

# Grundwasser als „vernachlässigter“ Teil des Wasserkreislaufes?



**Dipl.-Hydrol. Dr. Ulrike Haferkorn**

Staatliche Betriebsgesellschaft für  
Umwelt und Landwirtschaft

Radebeul/Brandis

[ulrike.haferkorn@smul.sachsen.de](mailto:ulrike.haferkorn@smul.sachsen.de)

+49 32292-824-12



**Dipl.-Hydrol. Karin Kuhn**

Sächsisches Landesamt für Umwelt,  
Landwirtschaft und Geologie

Dresden

[Karin.kuhn@smul.sachsen.de](mailto:Karin.kuhn@smul.sachsen.de)

+49 351- 8928-4400

# Gliederung

- (1) Zustand des sächsischen Grundwassers am Beispiel  
→ **Problem der Bergbaugebiete**  
→ **Nitratbelastung infolge landwirtschaftlicher Bewirtschaftung**
- (2) Arbeitsrichtung in Sachsen → **Messen, Modellieren, Verstehen der Prozesse, Beratung der Landwirte**
- (3) Warum bewirken derzeitige Bewirtschaftungsmaßnahmen keine generelle Trendwende bei der Nitratbelastung des Grundwassers?  
(**Düngeverordnung, Langzeitwirkung, hydrologische Einflüsse, Landnutzungsänderung ...**)
- (4) „Realistische“ **Zukunftsperspektiven** mit Blick auf die Ziele der WRRL  
→ **politischer Wille**, wirtschaftliche Zwänge, Verhältnis zwischen Aufwand und Nutzen, teilweise fehlendes „Umweltbewußtsein“ .... ?

## Blick auf die sächsische Topographie



## **(1) Zustand der sächsischen Grundwasserkörper**

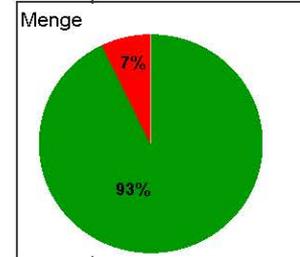
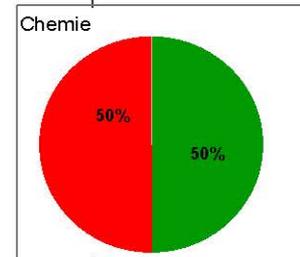
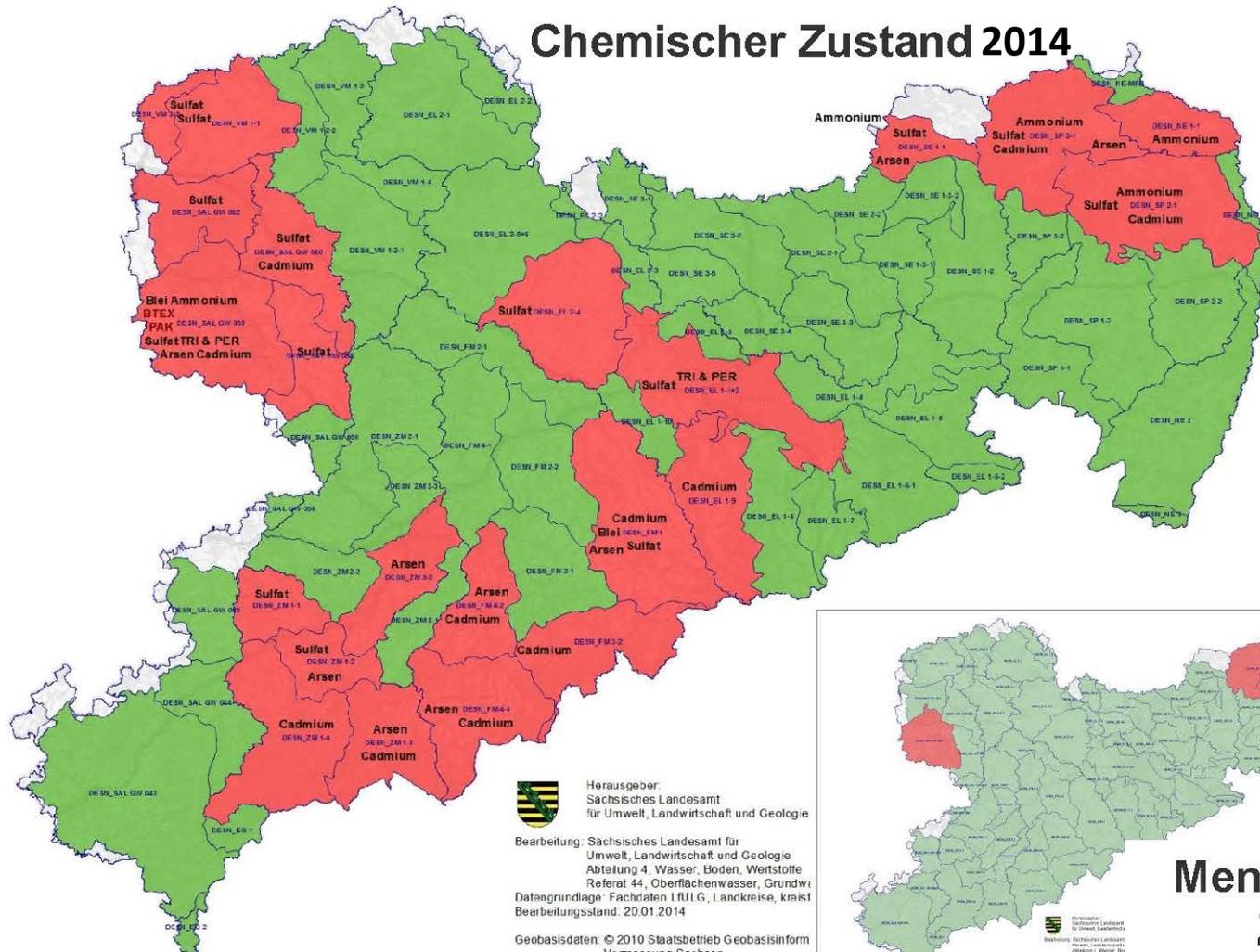
- Schadstoffeinträge aus den ehemaligen **Erzbergbau-  
revieren** im Einzugsgebiet der Mulden
- Folgen des **Braukohlebergbaus** in Mitteldeutschland

# Bergbautätigkeit: Zustand des Grundwassers

LANDESAMT FÜR UMWELT,  
LANDWIRTSCHAFT  
UND GEOLOGIE



## Chemischer Zustand 2014



## Mengenmäßiger Zustand

Herausgeber:  
Sächsisches Landesamt  
für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie

Bearbeitung: Sächsisches Landesamt für  
Umwelt, Landwirtschaft und Geologie  
Abteilung 4, Wasser, Boden, Wertstoffe  
Referat 44, Oberflächenwasser, Grundwasser  
Datengrundlage: Fachdaten I/III/G, Landkreise, kreisf.  
Bearbeitungsstand: 20.01.2014

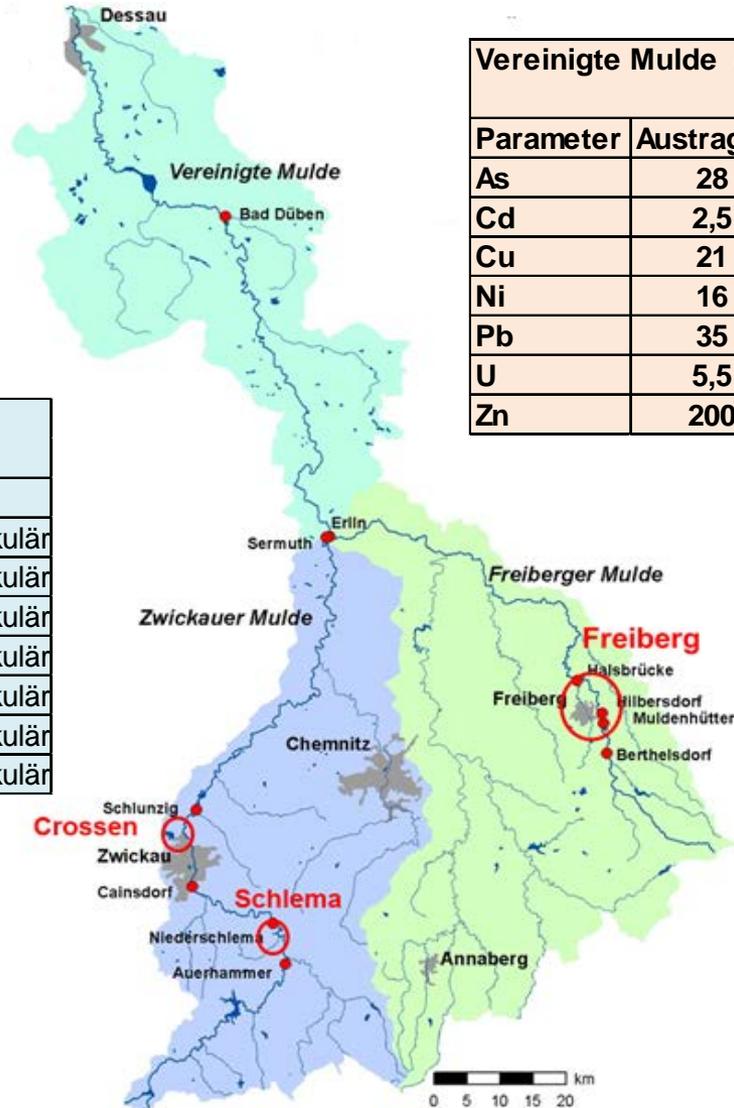
Geobasisdaten: © 2010 Staatsbetrieb Geobasisinform  
Vermessung Sachsen

# Schadstoffeinträge aus den **Erzberg-**baurevieren der Mulde in die Elbe

LANDESAMT FÜR UMWELT,  
LANDWIRTSCHAFT  
UND GEOLOGIE



Datenstand 2009 - 2011



Vereinigte Mulde (MQ 65 m³/s)		
Parameter	Austrag in t/a	
As	28	57% partikulär
Cd	2,5	75% partikulär
Cu	21	73% partikulär
Ni	16	45% partikulär
Pb	35	91% partikulär
U	5,5	27% partikulär
Zn	200	64% partikulär



Zwickauer Mulde (MQ 30 m³/s)		
Parameter	Austrag in t/a	
As	8	47% partikulär
Cd	0,5	75% partikulär
Cu	10	73% partikulär
Ni	9	45% partikulär
Pb	5	91% partikulär
U	5	27% partikulär
Zn	63	64% partikulär

Freiberger Mulde (MQ 35 m³/s)		
Parameter	Austrag in t/a	
As	20	47% partikulär
Cd	2	75% partikulär
Cu	13	73% partikulär
Ni	6	45% partikulär
Pb	30	91% partikulär
U	1	27% partikulär
Zn	150	64% partikulär



