

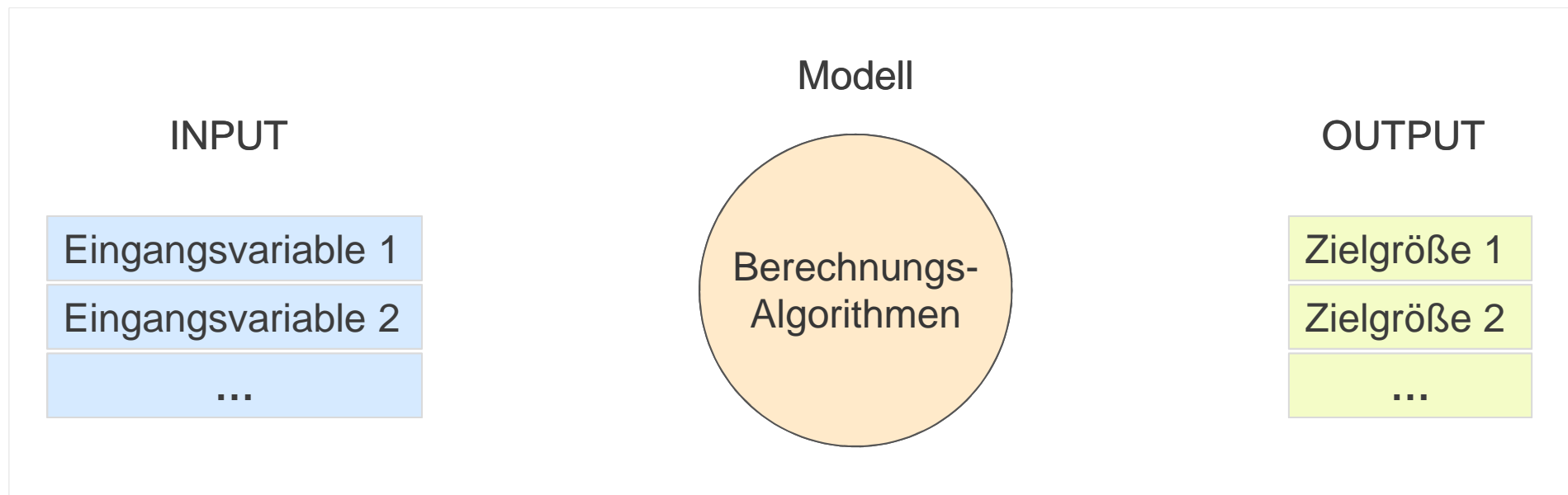


# Modellierung in NRW - Überblick und Anwendung -

Dr. Denise Früh & Jelka Elbers

# Was ist ein Modell?

*Modell = Vereinfachte Abbildung der Wirklichkeit*



# Anwendungsbereiche

## ■ Luft

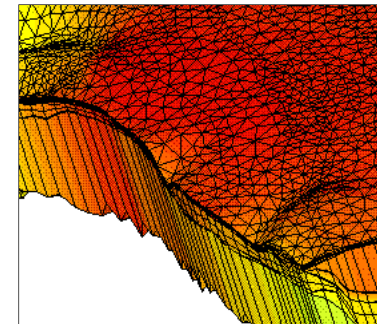
- Ausbreitungsrechnungen für Schadstoffbelastung  
z.B. Überwachung der Luftqualität  
→ Aktuelle Immissionsprognosen: hier Ozon (RIU, Köln)



## ■ Wasser

### ■ Grundwasser

- Stoffeintrag bzw. Ausbreitung
- Menge  
z.B. Einsatz in der Braunkohleplanung



### ■ Oberflächengewässer

- Niederschlag – Abfluss z.B. Prognose von Hochwasser
- Temperatur  
z.B. Lippe → Einleitergenehmigungen



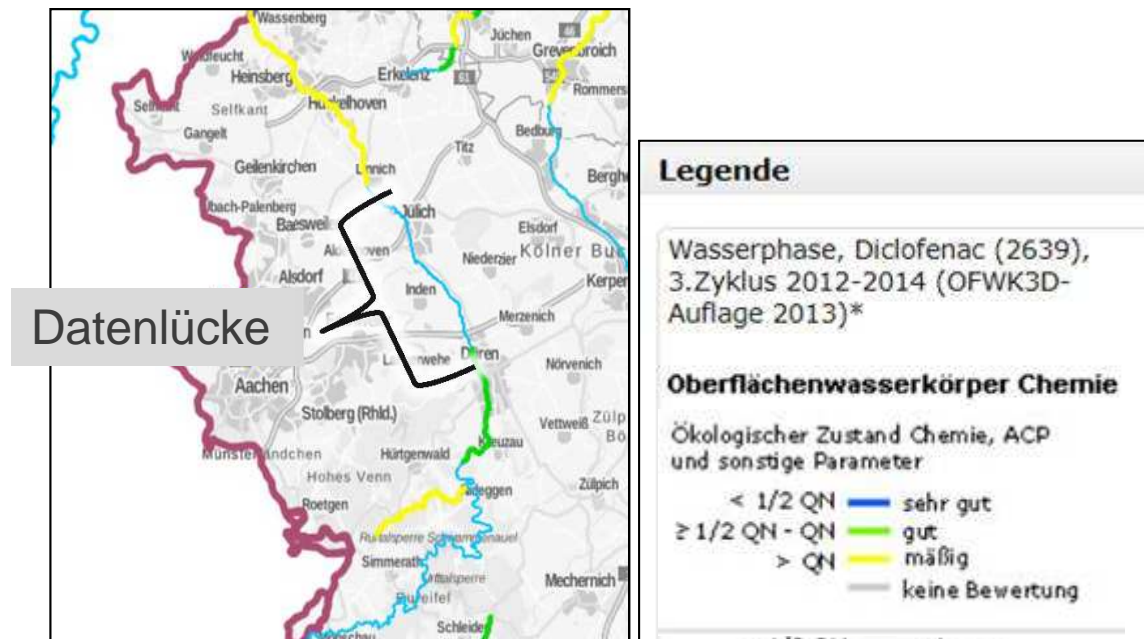
### ■ Stoffeintragsmodelle



# Warum Stoffeintragsmodelle?

## Weil Monitoringdaten allein...

- die Entstehung der Belastung nicht erklären → Eintragspfade
- oft räumlich und zeitliche Lücken aufweisen
  - Messungen oft nur an Belastungsschwerpunkten, da kostspielig
  - Ergebnisse unterhalb der Bestimmungs-/Nachweisgrenze
- nicht ausreichen, um die Maßnahmeneffizienz zu prognostizieren



# Möglichkeiten Stoffeintragsmodelle

- Schließen von zeitlichen und räumlichen Lücken in Monitoringdaten
- Identifizierung signifikanter Eintragspfade
- Berechnen von Szenarien
- Unterstützung in der Maßnahmenplanung
- Optimierung von Monitoringprogrammen
- Unterstützung von Genehmigungsverfahren



# „Schwachpunkte“ Stoffeintragsmodelle

## Modelle sind notwendig, allerdings...

- Qualität von Modellergebnissen stark abhängig von Datengrundlage
  - viele Eingangsdaten nötig
    - Zur Berechnung  
→ je mehr Eingangsdatensätze, desto stärker wird Modellergebnis von Datenqualität beeinflusst → optimale Modellkomplexität
    - Zur Validierung (Prüfung der Modellergebnisse)
  - Unterschiedliche Qualität der Datensätze
- Erstellung oft sehr zeitaufwendig
- Nicht universell anwendbar – auf bestimmte Fragestellung, Gebiete, Stoff, etc. begrenzt

*„So komplex wie nötig  
und einfach wie  
möglich!“*



# Modellprojekt – Was ist zu tun?

## Schritt 1

Planung des  
Modellierungsprojekts



## Schritt 2

Pre-processing



## Schritt 3

„Modellierung“



## Aufgabenstellung definieren

Welcher **Stoff** soll modelliert werden?

In welchem **Gebiet** soll modelliert werden?

Liegen ausreichend plausible **Messwerte** zu diesem Stoff im Gebiet vor?

Liegen **Stoffinformationen** vor?

- z.B. - Stoffeigenschaften  
- Stoffspezifische Eintragspfade
- Punktquellen
  - Diffuse Quellen

## Anforderungen an das Modell

Werden stoffspezifische **Eintragspfade** berücksichtigt / können implementiert werden?

Notwendige **räumliche** Auflösung?

Notwendige **zeitliche** Auflösung?

