

Was wird bleiben von Fukushima? Mathematik und Informatik geben Antwort

Thomas Slawig
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
Institut für Informatik
Cluster Ozean der Zukunft
ts@informatik.uni-kiel.de

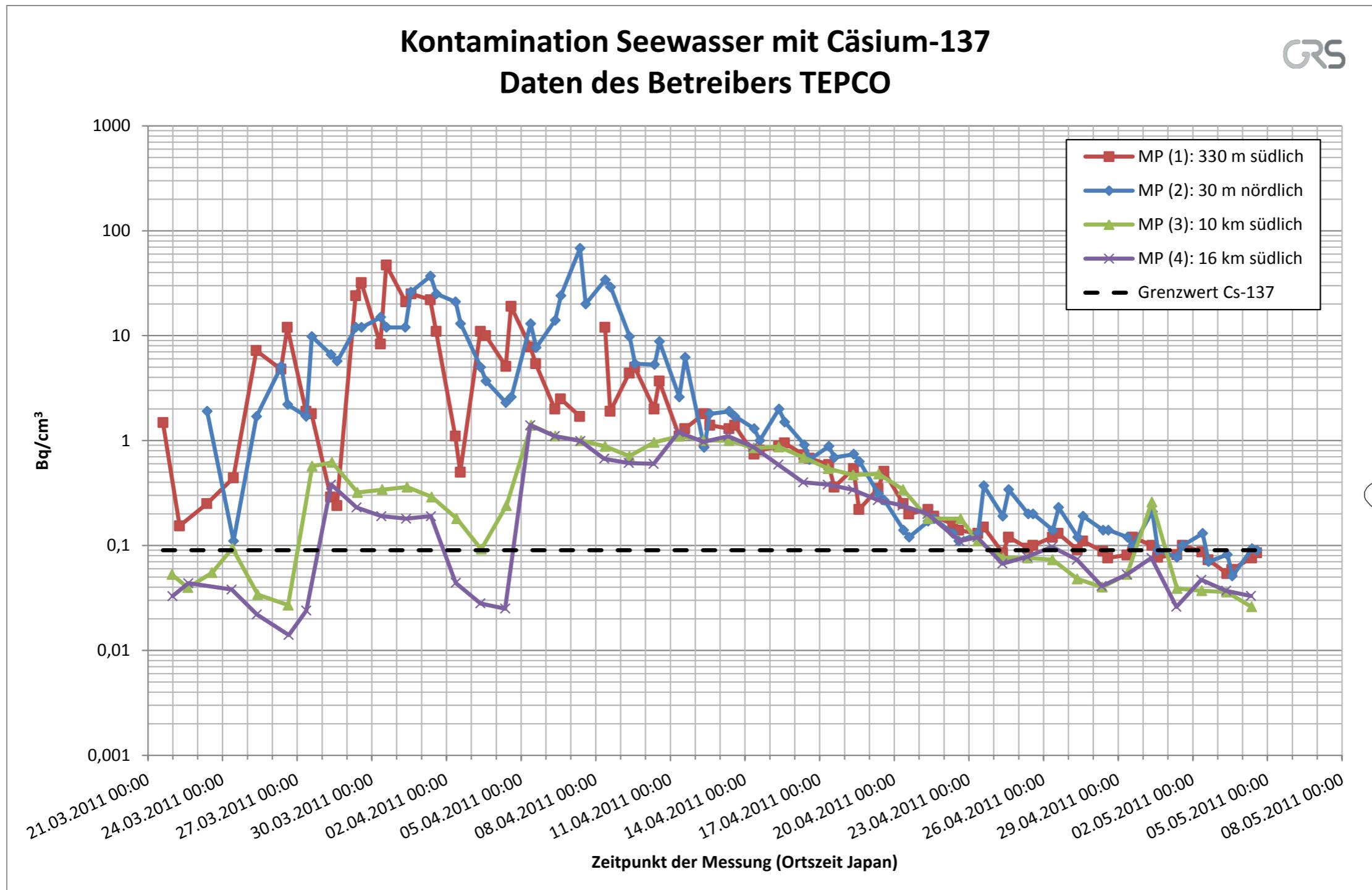


Eine Katastrophe als Startpunkt ...



Foto: Digital Globe
[CC-BY-SA-3.0 (www.creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0)]
via Wikimedia Commons

