

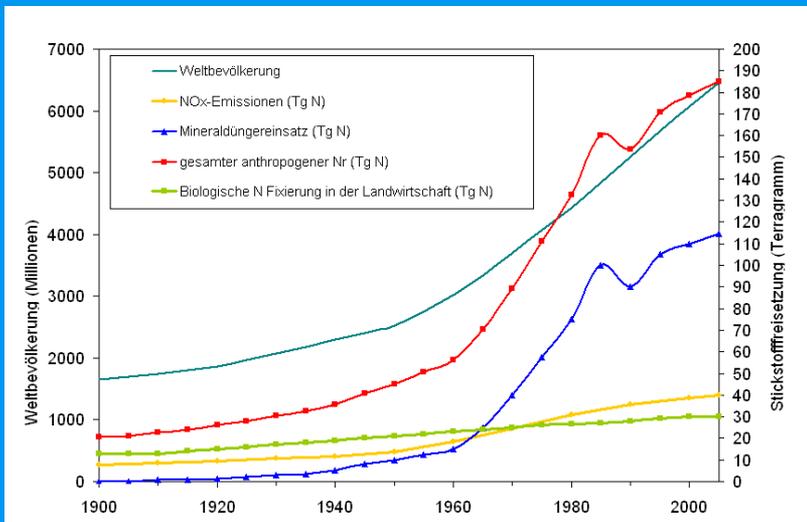
Erfassung und Bewertung von Stickstoffeinträgen und ihren Wirkungen in Deutschland und Europa

Markus Geupel
Umweltbundesamt
Abteilung Luft

Wirkungen von Luftverunreinigungen
auf terrestrische Ökosysteme



Anthropogene Stickstoff-Emissionen global



- Verbrennung fossiler Energieträger
- landwirtschaftliche N-Fixierung
- Haber-Bosch

...zu viel.....oder zu wenig...?

Hochproduktive landwirtschaftliche Systeme:



Lebensmittel für eine Woche: (Peter Menzel, 2006)



Deutschland

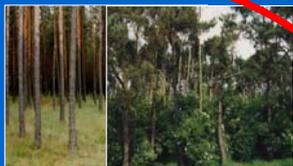


Sudan

...zu viel.....oder zu wenig...?

Zahlreiche Umweltwirkungen durch reaktiven Stickstoff

Eutrophierung,
Versauerung &
Biodiversitäts-
Verlust in
terrestrischen
Ökosystemen



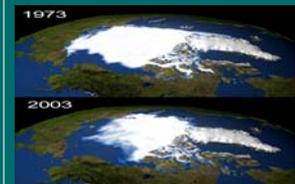
Eutrophierung von
Gewässer-,
Meeres- und
Küstenöko-
systemen



Schadwirkungen
durch Ammoniak
oder Ozon auf die
Vegetation



Verschärfung des
Klimawandels



Gesundheitliche
Wirkungen durch
Feinstaub, Ozon
oder Stickstoffoxide



Wirkungen auf
Materialien

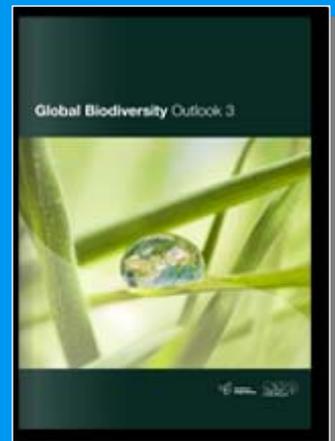
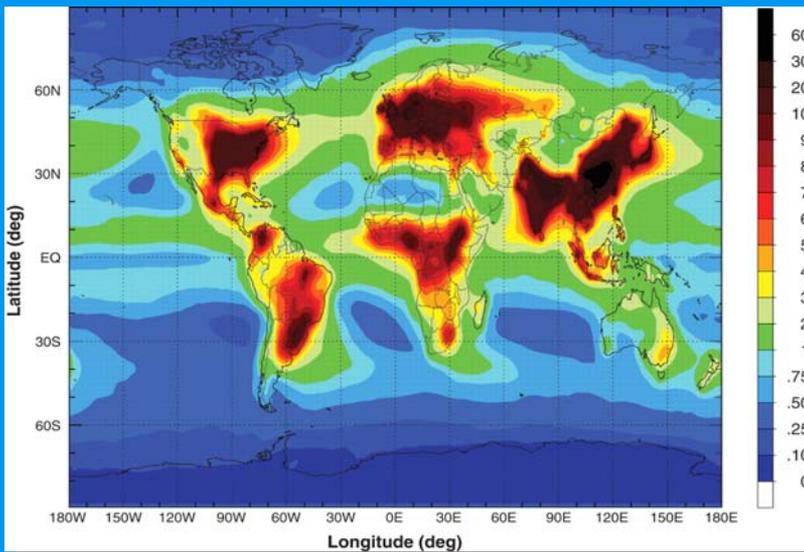


Stickstoffdeposition und Biodiversität

CBD: Biodiversity Indicators Partnership 2010

7 „Focal Areas“, 17 „Headline Indicators“

www.twentyten.net/nitrogendeposition



Butchart et al. 2010,
Global Biodiversity: Indicators of
Recent Declines

kg ha⁻¹ a⁻¹

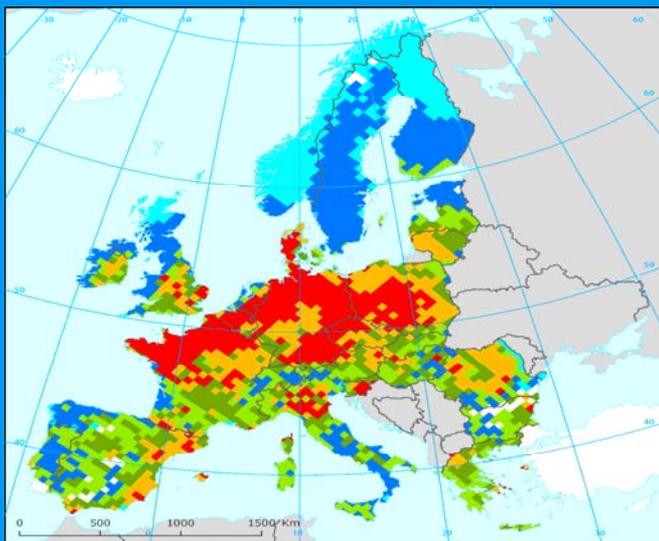
Galloway et al. 2008,
Transformation of the nitrogen
cycle: recent trends, questions and
potential solutions

Stickstoffdeposition und Biodiversität

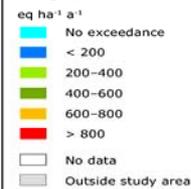
Europa: Ziel 2010 zur Biodiversität – SEBI2010

Umsetzung des CBD Indikators in Europa Überschreitungen des Critical Load für eutrophierenden Stickstoff