Auswahl eines **geeigneten Modells**



# Aktuell verwendete Stoffeintragsmodelle

**MONERIS** (**M**odeling **N**utrient **E**missions in **R**iver **S**ystems; IGB)



(NEMO, LANUV 2014)

**MoRE** (**M**odeling of **R**egionalized **E**missions; KIT)



MoRE NRW → läuft

**GREAT-ER** (**G**eoreferenced **R**egional **E**xposure **A**ssessment **T**ool for **E**uropean **R**ivers; Uni Osnabrück)



GREAT-ER NRW → läuft

*Stoffflussmodell („Micropoll“; EAWAG)*



*(z.B. Mikroverunreinigungen, Götz et al. 2012; Östrogene, Götz & Elbers, 2015)*

*Modellverbund, FZJ*



→ MONERIS + GROWA + MePhos + DENUZ/WEKU: nutzt Stärken verschiedener Modelle

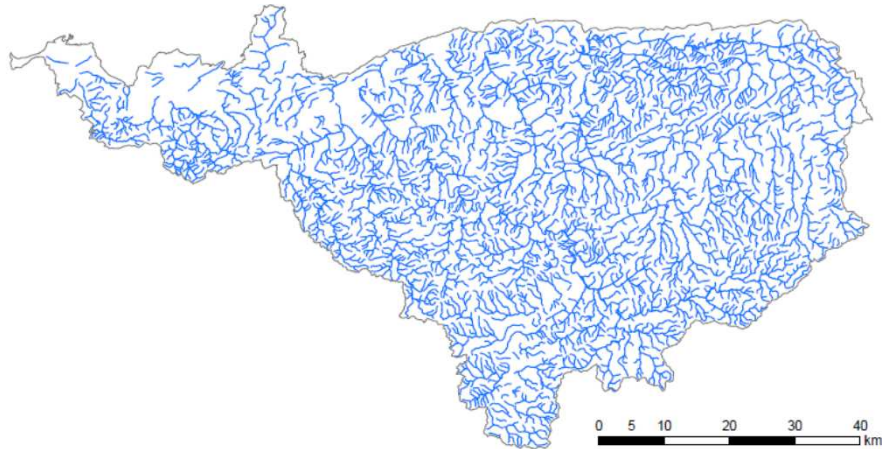
Aktuell noch im LANUV:

**GROWA+2021: N und P in Grund- und Oberflächenwasser**



# Vergleich: GREAT-ER vs. MONERIS/MoRE

## GREAT-ER



Mikro

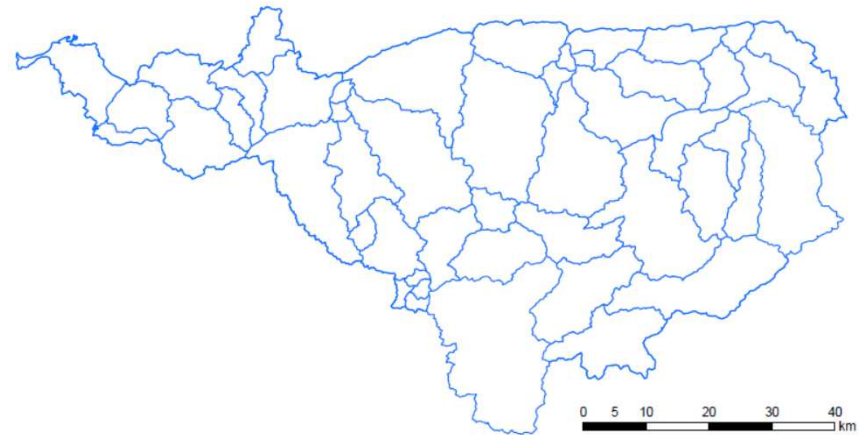
Flussabschnitte max. 2km

Hydrologie: MQ/MNQ

Punktquellen

→ Konzentrationsverteilung im Fluss

## MONERIS/MoRE



N P SM

227 Einzugsgebiete

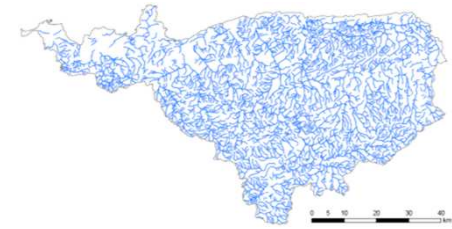
Hydrologie: Jahresmittelwert

10 Eintragspfade (diffus & punkt)

→ Fracht ins Einzugsgebiet



## GREAT-ER NRW – Was wir haben...

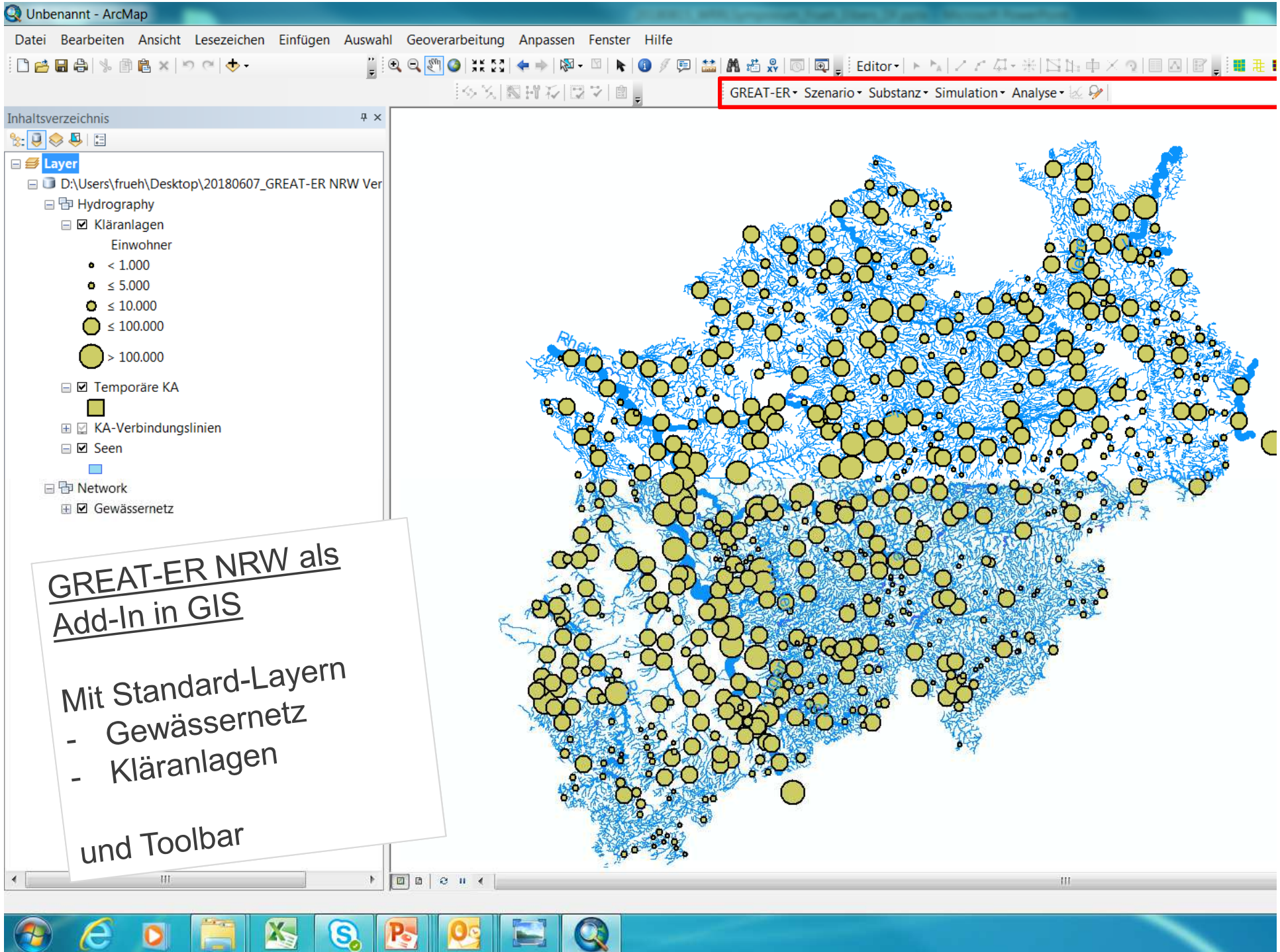


### ■ Methode:

- NRW spezifisches GREAT-ER GIS Addin
- Gewässernetz - Parametrisierung mit MQ und MNQ
- Berücksichtigung lokaler Emissionsfrachten aus allen bekannten Punktquellen → kommunale Kläranlagen + Krankenhausmodul
  - Abschätzung über Emissionsfaktoren
  - Fließgleichgewicht aus Substanzfracht und Durchfluss
  - Abbau im Gewässer berücksichtigt

→ Ergebnis: Räumlich aufgelöste Konzentrationen für ausgewählte Mikroschadstoffe (Diclofenac, Carbamazepin, Iopamidol) im Fließgewässerverlauf für ganz NRW