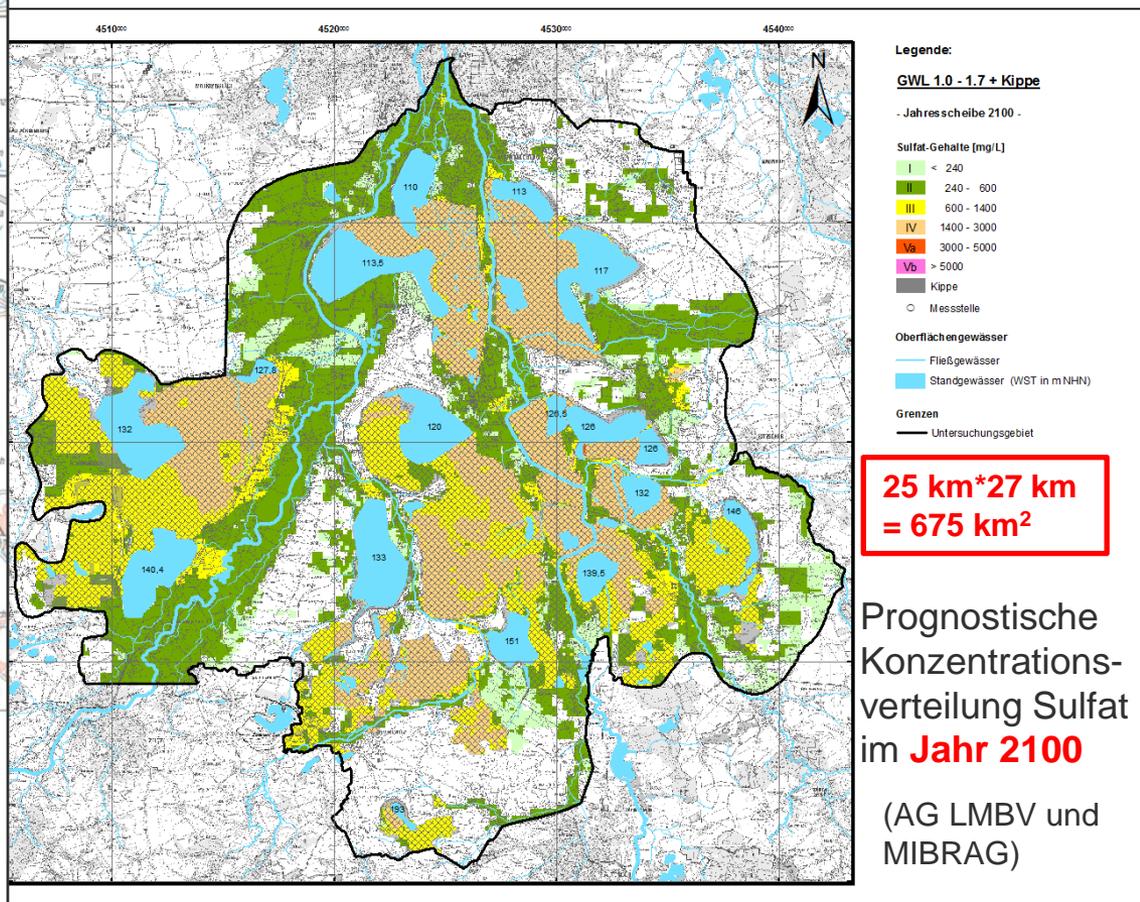
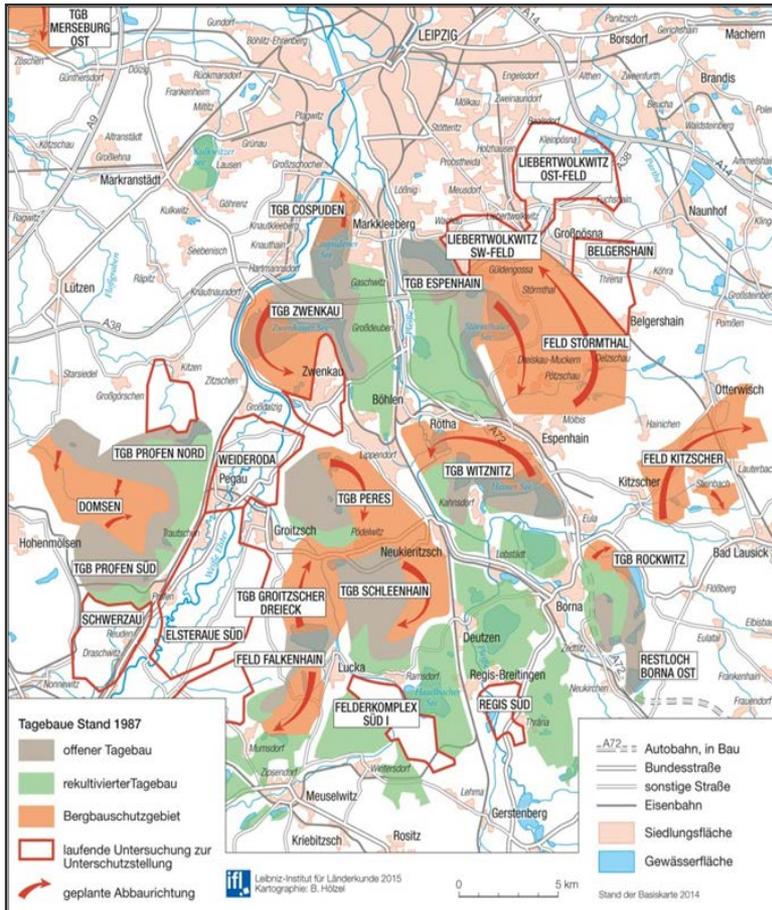
Bearbeitung durch  
TU Bergakademie Freiberg

# Braunkohlebergbau im Südraum Leipzig



## Stand und Planung 1987

## Prognose der Sulfatbelastung des Grundwassers

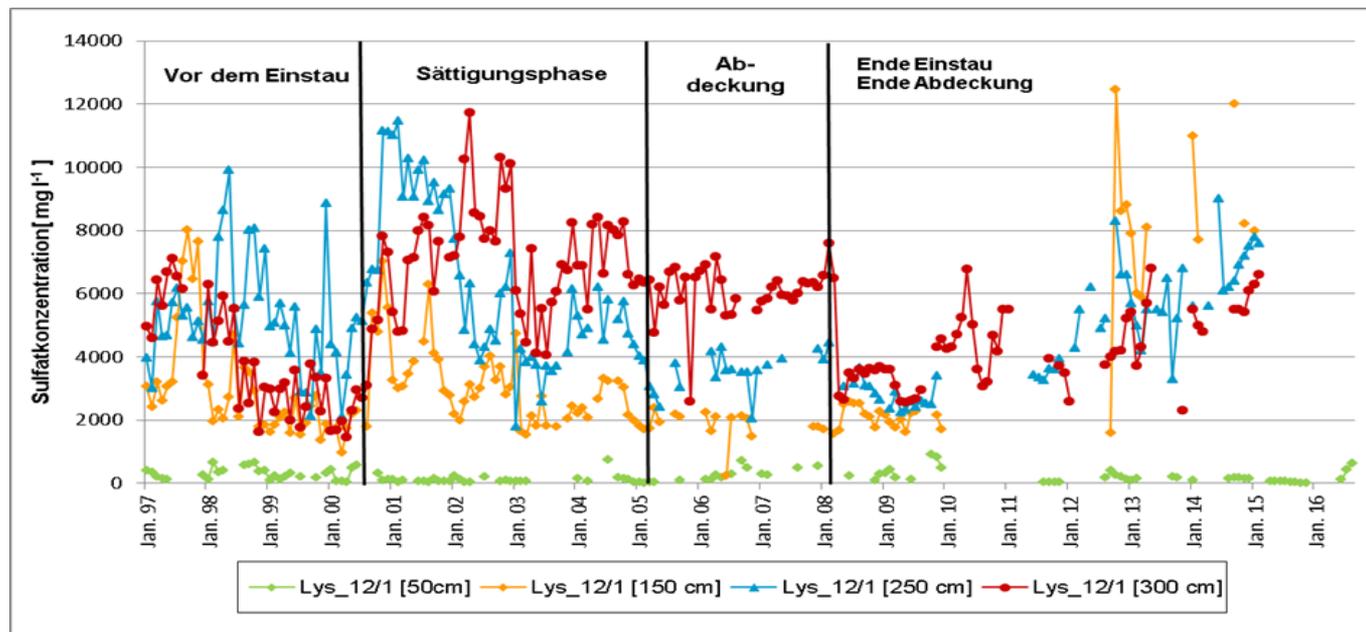


# Monatswerte der $\text{SO}_4$ -Konzentration

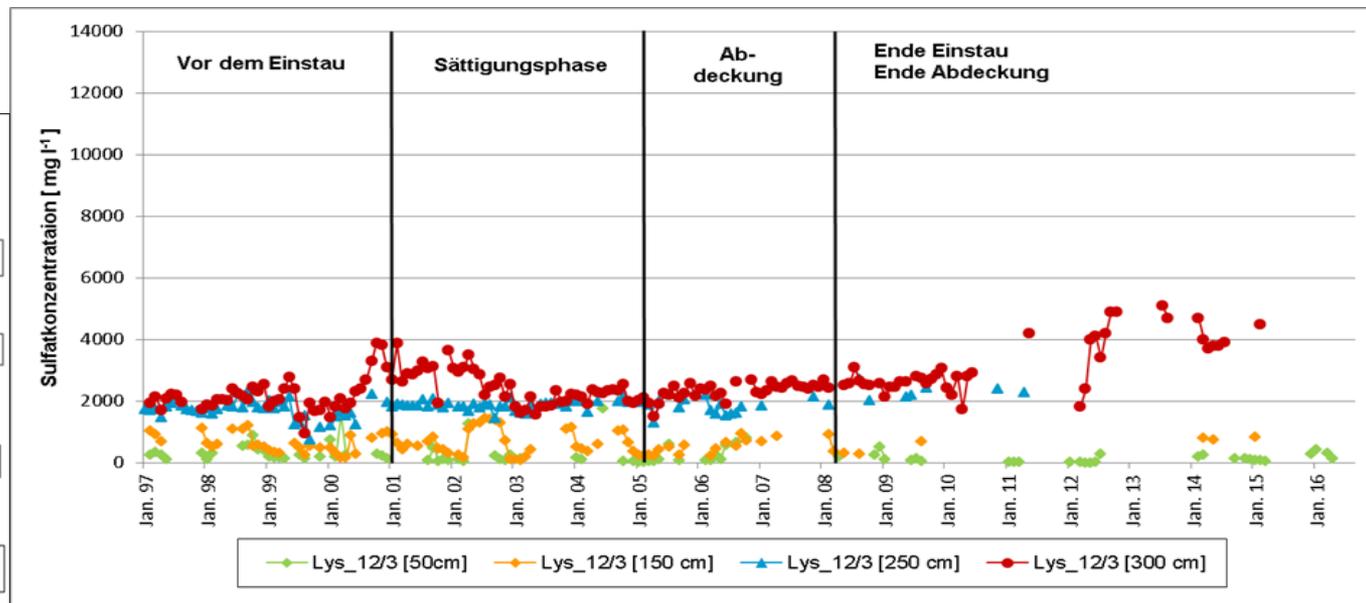
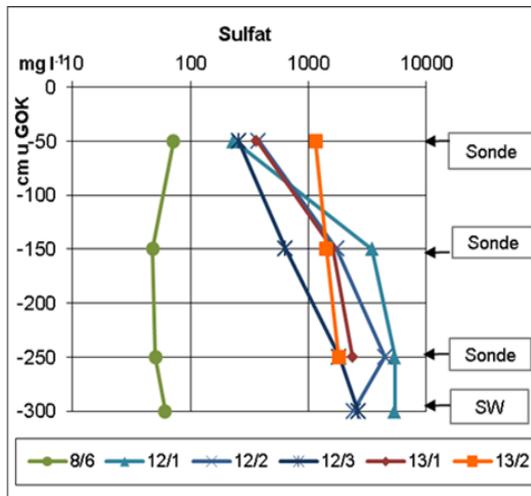
im Boden- und Sickerwasser

bei **landwirtschaftlicher Bewirtschaftung**

Lysimeteruntersuchungen an Böden der Braunkohlekippe Espenhain im Zeitraum von **1997-2016**, Quelle: BfUL 2017