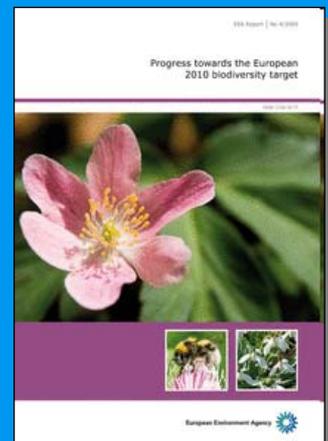
www.eea.europa.eu/highlights/publications/progress-towards-the-european-2010-biodiversity-target/



Exceedance of critical loads of nutrient nitrogen, 2004



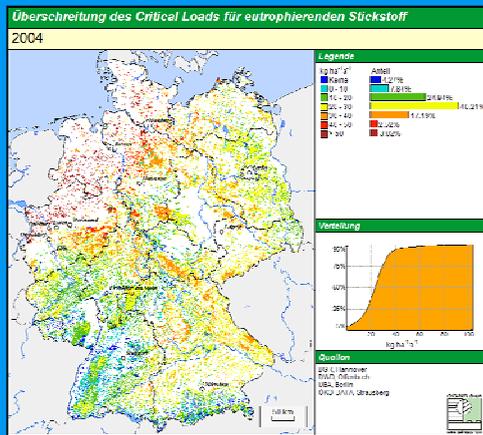
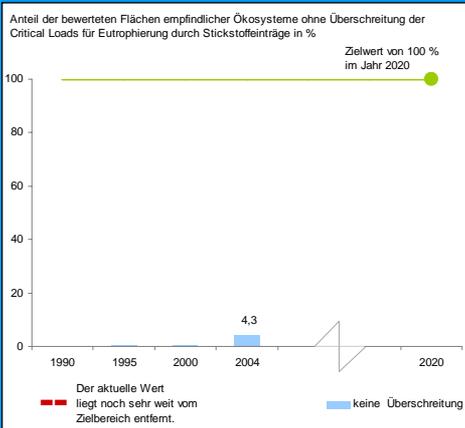
Quelle:
CCE, 2008



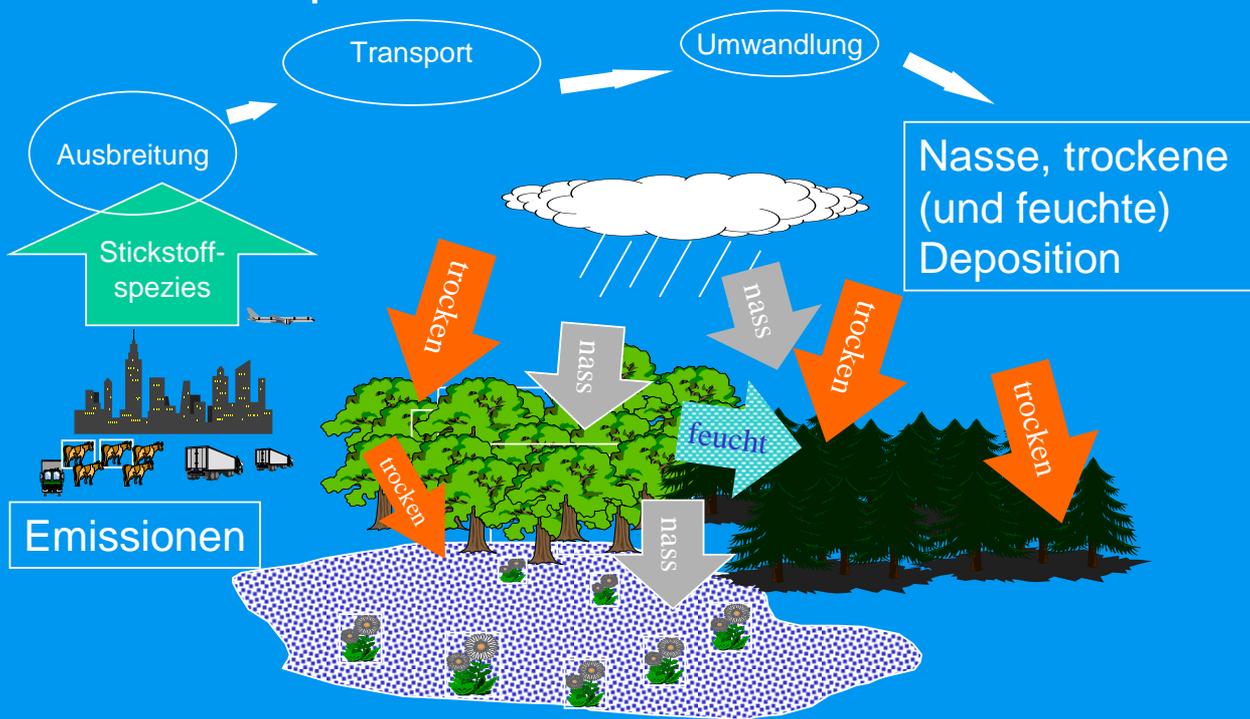
Stickstoffdeposition und Biodiversität

Deutschland: Nationale Biodiversitätsstrategie

Entwurf Indikatorenbericht 2010 - Ressortabstimmung
Indikator: „Eutrophierende Stickstoffeinträge“



Stickstoffdeposition



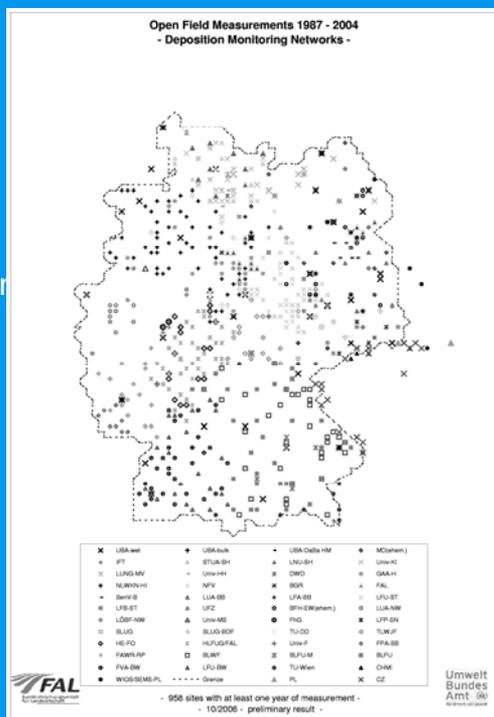
Methoden zur Bestimmung der N-Deposition

Messung

Bulk-Deposition

Wet-Only-Deposition

Kronen



Methoden zur Bestimmung der N-Deposition

Modellierung

Atmosphärische Ausbreitungsmodelle / Chemie-Transportmodelle (CTM)

gerasterte Informationen (Auflösung)

- flächendeckende Emissionsdatensätze
- meteorologische Datensätze (Windgeschwindigkeit, Temperatur, Feuchte....)
- Landnutzungs- und Rezeptorinformationen

atmosphärischer Import + Emission → Immission → Deposition + atmosph. Export

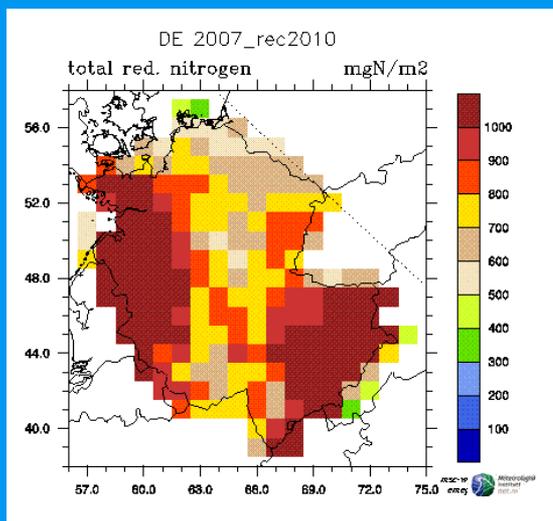
Methoden zur Bestimmung der N-Deposition

