

Deposition von Schadstoffen

Anke Schäfer

Übersicht

Einführung

Deposition - Was ist das?

Modellierung

Modellierung trockener Deposition

Modellierung nasser Deposition

Anhang

Ausbreitungsrechnung - Grundgleichung

Der mittlere Transport der Konzentration c eines Stoffes i :

$$\begin{array}{c} \text{individuelle Änderung} \\ \overbrace{\frac{dc_i}{dt}} \end{array} = \begin{array}{c} \text{Quellen} \\ \overbrace{Q} \end{array} - \begin{array}{c} \underbrace{S} \\ \text{Senken} \end{array}$$

c_i = mittlere Konzentration eines Stoffes i

Q = Quellterm: Emissionen und chemische Produktionsterme

S = Senkenterm: nasse und trockene Deposition und chemische Abbauterme

Deposition - Was ist das?

Deposition

Ablagerung von festen, flüssigen und gasförmigen Luftverunreinigungen aller Art aus der Atmosphäre an Oberflächen durch

- direkten Kontakt (trockene Deposition)
- Niederschläge (nasse Deposition)
- Nebel, Rauhreif, Reif (feuchte Deposition)

Deposition - Was ist das?

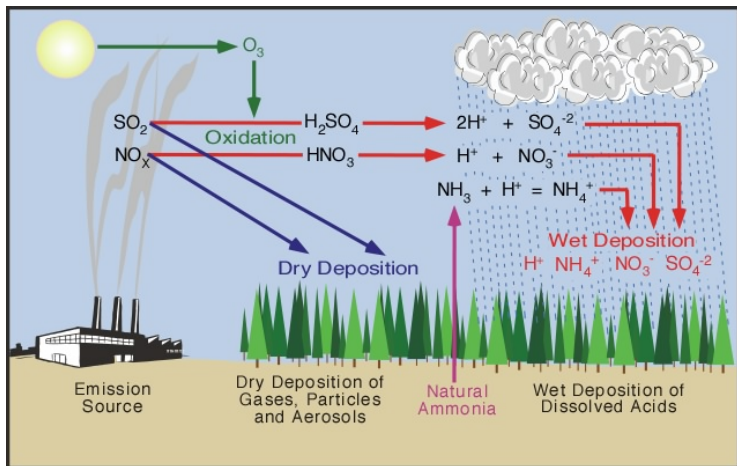


Abbildung: Schema Deposition

Modellierung

Methoden

- Gauß-Modelle
Annahme: Konzentrationsabfall normal zur Rauchachse entspricht Gauß-Verteilung
- Trajektorienmodelle
Annahme: Verlagerung der Konzentration abhängig vom Windfeld
- Eulersche Modelle

Modellierung von Deposition - Beispiel REM-CALGRID

- Aerosol - Chemie - Transportmodell zur Simulation primärer und sekundärer Luftschadstoffe
- meteorologischer Treiber: TRAMPER
 1. Analyse der Boden- und Radiosondenbeobachtungen
 2. zeitliche Interpolation auf stündliche Zwischenwerte
 3. Berechnung der Grenzschichtvariablen

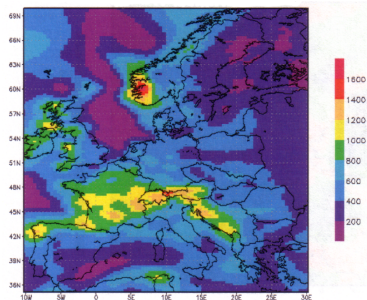


Abbildung: simulierte
Niederschlagssumme 1999;
TRAMPER

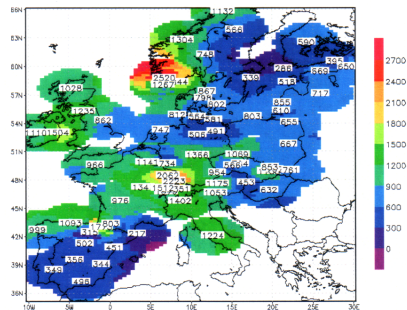


Abbildung: aus Messwerten
interpolierte Niederschlagssumme
1999

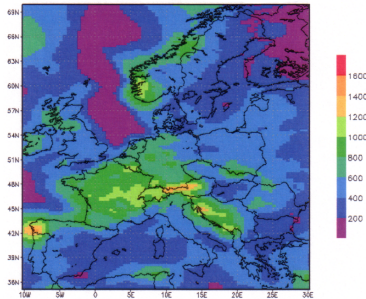


Abbildung: simulierte
Niederschlagssumme 2001;
TRAMPER

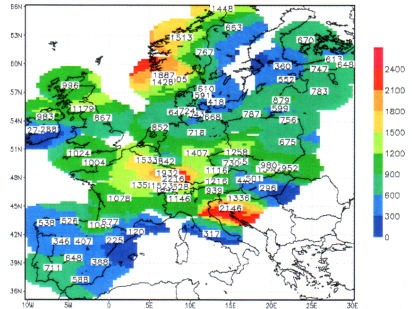


Abbildung: aus Messwerten
interpolierte Niederschlagssumme
2001

Modellierung trockener Deposition

Entfernung der Luftbeimengungen aus der Atmosphäre mit Hilfe der Depositionsgeschwindigkeit

