Analyse des anthropogen und natürlich bedingten Zutrittes von Eisen und Sulfat in bergbaubeeinflusste Fließgewässer

Mirko Martin, Ralf Löser, Dr. Eberhard Janneck, Dr. Roland Mayer, Julia Kuhr, Dr. René Kahnt, Dr. Frank Haubrich,

bearbeitet im Rahmen

Vita-Min Teilprojekt TP 1.1

„Analyse des anthropogen und natürlich bedingten Zutrittes von Eisen und Sulfat in bergbaubeeinflusste Fließgewässer “

Europäische Union. Europäischer Fonds für regionale Entwicklung. Evropská unie. Evropský fond pro regionální rozvoj.

SN CZ Ahoj sousede, Hallo Nachbar. Interreg V A / 2014 – 2020

Vita-Min

G.E.O.S. INGENIEUR-GESELLSCHAFT MBH

Gliederung

1 HINTERGRUND UND ZIELSTELLUNG

2 GRUNDLAGEN und UNTERSUCHUNGSGEBIET

3 EINTRAGSWEGE

- geogen
- anthropogen (Atmosphäre, Bergbau, Landwirtschaft...)

4 STATISTISCHE AUSWERTUNG DER VORHANDENEN MESSDATEN

5. SCHLUSSFOLGERUNGEN

Ziele des Projektes:

1) Umfassende statistische Auswertung der Wassergütedaten von Sachsen hinsichtlich Eisen und Sulfat → Oberflächenwasser (OW) und Grundwasser (GW)
2) Identifikation und Dokumentation von Haupteintrittspfaden von Sulfat und Eisen in Grund- und Oberflächenwasser
3) Betrachtung von durch Erzbergbau beeinträchtigten Gebieten (inkl. Wismut) und Gebieten mit Altbraunkohlenbergbau (außerhalb Zuständigkeit der LMBV)
4) Recherche und Bewertung von Best-Practice-Verfahren zur Sulfat- und Eisenabreicherung

- Gesetzliche Grundlage: EU-WRRL → keine verbindlichen Regelungen/UQN für Eisen und Sulfat
- Nationale Umsetzung:
  - OGewV 2016 für Oberflächengewässer → Orientierungswerte
  - GrwV 2010 (geändert 2017) für Grundwasser → Schwellenwerte
  - TrinkwV 2001 (geändert 2018) für Trinkwasser → Grenzwerte

Gesetzliche Regelung	Eisen	Sulfat
TrinkwV 2001, Anlage 3 (Grenzwert)	0,2 mg/L	250 mg/L
GrwV 2010, Anlage 2 (Schwellenwert)	-	250 mg/L

Orientierungswerte für Eisen und Sulfat in Bezug auf die Fließgewässertypen in Sachsen (Auszug aus: LAWA-RaKon 2015)
→ **guter Zustand der Gewässer**

