



## Stickstoffüberschuss und -eintrag in das Grundwasser

Heinrich Höper  
Annegret Fier  
Walter Schäfer

Referat L3.4 „Boden- und Grundwassermonitoring“, LBEG

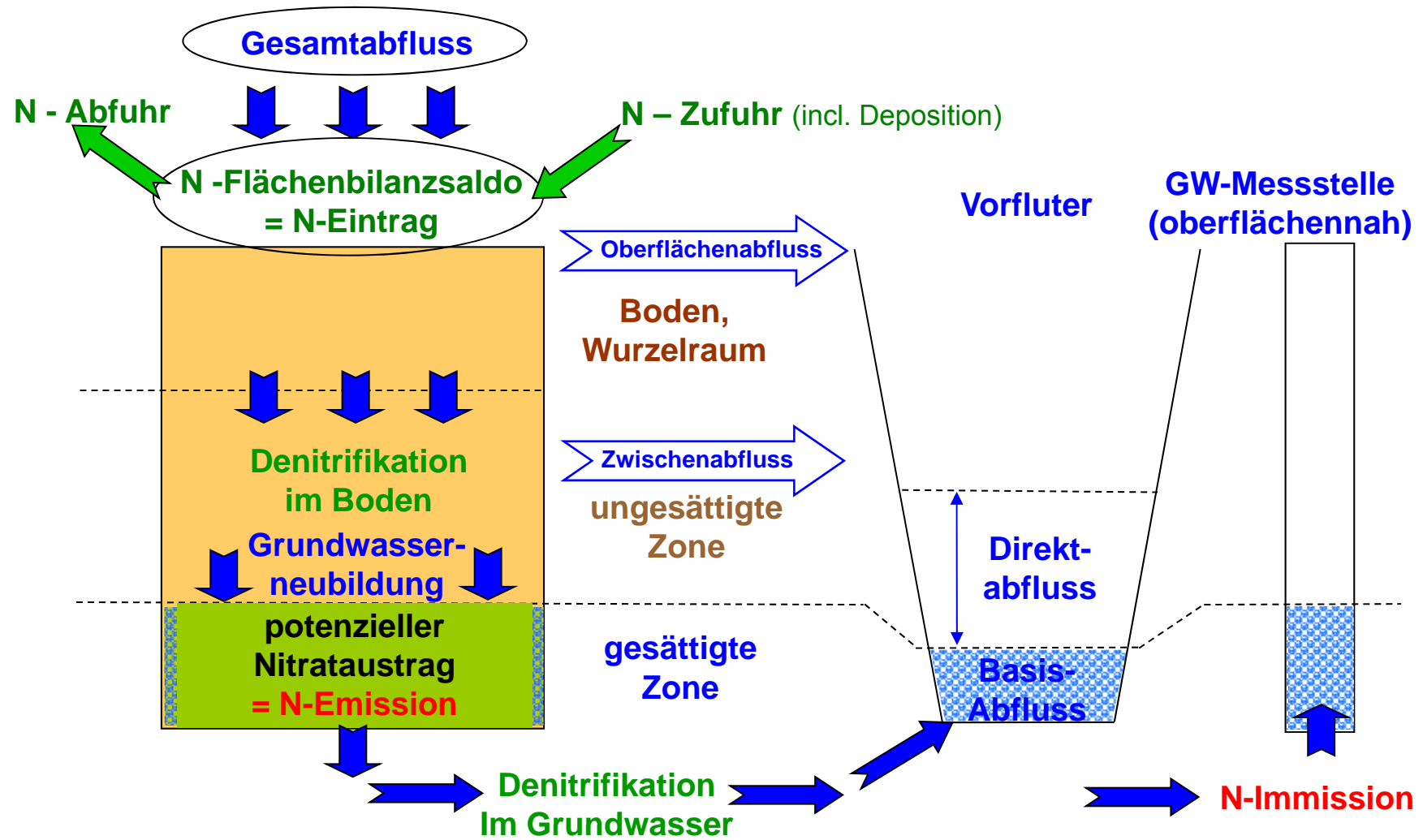


# Gliederung

1. Emissions-Immissionsmodell
2. N-Einträge in den Boden aus Nutzung und Deposition
3. N-Abbau im Boden durch Denitrifikation
4. N-Eintrag ins Grundwasser
5. N-Bilanz für Niedersachsen
6. Wert der Denitrifikation
7. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen



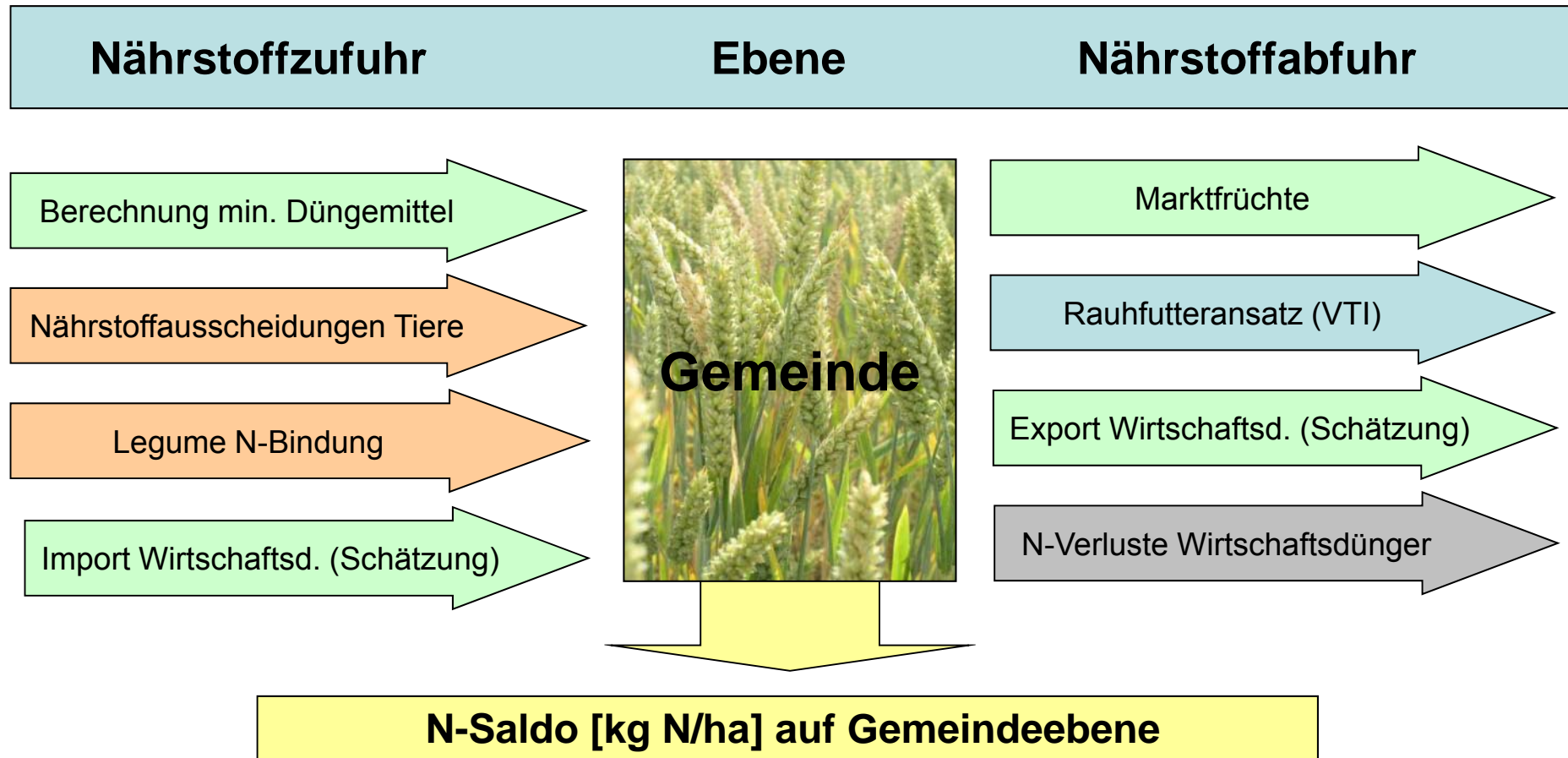
# 1. Emissions-Immissionsmodell



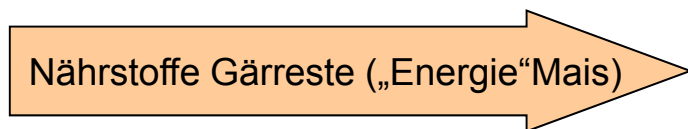
## 2. N-Eintrag in den Boden



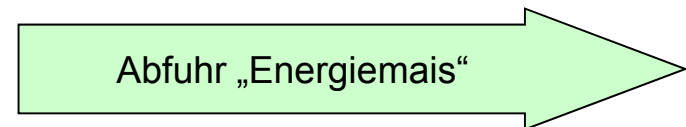
# Modifizierte N-Flächenbilanz (EG-WRRL)