$$v_d = \frac{F_i}{c_i(z)}$$

v_d : Depositionsgeschwindigkeit

F_i : Fluss der Luftbeimengung i zum Boden

$c_i(z)$: Konzentration der Luftbeimengung i in der Höhe z

Modellierung trockener Deposition

Widerstandsanalogie

$$R_{Gase} = \underbrace{R_a + R_d}_{\text{atmosphärischer Widerstand}} + R_c = \frac{1}{v_d}$$

R : Gesamtwiderstand

R_a : turbulenter Transferwiderstand

R_d : quasi-laminarer (viskoser) Transferwiderstand

R_c : Oberflächenwiderstand

v_g : Sedimentationsgeschwindigkeit



Modellierung trockener Deposition

Widerstandsanalogie

$$R_{Gase} = \underbrace{R_a + R_d}_{\text{atmosphärischer Widerstand}} + R_c = \frac{1}{v_d}$$

$$R_{Partikel} = \underbrace{R_a + R_d}_{+ R_a R_d v_g} + \frac{1}{v_g} = \frac{1}{v_d}$$

R : Gesamtwiderstand

R_a : turbulenter Transferwiderstand

R_d : quasi-laminarer (viskoser) Transferwiderstand

R_c : Oberflächenwiderstand

v_g : Sedimentationsgeschwindigkeit

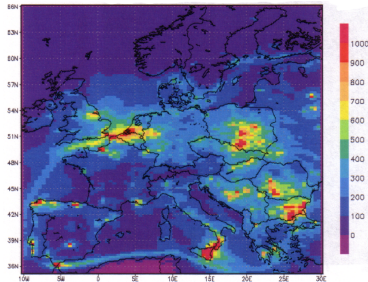


Abbildung: oxidiert Schwefel
[$\text{mg}/\text{m}^2 - \text{S}$]; Simulation trockener
Depositionsjahressummen, 1999

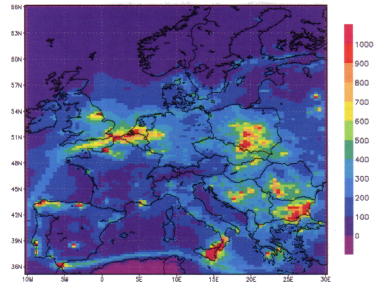


Abbildung: oxidiert Schwefel
[$\text{mg}/\text{m}^2 - \text{S}$]; Simulation trockener
Depositionsjahressummen, 2001

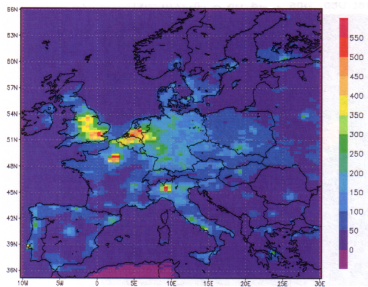


Abbildung: oxidiertes Stickstoff
[$\text{mg}/\text{m}^2 - \text{N}$]; Simulation trockener
Depositionsjahressummen, 1999

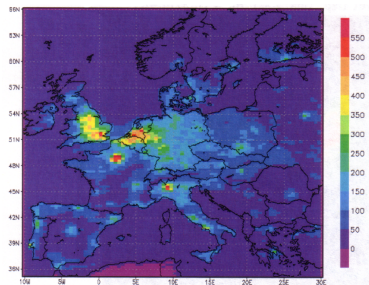


Abbildung: oxidiertes Stickstoff
[$\text{mg}/\text{m}^2 - \text{N}$]; Simulation trockener
Depositionsjahressummen, 2001



Modellierung nasser Deposition

Parametrisierung der komplexen physikalischen Prozesse innerhalb und unterhalb von Wolken, die zur nassen Deposition führen, mittels einfacher Auswaschkoeffizienten:

$$\begin{aligned}\frac{dc_i}{dt} &= -\Lambda_i c_i \\ \Lambda_i &= 3 \cdot 10^{-10} \cdot H \cdot R\end{aligned}$$

Λ_i : stoffabhängiger Auswaschkoeffizient

H : Henry-Konstante = Maß für die Gasaufnahmefähigkeit einer Wasserphase / Lösung