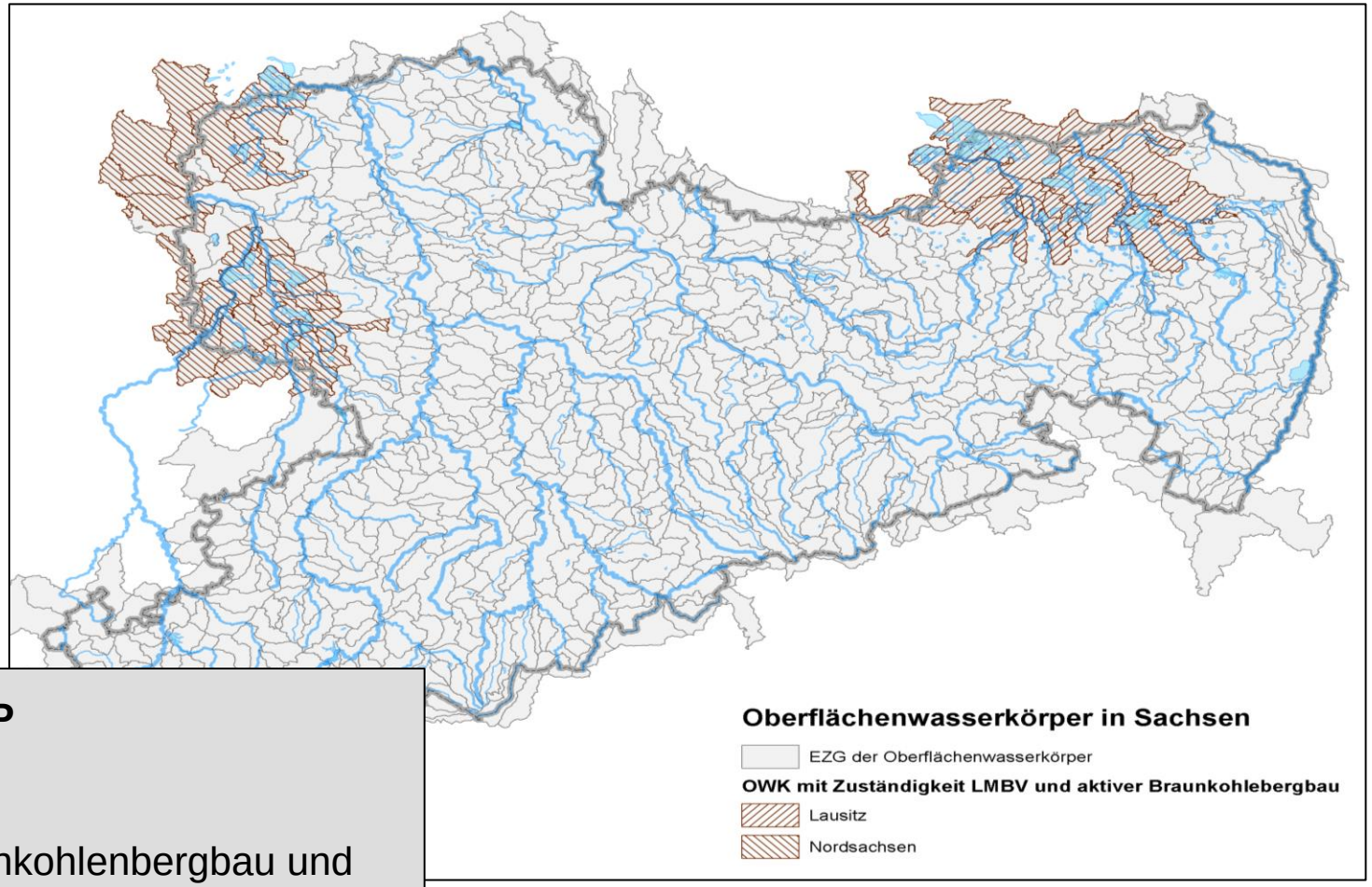
Fließgewässertypgruppen in Sachsen	LAWA-Fließgewässertypen	SO_4 [mg/L] MW/Jahr	Fe [mg/L] MW/Jahr	
Silikatische und karbonatische Bäche des Mittelgebirges	5 / 5.1 (silikatisch)	75	0,7	
	6 / 7 / 19 (karbonatisch)	220	0,7	
Kleine bis mittelgroße silikatische Flüsse des Mittelgebirges	9	75	0,7	Mittelgebirge
Große Flüsse und Ströme des Mittelgebirges	9.2 / 10	220	0,7	
Organische Bäche und Flüsse des Mittelgebirges	11 (basenarm)	75	0,7	
	11 (basenreich)	220	0,7	
Silikatische und karbonatische Bäche des norddeutschen Tieflandes	14 / 16 (silikatisch)	140	1,8	
	14 / 16 (karbonatisch) / 18 / 19	200	1,8	
Kleine bis mittelgroße silikatische und karbonatische Flüsse des norddeutschen Tieflandes	15 / 17	200	1,8	Tiefland
Große Flüsse und Ströme des norddeutschen Tieflandes	15_g / 20	200	1,8	
Organische Bäche und Flüsse des norddeutschen Tieflandes	11 (basenarm)	75	1,8	
	11 (basenreich)	140	1,8	