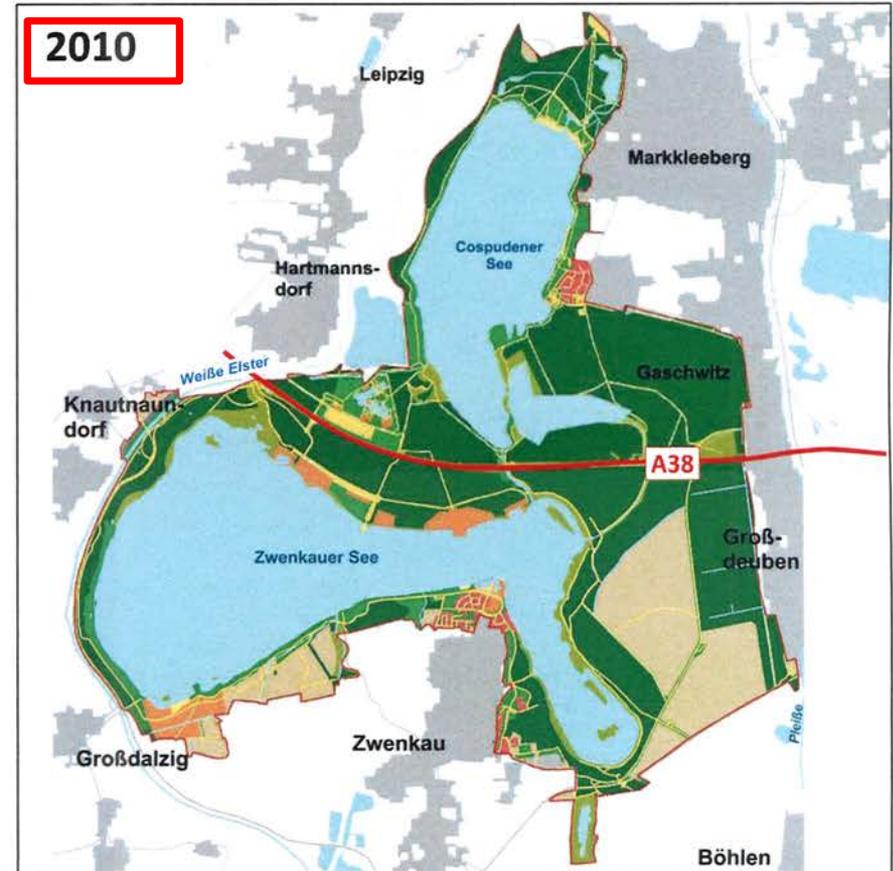
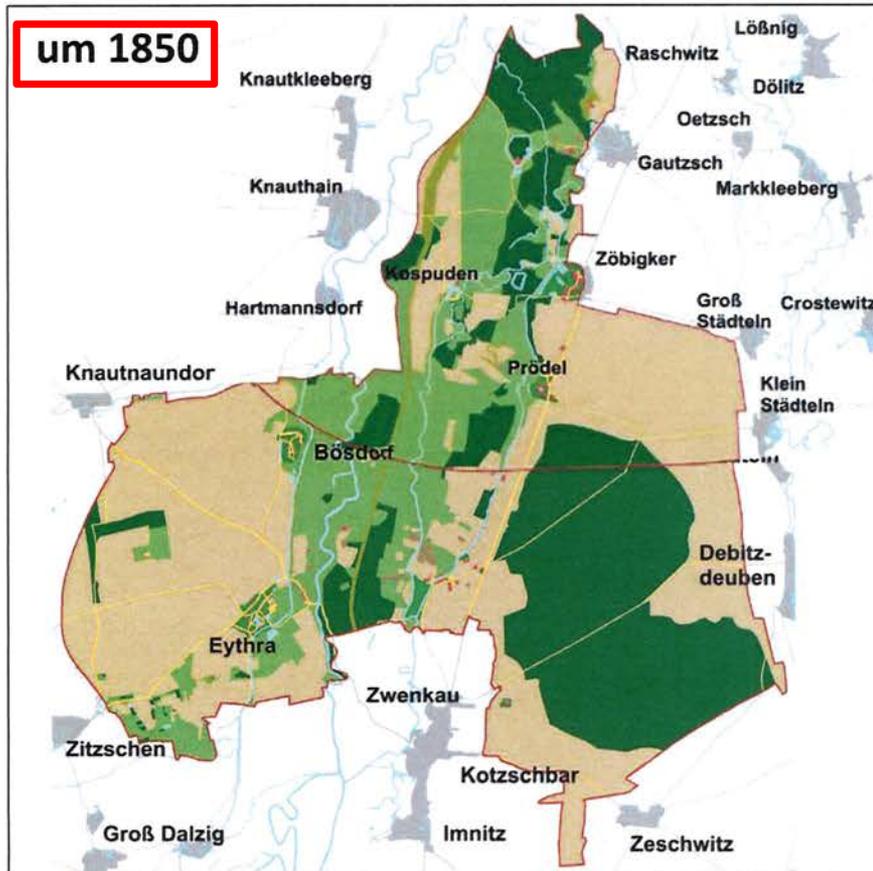


## Sulfatgehalte im Profil [mg/l]



# Gravierender Landschaftswandel südlich von Leipzig

## Beispiel: Zwenkau/Cospuden

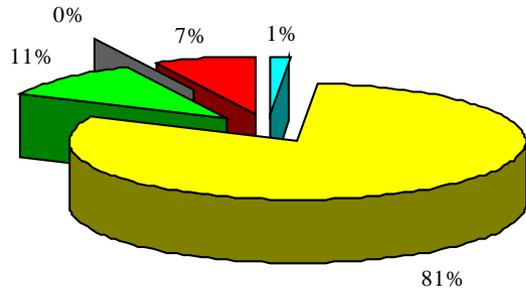


Vor- und nachbergbauliche Landschaft am Standort Zwenkau/Cospuden in den Grenzen der Betriebsplanbereiche (Quelle: LMBV (2009): Landschaft nach dem Bergbau – von Tagebauen zu Seen)

# Landnutzungsänderung und Wasserhaushalt

(Quelle: Broschüre LMBV, 2006, Anlage 13)

## Vorbergbauliche Nutzung

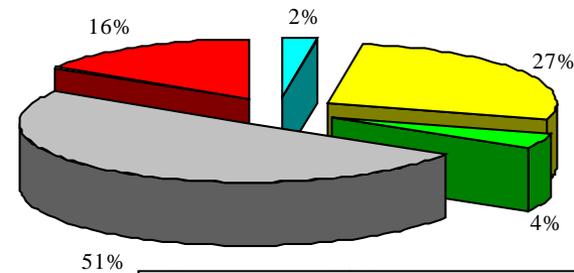


Mittlere Grundwasserneubildung

117 mm/a

Reale Verdunstung = 533 mm

## Bergbauliche Nutzung

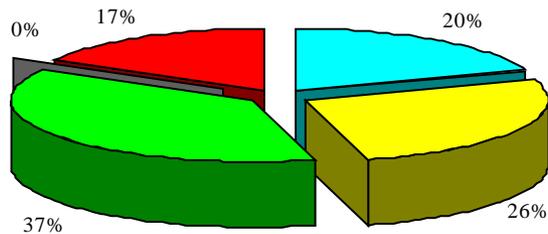


Mittlere Grundwasserneubildung

209 mm/a

Reale Verdunstung = 441 mm

## Nachbergbauliche Nutzung



Mittlere Grundwasserneubildung

55 mm/a

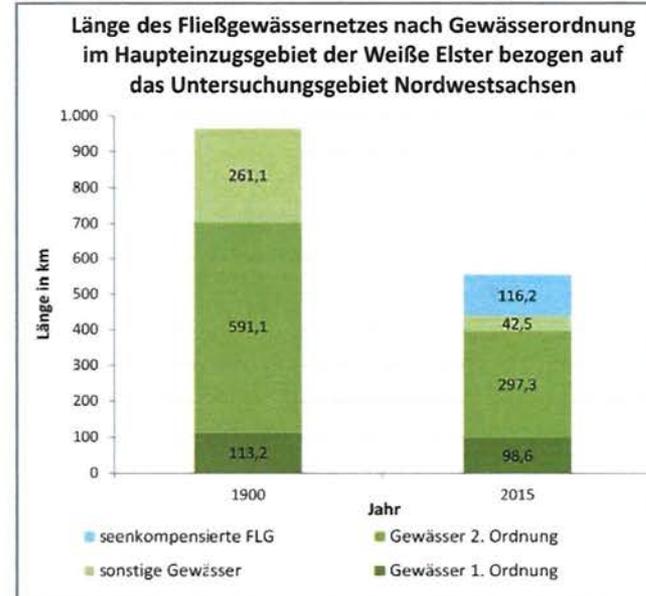
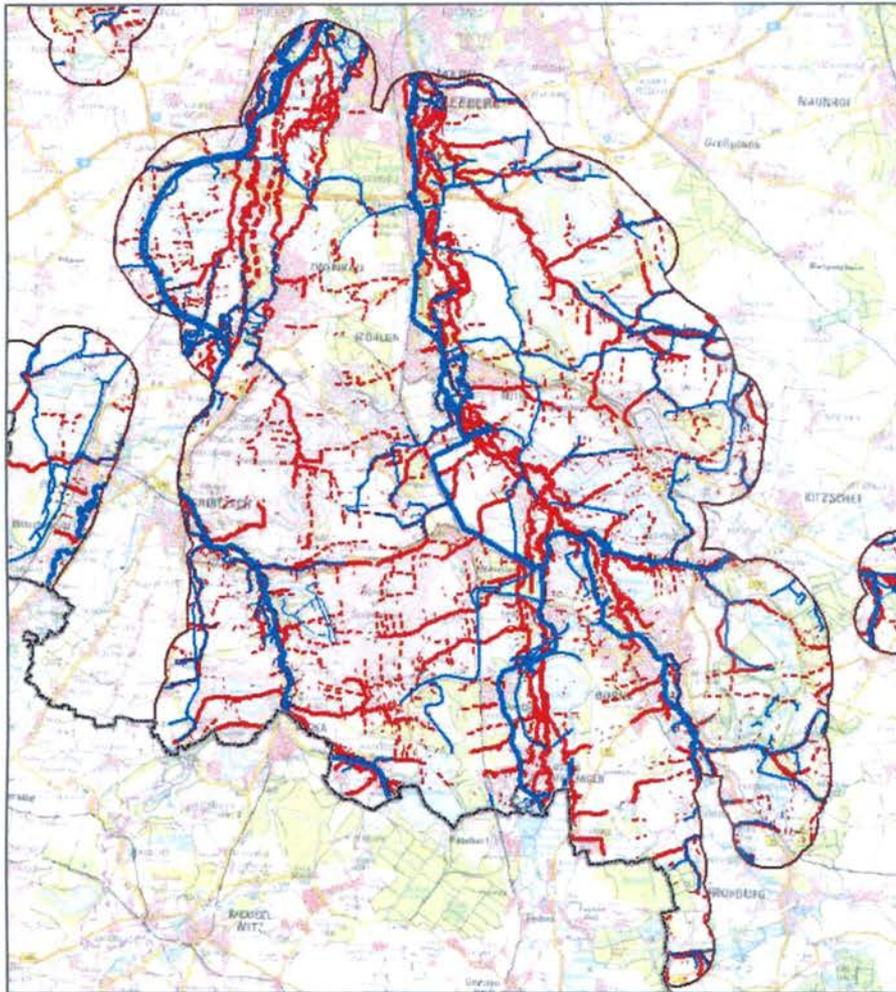
Reale Verdunstung = 595 mm

Niederschlag = 650 mm

## Landnutzung

- Gewässer
- Landwirtschaft
- Wald
- Devastierte Flächen
- Urbane Gebiete

# Veränderte Fließgewässer im Einzugsgebiet der weißen Elster südlich von Leipzig im Zeitraum von 1900 bis 2015



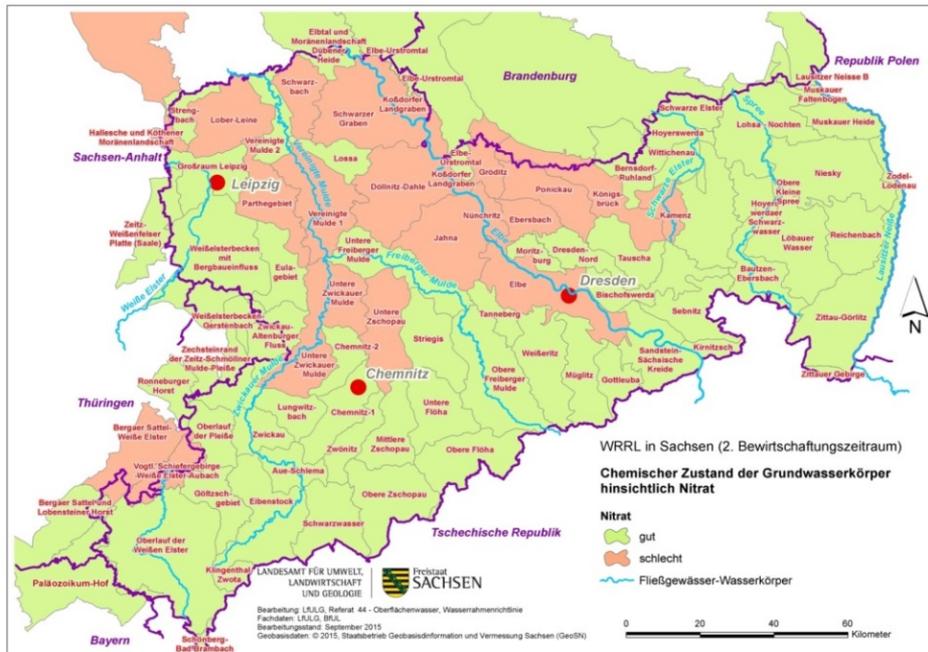
Verluste der Fließgewässerstrecken im Teileinzugsgebiet der Weißen Elster mit Schnauder, Pleiße, Gösel, Wyhra und Eula seit 1900 gem. LfULG (2015)