Modellierung

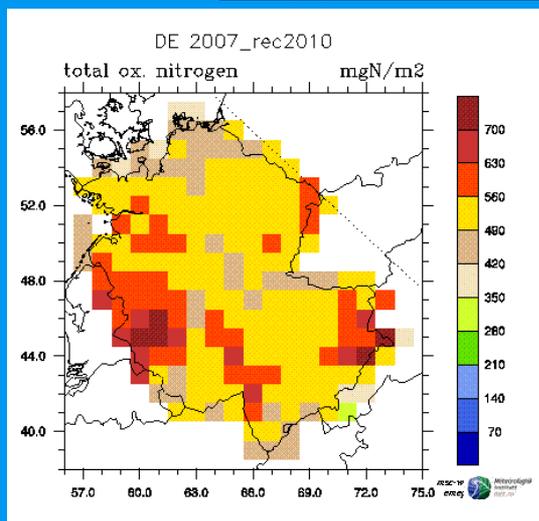
EMEP - European Monitoring and Evaluation Programme

Open Source Unified EMEP Model www.emep.int/OpenSource/index.html

50 x 50 km² Auflösung



100 mg / m²
=
1 kg / ha



Methoden zur Bestimmung der N-Deposition

Modellierung in Deutschland

1 x 1 km²

Baukasten-Prinzip:

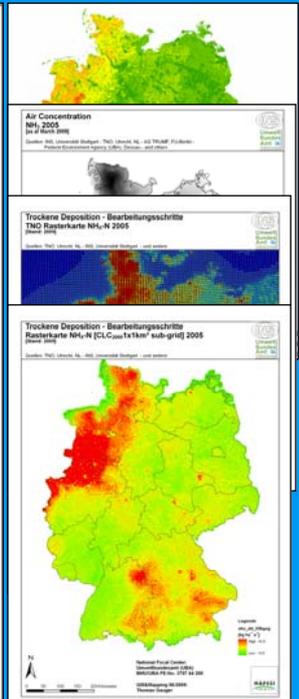
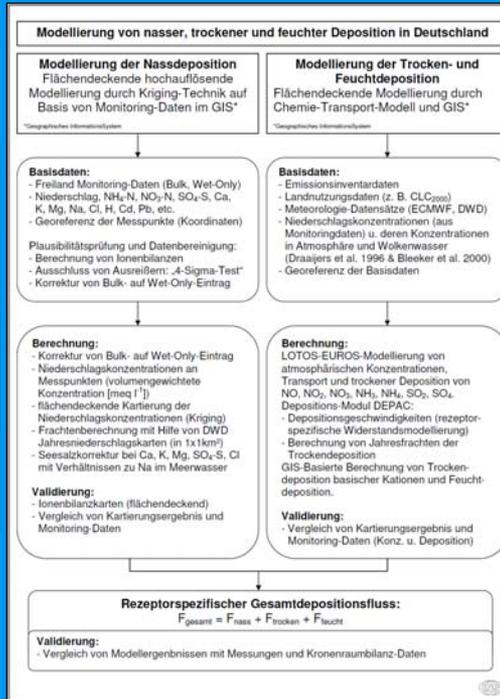
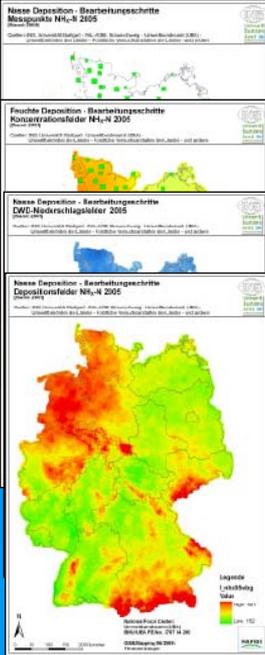
nasse
Deposition
(Messwert-
Basiert)

+

Trockene
Deposition
(LOTOS-EUROS /
IDEM)

+

feuchte
Deposition
(Höhenlagen)

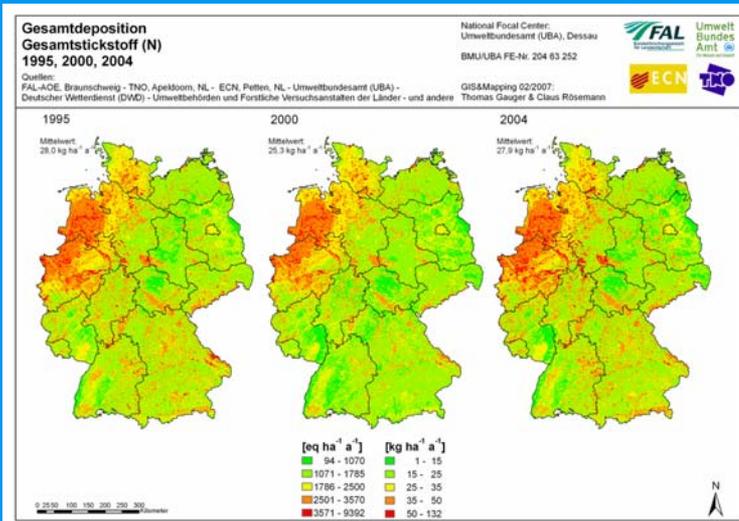


Methoden zur Bestimmung der N-Deposition

Modellierung in Deutschland

zurzeit gültige Ergebnisse des FKZ 204 63252, Gauger et al., 2008

Landnutzungsabhängiger Datensatz (9 CLC Klassen) für das Jahr 2004



www.gis.uba.de/website/depo1/viewer.htm

Grundlage für Vorprüfungen...
...im Immissionschutzrecht
...zunehmend auch im
Naturschutzrecht

Methoden zur Bestimmung der N-Deposition

Modellvergleich EMEP (results 2006) vs. nationale Modellierung (FKZ: 204 63 252)

| 2004 data comparison | | NO _y -N | NH _x -N | N |
|-------------------------|---|--------------------|--------------------|------------|
| Emission in Germany | national total [kt a ⁻¹] | 480 | 514 | 994 |
| Deposition German Model | wet flux [kt a ⁻¹] | 142 | 201 | 343 |
| | dry flux [kt a ⁻¹] | 215 | 424 | 640 |
| | total flux [kt a⁻¹] | 357 | 625 | 983 |
| EMEP Model, Germany | wet flux [kt a ⁻¹] | 145 | 200 | 345 |
| | dry flux [kt a ⁻¹] | 98 | 143 | 241 |
| | total flux [kt a⁻¹] | 242 | 343 | 585 |
| EMEP-German model | mean diff. total flux [kt a ⁻¹] | -115 | -282 | -398 |
| EMEP/Geman model | mean deviation total flux [%] | 68% | 55% | 60% |