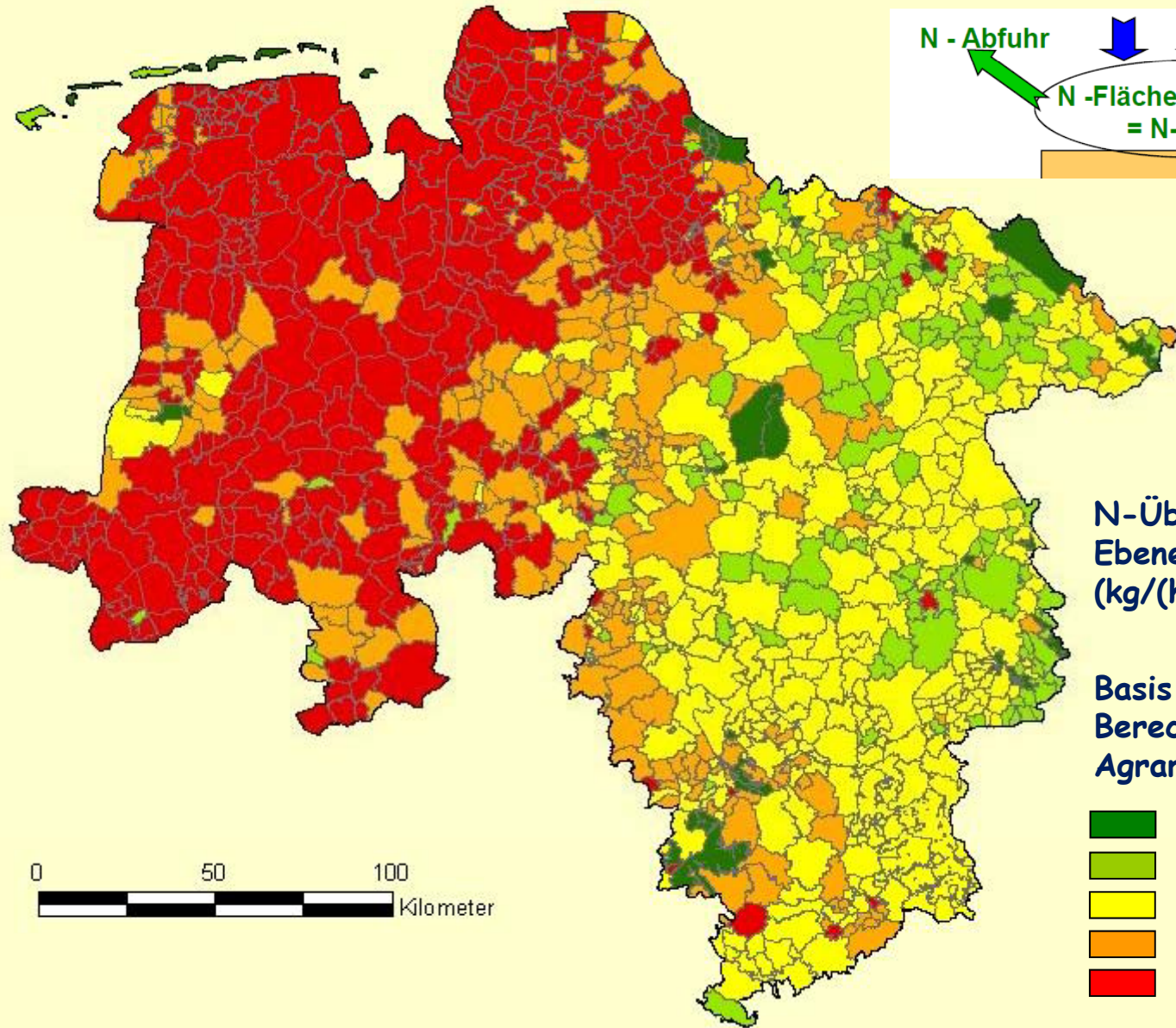
Ab 2007



Datenbasis: Agrarstatistik



# N-Flächenbilanzsaldo = N-Eintrag aus der Flächennutzung



N-Überschüsse auf Ebene der Gemeinden (kg/(ha LF \* a))

Basis: FAL-Berechnung Mai 2006, Agrarstatistik 2003

- < 40
- 40 - 60
- 60 - 80
- 80 - 100
- > 100

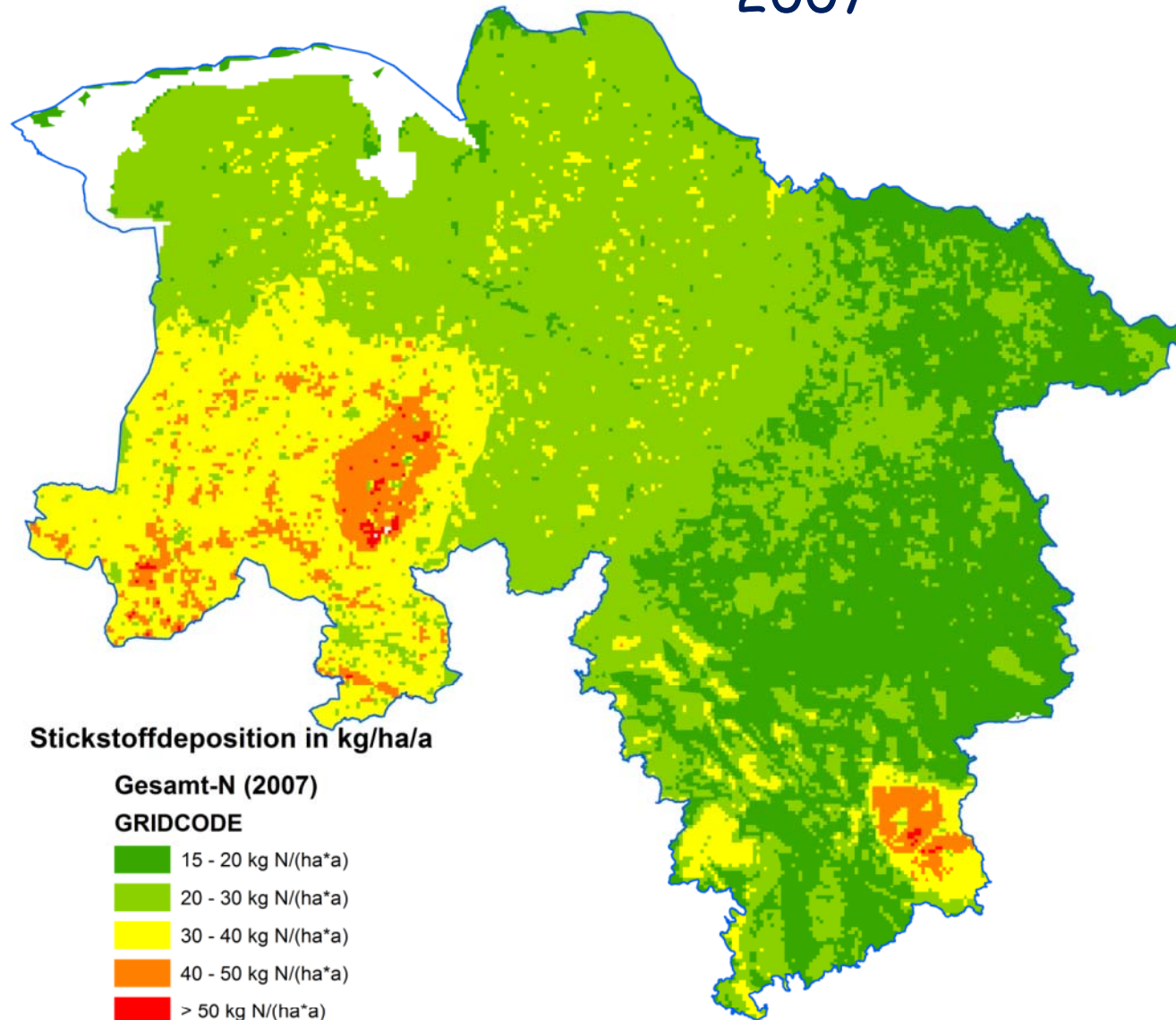


# N-Eintrag aus der Gesamtstickstoffdeposition 2007

NH<sub>x</sub> + NO<sub>y</sub>

- 1 \* 1 km<sup>2</sup> Raster
- Nasse und trockene Deposition
- Verwendung von Emissionsdaten, chemischen Transportmodellen, interpolierten Messdaten zur Nassdeposition und hoch-aufgelösten Landnutzungsdaten