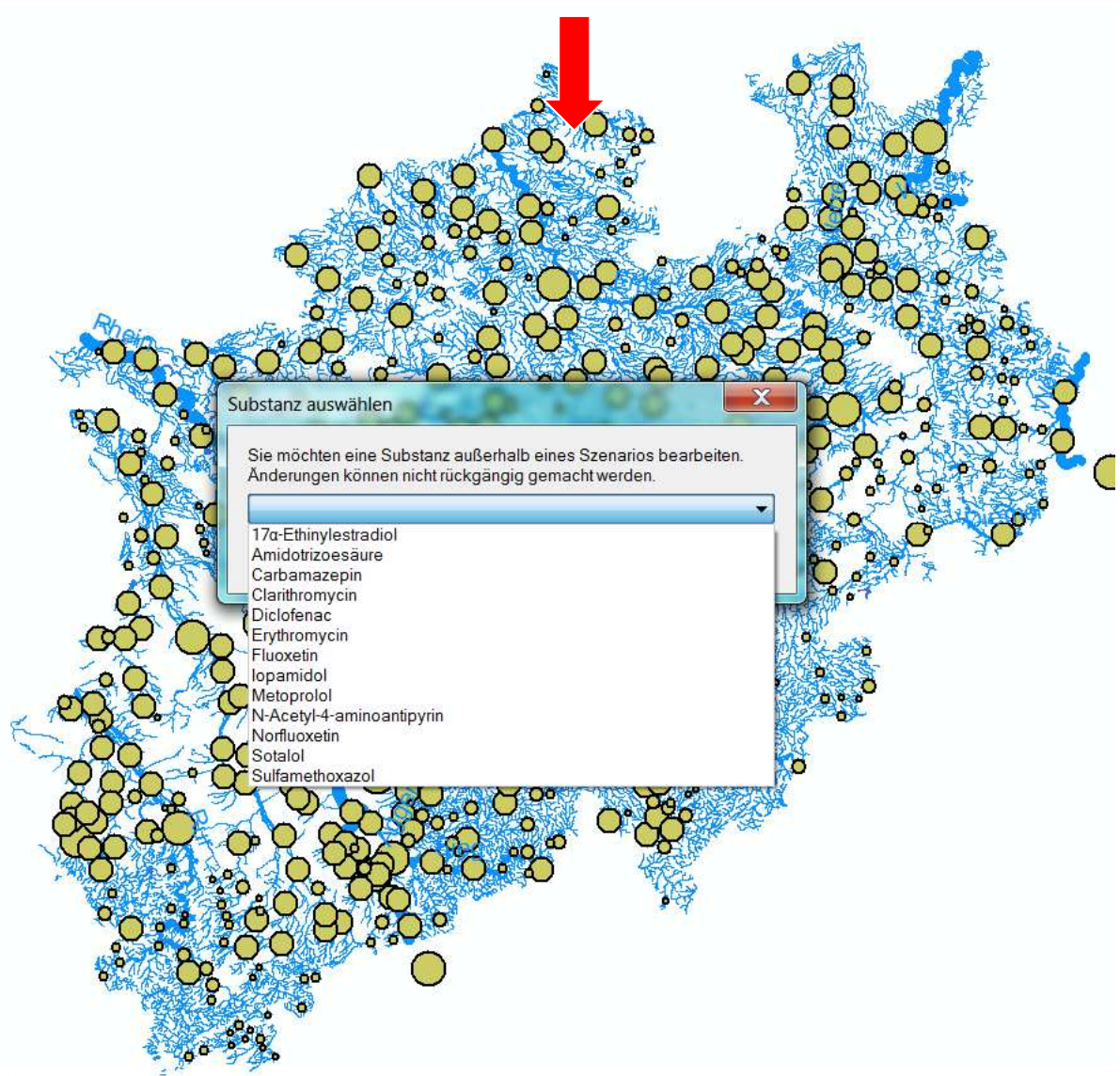
GREAT-ER NRW als Add-In in GIS

- Mit Standard-Layern
- Gewässernetz
  - Kläranlagen
- und Toolbar

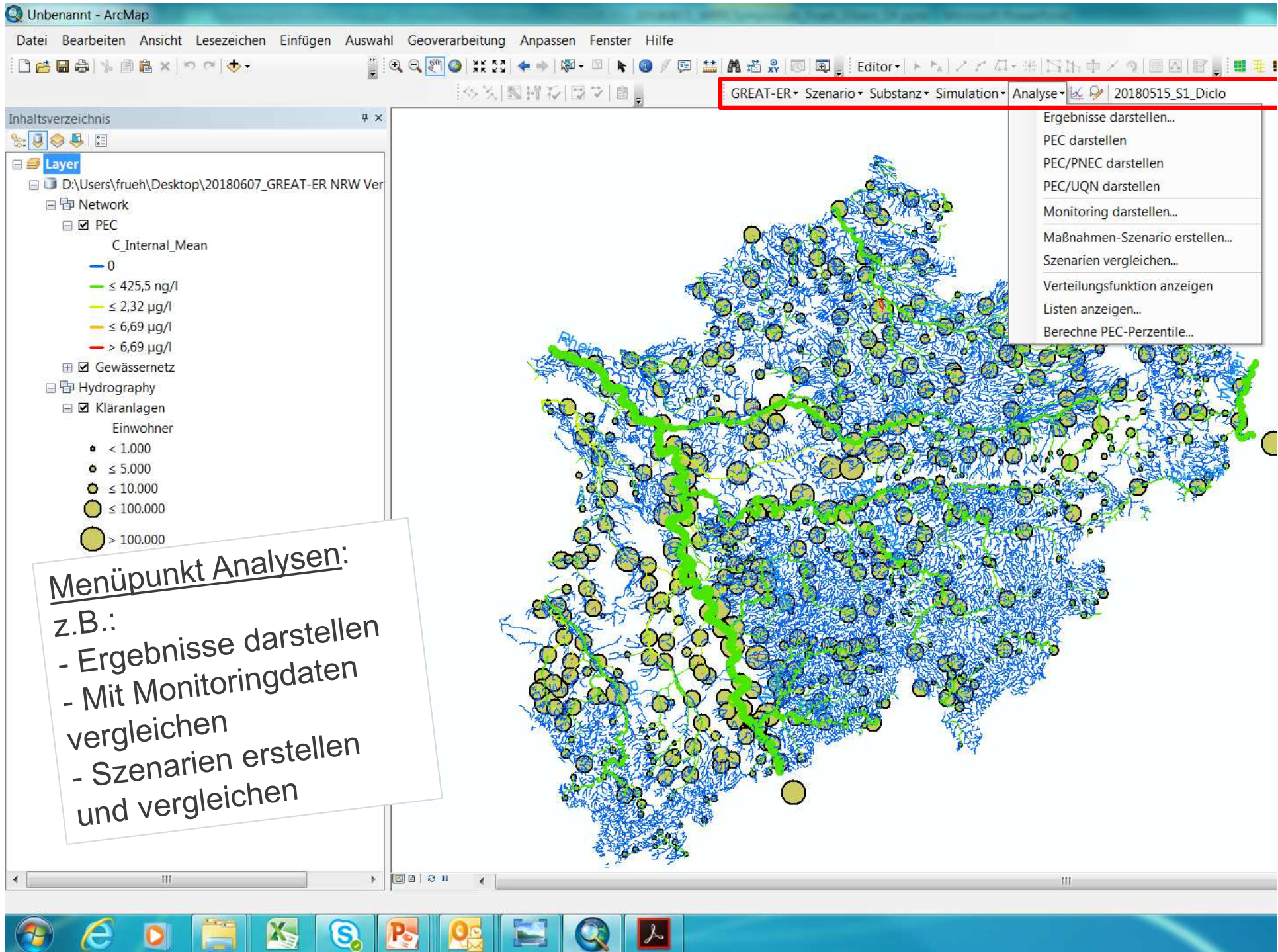
Inhaltsverzeichnis

Layer

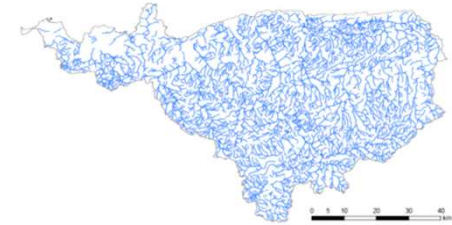
- D:\Users\frueh\Desktop\20180607\_GREAT-ER NRW Ver
- Hydrography
  - Kläranlagen
    - Einwohner
      - < 1.000
      - ≤ 5.000
      - ≤ 10.000
      - ≤ 100.000
      - > 100.000
  - Temporäre KA
  - KA-Verbindungslinien
  - Seen
- Network
  - Gewässernetz



Menüpunkt Substanzen:  
Substanzen auswählen  
oder  
neu anlegen und  
bearbeiten von  
Substanzdaten z.B.:  
- Eigenschaften  
- Eliminationsraten



# GREAT-ER NRW - Möglichkeiten



- Stoffe aus Punktquellen (kommunale Kläranlagen)
- Modellierte Stoffkonzentration je Gewässerabschnitt
  - IST-Zustand
  - Maßnahmen-Szenarien
- Karten- und Ergebnis-Darstellung
  - Räumliche Verteilung *predicted environmental concentration* PEC vs. *potential non effect concentration* PNEC (z.B. UQN)
    - Welche Anlagen bedingen Überschreitung
    - Gewässerlängen mit Überschreitung
  - Konzentrationsprofile über Gewässerlängsverlauf
  - Tool zur Erstellung und Analyse von Szenarien