Methoden zur Bestimmung der N-Deposition

Modellvergleich EMEP (results 2006) vs. nationale Modellierung (FKZ: 204 63 252)

EMEP versus German Total Deposition Maps Comparison of Mapping Results

N 2004

Data sources:
EMEP - FAL-AOE, Braunschweig - TNO, Apeldoorn, NL - ECN, Petten, NL - Federal
Environmental Agency (UBA) - Deutscher Wetterdienst (DWD) - Federal States Environmental
Agencies - Forest Research Centers - Corine Land Cover 2000 and others

National Focal Center:
Federal Environmental Agency (UBA)

BMU/UBA FE-No. 204 63 252

GIS&Mapping 01/2007:
Thomas Gauger, Claus Rösemann

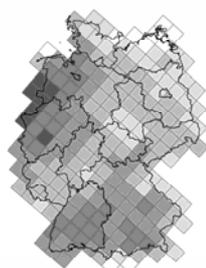


EMEP deposition 2004

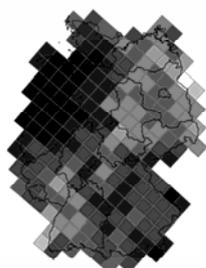
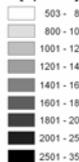
German deposition 2004

Difference: EMEP - DE

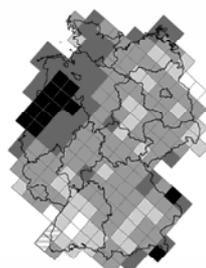
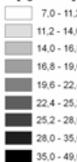
Difference: EMEP / DE



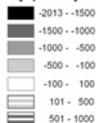
N [eq ha⁻¹ a⁻¹]



N [kg ha⁻¹ a⁻¹]



N [eq ha⁻¹ a⁻¹]



N [eq/eq]



Methoden zur Bestimmung der N-Deposition

Vergleich der nationalen Modellierung mit Messwerten

Vergleich von Messungen der Stickstoffdeposition des LANUV (NW)
mit den vom Umweltbundesamt ermittelten Daten

| Messort | N-Deposition LANUV [kg/ha/a] | N-Deposition UBA [kg/ha/a] |
|--------------|------------------------------|----------------------------|
| Tannbusch | 73 | 90 |
| Velmerstot | 54 | 70 |
| Lammersdorf | 40 | 52 |
| Essen-Schuir | 35 | 31 |

Vergleich von Messungen der Stickstoffdeposition des LfU (BY)
mit den vom Umweltbundesamt berechneten Modelldaten

| Modellwert kg/ha/a | Gemessen Gesamt-N aus Bulk kg/ha/a | Prozentanteil Bulk von Modellwert | NH ₃ -Deposition aus Passivsammlern berechnet kg/ha/a | Bulk + Passivsammler kg/ha/a | %-Anteil Bulk+ Passivsammler von Modellwert |
|-----------------------|--|---|--|------------------------------------|---|
| 20 | 10 | 50 | 5 | 15 | 75 |
| 16 | 12 | 75 | 4 | 16 | 100 |
| 17 | 8 | 47 | 9 | 17 | 100 |
| 23 | 13 | 57 | 6 | 19 | 83 |
| 19 | 11 | 58 | 17 | 28 | 147 |

Bewertungsgrundlagen der N-Deposition

Critical Loads

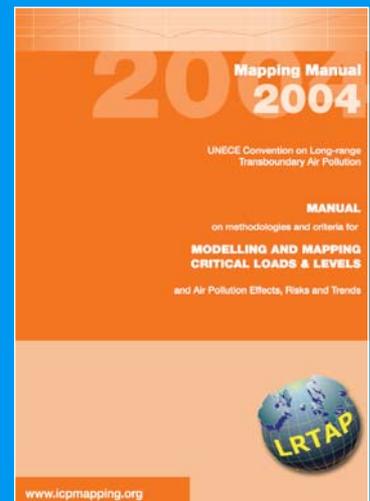
Methodenhandbuch der UNECE Genfer Luftreinhaltekonvention
zur Modellierung und Kartierung von Einträgen und von Critical Loads & Levels



Definition:

“Depositionen, unterhalb derer nach aktuellem Erkenntnisstand keine Effekte in Ökosystemstruktur und –funktion zu verzeichnen sind.”

- biotische Wirkungen über Critical Limits
- langfristig
- aggregieren komplexe Ökosystemprozesse
- sind definiert für spezifische Kombination von Schadstoffen, Wirkungen und Rezeptoren



Bewertungsgrundlagen der N-Deposition

Critical Loads

Methodenhandbuch der UNECE Genfer Luftreinhaltekonvention
zur Modellierung und Kartierung von Einträgen und von Critical Loads & Levels

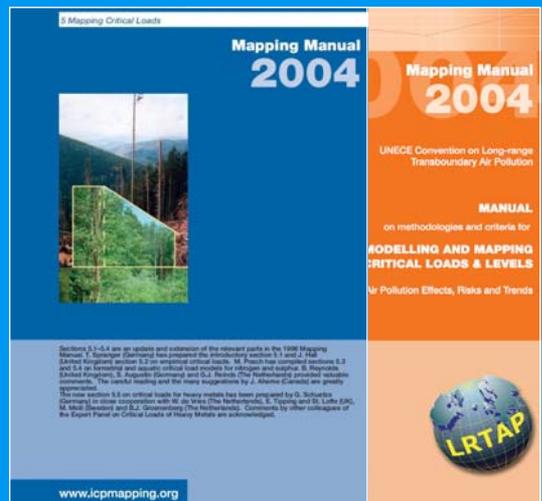


Empirische Critical Loads für Eutrophierung

- Wertespannen für aggregierte Ökosystemklassen (EUNIS-Klassifizierung)
- „Berner Liste“, 2002
- Update 2010 „Nordwijkerhout“

Modellierte Critical Loads durch Aufstellung einfacher Massenbilanzen

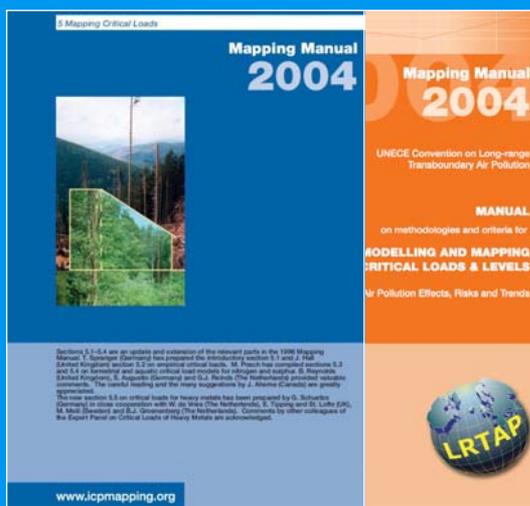
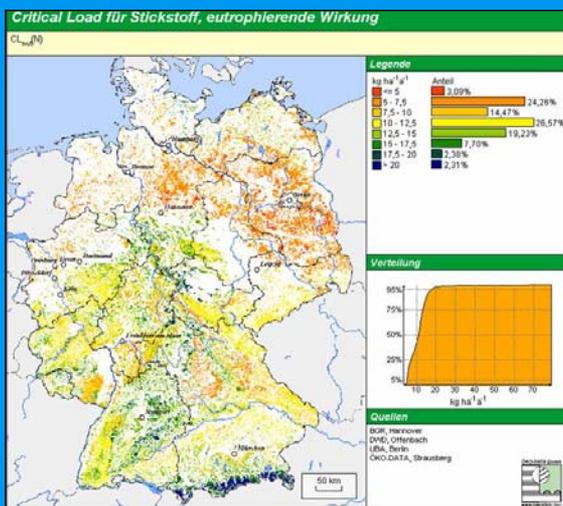
- Critical Loads für Eutrophierung
 $CL_{nut-N} = N_i + N_u + N_{de} + N_{le(acc)}$
- Bodenübersichtskarte Deutschland
- Corine Land Cover
- Klima-Daten (DWD)
- Sickerwasserkarte