(Bultjes et al., 2011;  
UBA 38/2011)



# 3. N-Abbau im Boden durch Denitrifikation





# Prozess der Denitrifikation

Elektronenakzeptor Nitrat:



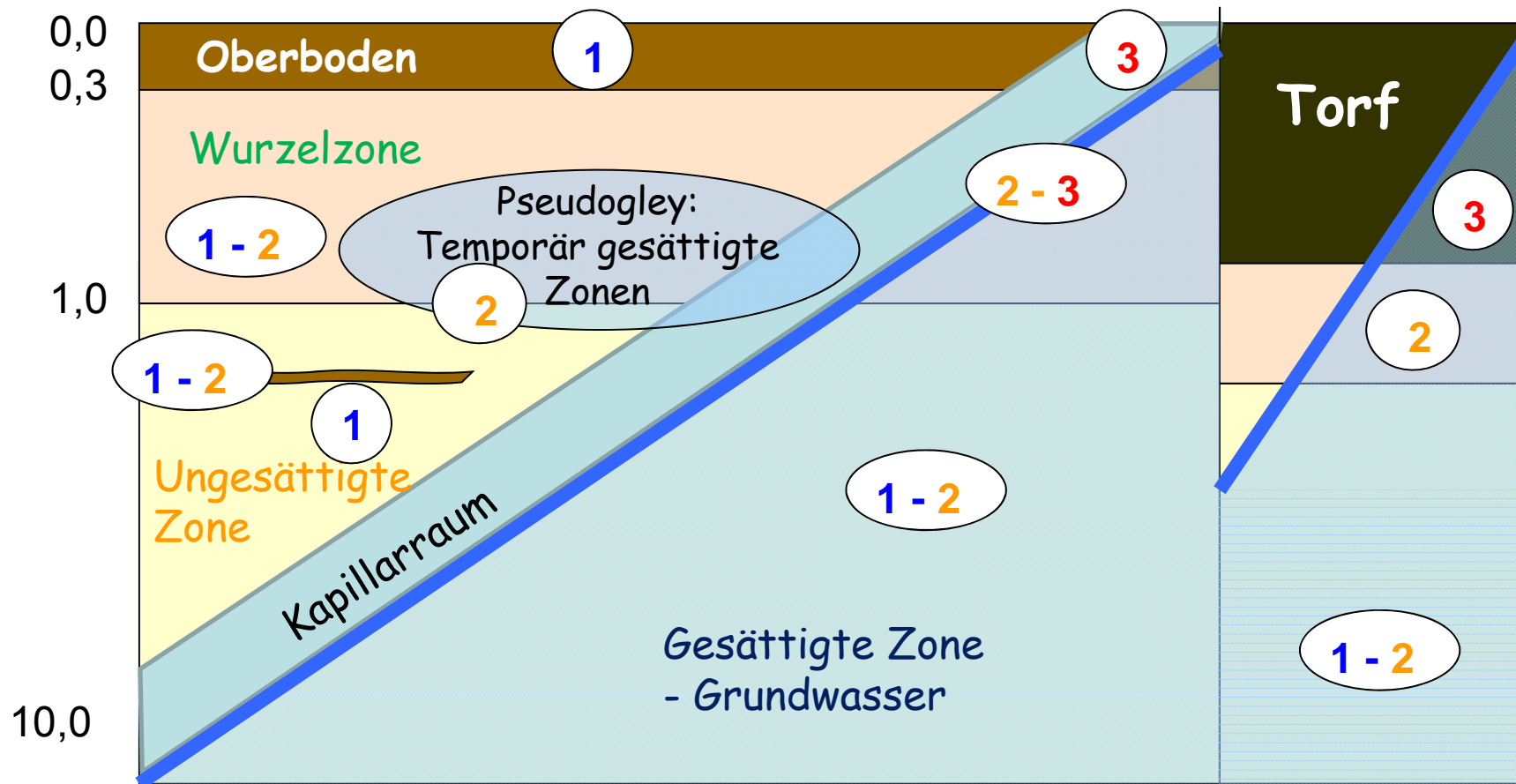
Elektronendonatoren:  $\text{C}_{\text{org}}$ ,  $\text{FeS}$ ,  $(\text{H}_2, \text{H}_2\text{S})$

Bedingungen (im Boden):

- **Anaerobie:**
  - Hoher Grundwasserstand, min. zeitweise Wassersättigung
  - Gleye, Marschböden, Auenböden, organische Böden
- **Oxidierbare Substrate:**
  - C- und S-Verbindungen im Unterboden
  - organische Böden (Moore, Anmoore), Mineralböden mit höheren Kohlenstoffgehalten (u.a. Kolluvien, Auenböden, Pelosole)



# Modellvorstellung zur Denitrifikation im System Boden - Wasser



1 = keine; 2 = geringe - mittlere; 3 = hohe Denitrifikation



# Methode: Potenzielle Denitrifikation in Ackerkrume und Wurzelzone

(Gäth et al. 1997,

AK „Bodenkundliche Beratung in WSG“, modifiziert)

Denitrifikationsstufen		D-Rate	Grund-/Stauwassereinfluss	Substrate	Bodentypen (Beispiele)
Nr.	Bezeichnung	kg N/ha/a			
1	sehr gering	< 10 [5] <sup>1)</sup>	[trocken] ganzjährig keine Wassersättigung	[gering humos] flachgründig verwitterte Festgesteine, tiefgründig verwitterte sandige Festgesteine sandige Lockergesteine	Felshumusboden, Syrosem <sup>2)</sup> , Ranker, Regosol <sup>2)</sup> , Rendzina, Braunerde <sup>2)</sup> , Podsol <sup>2)</sup> , Tiefumbruchboden aus Podsol und Pseudogley
2	gering	10 – 30 [20] <sup>1)</sup>	[trocken] ganzjährig keine Wassersättigung	[humos] Alluvium, Kolluvium; schluffige und tonige Lockergesteine, erhöhte Humusgehalte, auch im Unterboden	Pararendzina <sup>2)</sup> , Parabraunerde <sup>2)</sup> , Pelosol, Tschernosem <sup>3)</sup> , Auenboden <sup>3)</sup> , Kolluvisol <sup>2)</sup> , Plaggenesch <sup>2)</sup> , Tiefumbruchboden aus Moor
			[zeitweise nass] Grund- oder Stauwassereinfluss	[gering humos] sandige Lockergesteine, geringe Humusgehalte	Podsol-Gley (Sand-Gley); Pseudogley
3	mittel	30 – 50 [40] <sup>1)</sup>	[zeitweise nass] Grund- oder Stauwassereinfluss	[gering humos] schluffig-lehmige Lockergesteine, geringe Humusgehalte	Gley-Pseudogley, Pseudogley-Gley, Haftnässepseudogley
4	hoch	50 – > 150 [60] <sup>1)</sup>	[zeitweise nass] Grund- oder Stauwassereinfluss	[humos] nicht sandige, fluviale, limnogene und marine Lockergesteine	Gley, Stagnogley, Tiefumbruchboden aus Gley, Gley-Auenboden <sup>4)</sup>
			Grundwasser nur zeitweise im Torfkörper	[Torfe] Hoch- und Niedermoor torfe	Niedermoor, Hochmoor, Sanddeckkultur
5	sehr hoch	[100] <sup>1)</sup>	[nass] ganzjähriger Grundwassereinfluss (MHGW ≤ 6 dm)	[humos – reduzierter Schwefel] Tschernosem, fluviale, limnogene und marine Lockergesteine, (Gesteine mit hohem Anteil an C und reduziertem S <sup>5)</sup> )	Gley-Tschernosem, Marschböden, Tiefumbruchboden aus Marsch
		>> 150 [150] <sup>1)</sup>		[Torfe] Torfe, torfhaltige Substrate, organische Mudden	Niedermoor, Hochmoor, Moorgley, Organomarsch, Tiefumbruchboden aus Moor, Sanddeckkultur