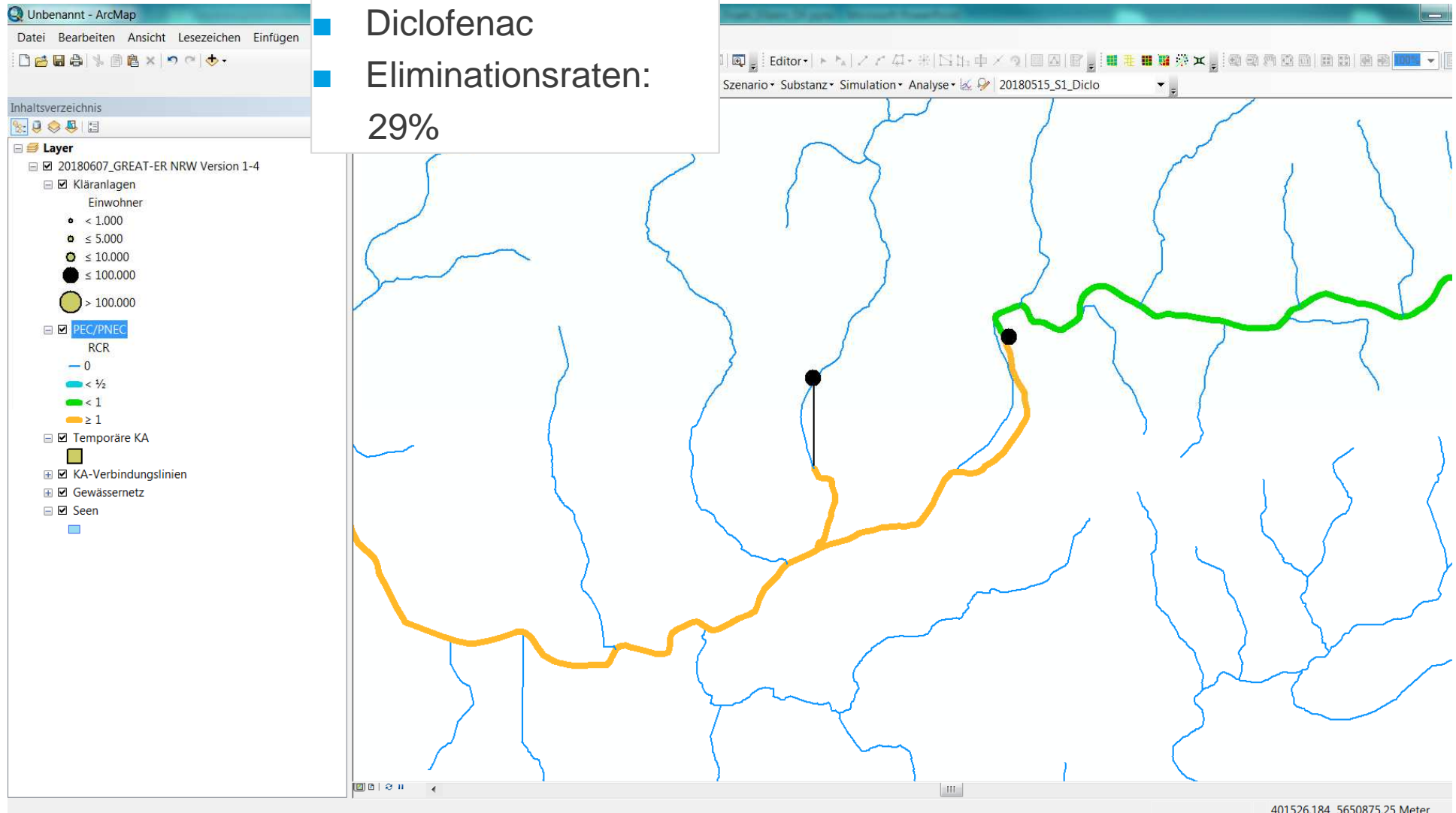


## Ist-Zustand

Diclofenac

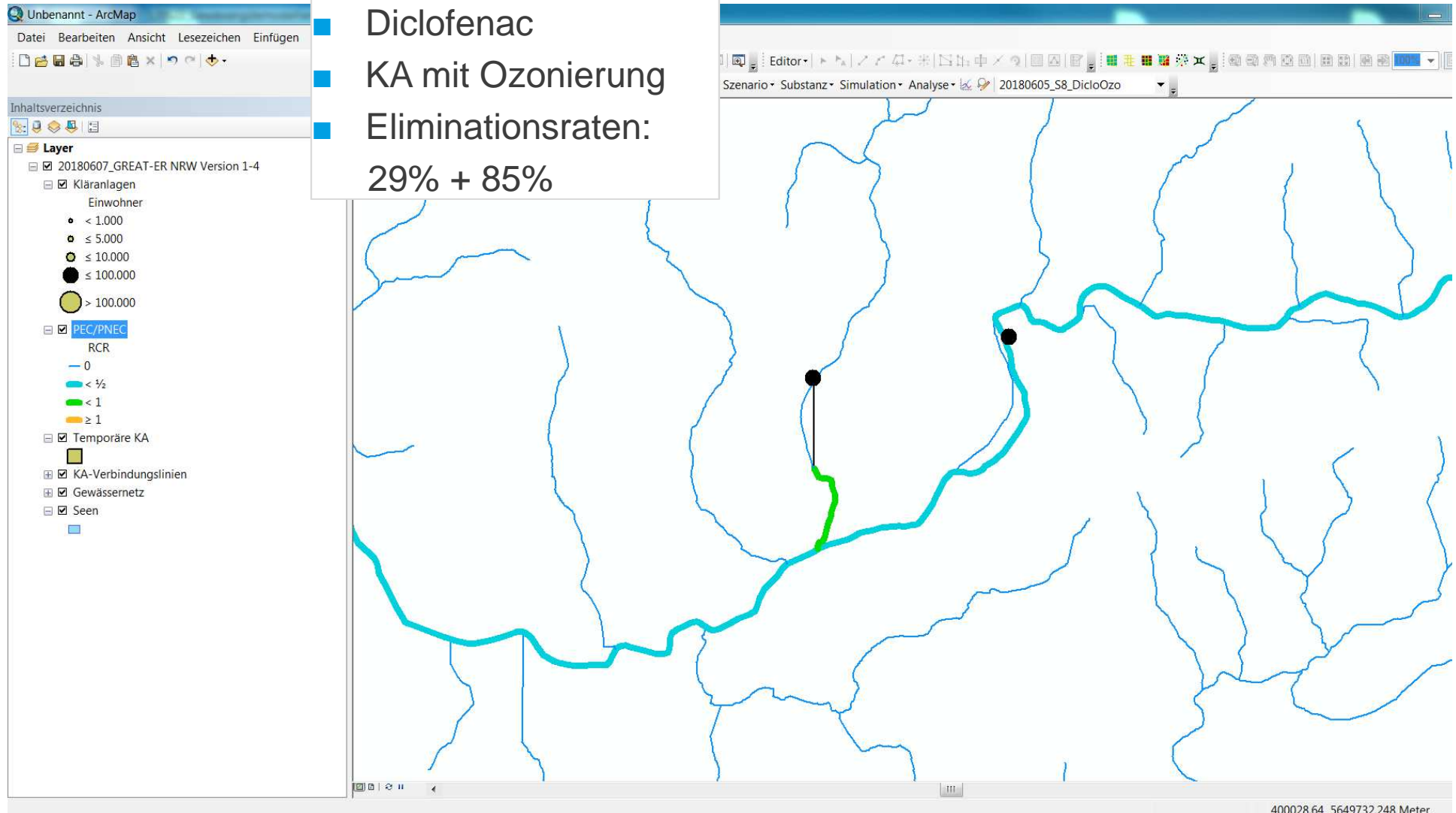
Eliminationsraten:

29%



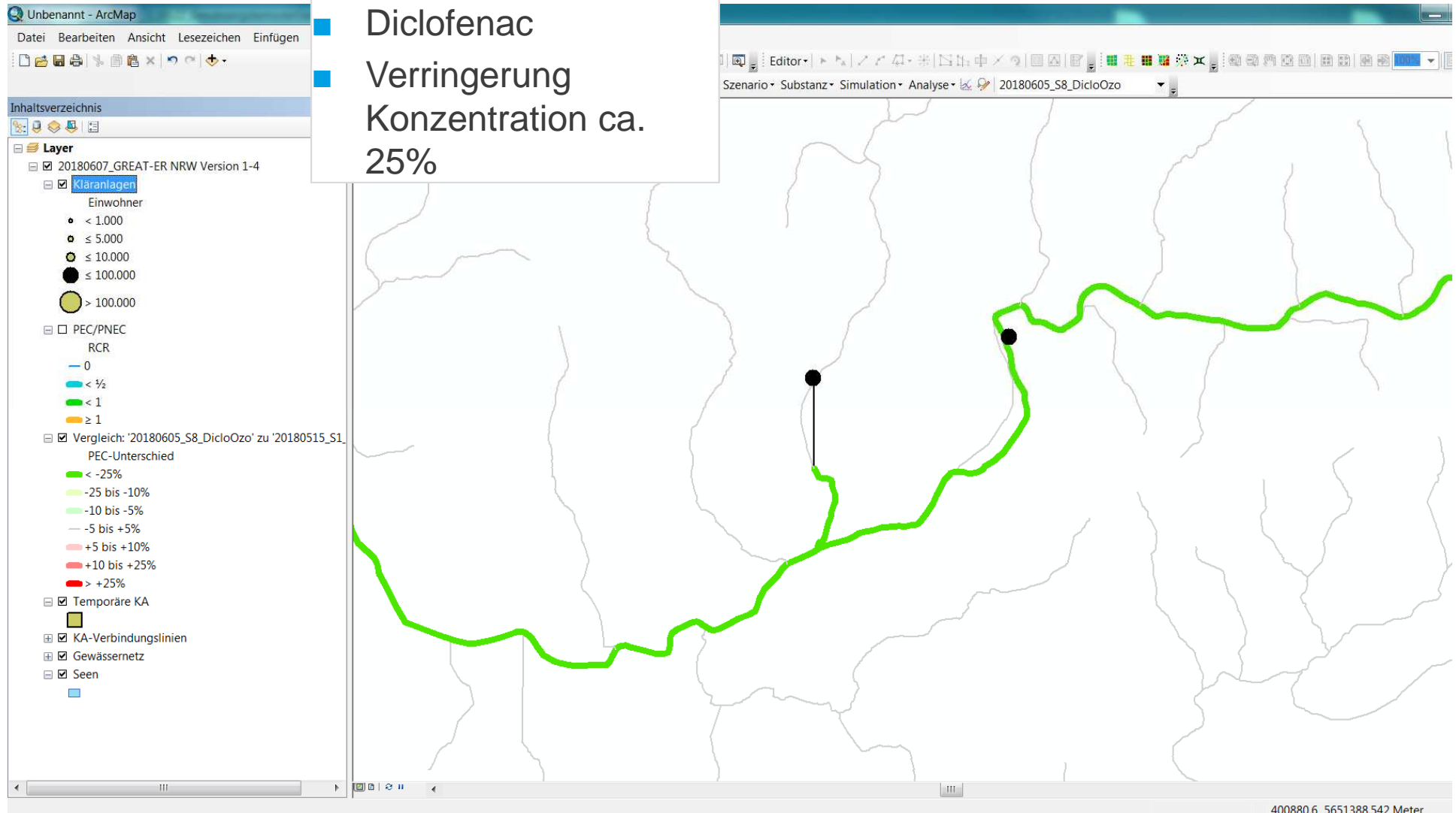
## Szenario

- Diclofenac
- KA mit Ozonierung
- Eliminationsraten:  
29% + 85%



## IST vs. Szenario

- Diclofenac
- Verringerung Konzentration ca. 25%

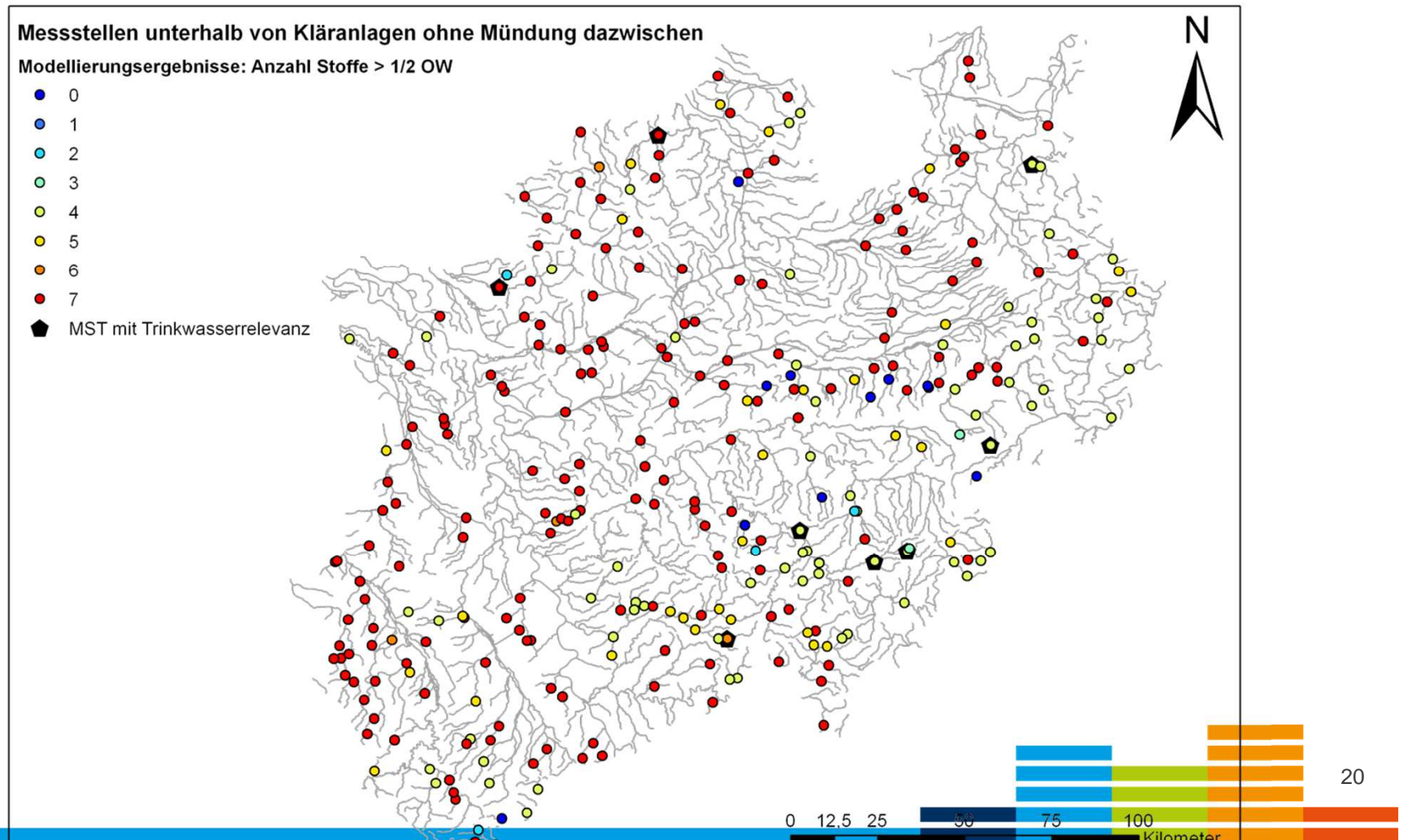


- Ziel: Identifizierung von potentiellen „Hotspots“ für Arzneimittel
  
- Berücksichtigte Daten
  - Ergebnisse der Modellierung
    - Stoffe: Atenolol, Carbamazepin, Clarithromycin, Diclofenac, Benzotriazol, Sotalol, Sulfamethoxazol
  - Lage der Messstellen (MST)
  - Gewässernetz
  - Lage der Kläranlagen (KA)
  
- Kriterium für Auswahl der „Hotspot-MST“:  
Anzahl der 7 Stoffe, die den Orientierungswert (OW) laut Modellergebnis überschreiten



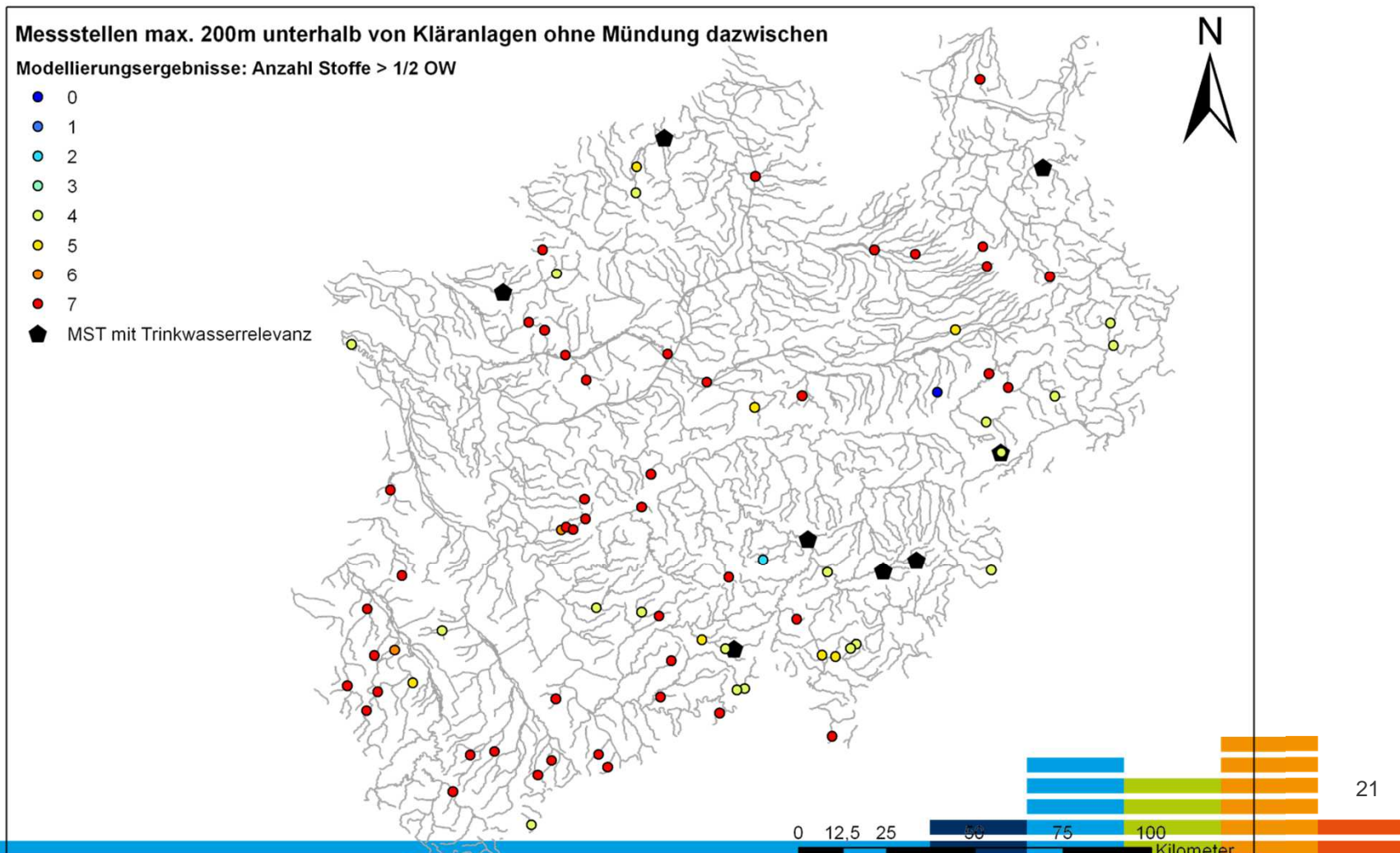
## Mehrstufiges Verfahren – Auswahl „Hotspot-MST“