Bewertungsgrundlagen der N-Deposition

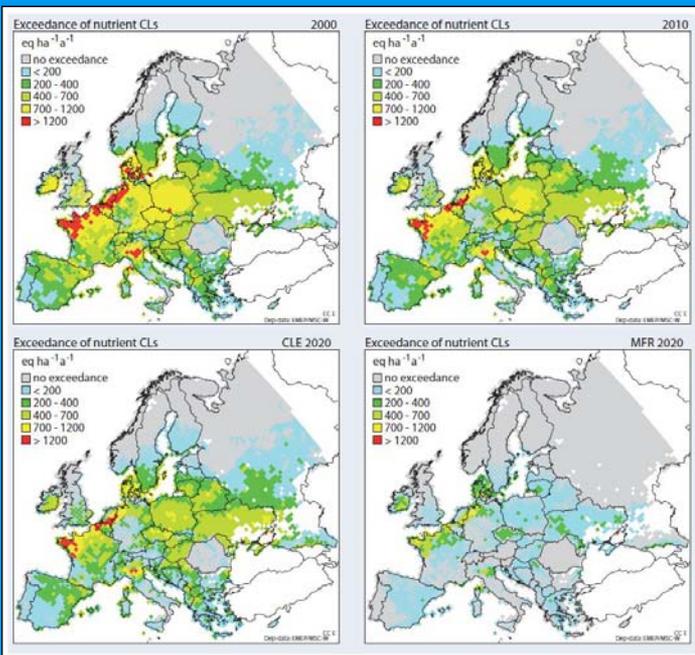
Critical Loads

Methodenhandbuch der UNECE Genfer Luftreinhaltekonvention zur Modellierung und Kartierung von Einträgen und von Critical Loads & Levels



Bewertungsgrundlagen der N-Deposition

Critical Loads Überschreitungen im europäischen Maßstab



basierend auf EMEP-
Depositionszenario 2010 und der
Critical Loads Datenbank 2008
(nationale Lieferung)

→ SEBI2010, NEC-Richtlinie
2001/81/EG, Multikomponenten-
Protokoll

2010 in Deutschland:
etwa 65 % überschritten

2020: 58 % bis 36 %

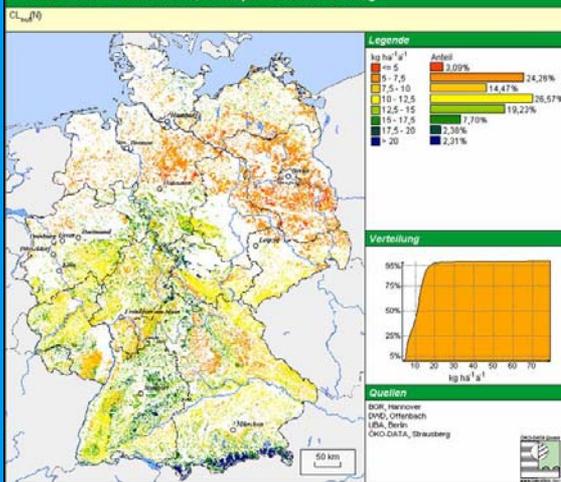
Bewertungsgrundlagen der N-Deposition

Critical Loads Überschreitungen auf nationaler Ebene

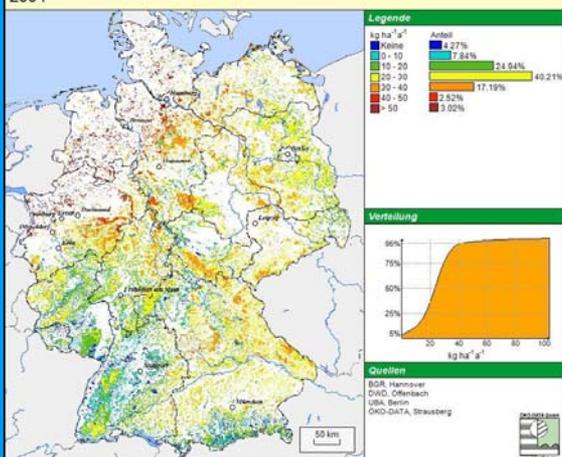
basierend auf UBA-Depositionsdatsatz 2004 und national modellierten
Critical Loads Datenbank 2008 (nationale Lieferung)

→ Kernindikatorensystem des UBA, NBS-Indikatorenset 2010

Critical Load für Stickstoff, eutrophierende Wirkung



Überschreitung der Critical Loads für eutrophierenden Stickstoff
2004



Ausblick

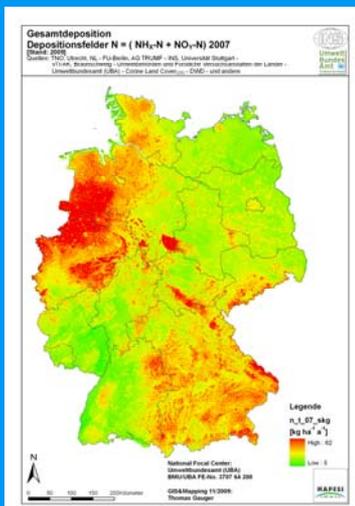
MAPESI – BMU/UBA 3707 64 200

Fortführung der Modellierung von Stoffeinträgen und ihren Wirkungen

UBA-Workshop 2009, Dessau

Abschluss und Veröffentlichung der neuen Daten bis 2007

(Hintergrundbelastungsdatensatz, NBS, KIS) zeitnah



„neue“ Methodik zur Berechnung der trockenen Deposition

- einzelnes Modell → Massenkonsistenz
- verringerte Emissionen
- Rauigkeitslängen

vorläufige Ergebnisse

- berechnete, mittlere trockene Deposition stimmt besser überein mit EMEP-Resultaten
- trockene Deposition im Mittel über Deutschland etwa 30- 35 % niedriger
- Vergleich der Gesamtdeposition mit Kronenraumbilanzen der Level II – Standorte zeigt plausible Ergebnisse