# **(1) Zustand der sächsischen Grundwasserkörper**

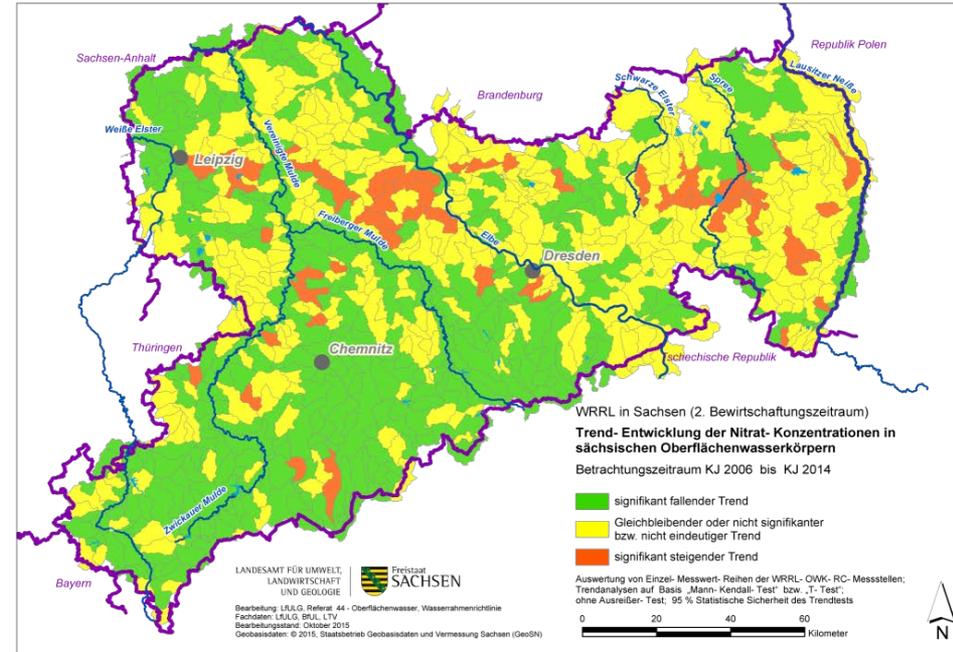
**→ aktuelle (Nitrat)Belastung und Einflussfaktoren**

# Zur Nitratbelastung des Grundwassers in Sachsen (Stand 2015)

- Ca. 25 % der Grundwasserkörper überschreiten die UQN- Nitrat (50 mg/l)
- Teilweise noch stagnierende oder steigende Trends der Nitrat-Konzentrationen
- Ca. 6 % der Oberflächenwasserkörper überschreiten die UQN-Nitrat (50 mg/l)



Bewertung Parameter **Nitrat** in Grundwasserkörpern

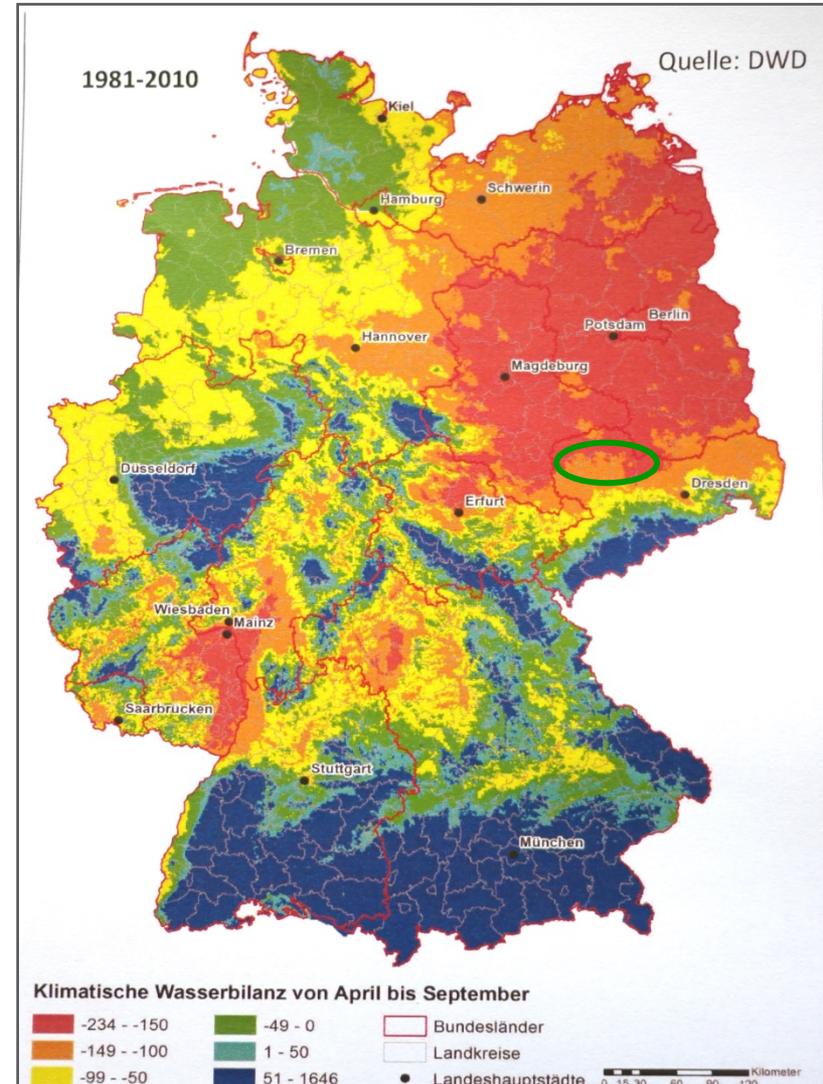
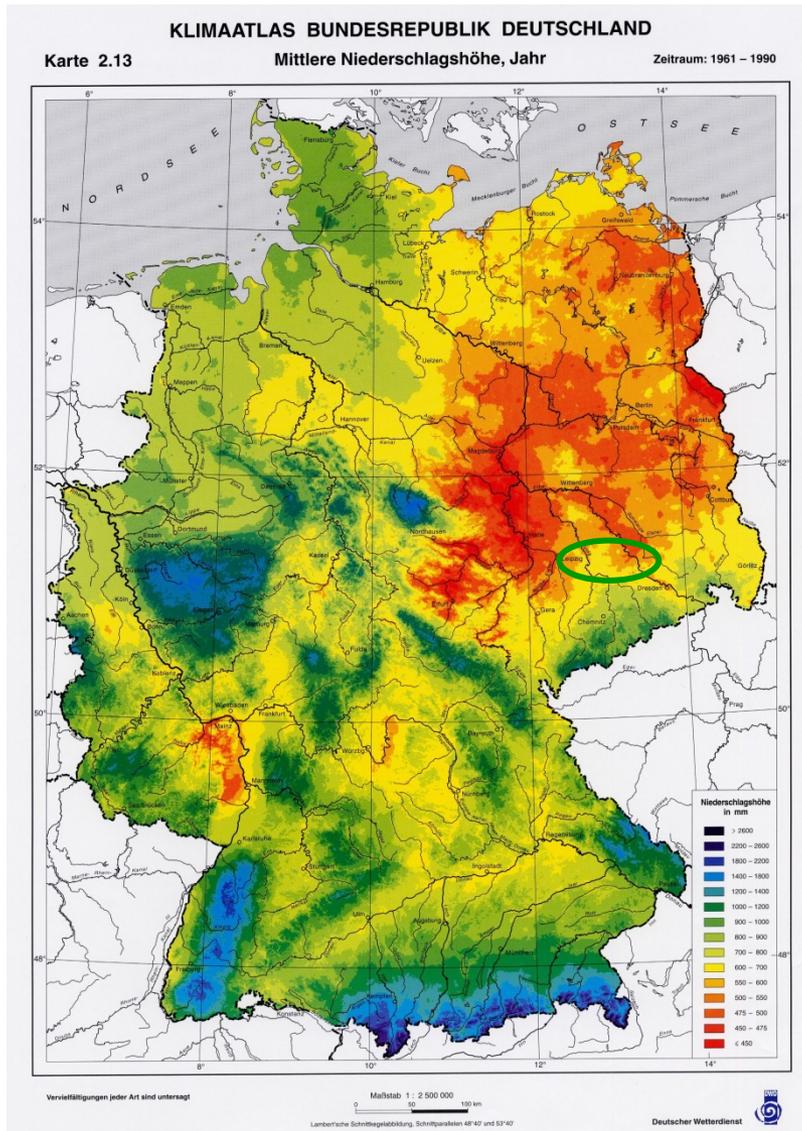


Trendentwicklung (2006-2014) **Nitrat-Konz.** in OWK

# Niederschlag

# klimatische Wasserbilanz

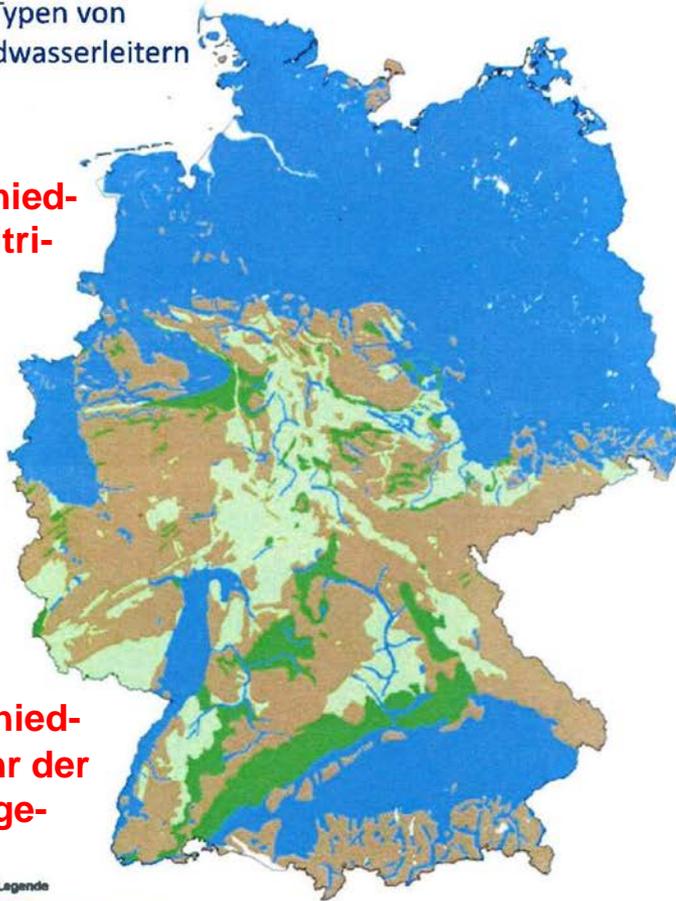
von April bis September



→ Beregnungsbedarf, nahezu ausschließlicher Anbau von Winterbeständen, geringe N-Effizienz

# Räumliche Differenzierung hydrologischer Bedingungen

Typen von Grundwasserleitern



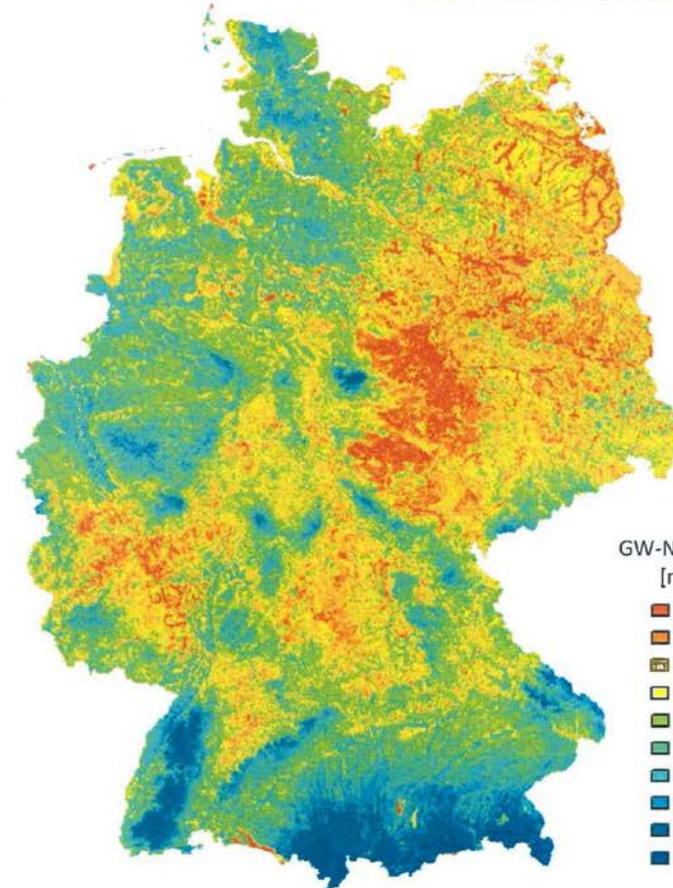
→ unterschiedliches Denitrifikationspotential

→ unterschiedliche Gefahr der Nitratverlagerung

Legende

- Porengrundwasserleiter
- Klüftgrundwasserleiter
- Karstgrundwasserleiter
- Grundwassergeringleiter
- Seen

Grundwasserneubildung



GW-Neubildung [mm/a]

- 0 - 25
- 25 - 50
- 50 - 75
- 75 - 100
- 100 - 150
- 150 - 200
- 200 - 250
- 250 - 300
- 300 - 500
- > 500

→ sehr geringe Sickerwassermengen, lange Transportzeiten

Quelle: BGR, Hydrologischer Atlas Deutschland

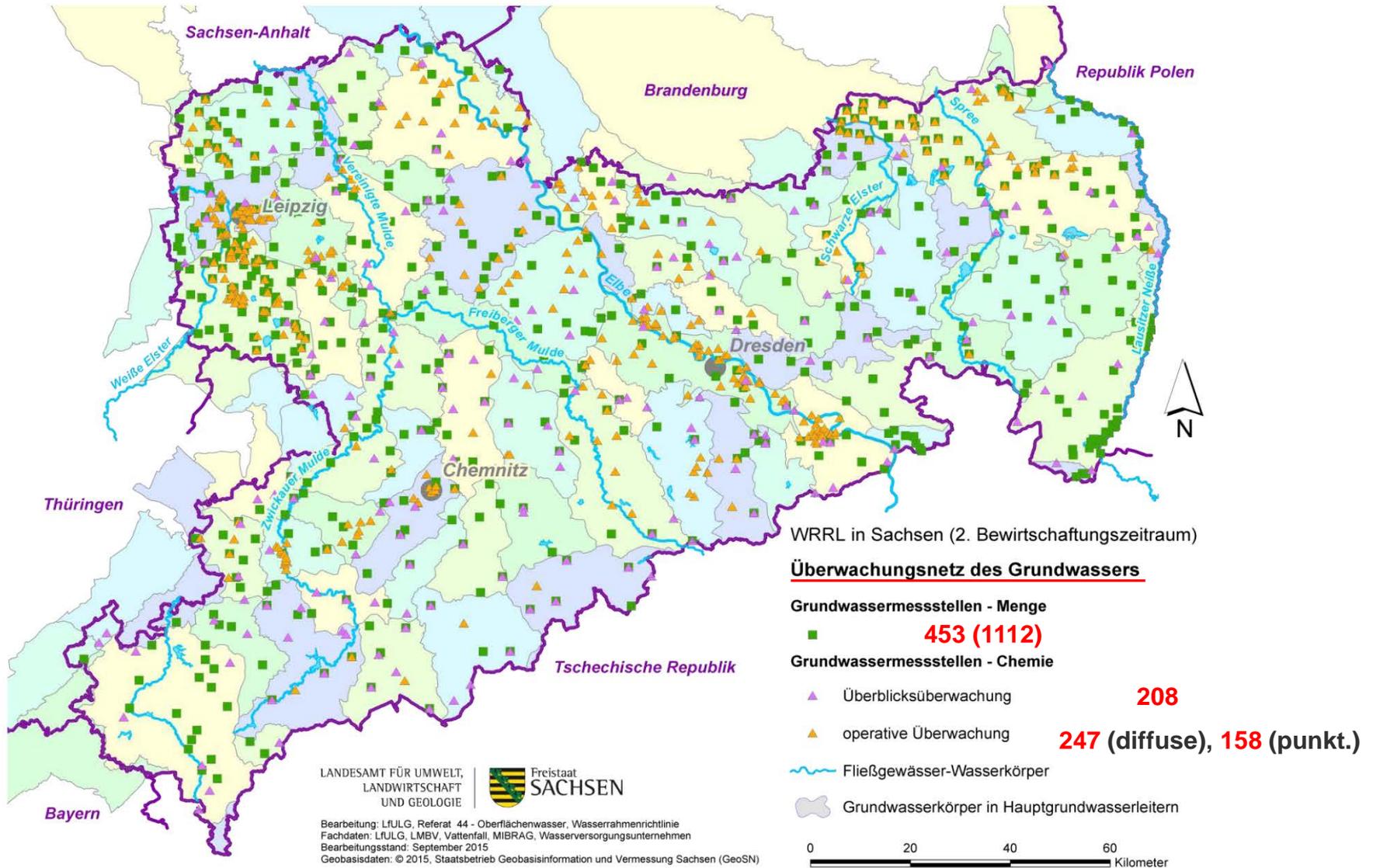
## **(2) Reduzierung der Nitratbelastung des Grundwassers - Arbeitsrichtung in Sachsen**

→ Messen, Modellieren, Beratung der Landwirte

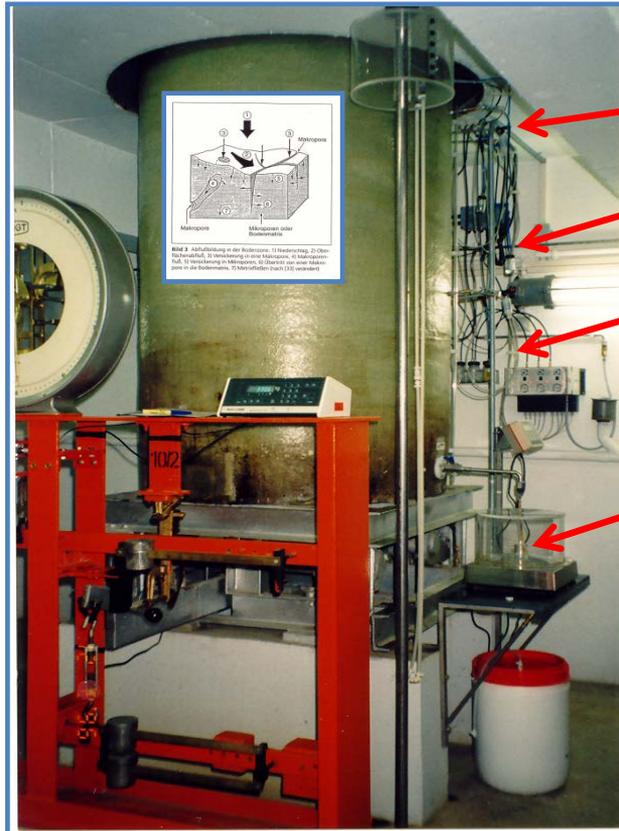
# Stickstoffmonitoring sächsischer Böden → Langzeituntersuchungen

- I **55 Boden-Dauerbeobachtungsflächen (BDF I)** liefern Informationen für repräsentativen Böden unter landwirtschaftlicher Betriebspraxis. Davon Sonderstandorte (BDF II) mit kontinuierlicher Datenerfassung (u. a. Meteorologie, Wasser- und Stoffhaushalt)
- I Auf ca. **1.000 Nitrat-Dauertestflächen** in Praxisschlägen unter Acker- und Grünland werden im Frühjahr und Herbst pflanzenverfügbare Stickstoffgehalte, pH-Werte, organischer Kohlenstoff, Grund- und Mikronährstoffe ermittelt.
- I Auf **283 Waldstandorten** erfolgen regelmäßige Bodenzustandserhebungen (Level I), davon **acht Dauerbeobachtungsflächen** (des Level II-Programms Wald) mit kontinuierlicher Datenerfassung ( u. a. Meteorologie, Deposition, Stoffbilanz, Boden- und Humuszustand, Nadel- und Blattanalysen).
- I **30 wägbare, 3 m tiefe Lysimeter**, weitere Parzellen- und Lysimeteruntersuchungen in Nossen (nichtwägbare, unterschiedliche Bodenbearbeitung) sowie
- I **Bodenhydrologische Messplätze** zur Erfassung des standörtlichen Bodenwasser- und –stoffhaushaltes in ausgewählten Trinkwasserschutzgebieten

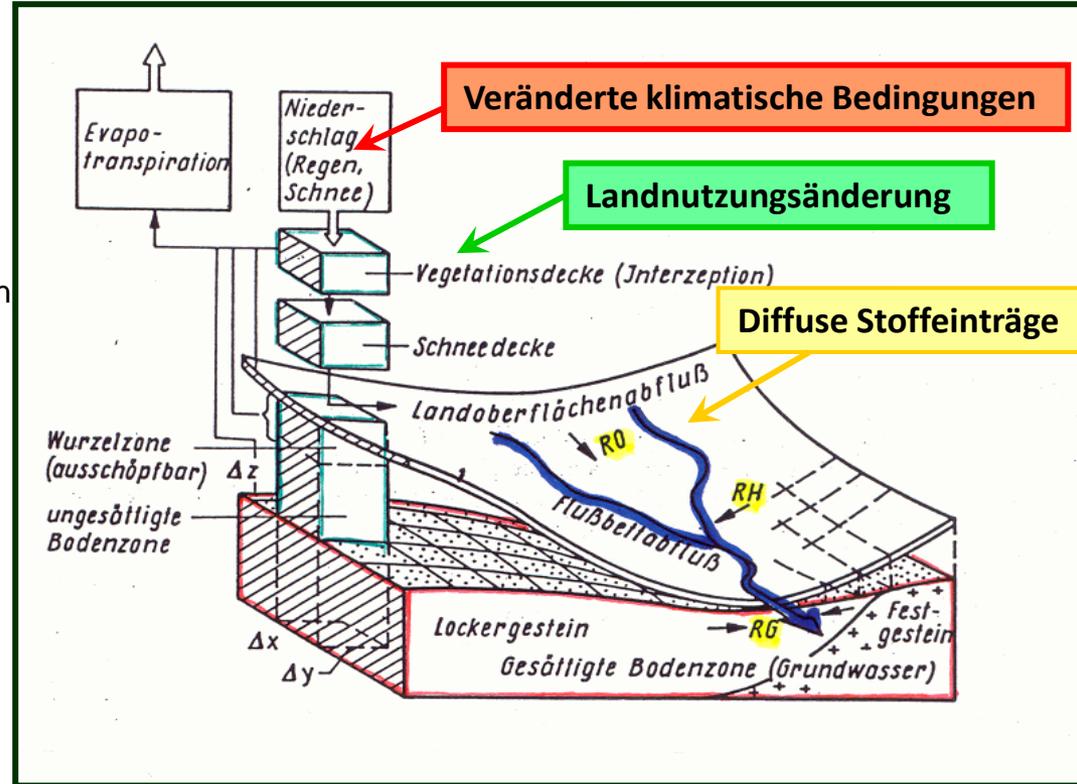
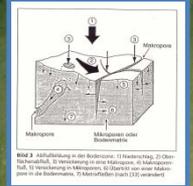
# Grundwasserüberwachung (GW-Stand seit 1912)



# Messen und modellieren in unterschiedlichen (hydrologischen) Raumskalen → Herstellung geeigneter Handwerkszeuge



- Tensio-  
meter
- TDR-  
Sonden
- Saugkerzen
- SW-  
auslauf



**Lysimeteranlage Brandis:** 24 wägbare Lysimeter, 3 m tief, 1 m<sup>2</sup> Oberfläche, mit oberer Dränwasserzone

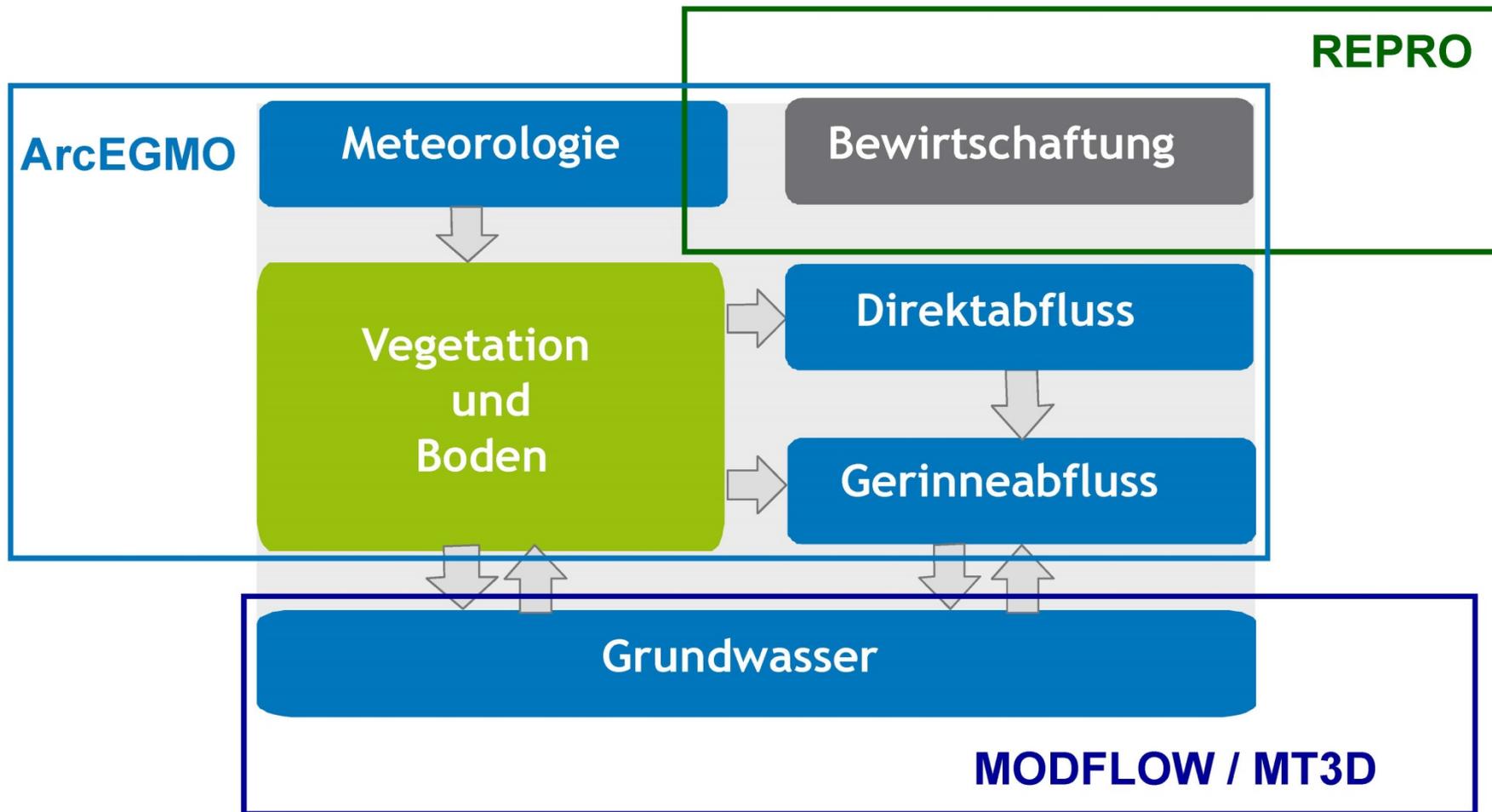
**Messen am Standort**



**Messen im Einzugsgebiet**

Physikalisch basierte Modelle für Beispielsgebiete zum prinzipiellen Verständnis der ablaufenden Prozesse → hohe zeitl. Auflösung → hoher Parameterbedarf

# ReArMo – gekoppeltes Wasser- und Stoffhaushaltsmodell



Grundwasser ein „vernachlässigter“ Teil des Wasserkreislaufes/Haferkorn/Kuhn/23.01.2018

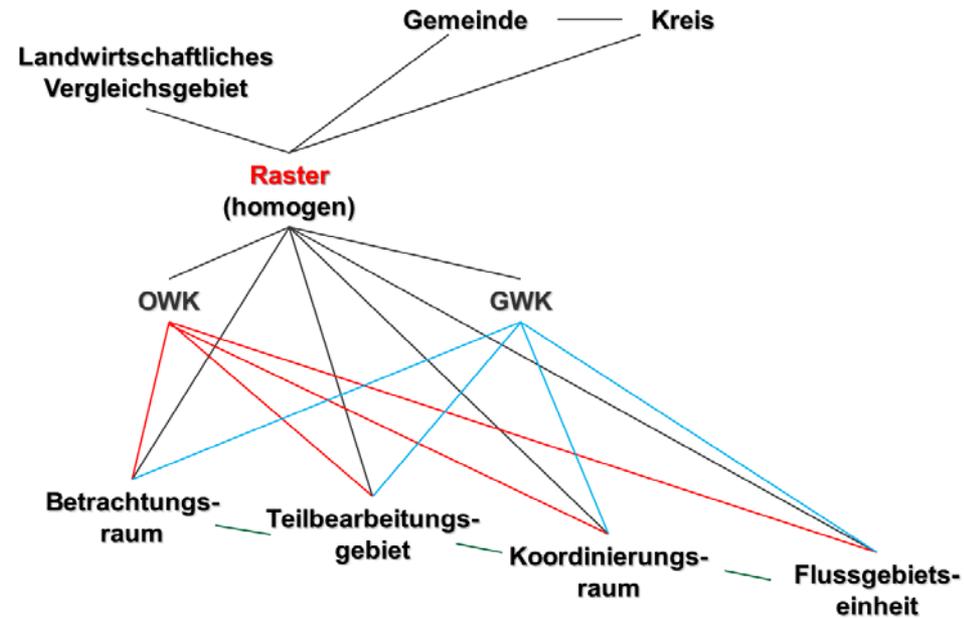
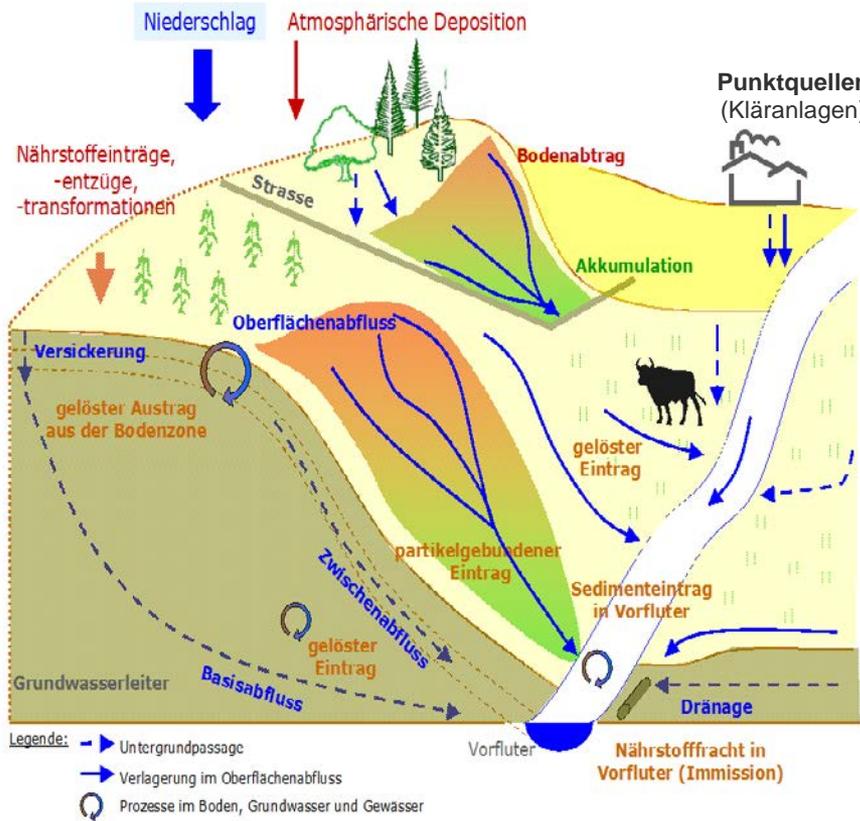
# Reduziertes, konzeptionelles Modell zum Einsatz für alle sächs. Einzugsgebiete

→ Jahreswerte

## Das Modellkonzept STOFFBILANZ

### zur Bilanzierung von Nährstoffeinträgen in die Gewässer

LANDESAMT FÜR UMWELT,  
LANDWIRTSCHAFT  
UND GEOLOGIE



*Routing und Hierarchie verschiedener Raum-Bezugs- Geometrien im Modell STOFFBILANZ ( Einzel- Rasterflächen als „Arbeitsgeometrie“ sowie Wechseloptionen für die Ergebnisdarstellungen in unterschiedlichen räumlichen Bezugs- Geometrien )*

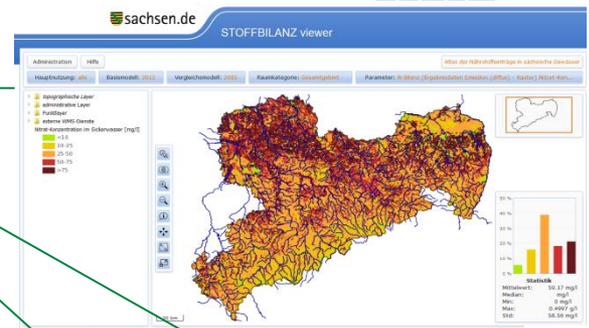
*Eintragspfade von Nährstoffen aus diffusen und punktuellen Herkunftsquellen in Flussgebieten*

# Verfügbarkeit der Berechnungsergebnisse durch den Aufbau einer Web- GIS- Datenbank

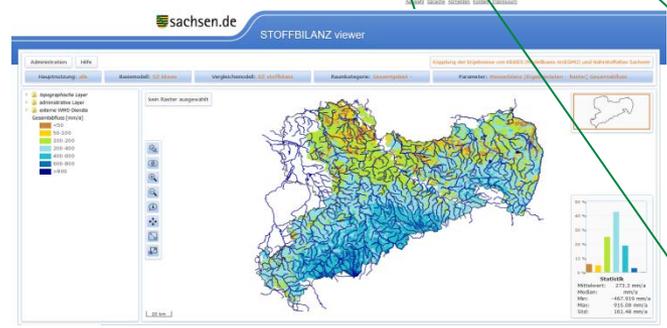
LANDESAMT FÜR UMWELT,  
LANDWIRTSCHAFT  
UND GEOLOGIE



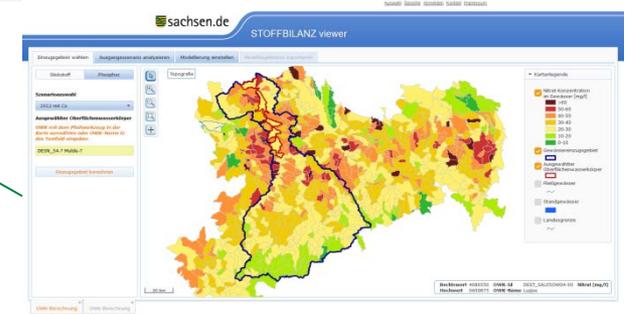
[www.viewer.stoffbilanz.de](http://www.viewer.stoffbilanz.de)



**Basismodell STOFFBILANZ**  
Langjähriger mittlerer Wasserhaushalt;  
Abflusskomponenten, Eintragspfade;  
Erosion und Sediment- Einträge;  
**N - und P -** Nährstoff- Einträge;



**Kopplung KliWES**  
mit tagesbasiertem  
Wasserhaushalt



**Modellierung OW- Beschaffenheit (Immission)**



**Kopplung CCB mit C/N- Dynamik / Humushaushalt**



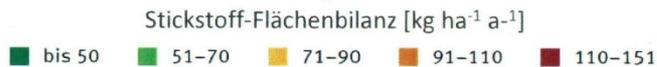
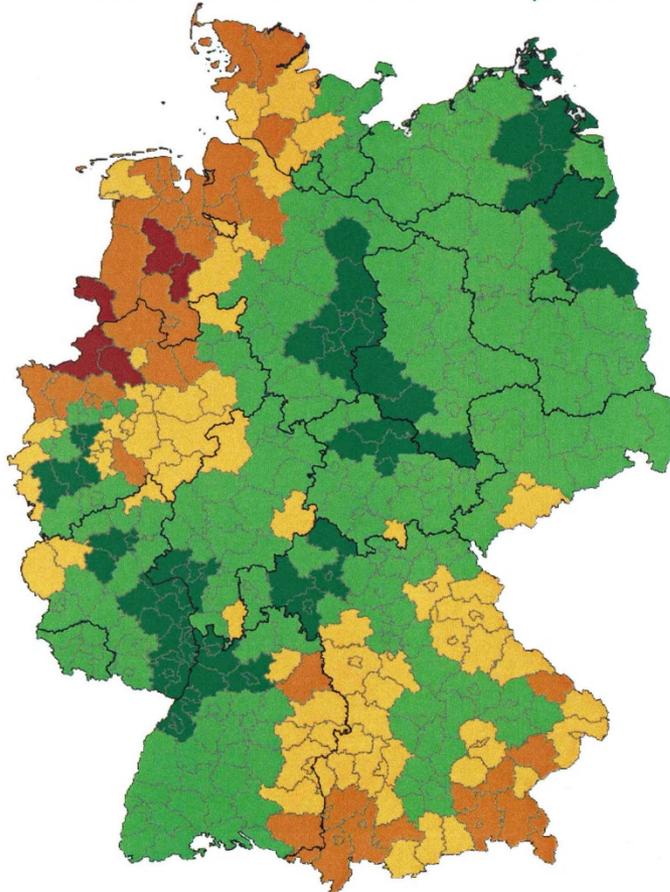
**OW- Beschaffenheits- Messstellen**

### **(3) Warum bewirken derzeitige Bewirtschaftungsmaßnahmen keine Trendwende bei der Grundwasserbeschaffenheit?**

- Düngeverordnung
- Langzeitwirkung
- hydrologische Einflüsse

# N-Flächenbilanzüberschuss ↔ Grundwasserbelastung

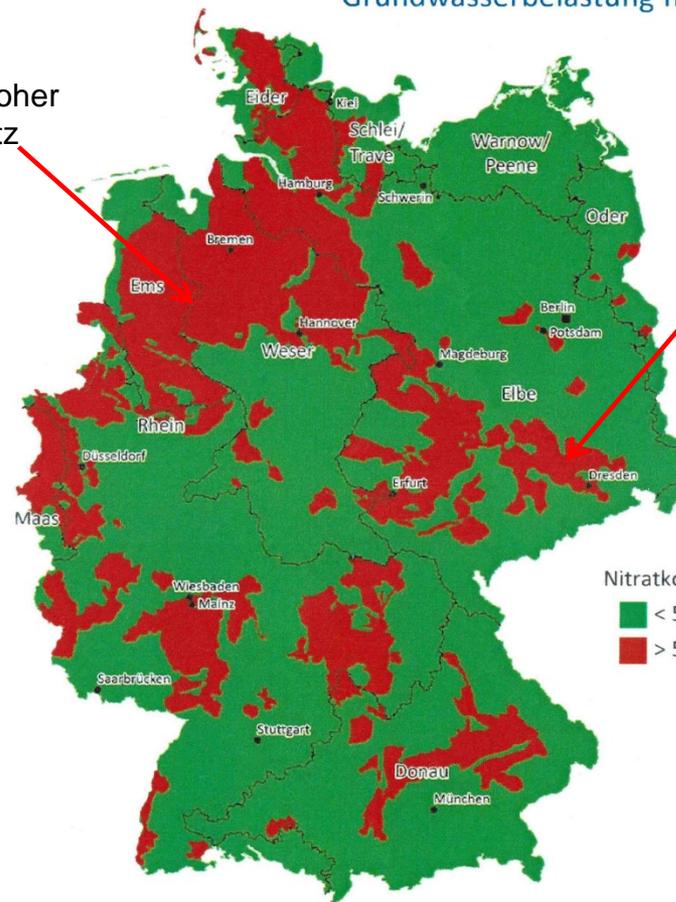
Stickstoff-Flächenbilanzüberschuss (Ø 2009-2011)



Quelle: UBA, „Reaktiver Stickstoff in Deutschland“, 2014

Grundwasserbelastung mit Nitrat

extrem hoher Tierbesatz



seit der Wende  
sehr geringer  
Tierbesatz

Nitratkonzentration



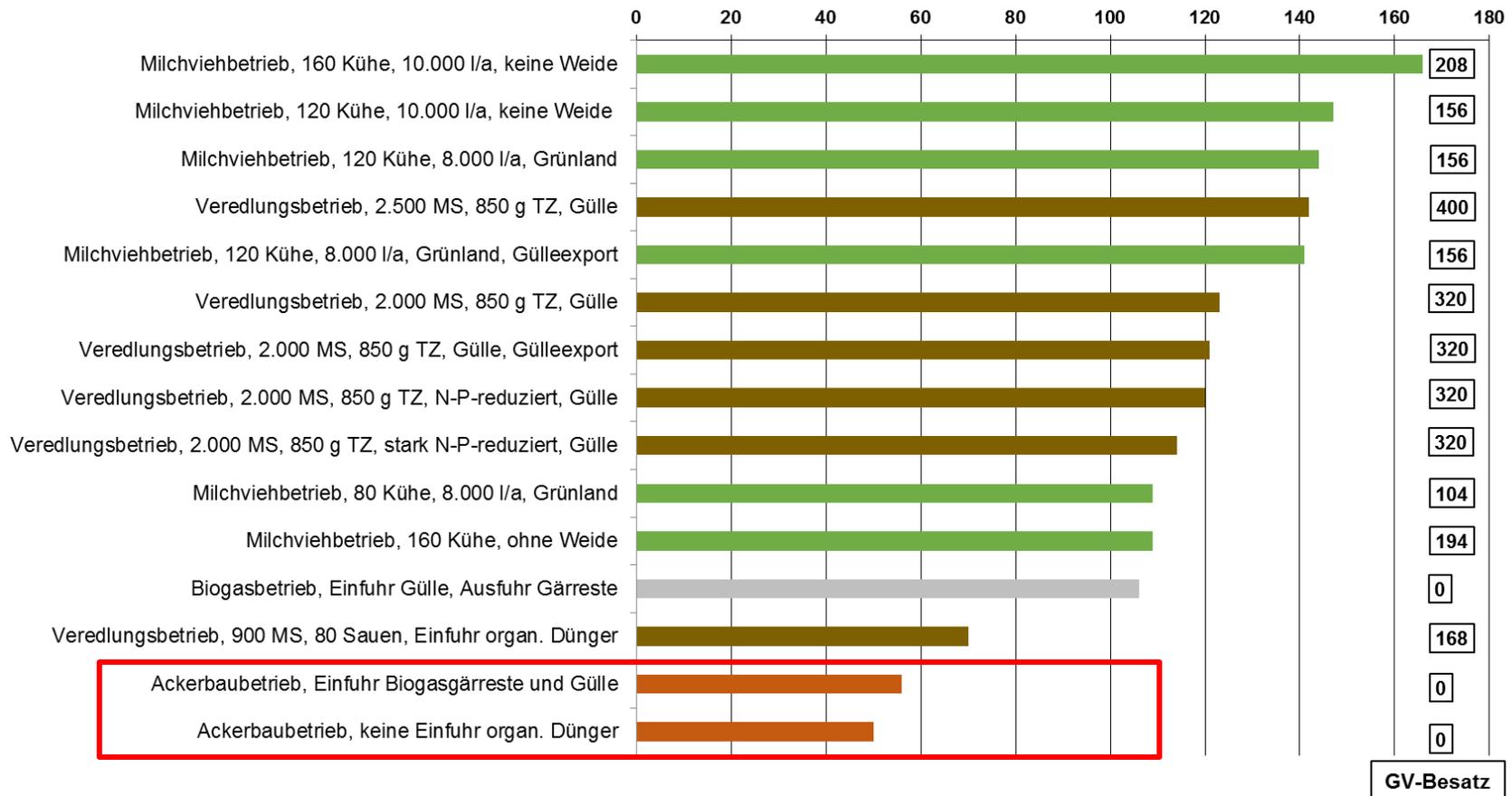
Quelle: Berichtportal WasserBlick/BfG, Stand 2010)

**Passt nicht zusammen!!**

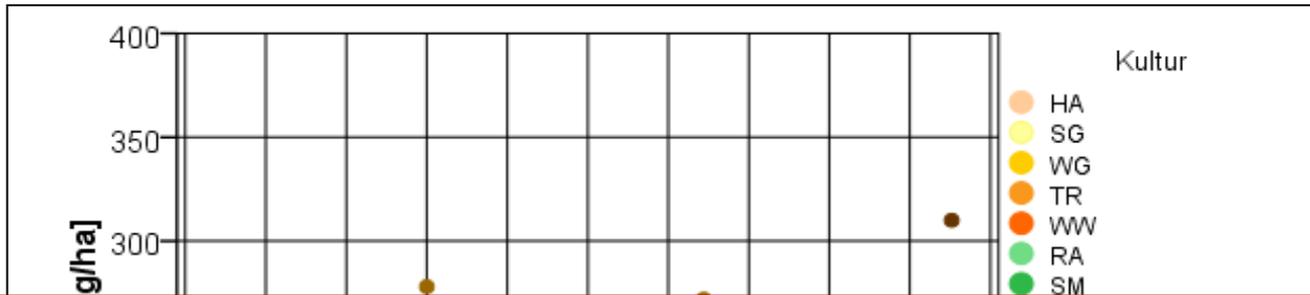
# Stoffstrombilanz neue DüV

- Zulässige Bilanzüberschüsse nach E-StoffBiIV (BT-Drucksache vom 18.07.2017)

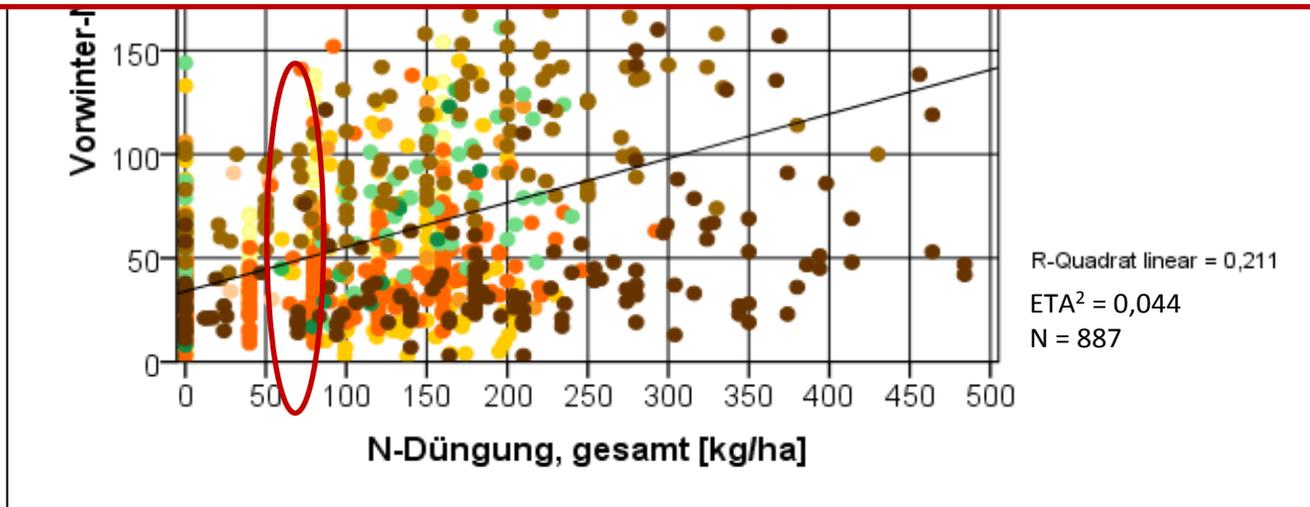
Zulässige Bilanzüberschüsse nach E-StoffbiIV [Kg/ha/Jahr]



# $N_{\min}$ -Gehalte im Herbst als Evaluierungsgröße?

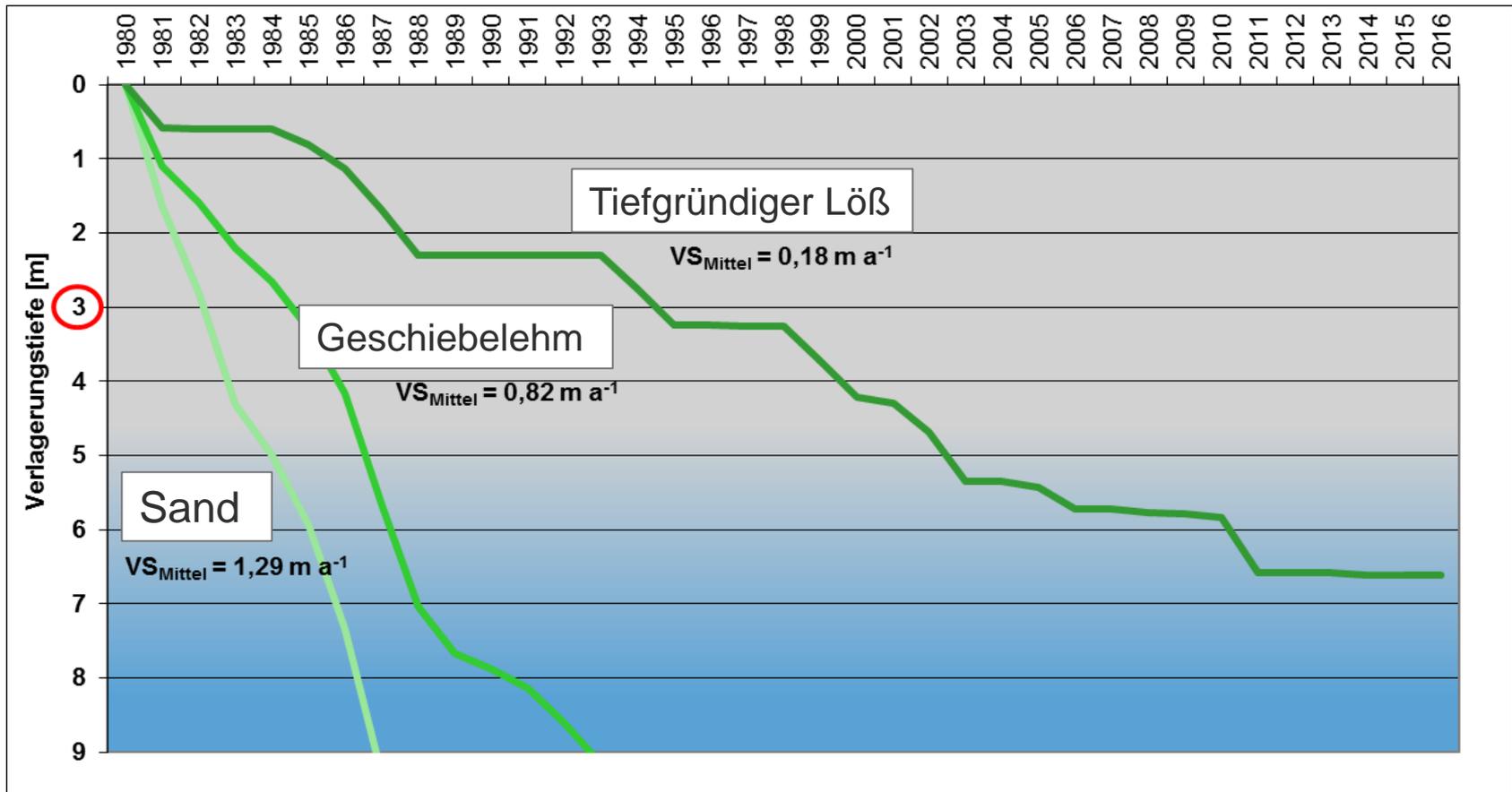


Entscheidend für die Vorwinter- $N_{\min}$ -Gehalte sind neben der N-Düngung auch Kultur, Witterungsverhältnisse, Bodenbearbeitung, Fruchtfolge etc. → **Nacherntemanagement**



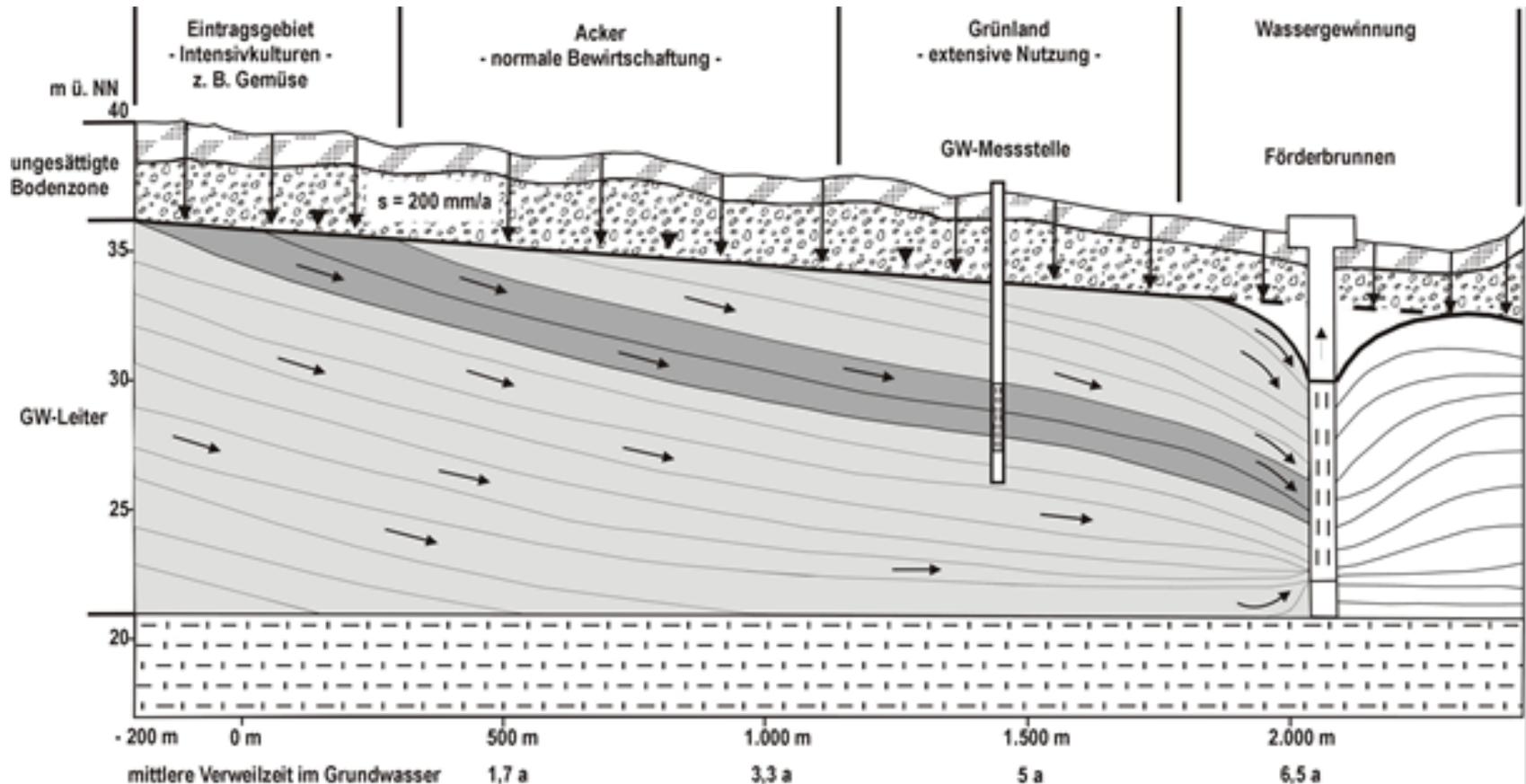
# Verlagerungsdisposition unterschiedlicher Böden

**Verlagerungsgeschwindigkeit (VS) = SW [mm] / FK [dm/mm]**



Quelle: BfUL, Lysimeterstation Brandis

# Eintrittspfade belasteter Sickerwasserfronten in das Grundwasser



# Klimawandel → Umverteilung der saisonalen Sickerwasserbildung (SW) Dekadenmittel 1981-2010, Messungen der Lysimeterstation Brandis (BfUL, 2017)

→ Zunahme der jährlichen SW-Bildung **und der Nitratauswaschung** bei Sand und Geschiebelehm, Abnahme bei tiefgründigen Lößböden

Zeitraum	Sand [mm/drei Monate]				Geschiebelehm [mm/drei Monate]				Löß [mm/drei Monate]			
	Wi 12-2	Frü 3-5	So 6-8	Her 9-11	Wi 12-2	Frü 3-5	So 6-8	Her 9-11	Wi 12-2	Frü 3-5	So 6-8	Her 9-11
1981-1990	79	70	22	4	45	57	13	3	20	46	2	0
1991-2000	75	68	20	26	47	56	9	11	16	38	2	3
2001-2010	89	58	26	31	58	47	8	20	23	20	2	9

**HW-Einfluss:** August 2002, August/September 2010 (Mai/Juni 2013)

## Schwarzbracheversuch in der Lysimeterstation Brandis seit 2006 zum Nachweis eines N-Pools

Vergleich von Wasser- und  
Stickstoffhaushalt



2 Böden:  
LG 8: sandiger Lehm  
LG 9: Löß

- 2 Landnutzungen:
- Schwarzbrache (keine Vegetation)
  - Fruchtfolge

Identische Randbedingungen (Wetter)



# Schwarzbrache im Vergleich zu landwirtschaftlich genutzten Böden (Jahresmittelwerte 2007-2013)

Quelle: Untersuchungen der Lysimeterstation Brandis, BfUL 2016

**Niederschlag: 740 mm**

Jahresmittelwerte [kg N/ha/Jahr]	lehmiger Sand (LG 8)		tiefgründiger Löß (LG 9)	
	Schwarzbrache	mit Bewuchs	Schwarzbrache	mit Bewuchs
Deposition	14	14	14	14
Düngung (mineralisch)	-	160	-	150
Pflanzenentzug	-	93	-	140
Austrag mit dem Sickerwasser in 3 m Tiefe	114	47	121	1
<b>Sickerwassermenge</b>	<b>250</b>	<b>152</b>	<b>287</b>	<b>37</b>
<b>N-Saldo</b>	<b>14</b>	<b>81</b>	<b>14</b>	<b>24</b>

# (4) „Realistische“ Zukunftsperspektiven?

- Komplexe Zusammenhänge zwischen verschiedenen Belastungsarten, wo z.T. noch der wissenschaftliche Vorlauf zur Bewertung und Behandlung fehlt
- Lange Wirkungsketten (Maßnahme -> Erfolg) im Grundwasser und der Biologie
- Komplexe Bergbauprobleme mit aktivem und Sanierungsbergbau sowie Alterzbergbau und WISMUT
- Fehlende Flächenverfügbarkeit im ländlichen Raum aufgrund der Eigentumsverhältnisse und des Nutzungsdrucks, hemmende Inhalte in der Agrar-Förderung, die der Gewässerentwicklung entgegenstehen
- Hochwasserschutzanforderungen an den Gewässerquerschnitt zur schadlosen Abführung von Hochwasserereignissen und Vermeidung von Überflutungen, die den Zielen der WRRL widersprechen
- Personelle Überforderung der zuständigen Behörden und Unterhaltungslasträger
- Teilweise fehlendes „Umweltbewusstsein“ in der Bevölkerung
- Kosten der Planung und Umsetzung zu hoch (insbes. für Kommunen aber auch für Zustandsstörer), Genehmigungsverfahren und Antragstellung auf Förderung zu „langwierig“ und „aufwändig“

→ **Politischer Wille ...?**