<sup>1)</sup> verwendete (mittlere) Denitrifikationsrate

<sup>2)</sup> bei mittleren bis starken Gley- oder Pseudogleymerkmalen eine Stufe höher

<sup>3)</sup> bei mittleren bis starken Pseudogleymerkmalen eine Stufe höher

<sup>4)</sup> bei organischer Substanz > 1 % oder Sulfidvorkommen im gesättigten Bereich eine Stufe höher

<sup>5)</sup> z. B. Lias, Untere Kreide und Braunkohle- bzw. pyrithaltige Geschiebelehme



# DENUZ: Umsetzung der Methode: Berechnung der tatsächlichen Denitrifikation im Boden

## Michaelis-Menten-Gleichung

$$[ dN(t) / dt ] + D_{max} * [ N(t) / \{k + N(t)\} ] = 0$$

$D_{max}$  standörtliche maximale Denitrifikationsleistung,  
hier: Werte aus Tabelle bei mittlerer Verweilzeit (landesweiter  
Mittelwert nach Bodentyp)

$N(t)$  Nitratkonzentration

$t$  Verweilzeit im Boden (2 m)  
(Gesamtabfluss nach GROWA und Feldkapazität nach BÜK50)

$K$  Michaelis-Konstante  
 $k = 18,7 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$  für gute Denitrifikationsbedingungen,  
 $k = 2,5 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$  für schlechte Denitrifikationsbedingungen

GROWA-Modell, Forschungszentrum Jülich (Kunkel & Wendland, 2002)

DENUZ-Modell, Forschungszentrum Jülich (Kunkel & Wendland, 2008, Eisele et al., 2008)

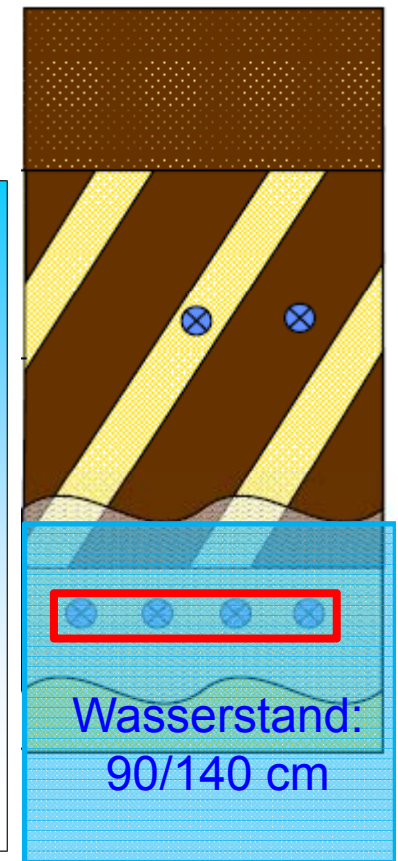
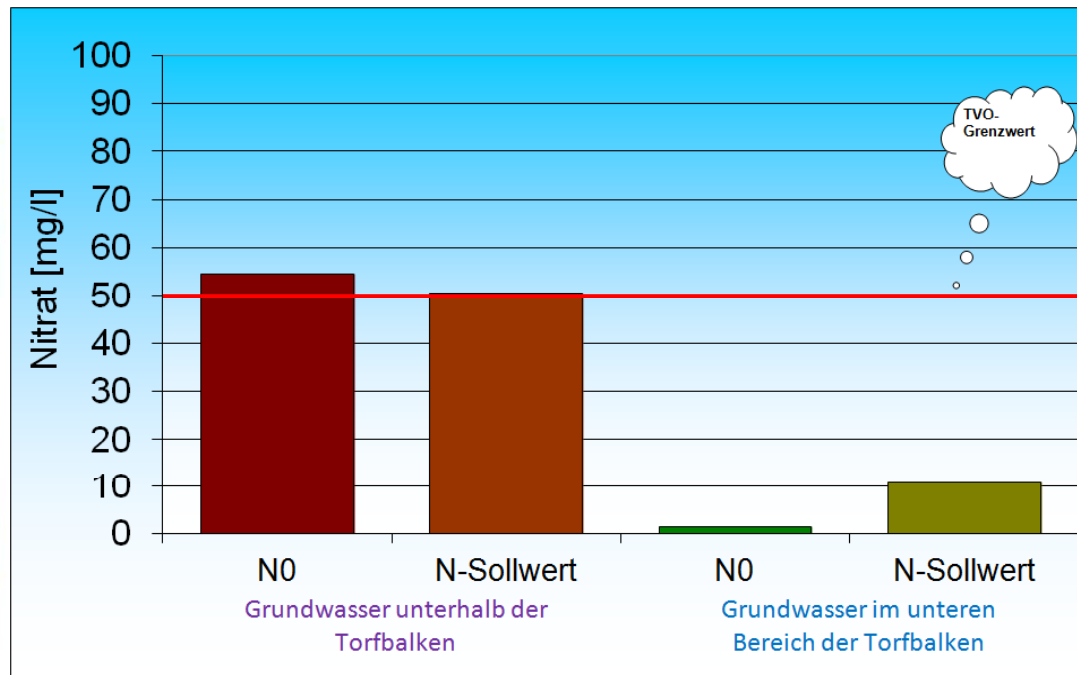
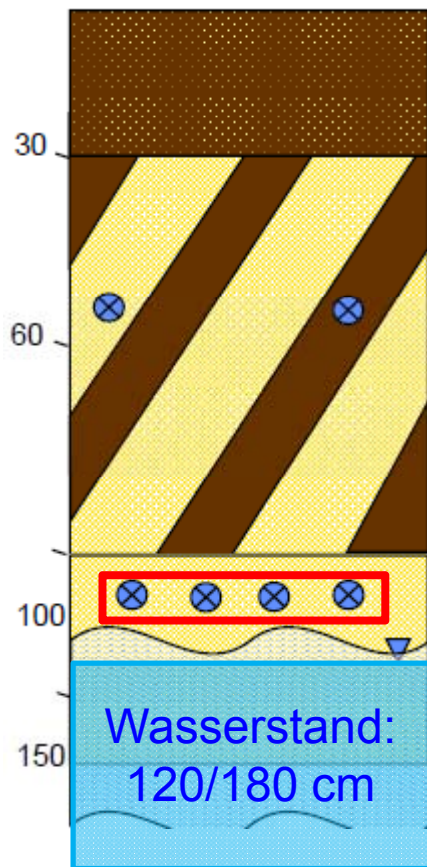