1. Kriterium: Keine Mündung zwischen MST und Einleitung KA → 303 MST



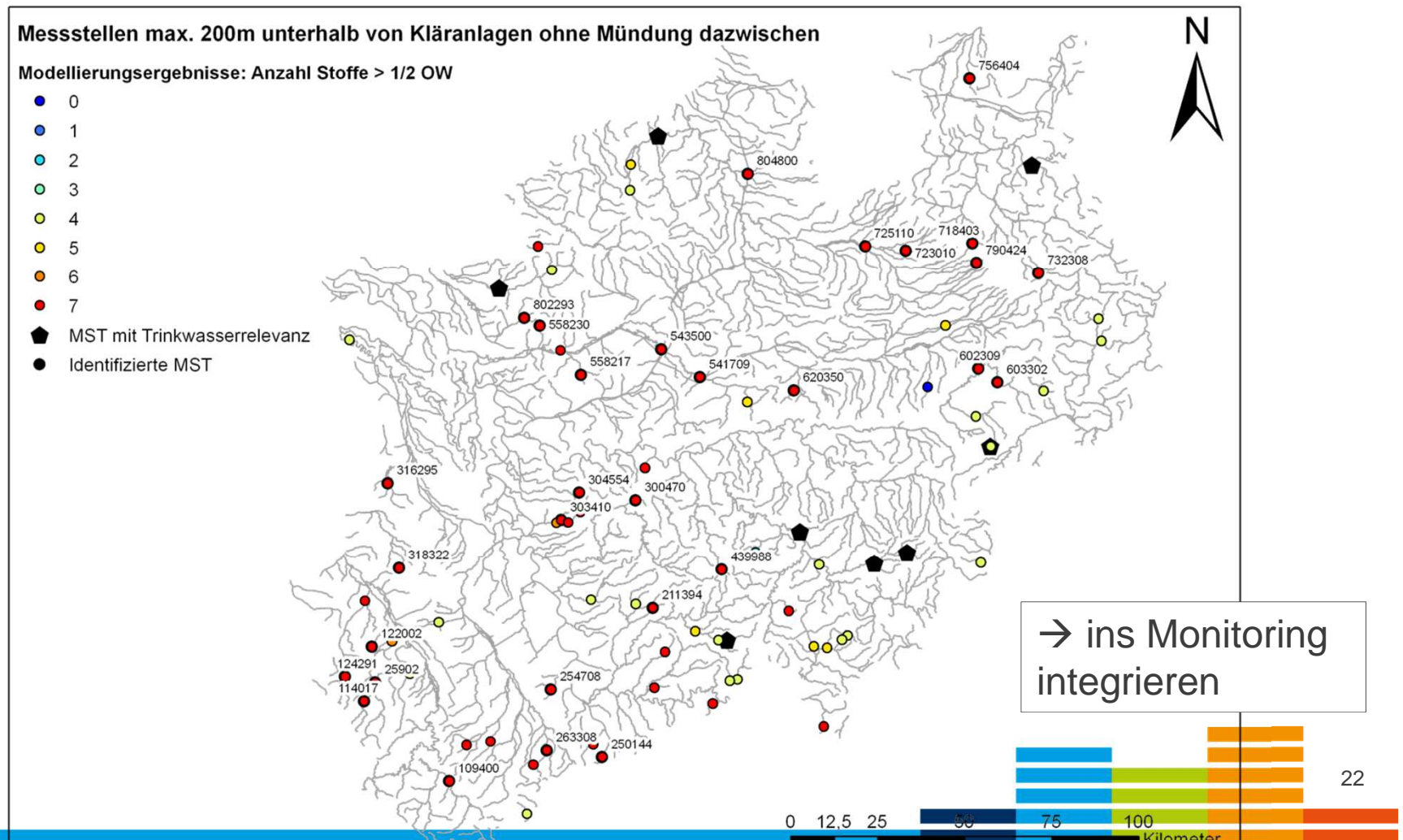
## Mehrstufiges Verfahren – Auswahl „Hotspot-MST“

2. Kriterium: Max 200 m zwischen Einleitung der KA und MST → 75 MST

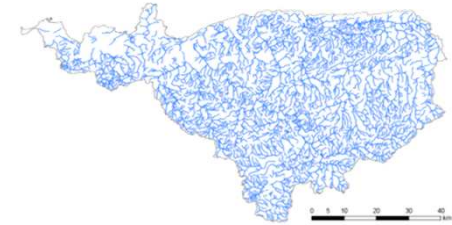


## Mehrstufiges Verfahren – Auswahl „Hotspot-MST“

3. Kriterium: Laut Modellergebnis alle 7 Stoffe > 1/2 OW → 30 MST



## GREAT-ER NRW – Es geht weiter...



- Bereitstellung von GREAT-ER für BR und Verbände
  - GREAT-ER Schulung im Juli 2018
  - Aktualisierung der Eingangsdaten
  - Erstellung eines Konzepts zur Versionierung und „Parallelführung“ von GREAT-ER bei BR, Verbänden und LANUV
  
- „Szenarienprojekt 4. Reinigungsstufe“
  - Bestimmte Kläranlagen mit der 4. Reinigungsstufe (RS) in der Modellrechnung ausgestattet
    - Verfahren 4. RS: Ozonierung / Pulveraktivkohle
    - Stoffe: Diclofenac, Carbamazepin, Clarithromycin, Metoprolol, Sulfamethoxazol, Benzotriazol
  - Verschneidung der Modellergebnisse mit Kostenbetrachtung des Kompetenzzentrums Mikroschadstoffe

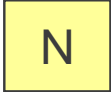




## MoRe/MONERIS NRW – Was wir haben...

- Pfaddifferenzierte Stoffeintragsmodellierung mittels MONERIS für N und P in Einzugsgebiete → „NEMO“ (Nähstoffeinträge MONERIS)
- IST-Zustand
  - Bezugszeitraum 2012
- Die Ergebnisse wurden auf *flußgebiete.nrw.de* veröffentlicht und den Bezirksregierungen zur Verfügung gestellt  
→ dienen als Unterstützung im Vollzug
- auf Basis des IST-Zustandes können Szenarien gerechnet werden



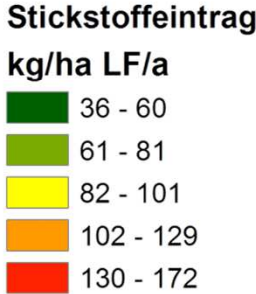
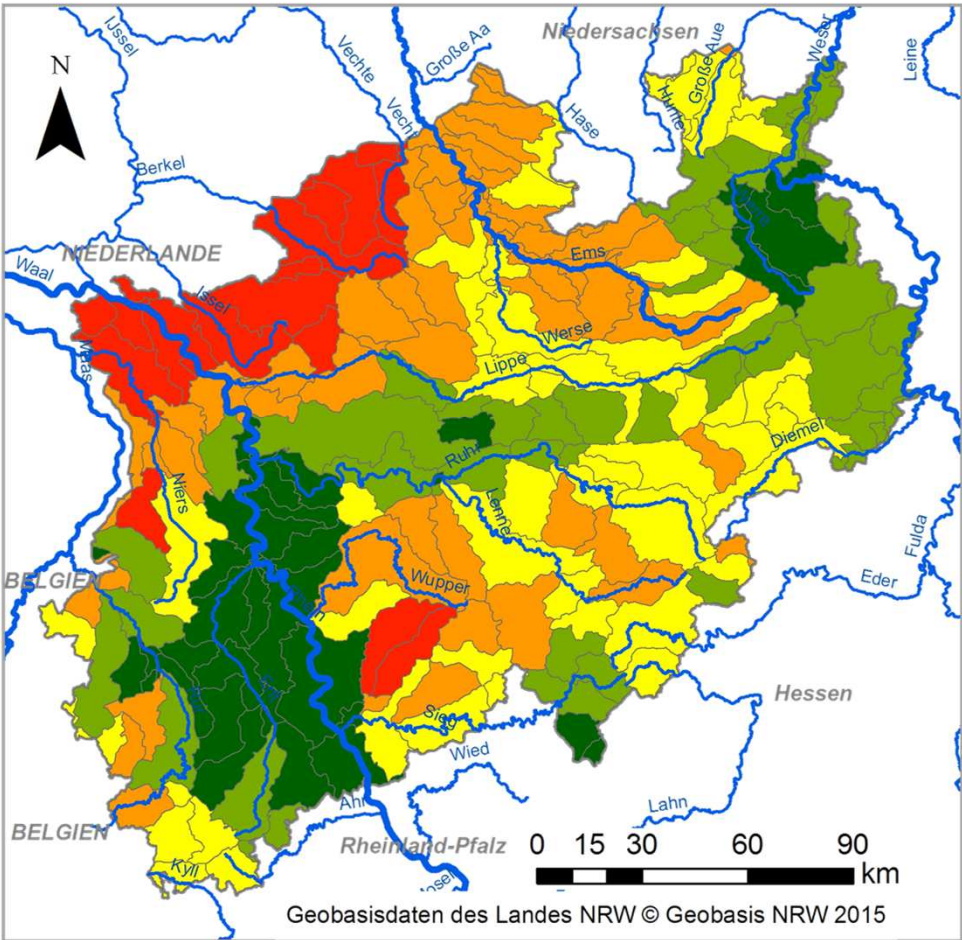