R : Regenintensität in mm/h

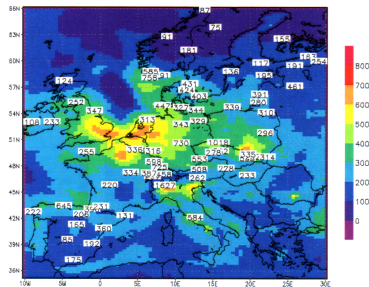


Abbildung: Nassdeposition oxidierten Stickstoff [$\text{mg}/\text{m}^2 - \text{N}$]; Vergleich Messdaten (Zahlen) und Simulation (Fläche), 1999

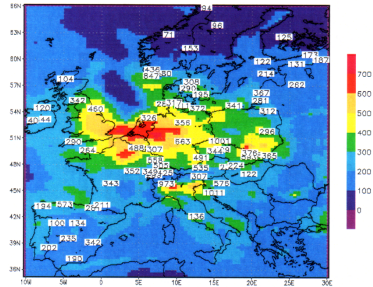


Abbildung: Nassdeposition oxidierten Stickstoff [$\text{mg}/\text{m}^2 - \text{N}$]; Vergleich Messdaten (Zahlen) und Simulation (Fläche), 2001

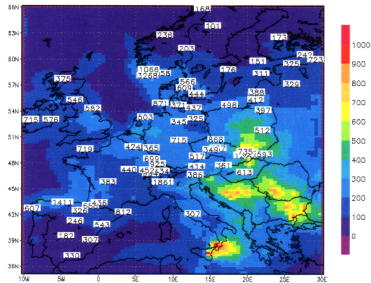


Abbildung: Nassdeposition oxidierten Schwefel [$\text{mg}/\text{m}^2 - S$]; Vergleich Messdaten (Zahlen) und Simulation (Fläche), 1999

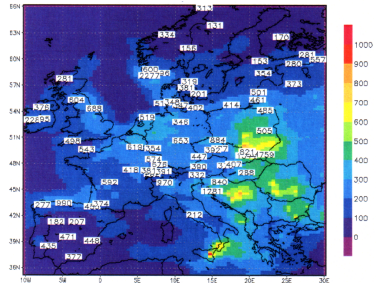


Abbildung: Nassdeposition oxidierten Schwefel [$\text{mg}/\text{m}^2 - S$]; Vergleich Messdaten (Zahlen) und Simulation (Fläche), 2001

Quellen

- Andreas Kerschbaumer, Rainer Stern
Trockene und Nasse Deposition in Europa berechnet mit dem Aerosol-Chemie-Modell REM-CALGRID für die Jahre 1999 2001
Bericht zum Forschungs- und Entwicklungsvorhaben FKZ 20243270 auf dem Gebiet des Umweltschutzes
"Entwicklung von Modellen zur Identifizierung von Schadstoffquellen - insbesondere im Verkehrsbereich - im Rahmen der 22. BImSchV - Dokumentation, Weiterentwicklung, Validierung und Maßnahmenplanung für ein bundeseinheitliches Vorgehen"
- St. Schmidt
Lexikon waldschädigende Luftverunreinigungen
<http://bfw.ac.at/publ/neu/berichte99/lexikon.pdf>
- <http://www.wikipedia.org>
- http://www.dlr.de/desktopdefault.aspx/tabid-832/1332_read-2590
- Bergmann, Schäfer
Lehrbuch der Experimentalphysik - Band 7: Erde und Planeten
- G. Warnecke
Meteorologie und Umwelt
- D. Etling
Theoretische Meteorologie - Eine Einführung

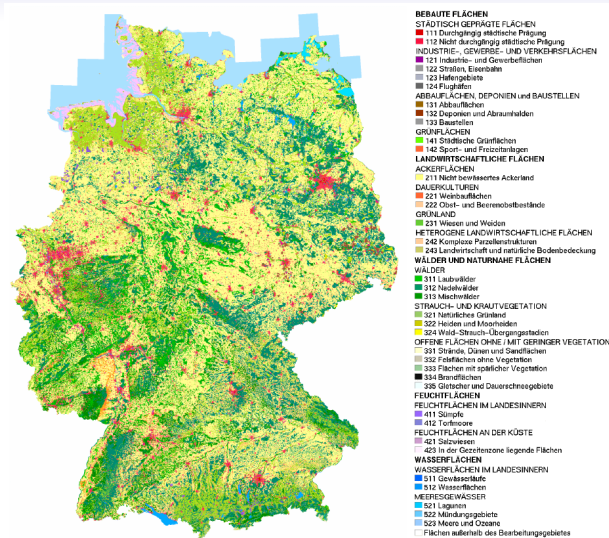


Abbildung: Landnutzungsklassen nach CORINE-Datenbasis