Erhöhte Konzentrationen an Eisen und Sulfat → Gefahr für Schutzgüter

Schutzgut	Eisen	Sulfat
Menschliche Gesundheit	▪ Kaum toxisch ▪ gesundheitsgefährdend (> 50 – 100 mg Fe/Tag, BMVBW 1995)	▪ Trinkwasserversorgung ▪ Verdauungsstörungen (> 600 mg/L, Backer 2000)
Biozönose	z.B.: ▪ Toxische Wirkung von Fe^{2+} (Beeinträchtigung O_2-Haushalt) ▪ Zurückgehende Abundanz und Artenvielfalt	z.B.: ▪ Störung Osmoregulation ▪ Direkte/indirekte Toxizität (Bildung H_2S)
Umwelt	▪ Wassertrübung bzw. Eisenausfällungen (eingeschränkte Fotosyntheseleistung von Makrophyten)	▪ Re-Eutrophierung durch Freisetzung von Phosphat ▪ Reduzierung pH-Wert (Versauerung der Gewässer)
Sachgüter		▪ Schädigung der Infrastruktur („Zementbazillus“)

Übersicht Untersuchungsgebiet - OWK

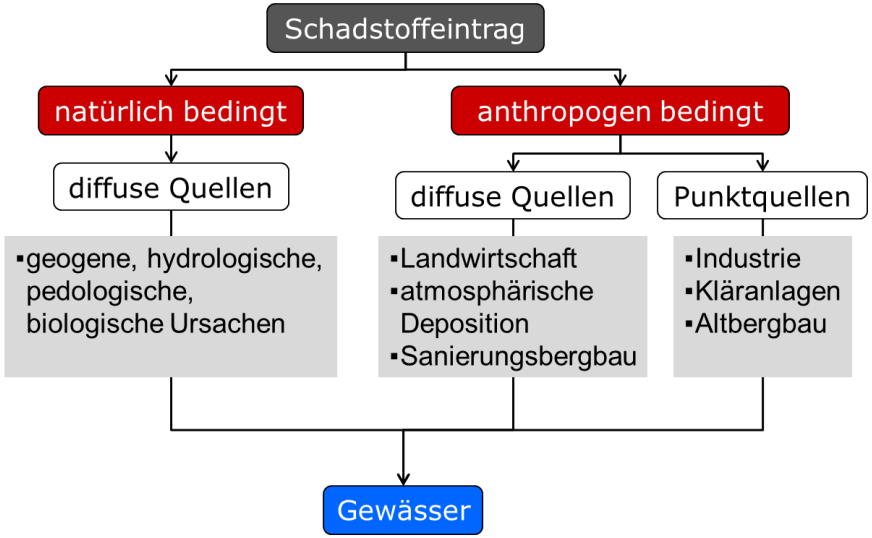
Oberflächenwasserkörper (OWK) in Sachsen sowie ausgewiesene OWK mit Bereichen in Zuständigkeit der LMBV und aktivem Braunkohlenbergbau