# Feldversuch Getelo-Itterbeck Sandmischkultur aus Niedermoor

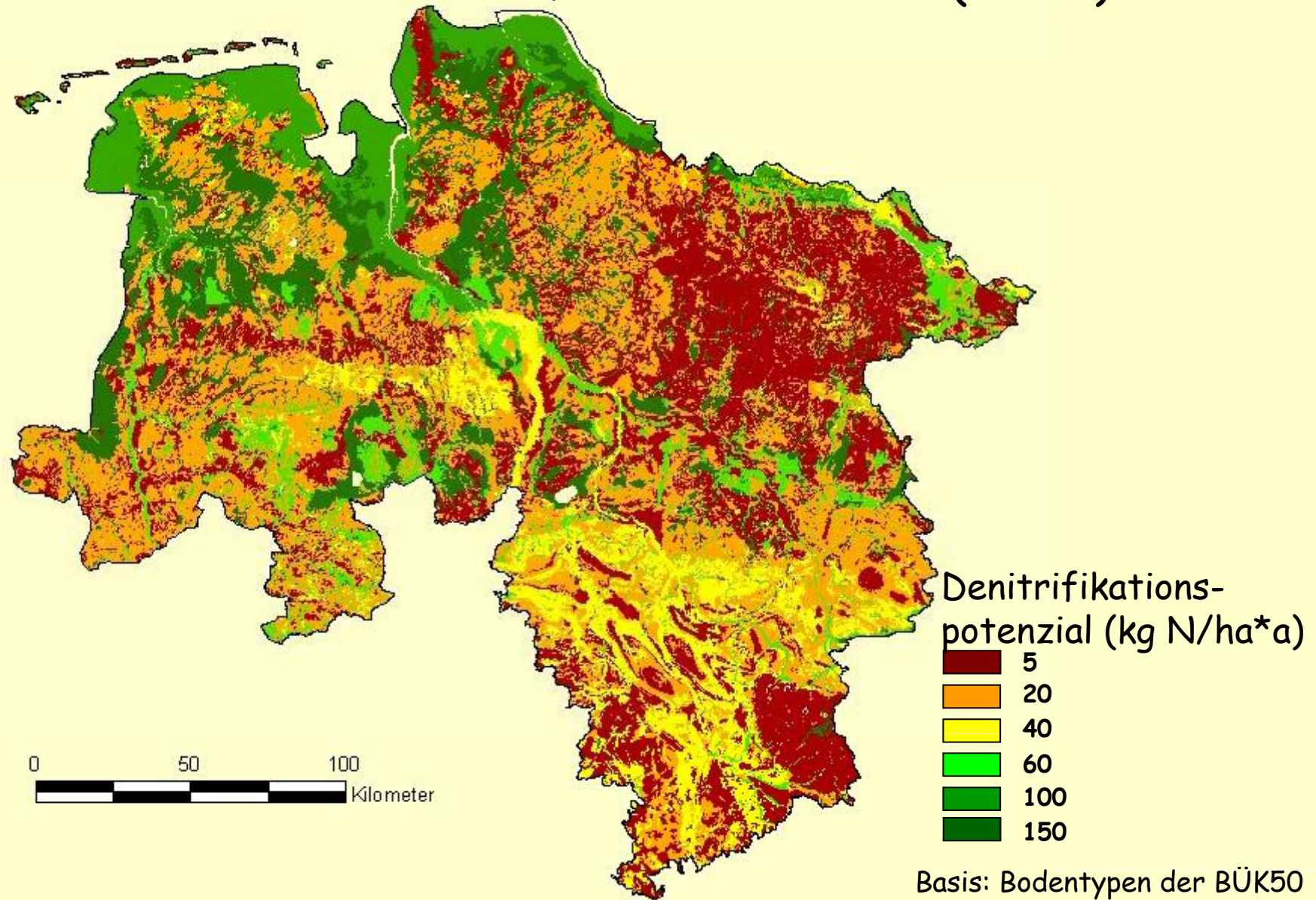
Torfbasis  
trocken

Torfbasis  
nass

Mittl. Nitratgehalte im Sickerwasser  
Torfkultursohle (100-120 cm)  
(2003-2006)



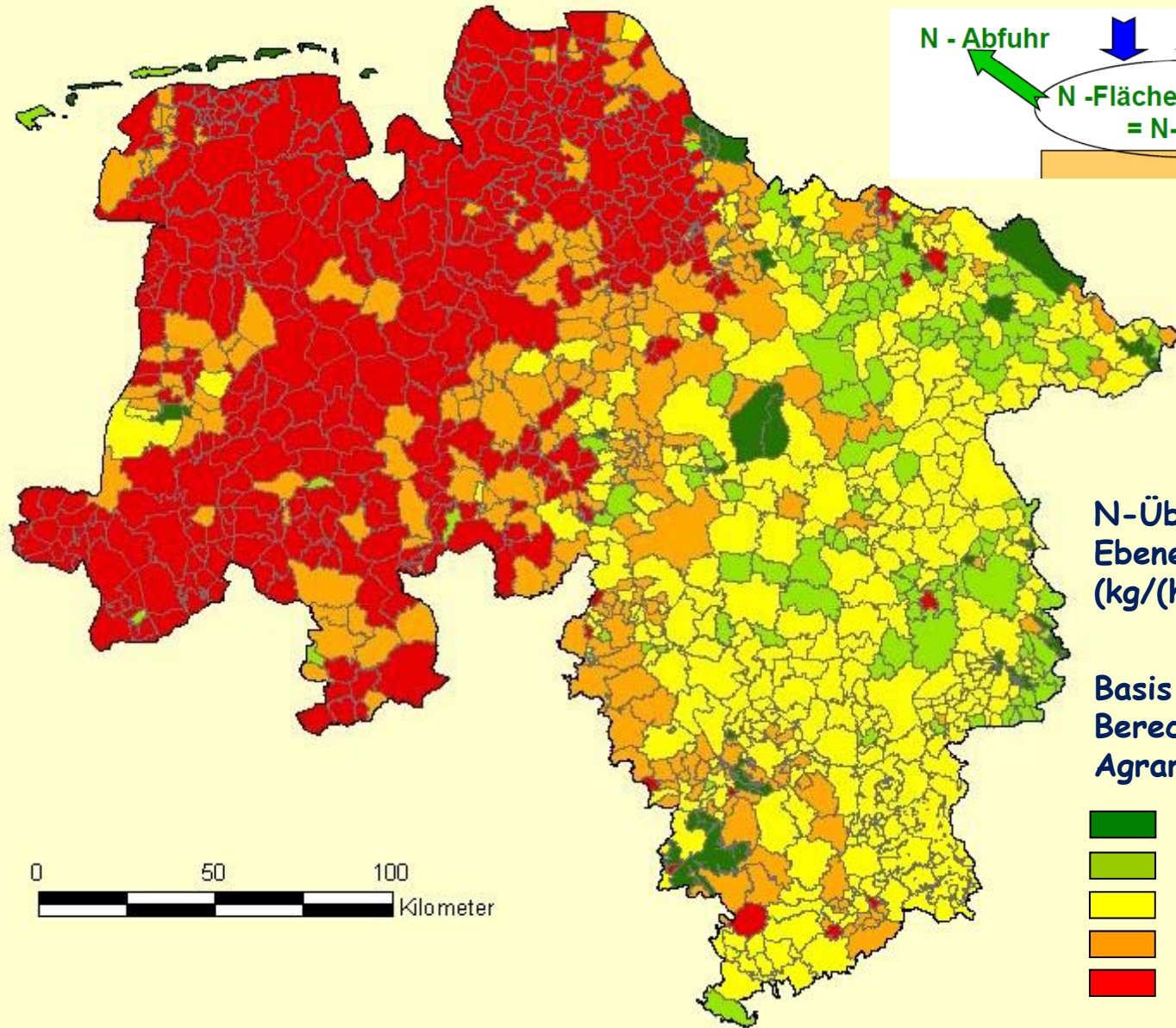
# Potenzielle Denitrifikation im Boden (Dmax)



## 4. N-Eintrag in das Grundwasser unter Berücksichtigung von Denitrifikation (und Grünlandfaktor)



# N-Flächenbilanzsaldo = N-Eintrag aus der Flächennutzung



N-Überschüsse auf Ebene der Gemeinden (kg/(ha LF \* a))