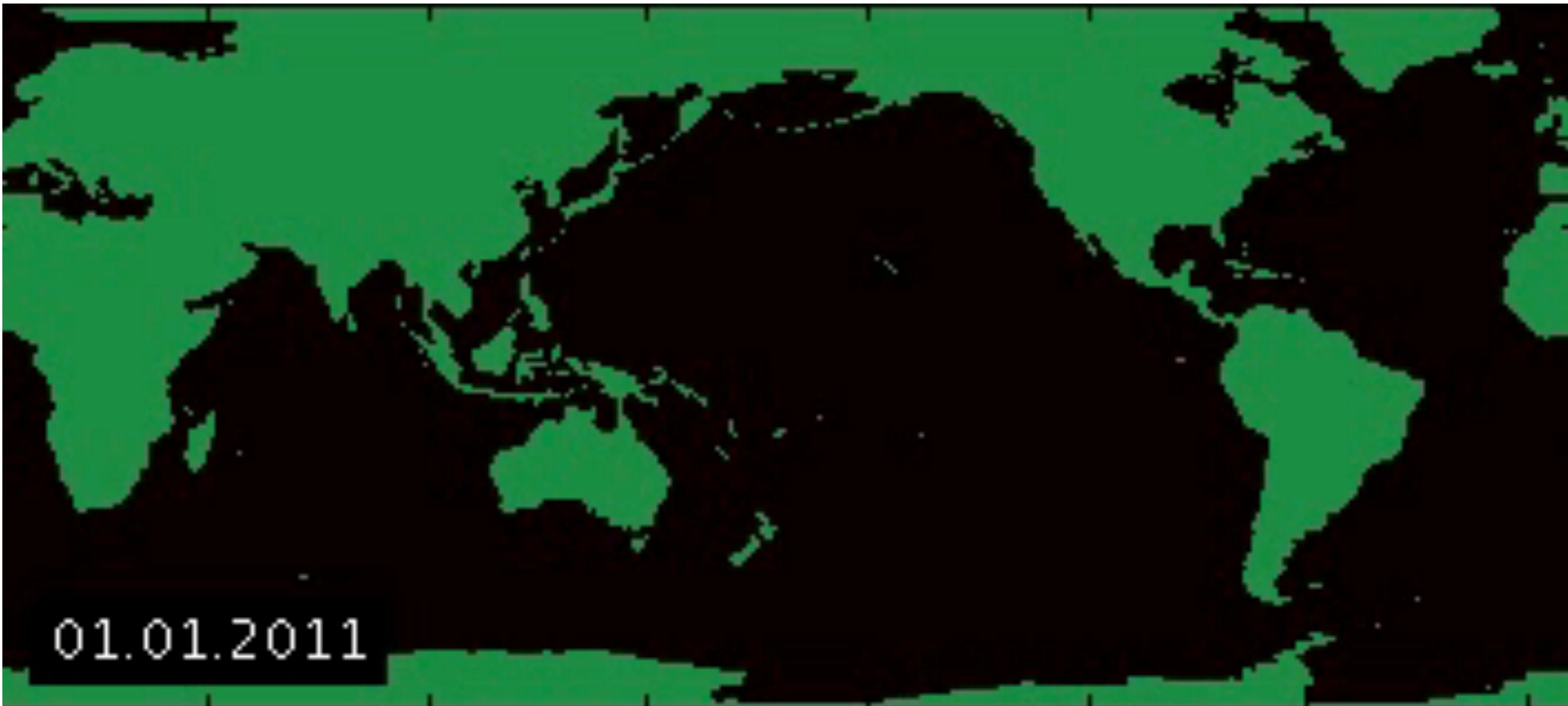
Einleitung von radioaktivem Wasser



Grafik: Gesellschaft für Reaktorsicherheit

http://fukushima.grs.de/sites/default/files/Daten%20Seewasser_Cs-137_20110506-1230.pdf

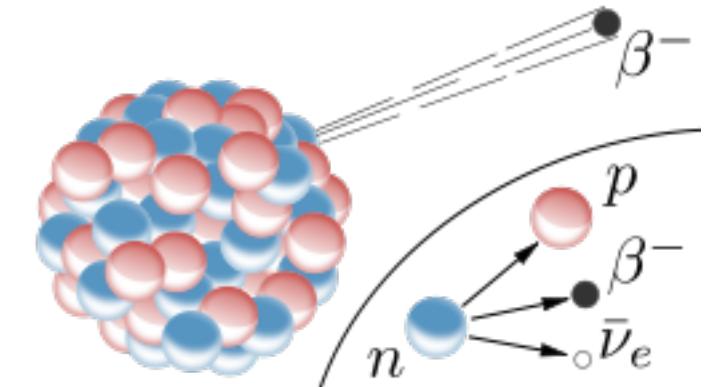
Was passiert mit dem Wasser?



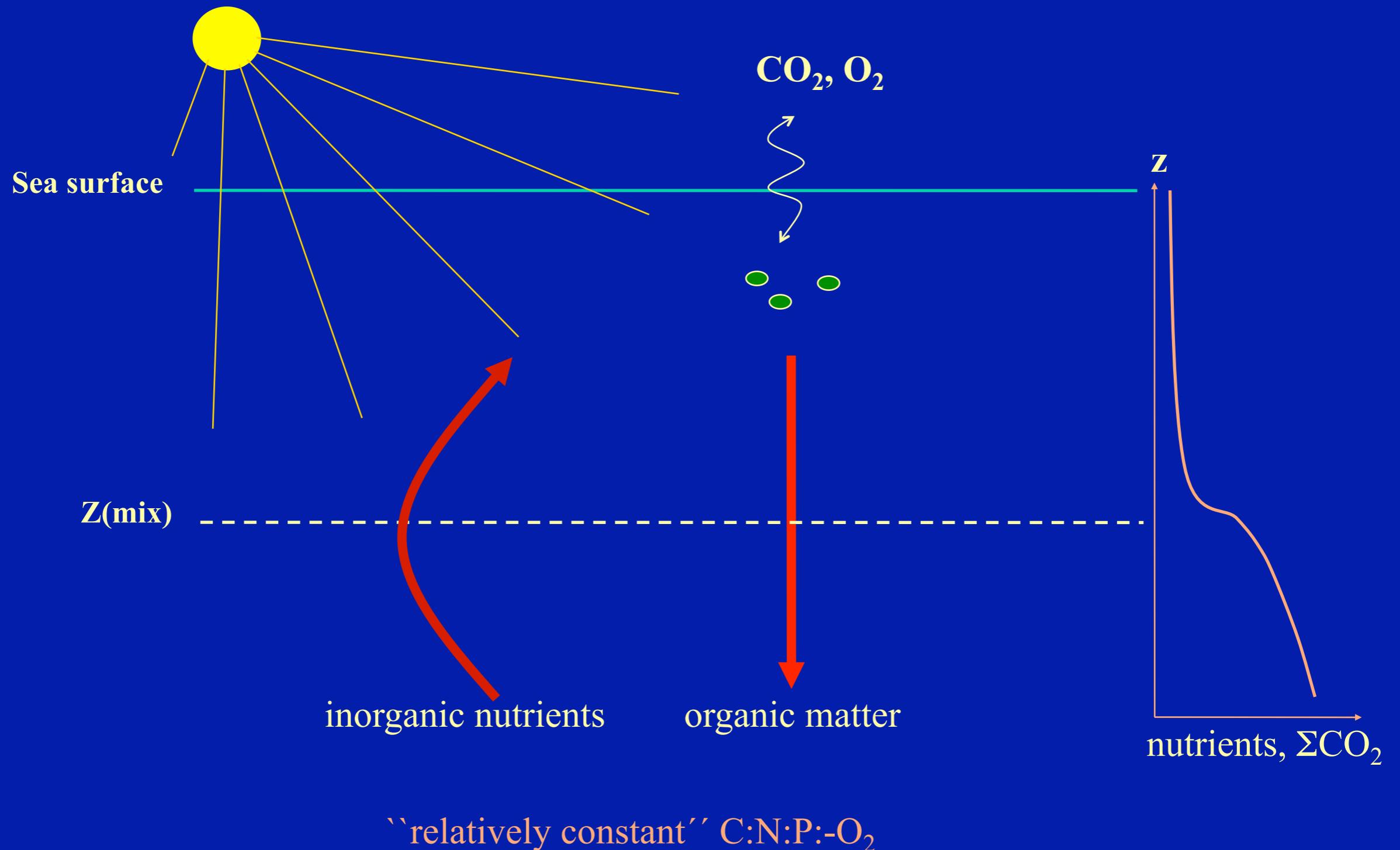
erstellt von Dipl.-Math. Jaroslaw Piwonski, CAU Kiel

Hintergrund

- Spaltprodukte aus Reaktoren sind bekannt: Caesium, Jod
- Radioaktiver Zerfall folgt einem sehr einfachen Gesetz (proportional zur vorhandenen Menge)
- Zerfallsraten/Halbwertszeiten sind bekannt und konstant
- Radioaktive Stoffe werden im Wasser "verdünnt" (Diffusion) ...
- ... und transportiert durch die Ozeanströmung
- Solche Strömungsdaten werden in vielen Forschungsgebieten benutzt, u.a. von uns zur Berechnung von Photosynthese im Ozean