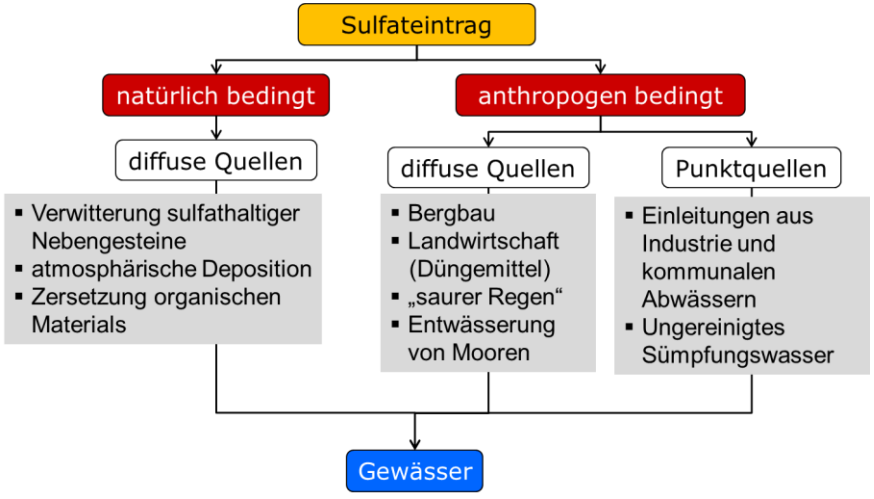


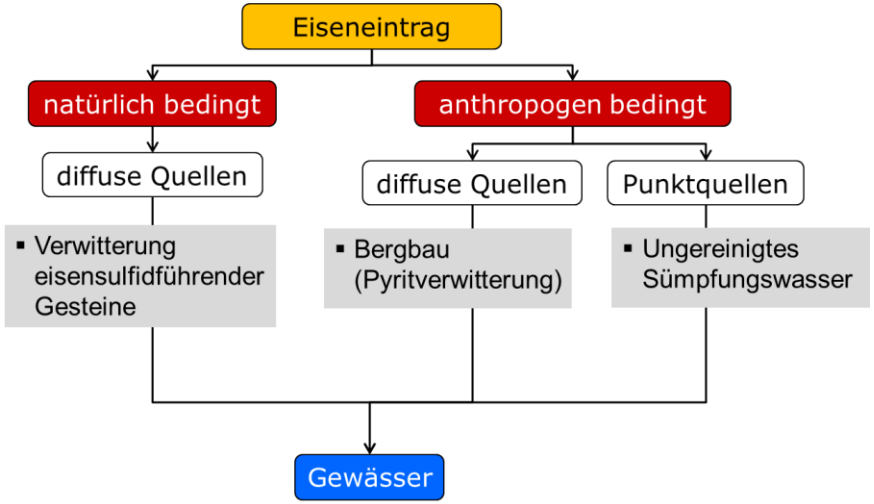
Arbeitsumfang im TP

- Sächsische OWK
- ohne aktiven Braunkohlenbergbau und Zuständigkeit der LMBV

Anthropogen und natürlich bedingter Stoffeinträge







Geogen erhöhte Konzentrationen - Sulfat

1. Vorkommen primär sulfatreicher Gesteine in Mitteleuropa :

- Trias
- mittlerer Keuper („Gipskeuper“)
- Muschelkalk
- Röt-Formation (Oberer Buntsandstein)
- Perm
- Zechstein

→ vor allem Anhydrit- und Gipsablagerungen.

2. Oxidation stärker sulfidführender Gesteine. Dies betrifft vor allem:

- Alaunschiefer des Silur und
- sulfidreiche Schichten des Tertiärs

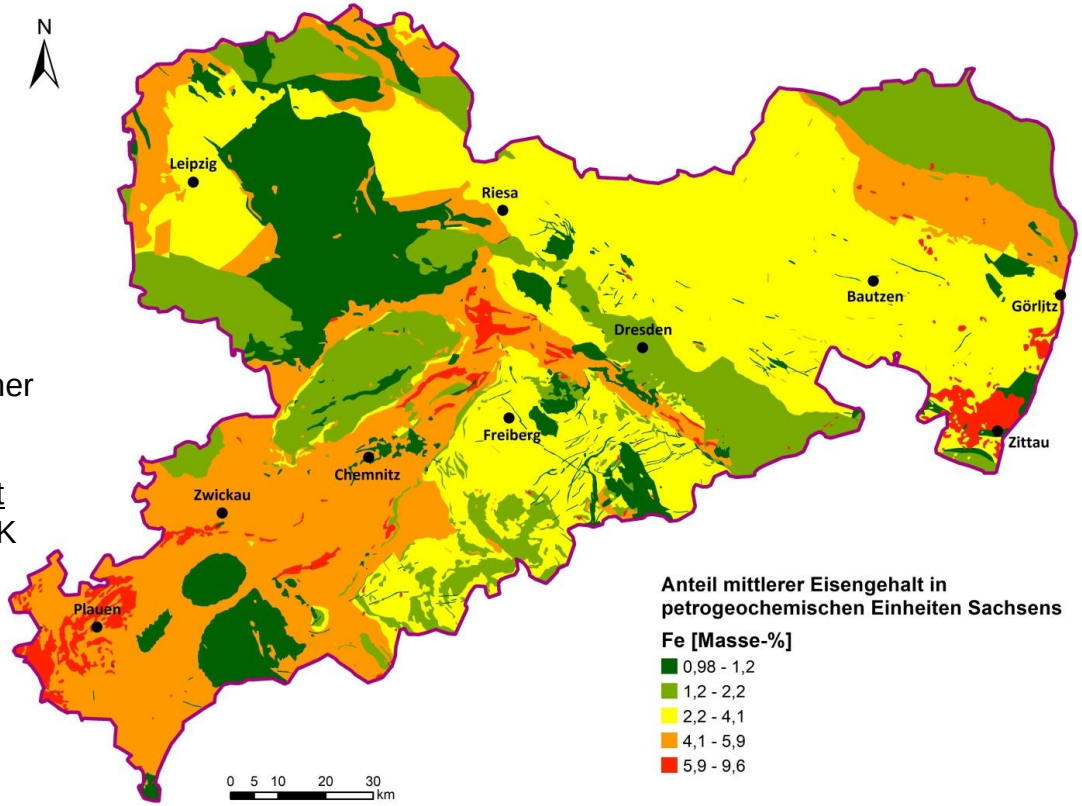
(früher zur Gewinnung der Sulfide (Pyrit) abgebaut, z.B. in Mühlwand (Silur) und Bad Düben (Tertiär) → Alaun- bzw. Vitriolwerke)