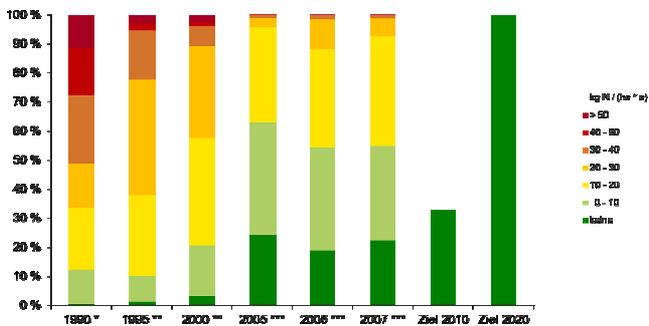
Ausblick

MAPESI – BMU/UBA 3707 64 200

Fortführung der Modellierung von Stoffeinträgen und ihren Wirkungen
 UBA-Workshop 2009, Dessau
 Abschluss und Veröffentlichung der neuen Daten bis 2007
 (Hintergrundbelastungsdatensatz, NBS, KIS) zeitnah



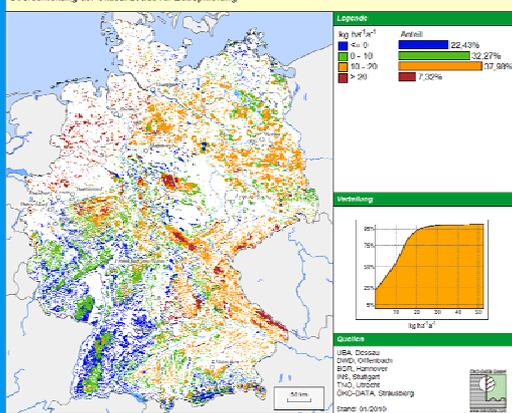
Überschreitung der Critical Loads für Eutrophierung durch Stickstoffbelastung auf den kartierten empfindlichen Ökosystemflächen



Quelle: UBA F+E-Projekt: * FKZ 200 66 212 (2004) 8.86-87; ** FKZ 204 83 282 Terna-88/2008, 9.01-08 und *** FKZ 3707 64-200 (2010). Ziel 2010 ist ein Critical Load (UNESCO) und 2020 alle Ökosysteme vor Eutrophierung schützen (CSO)

Critical Load Überschreitung 2007

Überschreitung der Critical Loads für Eutrophierung



Zusammenfassung

- Stickstoff-Emissionen global immer noch steigend
- ...zu viel → zahlreiche Wirkungen ?
- ...oder zu wenig → Nahrungsmittel für eine wachsende Weltbevölkerung ?
- Stickstoffdeposition ist ein Risiko für die Biodiversität
- Indikatoren N-Deposition und Critical Loads Überschreitungen
- verschiedene Methoden zur Bestimmungen der N-Deposition
- verschiedene Grundlagen zur Bewertung mit Critical Loads
- unterschiedliche Kombinationen von Depositionsdatensätzen und Critical Loads für verschiedene Verwendungszwecke
- Auf Basis der Belastungsdaten für 2004 sind in Deutschland 95 % der bewerteten Ökosysteme einem Risiko durch Eutrophierung ausgesetzt
- Verbesserung v. a. in der Intensität der Überschreitungen im Zuge aktueller Erhebungen zu erwarten

Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit !

markus.geupel@uba.de

Markus Geupel
Umweltbundesamt
Abteilung Luft

Wirkungen von Luftverunreinigungen
auf terrestrische Ökosysteme



LOTOS EUROS & RCG: Modellierung und Kartierung der Trockenen Deposition

Immissionsfelder

- von gasförmigen (SO_2 , NH_3 , NO , NO_2 , HNO_3) und partikulären (NH_3 , NH_4 , SO_4) Luftinhaltsstoffen erzeugt aus Emissionsdatensätzen
- zeitliche Auflösung: 3 Stundenmittel
- Ableitung von Ca-, Mg-, K-, Na-Immissionsfeldern erzeugt aus Konzentration im Niederschlag (Nassdeposition)

Meteorologische Datensätze

- Windgeschwindigkeit, Temperatur, Taupunkttemperatur bzw. Relative Feuchte, kurzweilige Strahlung, Schubspannungsgeschwindigkeit, Wolkenbedeckung, Niederschlagssummen Obukhov-Länge, Oberflächenfeuchte.
- zeitliche Auflösung: 3 Stundenmittel

Landnutzungsdaten und Rezeptorinformationen

- Landnutzungskarte der CORINE Land Cover 2000 Map, 9 Landnutzungsklassen:
(1) Wiesen und Weiden, (2) semi-natürliche Vegetation, (3) Dünen und Felsfluren, (4) bebaute Gebiete, (5) Ackerland, (6) Laubwald, (7) Nadelwald, (8) Mischwald, (9) Binnengewässer
- Vegetations- bzw. Rezeptorhöhen (Bestimmung der Rauigkeitslängen), etc.

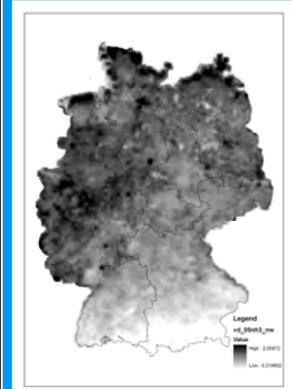
Depositionsgeschwindigkeiten

- Depositionsgeschwindigkeit V_d : $V_d = 1 / (R_a + R_b + R_c)$
 R_a : aerodynamischer Widerstand gegen turbulenten Transport zur Rezeptoroberfläche
 R_b : quasi-laminare Widerstand gegen molekularen Transport durch die oberflächennahe Grenzschicht
 R_c : Oberflächenwiderstand gegen Aufnahme bzw. Absorption am Rezeptor

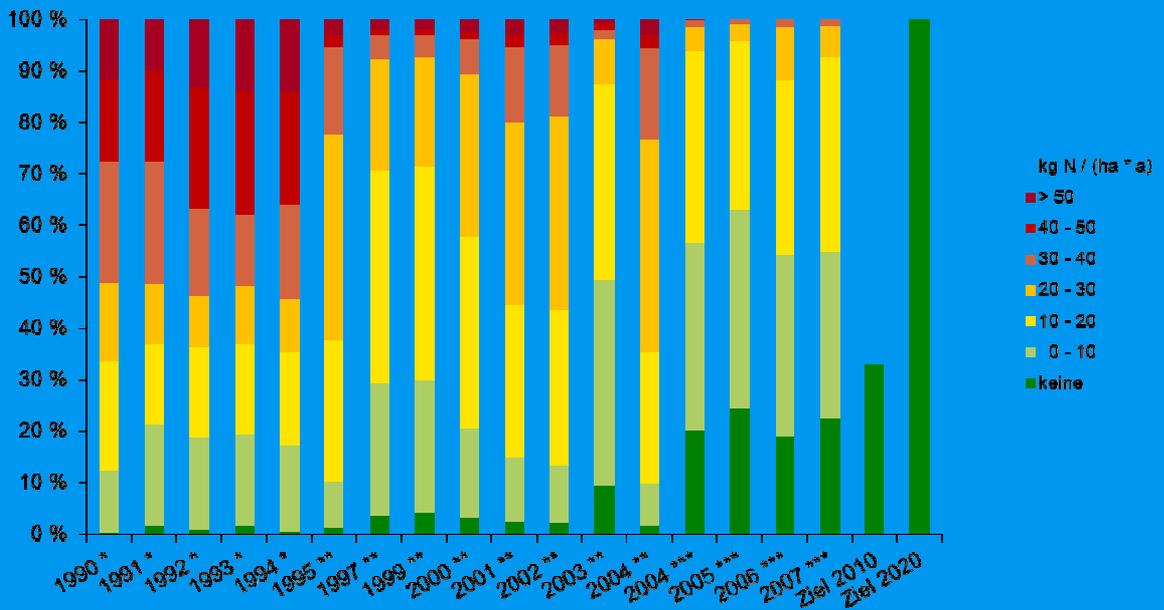
Trockendepositionsflüsse

- Trockendepositionsfluss F : $F = V_d(z) * c(z)$
 $V_d(z)$: Depositionsgeschwindigkeit in der Höhe z
 $c(z)$: Immissionskonzentration in der Höhe z