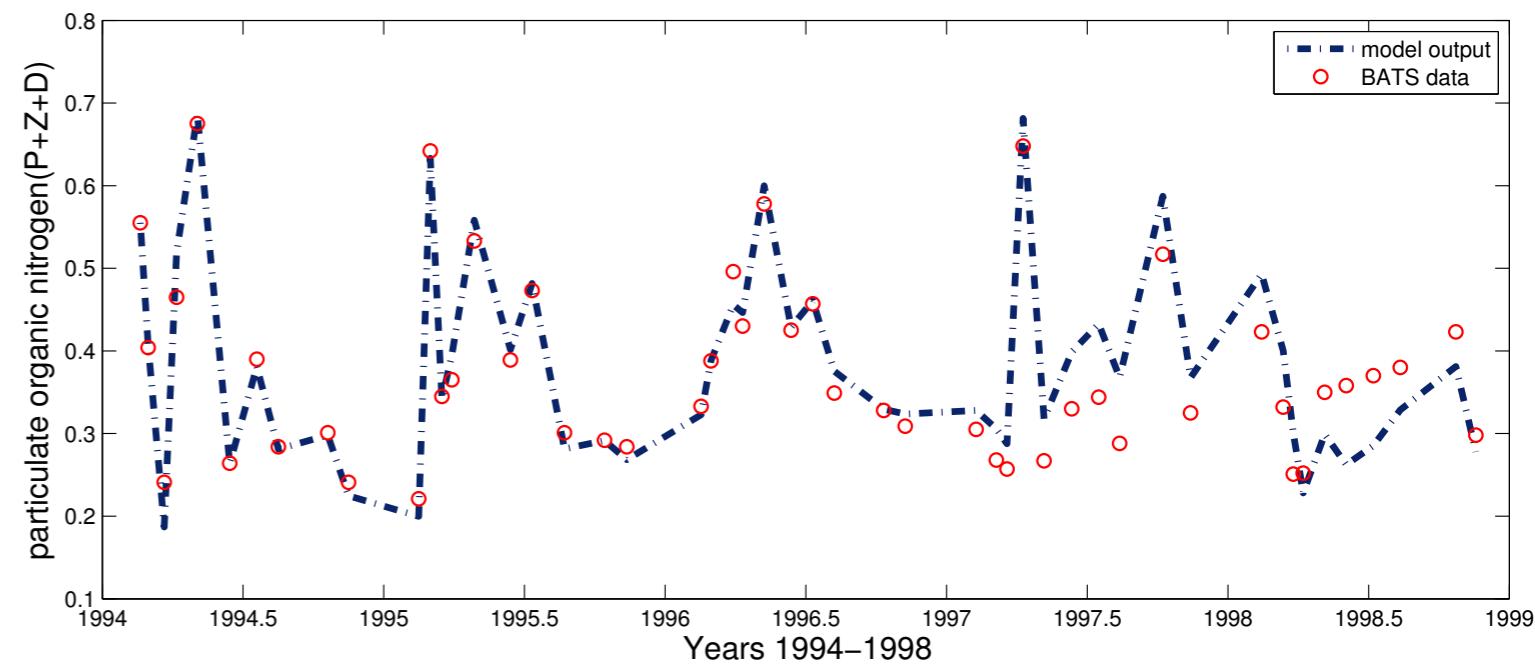
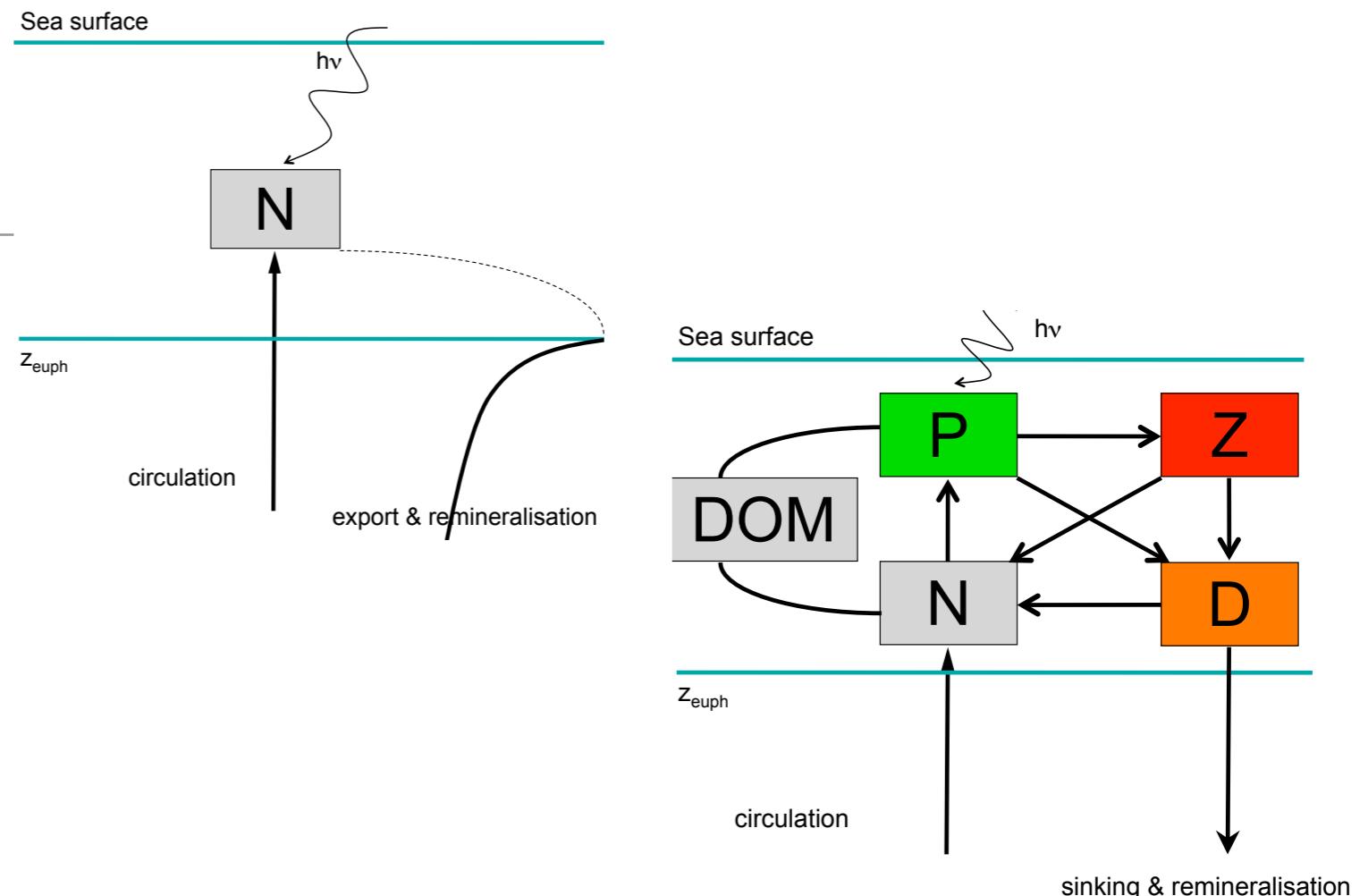