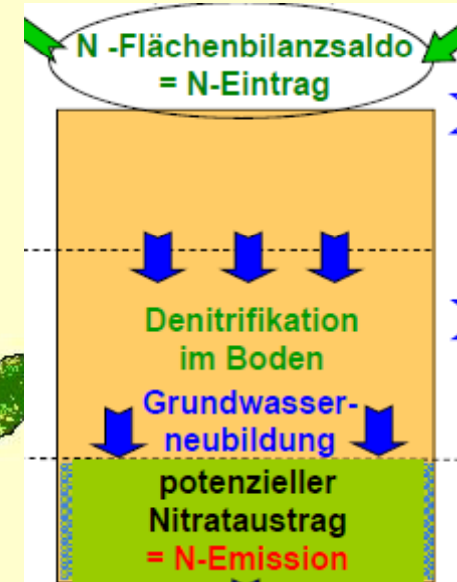
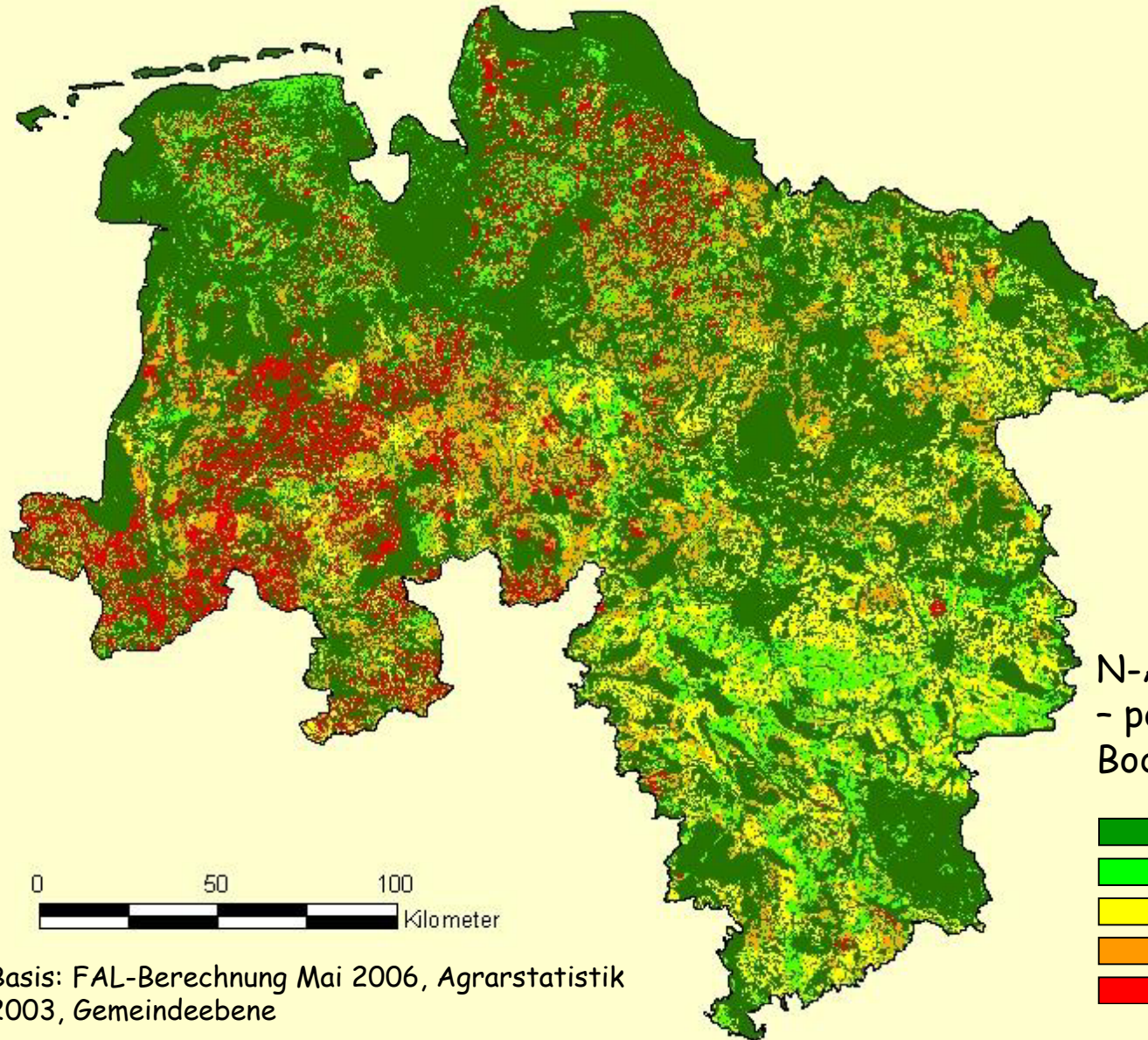
Basis: FAL-Berechnung Mai 2006, Agrarstatistik 2003

- < 40
- 40 - 60
- 60 - 80
- 80 - 100
- > 100

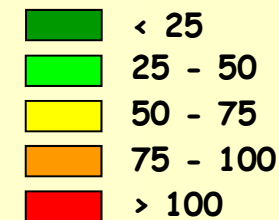




# Potenzieller N-Austrag aus dem Boden (Fracht in kg N/ha/a)



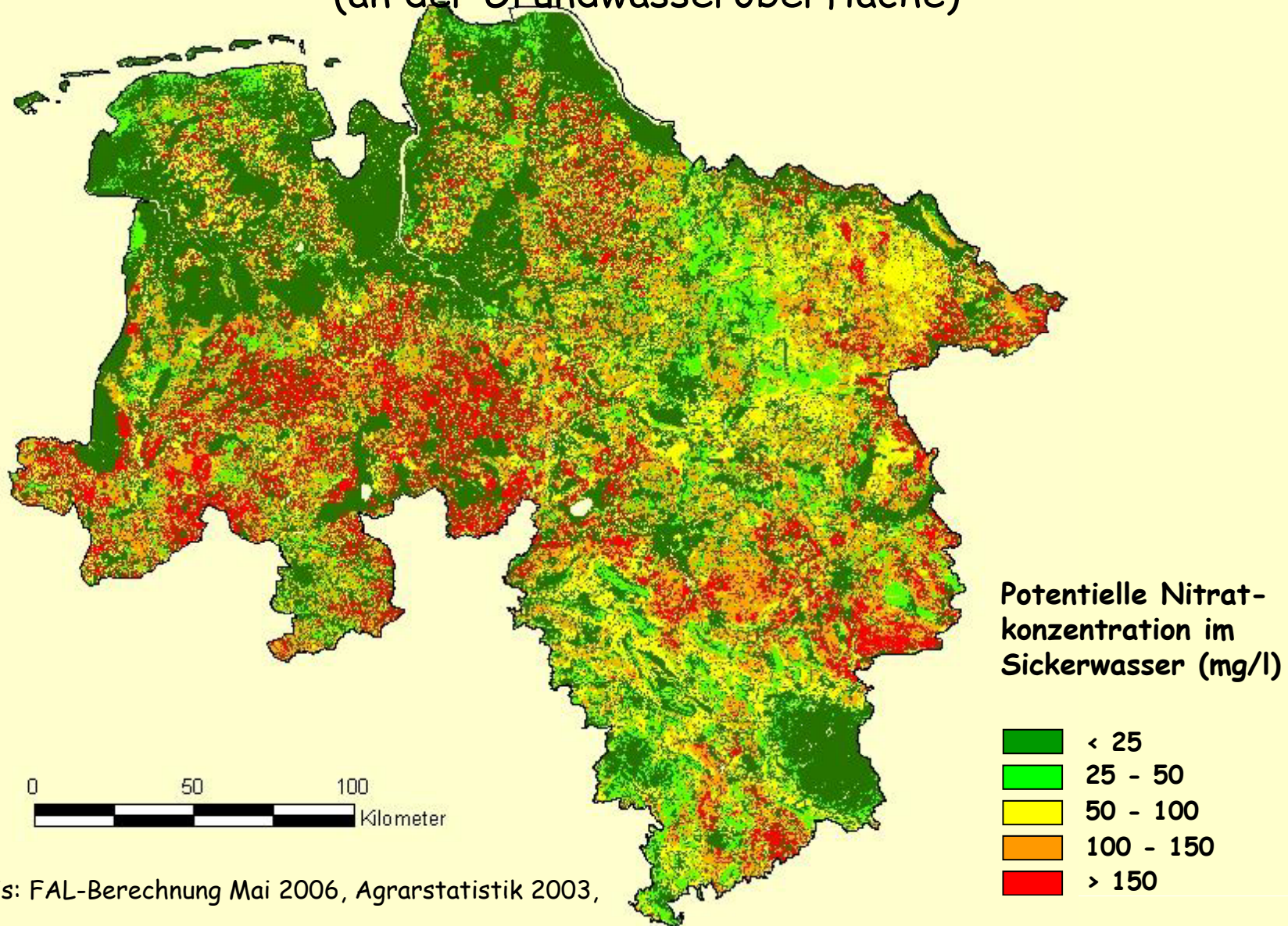
N-Austrag: N-Emission  
- pot. Denitrifikation im  
Boden (kg/(ha \* a))