# Maßnahmenszenarien: Beispiel „NEMO“

## Stickstoffüberschuss IST

Stickstoffeintrag über atmosphärische Deposition  
und landwirtschaftliche Nutzung

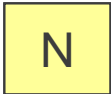
Landesamt für Natur,  
Umwelt und Verbraucherschutz  
Nordrhein-Westfalen



FB 54, Datum: 20.08.2018  
Quellen: RAUMIS (vTI);  
Depositionsdaten von Gauger (vTI)  
ATKIS DLM 25



Geobasisdaten des Landes NRW © Geobasis NRW 2015

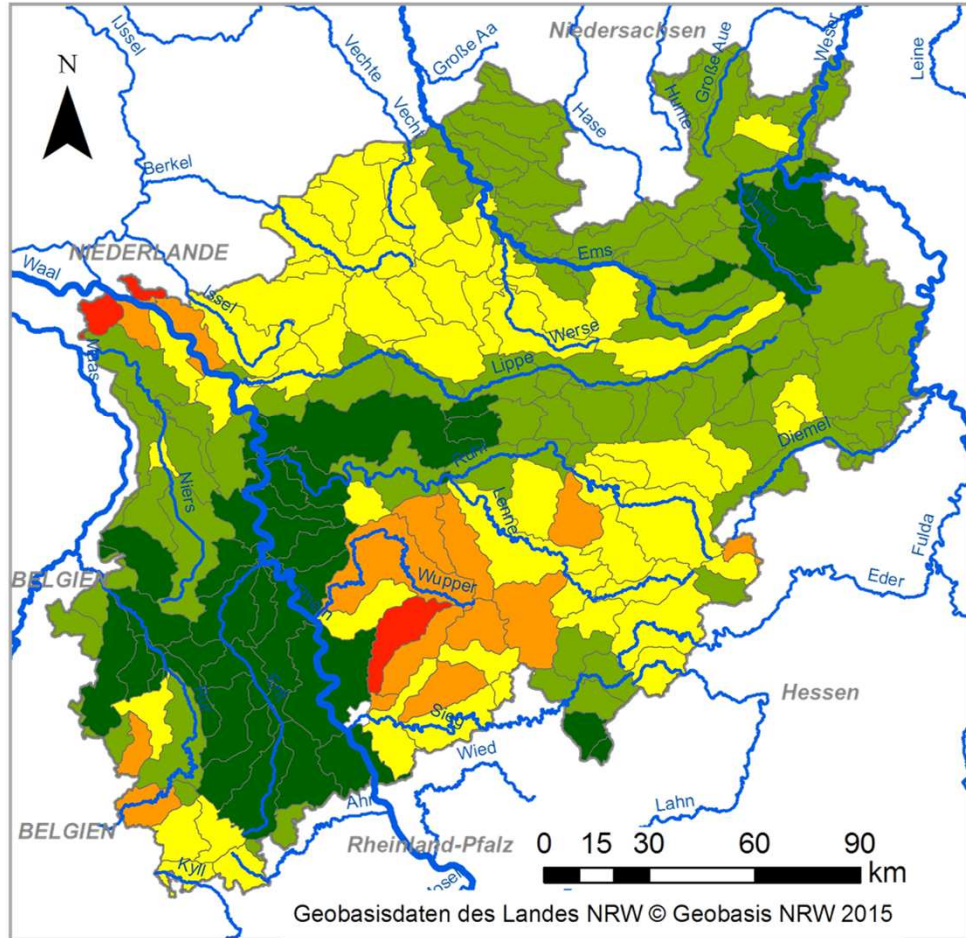


# Maßnahmenszenarien: Beispiel „NEMO“

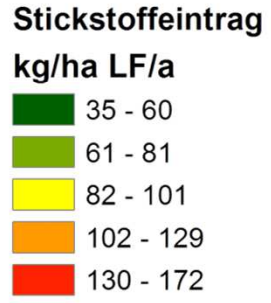
## N-Überschuss gemindert → Schutzgut Grundwasser

Stickstoffeintrag über atmosphärische Deposition  
und landwirtschaftliche Nutzung

Landesamt für Natur,  
Umwelt und Verbraucherschutz  
Nordrhein-Westfalen



**Ziel:**  
Sickerwasser-  
konzentration  
von 50 mg/L

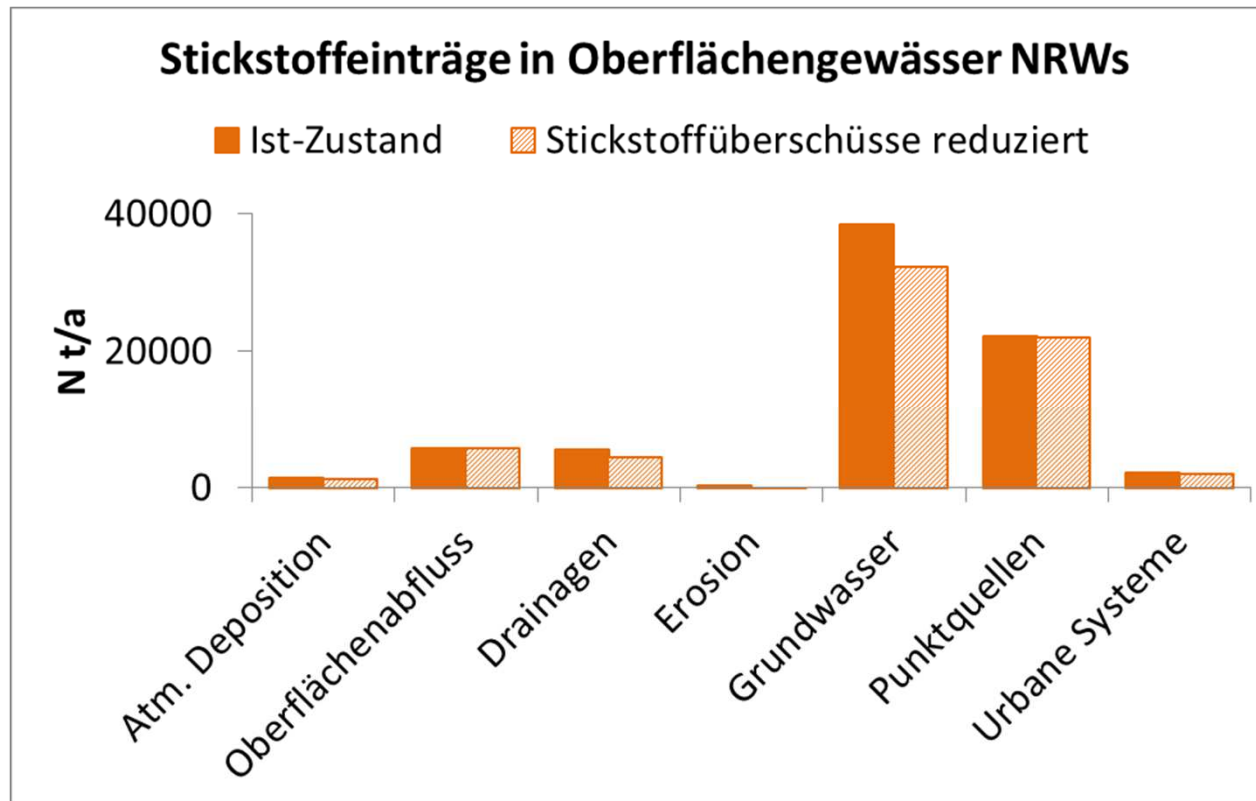


FB 54, Datum: 20.08.2018  
Quellen: RAUMIS (vTI);  
Depositionsdaten von Gauger (vTI)  
ATKIS DLM 25