The Biological Pump



Marine Ökosystemmodelle

- Fotosynthese
- Nahrungsketten von Algen & Plankton
- verschiedene Modelle
- viele Modellparameter (Wachstumsraten etc.)
- Mathematische Optimierung
- Minimiere Modellfehler:
Abstand Modelloutput - Daten



Grafik: M. El Jarbi, CAU Kiel

Wo ist dabei Mathematik & Informatik?

- Gemittelte Strömungsdaten zur Verfügung stellen
- Flexible Schnittstelle zu beliebigen Ökosystemmodellen
- Schnelle Simulation des gekoppelten Systems auf Parallelrechnern
- ... mit Software, die auf dem neuesten Stand der Forschung ist
- Effiziente Optimierungsmethoden und Erweiterungen
- Analyse der Modellgleichungen wenn möglich und sinnvoll

Strömungsdaten

- monatlich gemittelt für ein Jahr
- Auflösung: 3 Stunden
horizontal 2.8° oder 1°
vertikal 15 oder 23 Schichten
- in Matrixform
- Verarbeitung parallel
- spezielles Datenformat
(PETSc-Bibliothek)

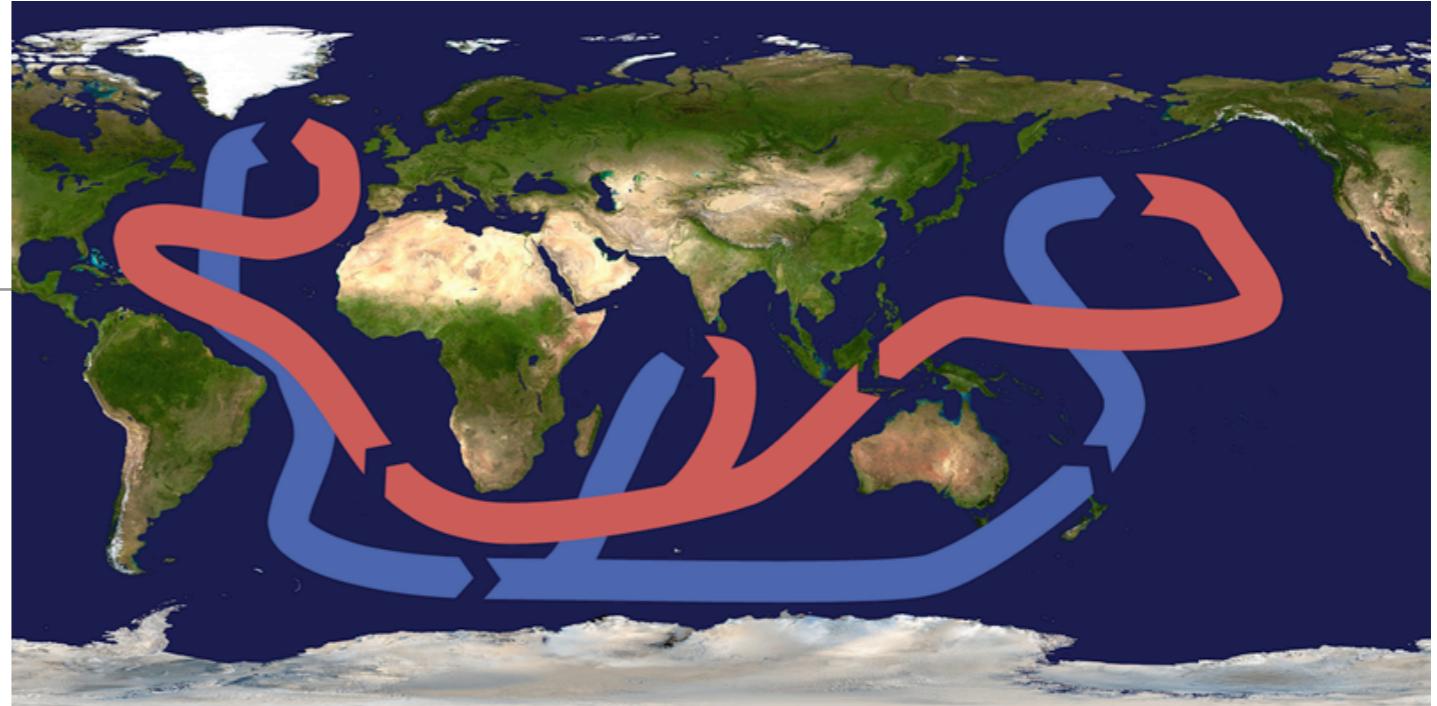
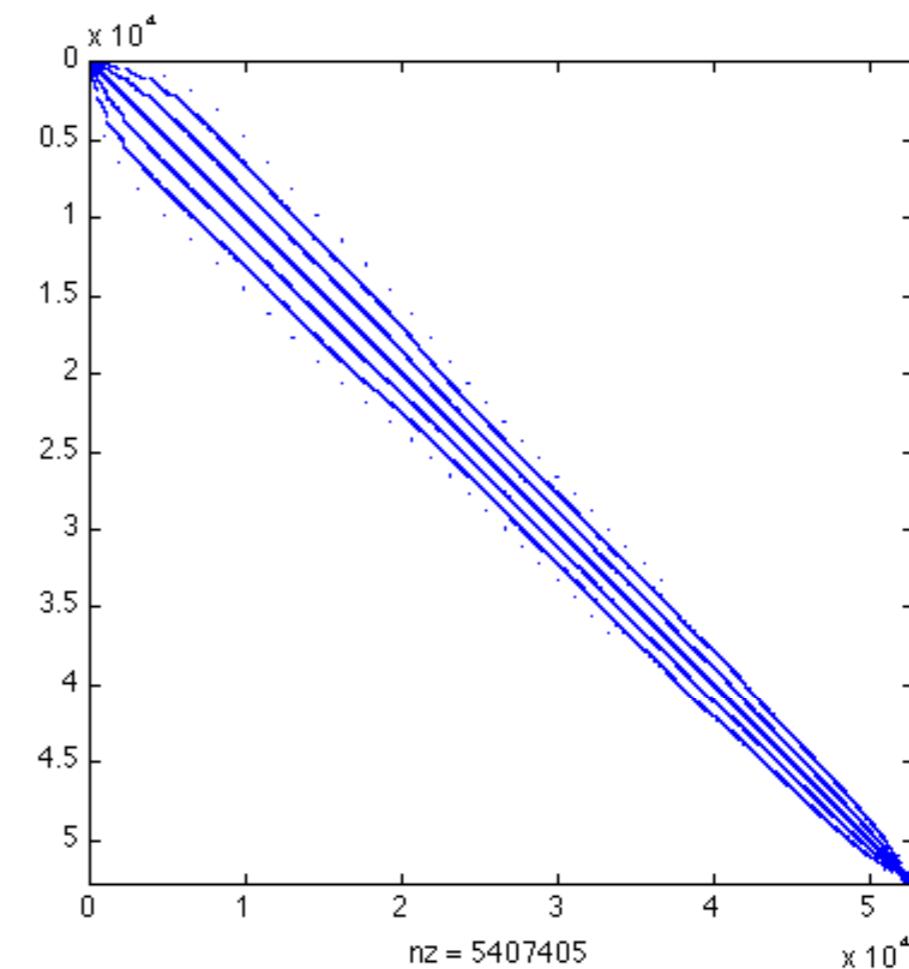