Basis: FAL-Berechnung Mai 2006, Agrarstatistik  
2003, Gemeindeebene



# N-Emission: Potenzielle Nitratkonzentration im Sickerwasser (an der Grundwasseroberfläche)

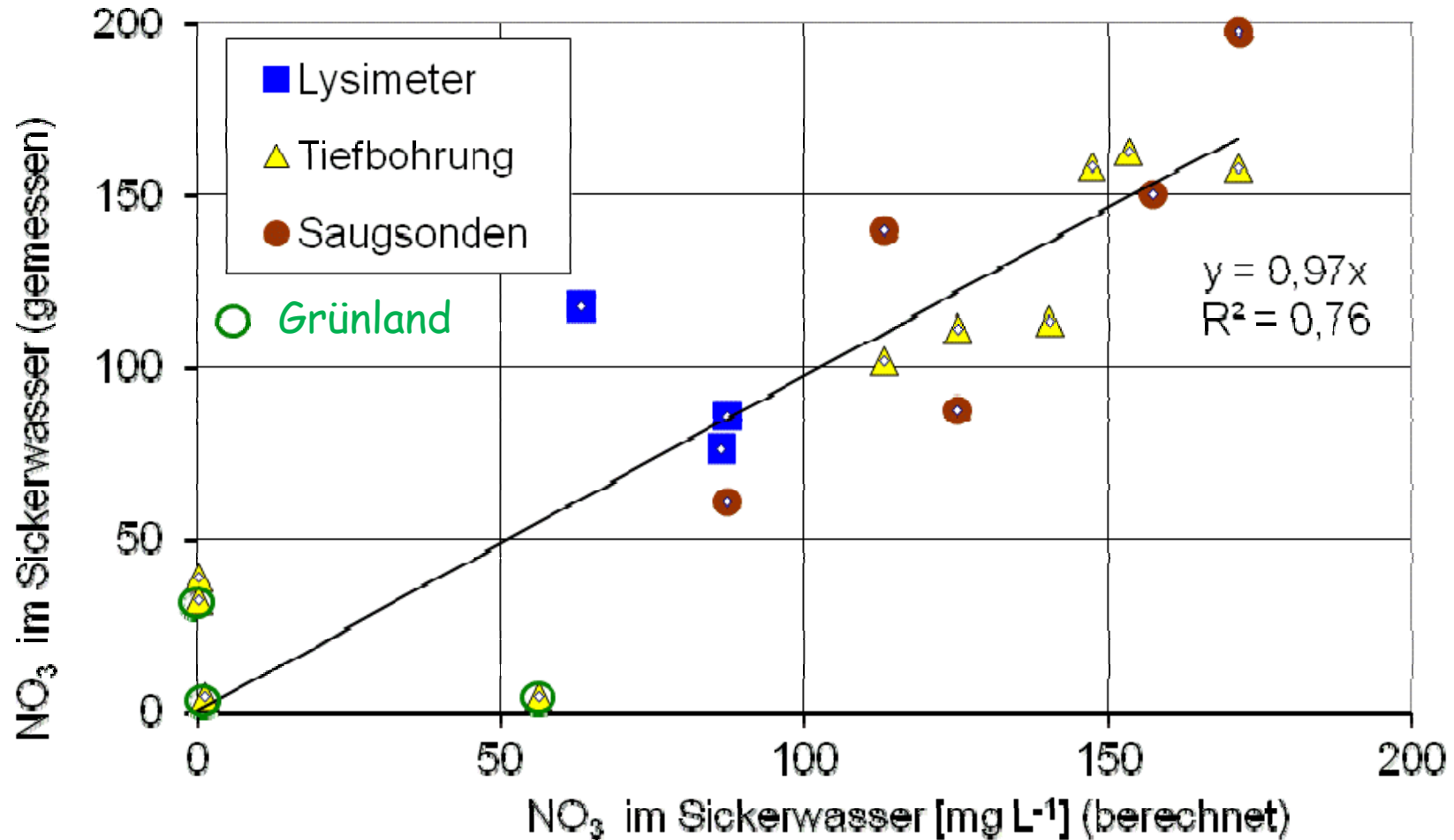


Basis: FAL-Berechnung Mai 2006, Agrarstatistik 2003,



# Validierung an Boden-Dauerbeobachtungsflächen

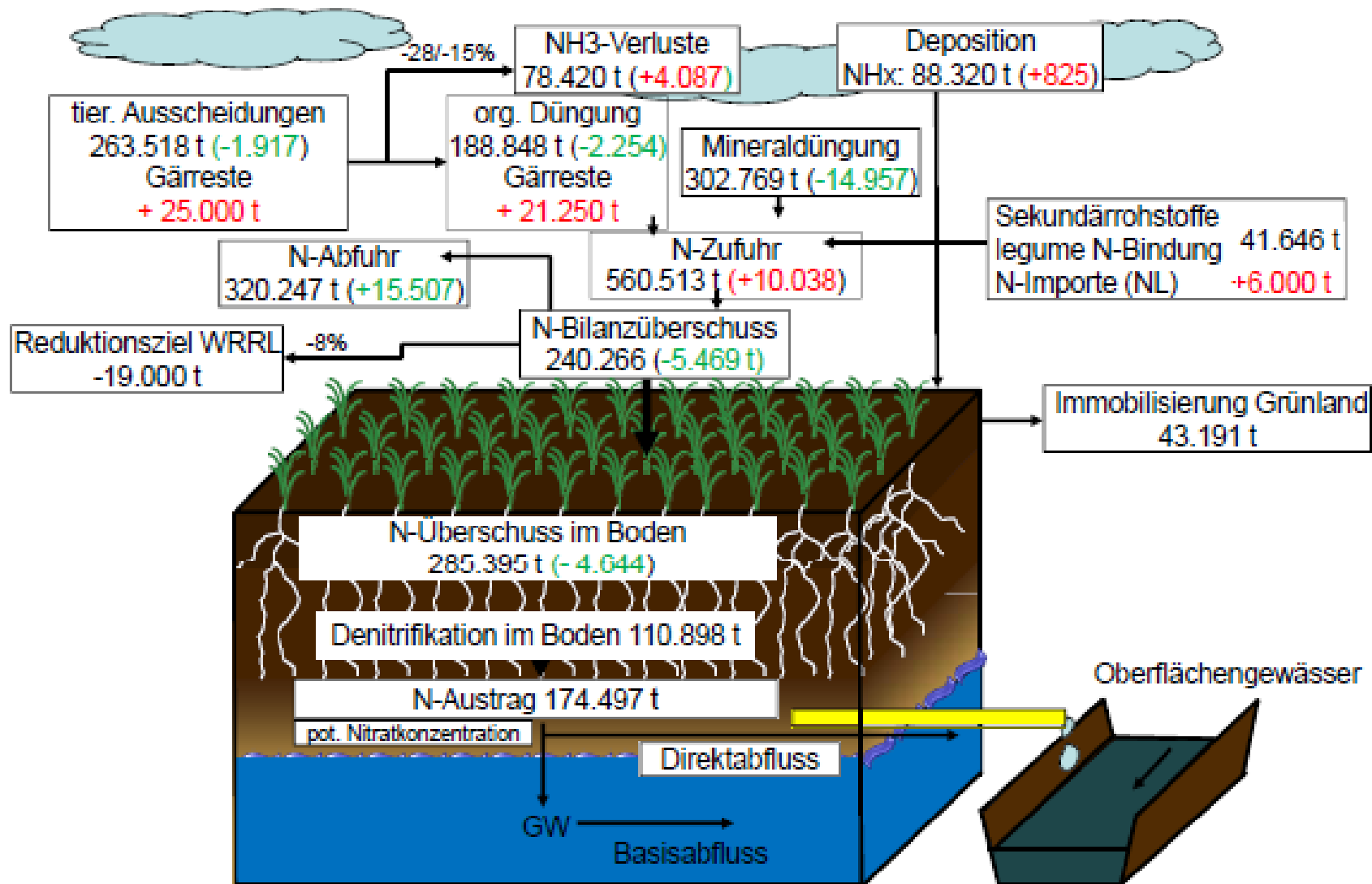
Konzentration im Sickerwasser von Saugsonden, Großlysimetern oder, bei Tiefbohrungen, in der ungesättigten Zone unterhalb der Wurzelzone (0,9 m bis GW-Oberfläche)



