D



Längsprofile Sauerstoff und Chlorophyll-a
Mittelelbe und Tide-Elbe
Schmilka (km 0) bis Cuxhaven (km 727)

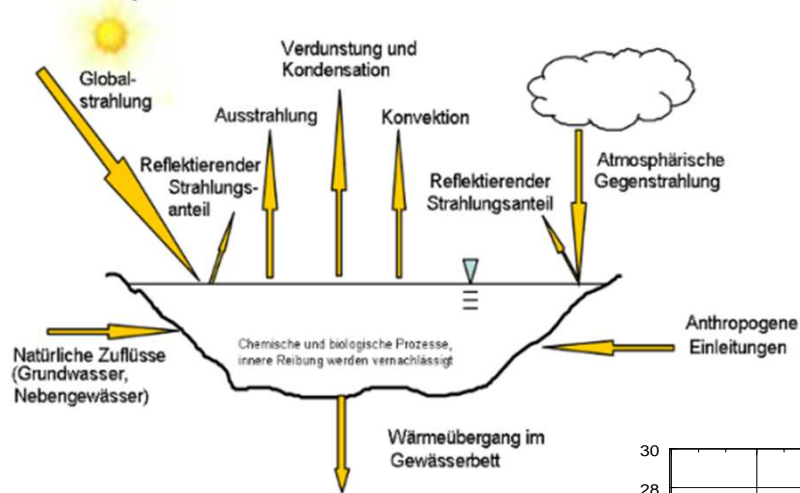
Schwarze Punkte: Messungen
Graue Linie: Simulation
Mittelwert Mai bis Oktober 2006 mit Standardabweichung



Schöl et al.
Modelling Water Quality in the Elbe and its Estuary
Die Küste, 81 (2014), pp 203-232

Ergebnisse QSim-3D

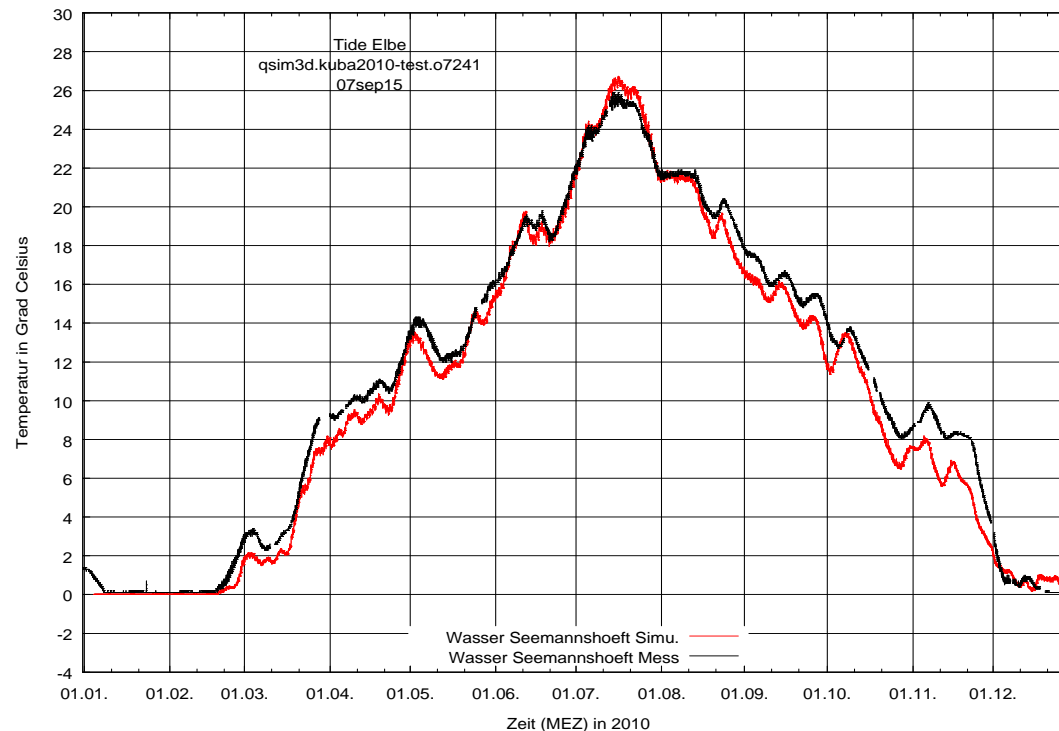
Komponenten des Wärmehaushalts



Temperatursimulation 2D-tiefengemittelt Genauigkeit entspricht 1D

2D-tiefengemittelt
Modell kann:
Temperatur in Seitenräumen
und auf Watten ermitteln.