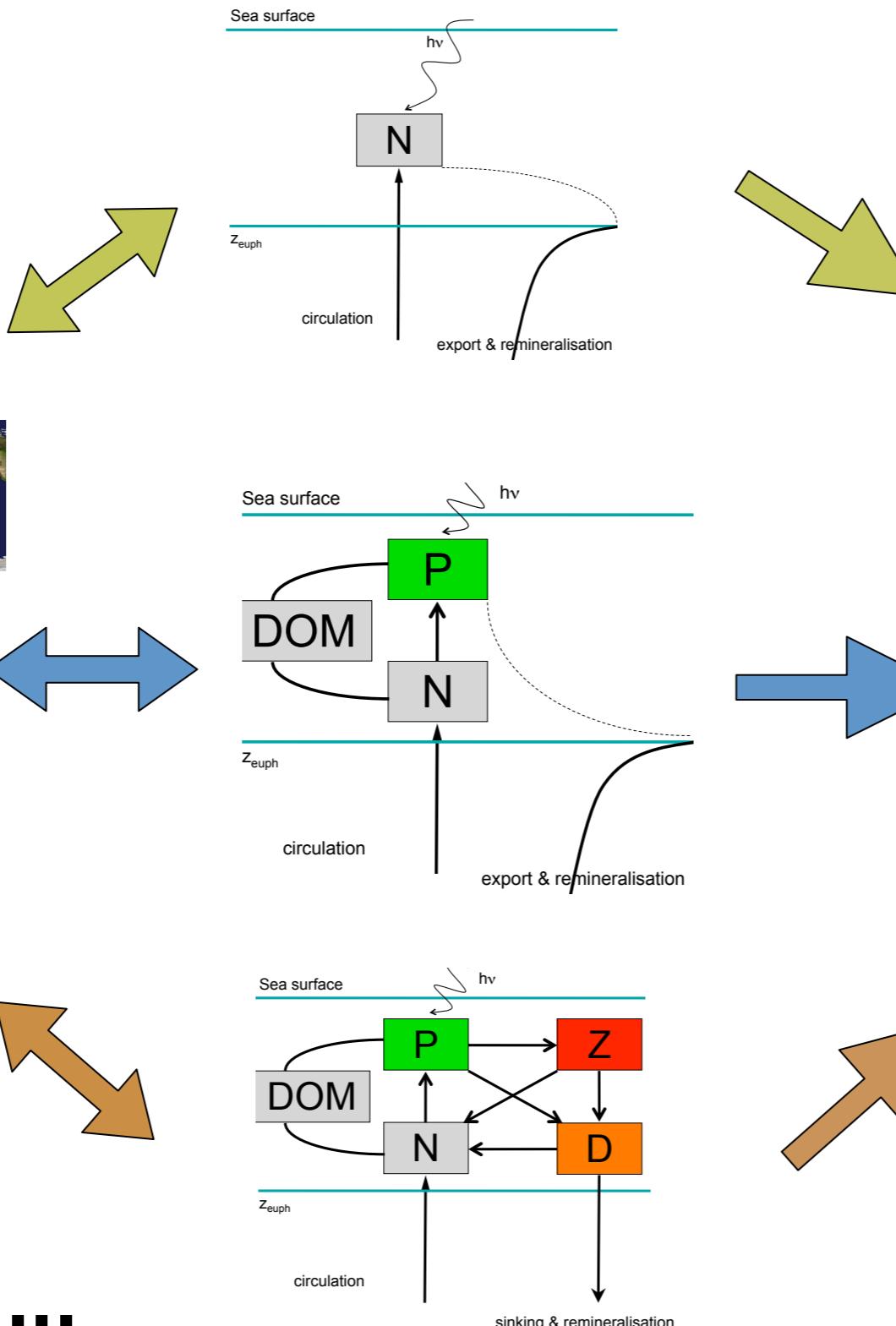


Bild: Wikimedia Commons



Flexible Schnittstelle



Was steckt ...

... in den Pfeilen?

Umsetzung in Software

BGC Interface (FORTRAN)

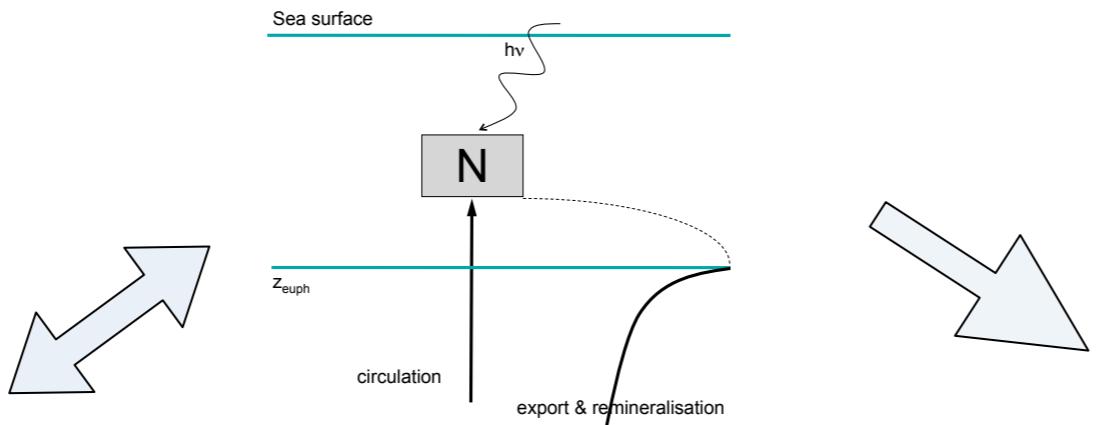
```
subroutine bgc(n, nz, m, nbc, ndc, dt, q, t, y, u, bc, dc)

    integer :: n                      ! tracer count
    integer :: nz                     ! layer count
    integer :: m                      ! parameter count
    integer :: nbc                    ! boundary condition count
    integer :: ndc                    ! domain condition count
    real*8 :: dt                      ! ocean time step
    real*8 :: q(nz, n)                ! bgc model output
    real*8 :: t                      ! point in time
    real*8 :: y(nz, n)                ! bgc model input
    real*8 :: u(m)                   ! parameters
    real*8 :: bc(nbc)                 ! boundary conditions
    real*8 :: dc(nz, ndc)             ! domain conditions

end subroutine
```