Diese Gesteinsformationen spielen flächenhaft in Sachsen aber eher eine untergeordnete Rolle:

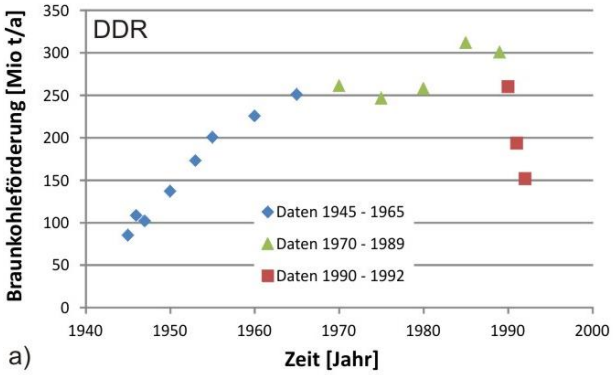
- Buntsandstein und Zechstein des Grundgebirgsstockwerkes in Nordsachsen bei Meißen, Bad Düben und Borna, die Nordwestsächsische Senke umringend, und kleinflächig in der Vorerzgebirgssenke bei Crimmitschau
- Der Muschelkalk mit lediglich 0,3 % Flächenanteil Sachsens bei Bad Düben
- Trias in der Oberlausitz nahe der Grenze zu Brandenburg
- sulfidreiche Schichten des Tertiärs potenziell im Lausitzer Vulkanitkomplex.

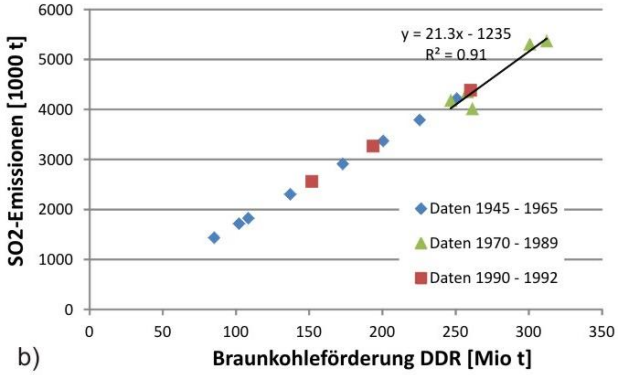
Geogen erhöhte Konzentrationen - Eisen

- Fe- Gehalte in den Gesteinen Sachsens variieren von 1 % (saure Vulkanite) bis 9,6 % (Amphibolit)
- signifikant höhere geogene Eisengehalten im Westerzgebirge, Nordwestsachsen und Oberlausitz
- kleinflächige Bereiche im Vogtland und in der Vorerzgebirgssenke (basische Vulkanite) und südlicher Teil der Oberlausitz (Vulkanite).
- Lithologisch bedingte hohe Eisengehalte haben nicht unmittelbaren Einfluss auf die Eisengehalte von OWK und GWK (geringe Freisetzungsrate).