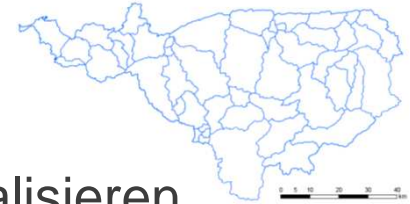
## Maßnahmenszenarien: Beispiel „NEMO“

- Maßnahme: Verringerung N-Überschuss auf landwirtschaftlichen Flächen
  - abgeleitet zum Schutz des Grundwassers und zum Erreichen einer Sickerwasserkonzentration von 50 mg/L





## MONERIS/MoRe NRW – Es geht weiter...



### Ziele:

- „NEMO“ (Nährstoffeinträge MONERIS; LANUV 2014) aktualisieren
- In MoRe umsetzen (in Zusammenarbeit mit KIT)
  - Anwenderfreundlicher
  - Rechenansätze selber anpassbar
- Schwermetalle ergänzen
- Bezugszeitraum 2010-2014
- Abwasserlageberichtsmethode für Einträge über Urbane Systeme integrieren → Vergleichbarkeit mit Lagebericht



Sachdatentabellen

Modellierung > räumliche Modelleinheiten > Analysegebiete

- MoRE
  - Dokumentation
  - Modellierung
    - räumliche Modelleinheiten
      - Analysegebiete**
      - Punktquellen
      - Planungseinheiten
    - Metadaten
    - Eingangsdaten
    - Berechnung
    - Ergebnisse
    - Visualisierung
    - Validierung

	Id Analysegebiet	Name des Analysegebiet	Id Unterlieger	Id Split	Fläche (km²)	Gesamtfläche Oberlieger	Fluss	Staat
	20554	Lahn von Q...			151,600000	0,000	Lahn	Deutschland
	20556	Perf von Qu...			2,000000	0,000	Perf	Deutschland
	20571	Dill von Quell...			29,700000	14,180	Dill	Deutschland
	20674	Kyll von Quel...			89,300000	2,071	Kyll	Deutschland
	20704	Ahr von Que...			126,300000	0,000	Rhein	Deutschland
	20707	Ahr von uh ...			89,400000	0,000	Trierbach	Deutschland
	20711	Rhein von G...	Id 20736 (R...		251,800000	140.848,855	Rhein	Deutschland
	20712	Sieg von Qu...	Id 20714 (Si...		133,400000	0,000	Rhein	Deutschland
	20713	Ferndorf vo...	Id 20714 (Si...		152,700000	0,000	Sieg	Deutschland
	20714	Sieg von uh ...			194,900000	287,104	Ferndorf	Deutschland
	20717	Heller von Q...			105,100000	5,681	Heller	Deutschland
	20720	Wisser Bach ...			39,300000	0,000	Sieg	Deutschland
	20725	Sieg von uh ...	Id 20729 (Si...		255,300000	1.280,946	Sieg	Deutschland
	20726	Brül von Qu...	Id 20729 (Si...		215,600000	0,000	Sieg	Deutschland
		...ied von uh...	Id 20729 (Si...		4,700000	0,000	Brül	Deutschland
		...eg von uh ...	Id 20735 (Si...		246,000000	1.770,736	Sieg	Deutschland
		...ehl von Q...	Id 20732 (A...		140,500000	0,000	Wiehl	Deutschland
		...ger von Q...	Id 20732 (A...		179,900000	0,000	Agger	Deutschland
		...er von u...	Id 20734 (A...		209,800000	321,535	Agger	Deutschland
		...von Qu...	Id 20734 (A...		245,000000	0,000	Sülz	Deutschland
		...er von u...	Id 20735 (Si...		30,700000	777,942	Agger	Deutschland
		...von uh ...	Id 20736 (R...		36,700000	2.826,411	Sieg	Deutschland
		...von u...	Id 20740 (R...		602,800000	143.964,729	Rhein	Deutschland
		...er von...	Id 20739 (...		609,700000	0,000	Wupper	Deutschland
		...von ...	Id 20739 (...		197,400000	0,000	Dhünn	Deutschland
		...r von...	Id 20740 (R...		0,800000	810,034	Wupper	Deutschland
		...on u...	Id 20742 (R...		409,900000	145.380,551	Rhein	Deutschland
		...on ...	Id 20742 (R...		163,100000	0,000	Düssel	Deutschland
		...n u...	Id 20755 (R...		12,400000	145.955,647	Rhein	Deutschland
		...h v...	Id 20748 (E...		258,000000	28,474	Swistbach	Deutschland
		...Que...	Id 20748 (E...		309,600000	0,000	Erf	Deutschland

Analysegebiet: Lahn von

**01-Analysegebiet**

- Id Analys 20554
- Name de Lahn von Qu...
- Id Unterli...
- Fläche (k 151.6
- Gesamtfl: 0
- Id Split

**02-Verwaltungseinh**

**01-Analysegebiet**

**Struktur**

- Analysegebiet: Lahn von
- < 215 raum- und zeitl
- < 39 raumbezogene v

**MoRE NRW**

Oberfläche...

- ...zur Eingabe der Eingangsdaten
- Formel
- Daten zur Validierung

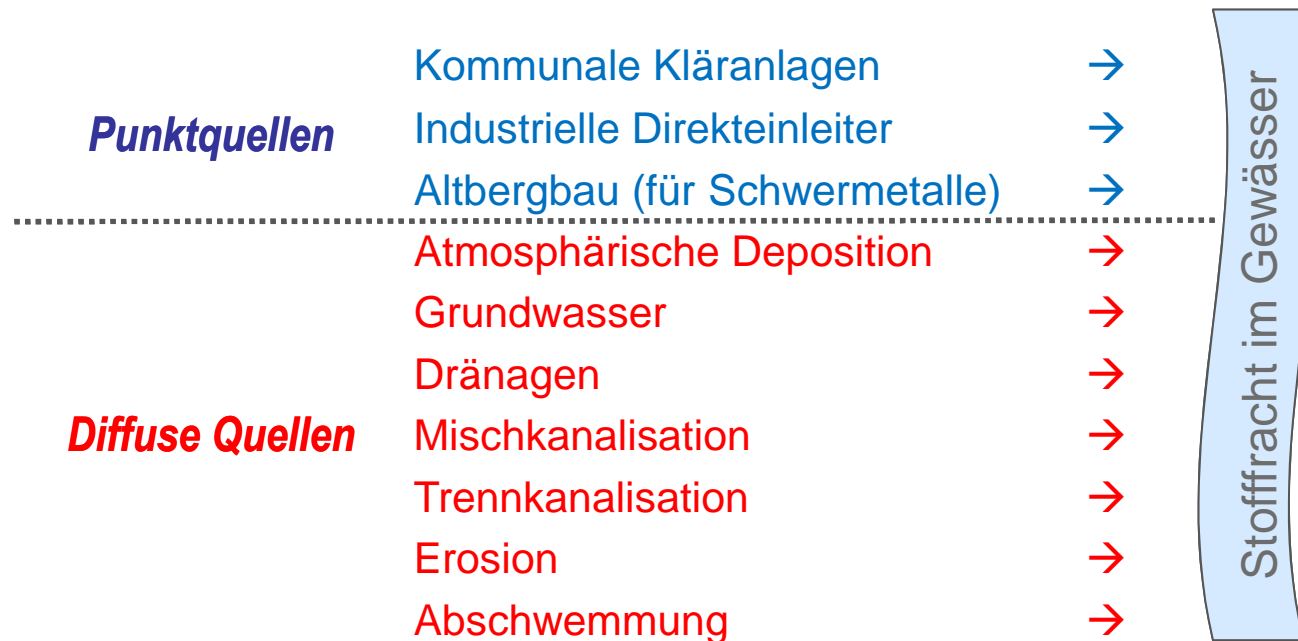
...zum Starten der Modellierung



# MoRe NRW - Möglichkeiten

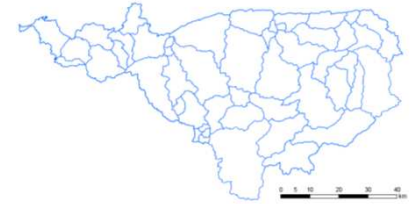


- Nährstoffe und Schwermetalle aus Punktquellen und diffuse Quellen
- Eintragspfad-Differenzierte Frachten in Einzugsgebiete
  - IST-Zustand
  - Maßnahmen-Szenarien





## MoRE NRW Status quo



- Eingangsdaten weitgehend aufbereitet und übergeben
- Abwasserlageberichtsmethode „Urbane Systeme“ umgesetzt  
→ Berichtsentwurf liegt vor
- Abschluss des Projektes im Januar 2019





## Zusammenfassung

- Aktuell werden GREAT-ER und (MONERIS)/MoRE im LANUV als Stoffeintragsmodelle betrieben und weiterentwickelt
- Modelle und Modellergebnisse sind stark abhängig von verfügbaren Eingangsdaten und Daten zur Validierung → Qualität und Quantität!
- Je nach Fragestellung, Stoff, zeitlicher, räumlicher Auflösung, etc. unterscheiden sich die zu verwendenden Modelle
  - Umfangreiche Planung und Preprocessing erforderlich
  - keine Modellierung auf „Zuruf“ möglich
- Modellergebnisse können
  - Lücken in Monitoringdaten schließen
  - Monitoringplanung unterstützen
  - Eintragspfade differenzieren
  - Maßnahmenszenarien darstellen





**Vielen Dank!**