Temperatur als Tracer gibt
Einblicke in Diffusionssvorgänge



QSim-3D - Animation Temperaturen

Modell Elbe-Ästuar Geesthacht km 586 bis Cuxhaven-Kubelbaake km 727

DB: ausgabe_16889400.vtk
Cycle: 16889400

Tagesgang 15. Juli 2010



Wassertemperatur
(tiefengemittelt)
in Grad Celsius
Regenbogenfarben

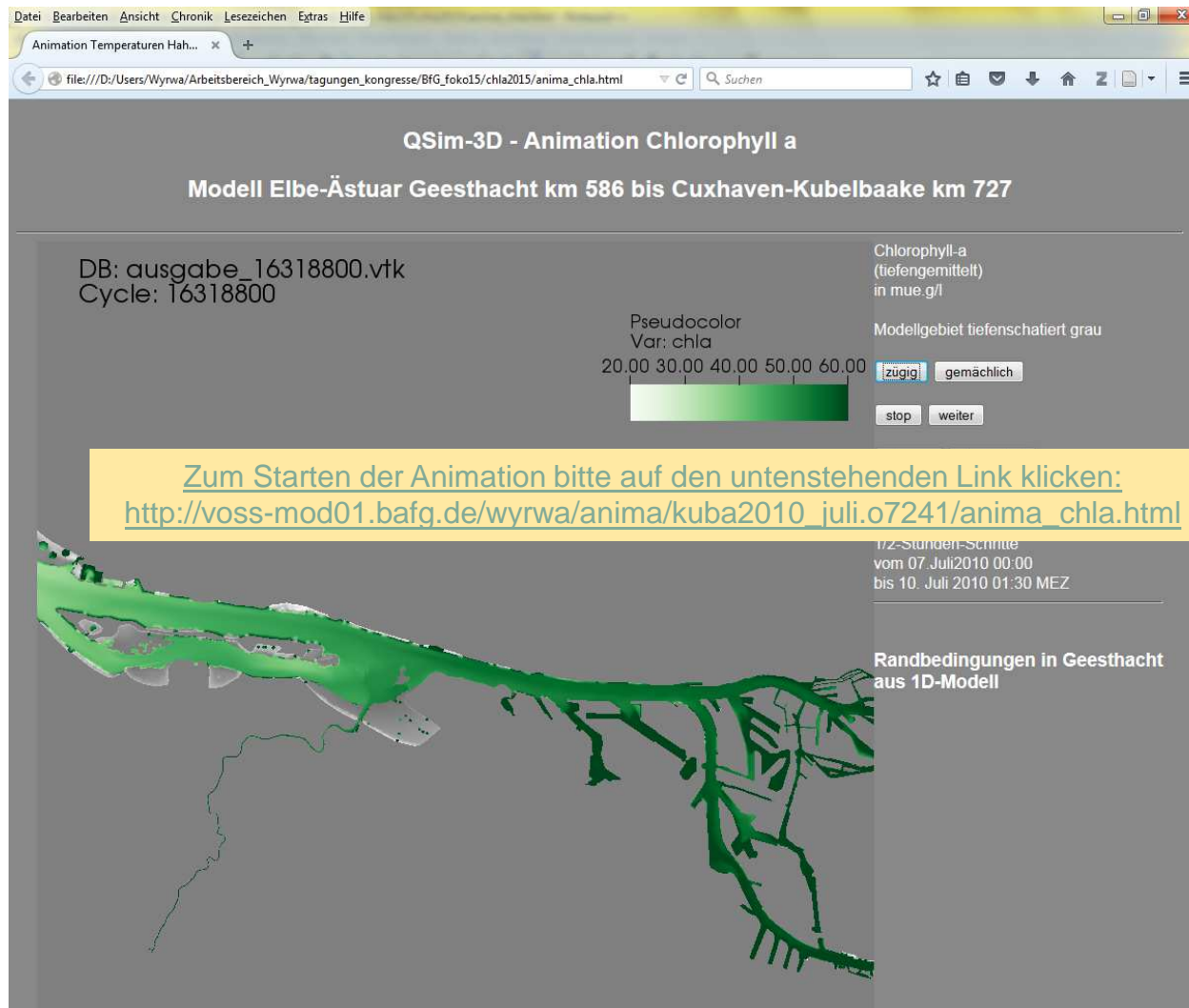
Modellgebiet tiefenschattiert grau

dargestellt werden
1/2-Stunden-Schritte
vom 15. Juli 2010 00:00
bis 16. Juli 2010 00:00

[Zum Starten der Animation bitte auf den untenstehenden Link klicken:
http://voss-mod01.bafg.de/wyrwa/anima/kuba2010_juli.o7241/anima.html](http://voss-mod01.bafg.de/wyrwa/anima/kuba2010_juli.o7241/anima.html)

Gütemodell: QSim-3D, dt=900s, Rechenlauf: oss-hpc01 /scratch/jwyrwa/qmodelle/kuba2010_test qsim3d.kuba2010_test.o7241, gelaufen am 6. Sept. 2015
Hydraulik: casu, dt=150s, Modell: oss-hpc01 /scratch/jwyrwa/cmodelle/kuba2010_neust12, berechnet am: Fri Aug 21 11:47:50 2015, mit casu Version: 22. 7. 2015

Firefox 39.0 Javascript einschalten:
in Adresszeile eingeben: "about:config"
ja ich werde vorsichtig sein ...



Dokumentation und Kommunikation

vorhandene Instrumente

- Berichte, Veröffentlichungen, Handbücher
- 4. QSim Anwender- und Entwicklertreffen
- **Dokumentationsportal QSim3D**
- *Validierungs-Wiki*

Zur Ansicht des Dokumentationsportals bitte auf untenstehenden Link klicken:
<http://voss-mod01/wyrwa/dox/html/>