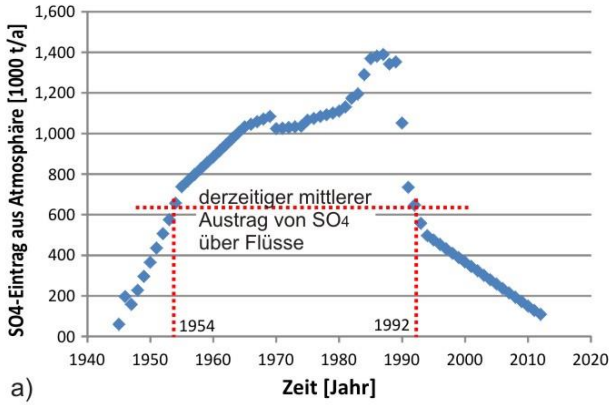
Anthropogene Eintragswege - Sulfat

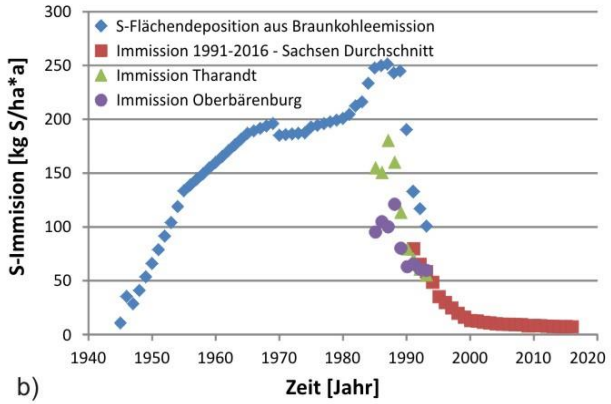




a) Geförderte Braunkohlenmenge

b) Gegenüberstellung der SO2-Emissionen und der Braunkohleförderung in der DDR und den neuen Bundesländern von 1945 bis 1992 (Datenauswertung nach Matthes 1999)