Bitte nicht lesen !!

Gutes Softwaredesign ermöglicht dann ...



**bekanntes
Modell**

+

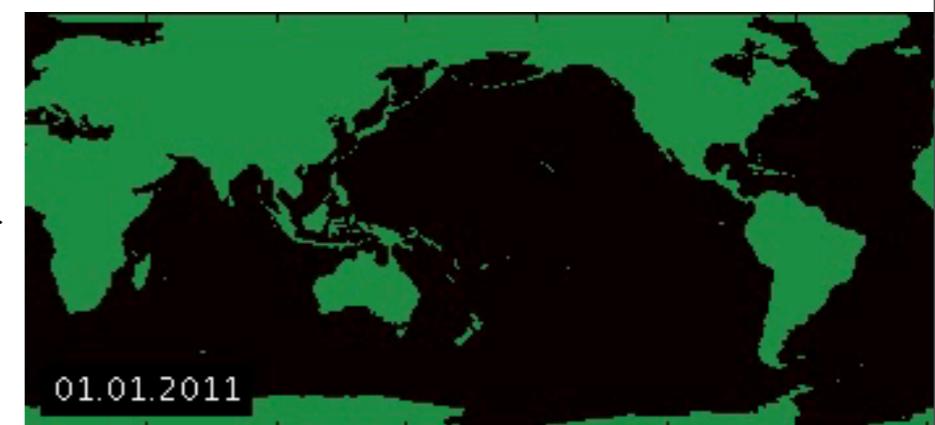
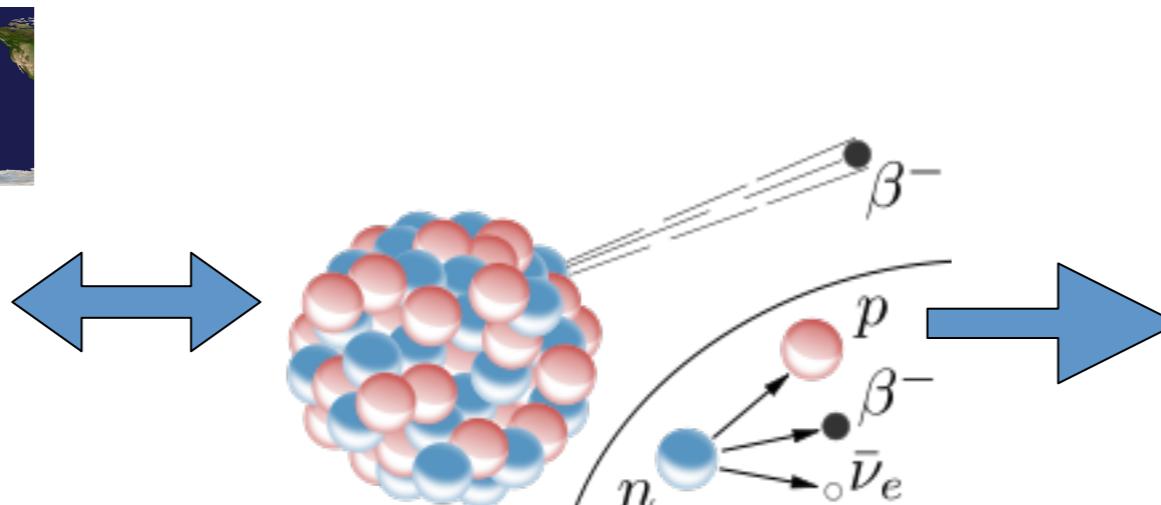
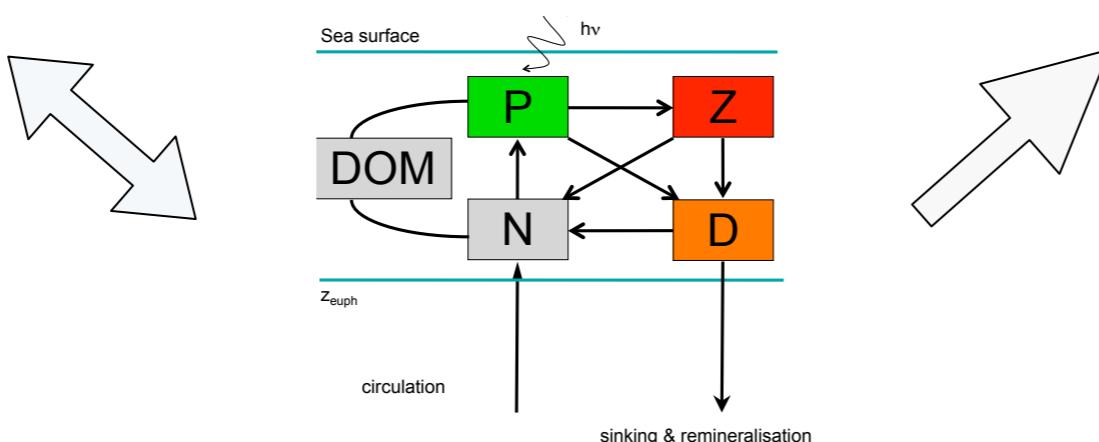