The screenshot shows the QSim-3D 1.2.0 web interface. The main content area displays a diagram of the nitrogen cycle (Stickstoffkreislauf) with various components like Phytoplankton, Muschel, N-Tiere lebend, N-Algen lebend, and Sedimentmodul. A sidebar on the left contains a menu with items like 'Einführung, Konzept', 'Modell-Bedienung', 'Download', 'Validierung, Beispiele', 'Literatur', 'Klärungsbedarf', 'Geschichte', 'Über diese Dokumentation', 'Zusätzliche Informationen', 'Auflistung der Klassen', 'Datenfelder', 'Moduliste', 'Modul-Elemente', 'Auflistung der Dateien', and 'Datei-Elemente'. The top of the page features the bfg logo and the text 'QSim-3D 1.2.0 mehrdimensionale Gewässergüte-Simulation'.

Kurzbeschreibung

Teilprozess-Liste

verlinkt zu: Berechnungs-Formeln
 Dokumentation
 und wiss. Veröffentlichungen

Schnittstellenbeschreibung
 mit Links zur Programmquelle



The screenshot shows a code editor window displaying Fortran source code. The code includes comments in German and Fortran syntax for a routine named 'temper_waermebilanz'. It defines variables for temperature, humidity, wind, radiation, and other environmental factors. The code uses a loop structure to iterate over different layers or components. The editor interface includes a menu bar and a toolbar.

Stand und Ausblick

Software-Entwicklungs-Projekt QSim3D

Mehrdimensionale Gewässergütemodellierung

- Transportmodellierung und Modellkopplung
Erfahrungen mit QSim(1D) als Leitlinie
Instrumente zur Prüfung geschaffen
- Kalibrierung und Validierung für das Elbe-Ästuar
unter Nutzung QSim(1D)-Ergebnisse
ggf. ästuarspezifische Modellerweiterungen
- Dokumentation als Kommunikationsinstrument
bei der Vergrößerung des Anwender- und Entwicklerkreises

vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !