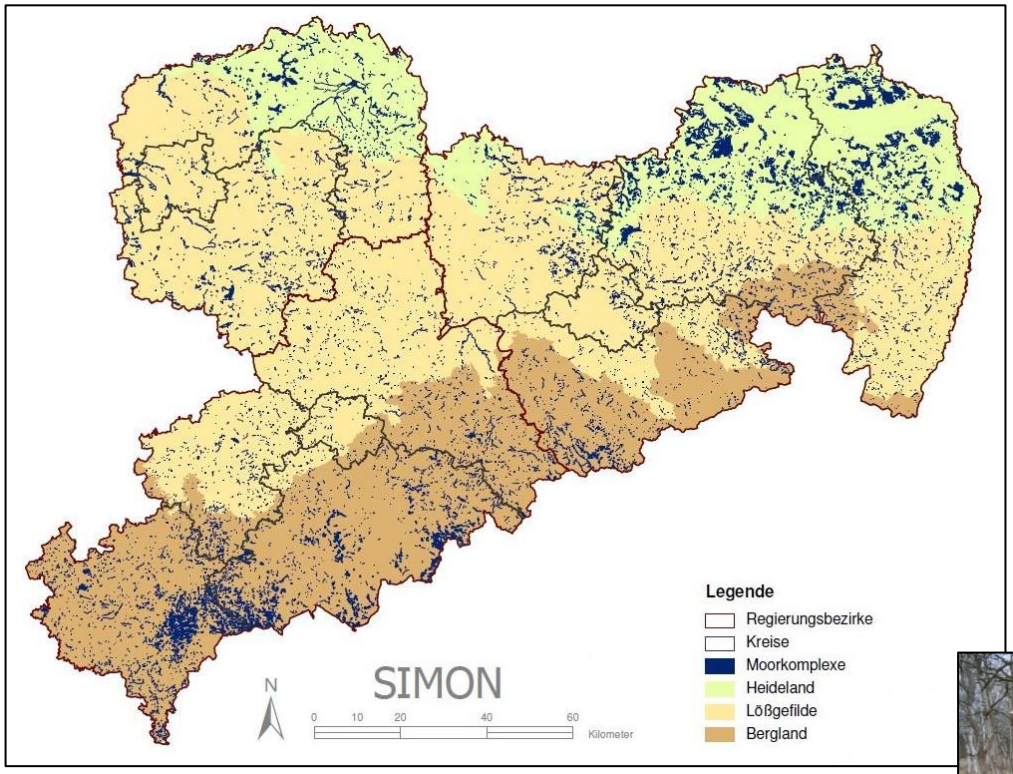




a) Einträge an Sulfat aus der Atmosphäre in die Böden und Gewässer über die Jahrzehnte in Sachsen und Gegenüberstellung der derzeitigen jährlichen SO_4-Austräge über Oberflächenwässer; b) Schwefel-Flächenbeaufschlagung berechnet aus den Braunkohledaten bis 1990, ab 1990 Auswertung der bundesdeutschen Immissionsdaten (UBA 2018).

Heiden und Moore

Geogene / Anthropogene Eintragswege – Sulfat, Eisen



Moorkomplexkarte für Sachsen (Darstellung der einzelnen Moorkomplexe überhöht, aus Kessler et al. 2011)

In Nordwestsachsen und der Lausitz nehmen Moore eine Rolle als Sulfatsenken ein (Kessler *et al.* 2011).

Dies trifft aber nur für intakte Moore zu, in denen reduktive Bedingungen herrschen.

Moore können für einen erhöhten Eisenzutritt in Fließgewässer verantwortlich sein (saure und reduzierenden Bedingungen → verstärkte Mobilisierung von Eisen).

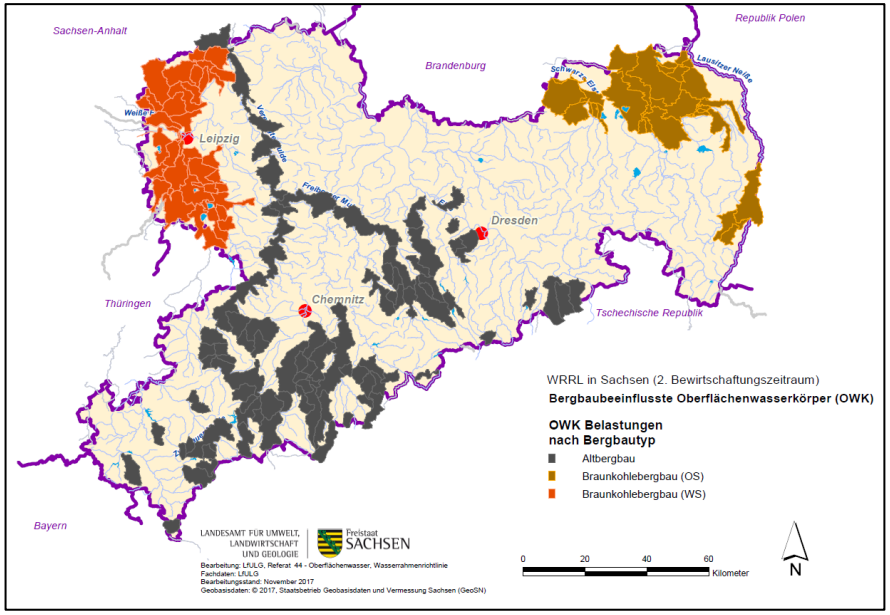
In Sachsen 46.800 ha bzw. 2,5 % der Landesfläche

<u>Kerngebiete:</u>

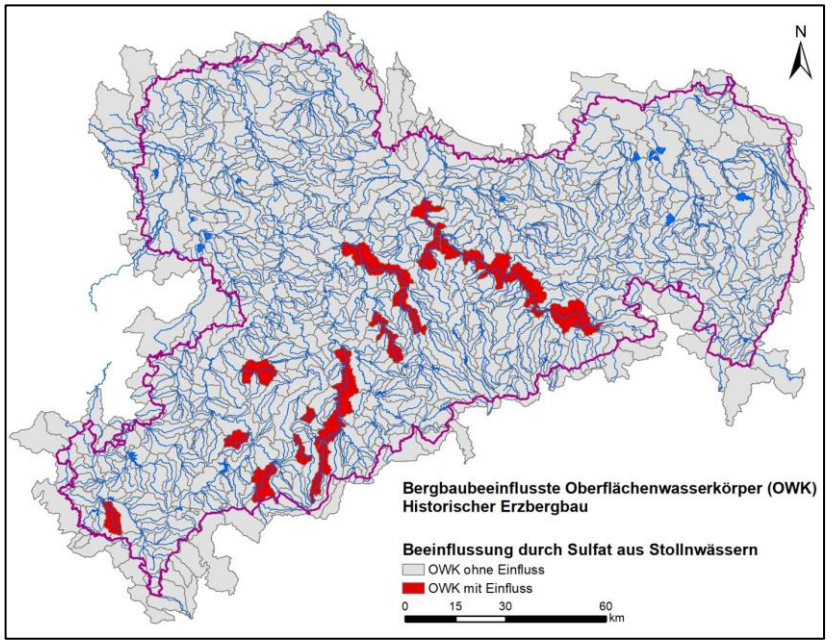
- Westerzgebirge
- Mittelerzgebirge
- Königsbrück-Ruhlander Heide
- Oberlausitzer Heide- und Teichgebiet