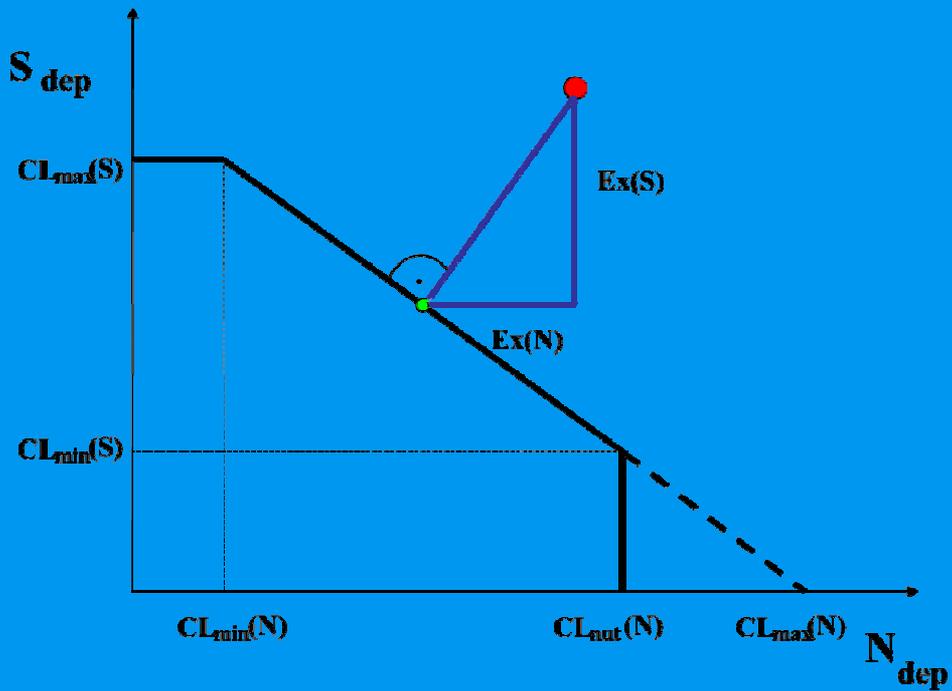
Input zur Berechnung der Karten der Gesamtdosition

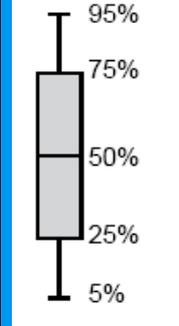
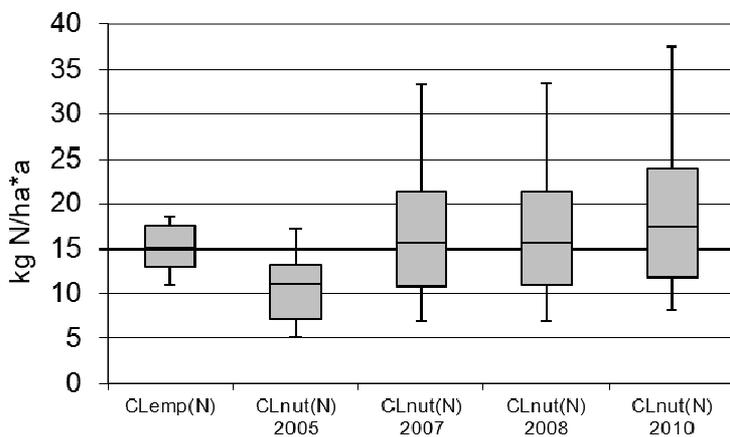


**Überschreitung der Critical Loads für Eutrophierung
durch Stickstoffeinträge auf den kartierten empfindlichen Ökosystemflächen**



Quelle: UBA F+E-Projekte: * FKZ 200 85 212 (2004), S.98-97; ** FKZ 204 83 252 Texte 39/2006, S.51-55 und *** FKZ 3707 64 200 (2010), Ziel 2010 etwa ein Drittel (nach UNECE) und 2020 alle Ökosysteme vor Eutrophierung schützen (CBD)





**Boxplots zum deutschen Datensatz
der Critical Loads für eutrophierenden Stickstoff
Datenlieferung an das CCE
für den CFD in den Jahren 2005, 2007, 2008 und 2010**

Validierung der Gesamtdeposition:

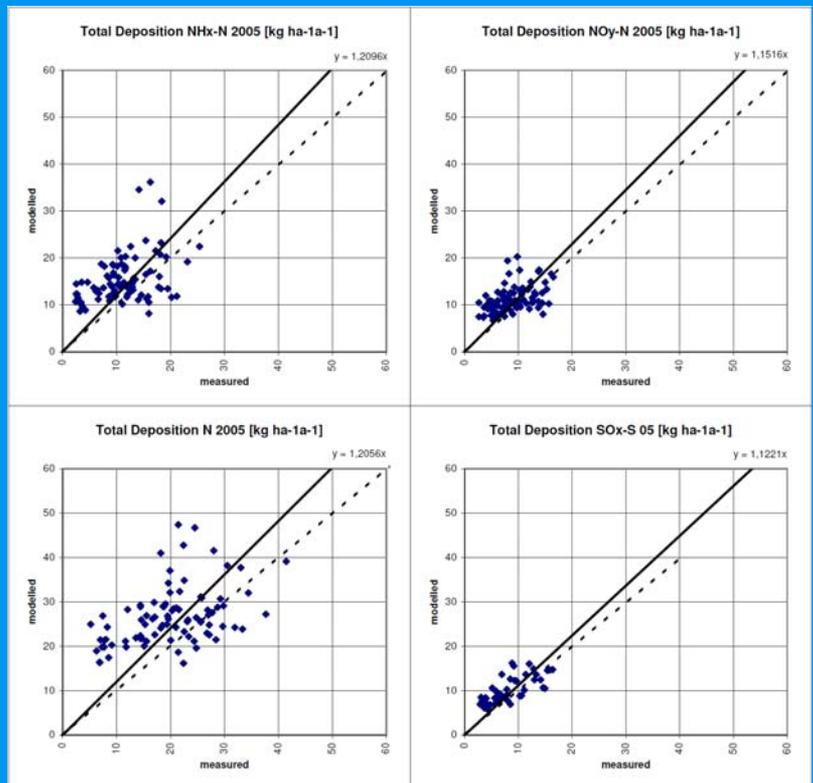
(=Nass- + Trocken- + Feucht-Deposition)

Vergleich der Modellierungs- und Kartierungsergebnisse mit Monitoring-Daten (2a):

S (SO_x-S) und
N (NO_y-N + NO_x-N)

- Gesamtdeposition aus
Kronenraumbilanz-Daten
an ca. 86 Waldstandorten,
ICP Forest Level II Flächen
→ Daten: vTI, Eberswalde
(x: „measured“)
- Ergebnis der Kartierung an
diesen Waldstandorten
(y: „modelled“)

→vorläufige Ergebnisse für
FKZ 3707 64 200!



Validierung der Gesamtdeposition

(=Nass- + Trocken- + Feucht-Deposition)

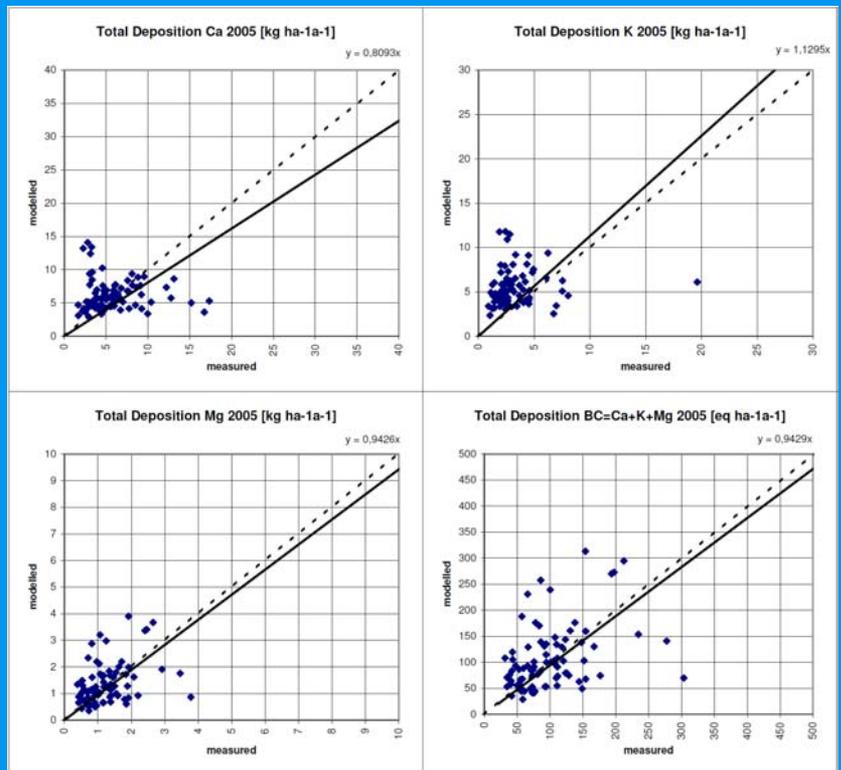
Vergleich der Modellierungs- und Kartierungsergebnisse mit Monitoring-Daten (2b):

Basische Kationen (BC)
Ca, K, und Mg

- Gesamtdeposition aus
Kronenraumbilanz-Daten
an ca. 86 Waldstandorten,
ICP Forest Level II Flächen
→ Daten: vTI, Eberswalde
(x: ‚measured‘)

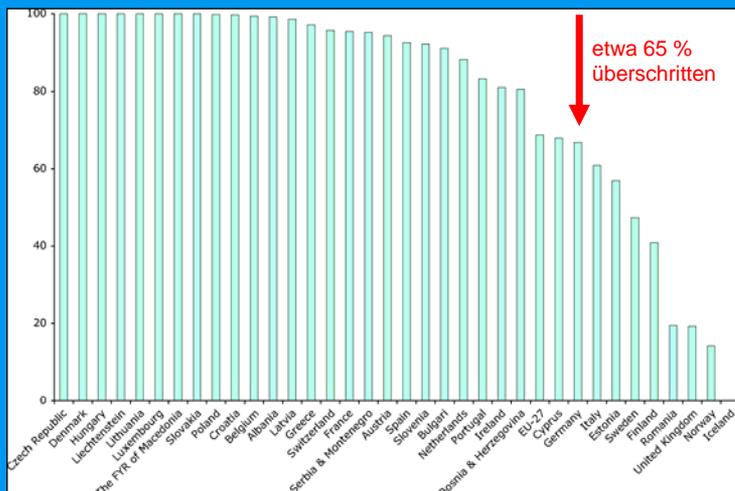
- Ergebnis der Kartierung an
diesen Waldstandorten
(y: ‚modelled‘)

→ vorläufige Ergebnisse für
FKZ 3707 64 200



Bewertungsgrundlagen der N-Deposition

Critical Loads Überschreitungen im europäischen Maßstab



basierend auf EMEP-
Depositionszenario 2010 und der
Critical Loads Datenbank 2008
(nationale Lieferung)

→ SEBI2010, NEC-Richtlinie
2001/81/EG, Multikomponenten-
Protokoll

prognostizierte Überschreitungen der Critical Loads für
Eutrophierung in 2010

Rockström et al, 2009
A safe operating space for humanity

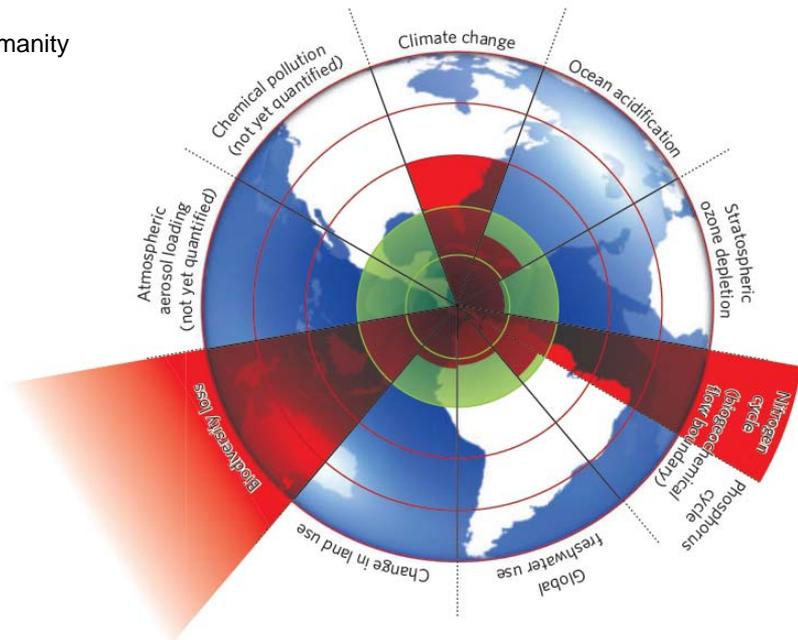


Figure 1 | Beyond the boundary. The inner green shading represents the proposed safe operating space for nine planetary systems. The red wedges represent an estimate of the current position for each variable. The boundaries in three systems (rate of biodiversity loss, climate change and human interference with the nitrogen cycle), have already been exceeded.

9