# 5. N-Bilanz für Niedersachsen

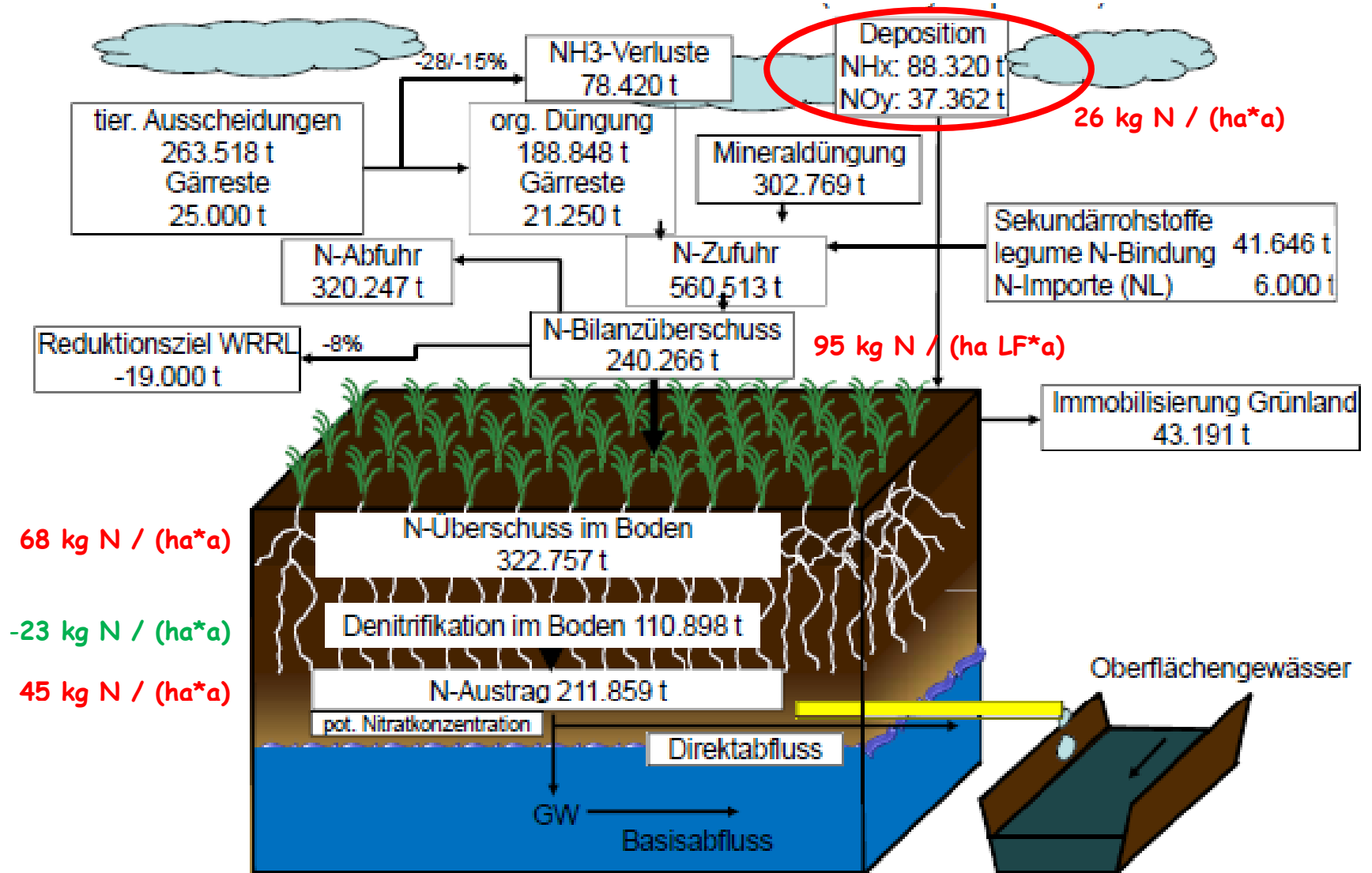


# N-Bilanz für Niedersachsen (2007, vorläufig) (Methode N-Bilanz 2003 + „Energie“mais; FAL/vTI)



# N-Bilanz für Niedersachsen (2007, vorläufig)

(ergänzt um Gesamt-N-Deposition nach UBA 2011)



## 6. Volkswirtschaftlicher Wert der Denitrifikation (im Bereich des Bodens)

- Umfang der Denitrifikation  
**110.000 t N pro Jahr**
- Düngerwert (1 €/kg N):  
**ca. 110 Mio. Euro pro Jahr**
- Wert als Wasserschutzmaßnahme (4-6 €/kg N):  
**ca. 400-600 Mio. Euro pro Jahr**

➤ Denitrifikation = größte Wasserschutzmaßnahme



# 7. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen (1)

## N-Überschuss im Boden 320.000 t N pro Jahr

- Entlastung erfordert deutliche Effizienzsteigerung im Einsatz und der landesweiten Verteilung von organischen Düngemitteln
- „keine Abfallentsorgung“ tolerieren, fachgerechter Einsatz nach Menge und Zeitpunkt, Lagerhaltung

## Besondere Problematik der organischen Düngemittel

- gasförmige Verluste kommen als Deposition standortnah wieder auf die Flächen, Reduktion, auch in Tierhaltung, erforderlich
- organischer N-Anteil wird kurzfristig nicht voll angerechnet, ist aber mittelfristig zu 100 % verfügbar





# Zusammenfassung und Schlussfolgerungen (2)

## Denitrifikation

- entlastet Grund- und Oberflächenwasser um 110.000 t N pro Jahr (35 % des N-Überschusses)

### Aber:

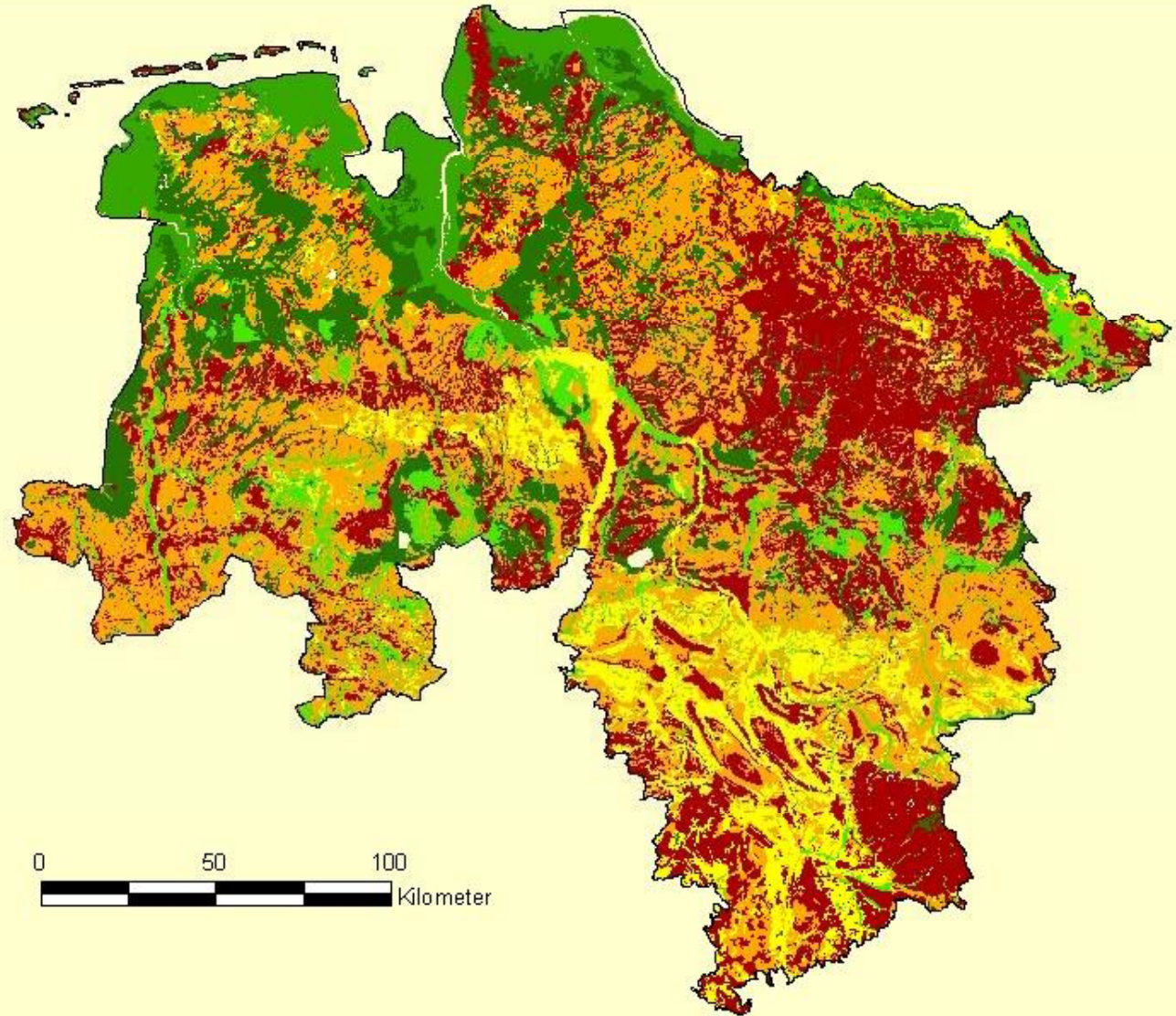
- „Sie kann nicht überall sein“
- Regeneration im Unterboden?
- Grundwasserabsenkungen und mögliche Klimaeffekte führen zu Verminderung

## Maßnahmen

- (Grund)-Wasserstände in Böden so hoch wie möglich, Grundwasserabsenkungen vermeiden
- aktive Grundwasserregulierung (kontrollierte Dränung)



# Denitrifikation in Niedersachsen



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