Bild: Inductiveload Wikimedia Commons

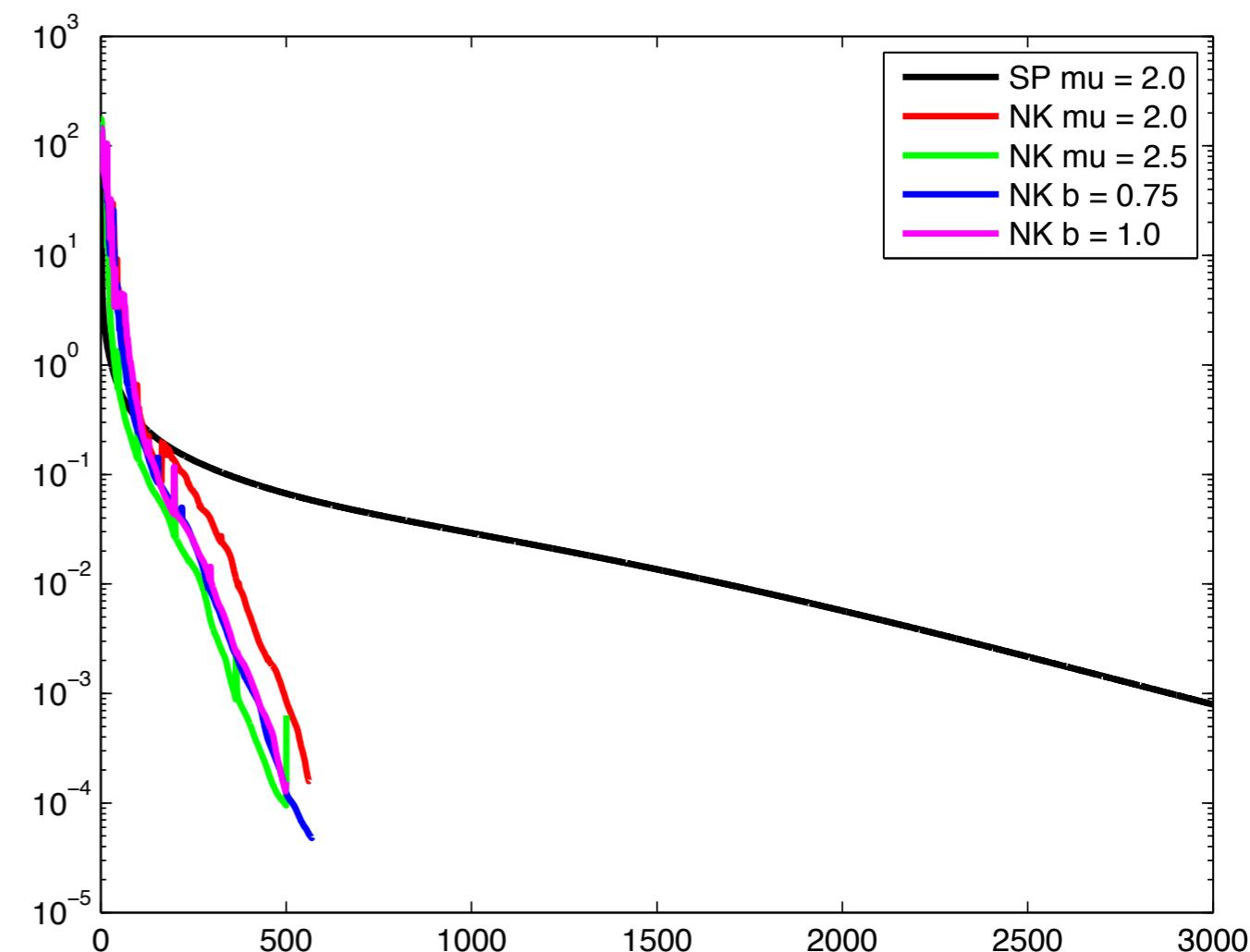


+

**flexible
Software**

Schnelle Simulation ...

- ... kann dauern: 3000 Jahre Modellzeit um eine stabile Lösung zu bekommen
- Beschleunigung durch effiziente mathematische Algorithmen
- wieder durch den Einsatz wissenschaftlicher Software-Bibliotheken

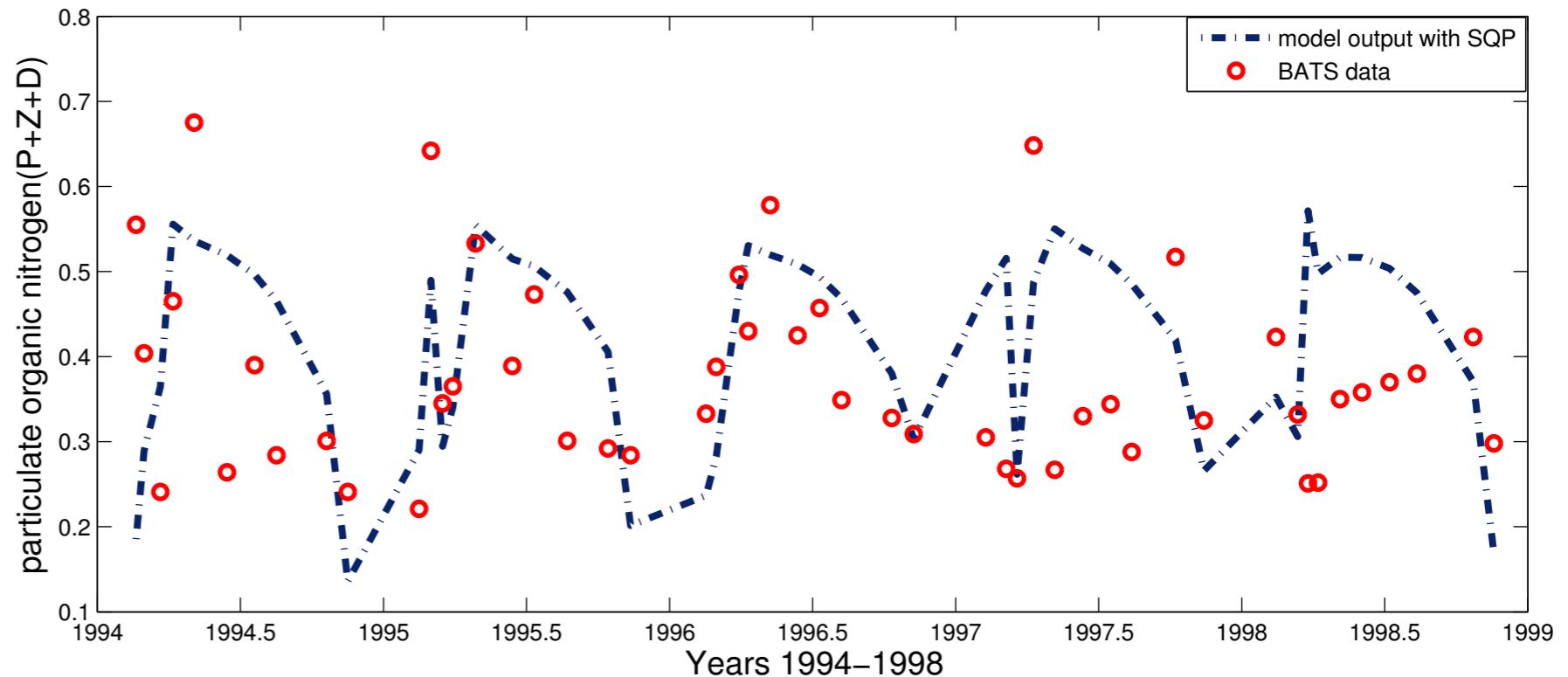


Optimierung

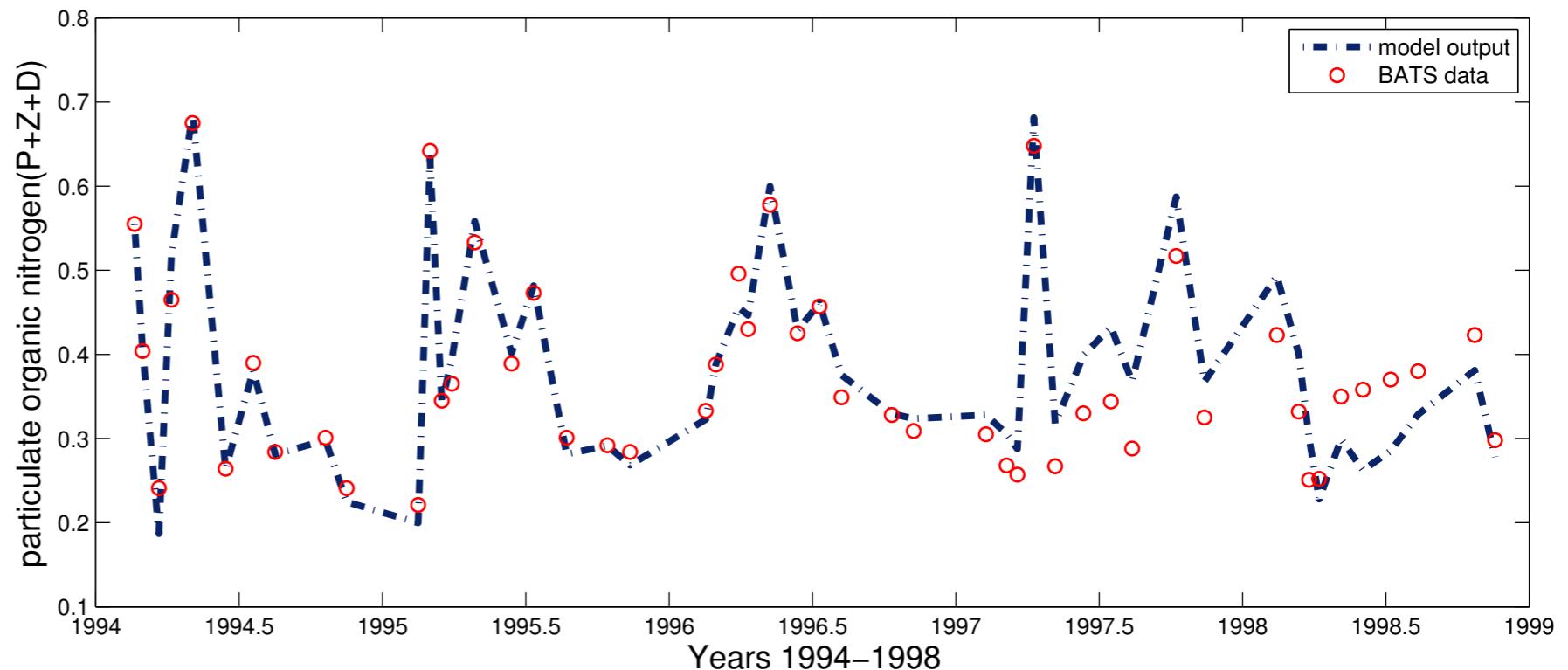
oder:

Wie kommen wir

von hier ...



... dorthin?



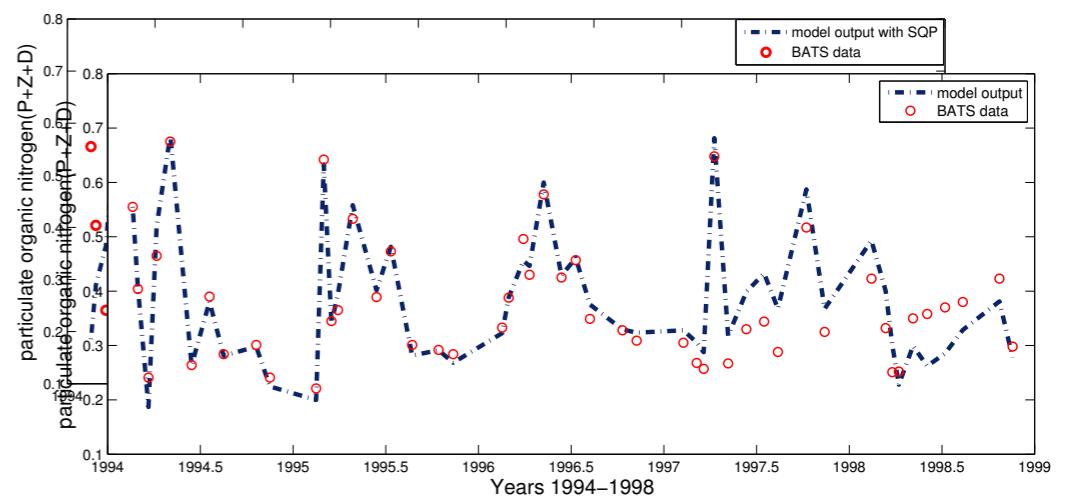
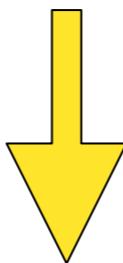
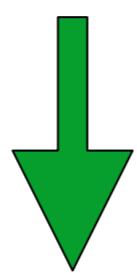
Optimierung

```
le (norm(x-x0)>epsi)&(k<kmax)
k = k+1;
x0 = x;
x = x + d;
d = - H(x)\df(x);
disp([int2str(k),' ',num2str(f(x)),'
if length(x)==2;
  plot(x(1),x(2),'rx','linewidth',2),
end
```

Update



Modell



Wo kann man diese Methoden benutzen

- überall dort, wo Simulationsprogramme laufen (technische, physikalische ... Anwendungen, Transport von Stoffen in Wasser/Luft ...)
- ... oder wo es Parameter zum "Drehen" gibt
- ... oder wo Modelle an Messdaten angepasst werden sollen (Kalibrierung)
- ... oder wo man von Standardsoftware wegwill
- ... oder schon ist
- ... wo man über das Modell und die Modellierung nachdenkt