Europäische Union. Europäischer Fonds für regionale Entwicklung. Evropská unie. Evropský fond pro regionální rozvoj.
SN CZ Ahoj sousede, Hallo Nachbar. Interreg V A / 2014 – 2020
Vita-Min
G.E.O.S. INGENIEUR-GESELLSCHAFT MBH

Anthropogene Eintragswege – Sulfat, Eisen



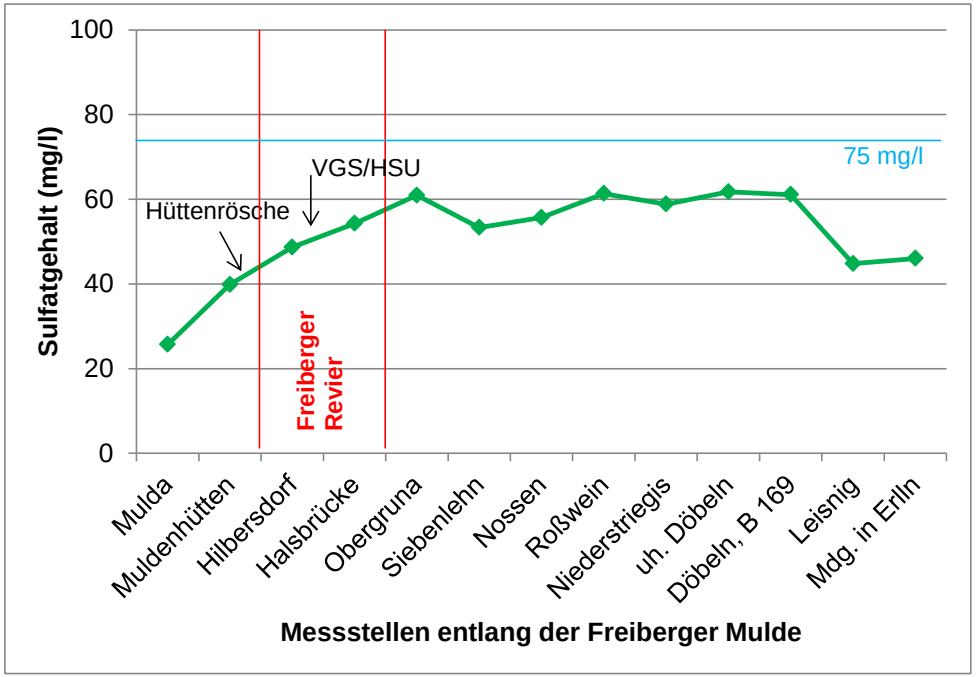
Bergbaubeeinflusste Oberflächenwasserkörper in Sachsen (LfULG 2017)



OWK	Name	Gewässer	MW (mg/l)
DESN_5-1	Neuer König David Hilfsstolln	Elbe	390
DESN_53732-2	Rothschönberger Stolln, vor Einmdg. in die Triebisch	Triebisch	256
DESN_542-3	Mundloch Hüttenrösche Morgenstern	Freiberger Mulde	248
DESN_542-4	Tiefer Wolf Stolln	Freiberger Mulde	145
DESN_542-4	Adam Stolln	Freiberger Mulde	330
DESN_542-3	Kgl.-Vertr.-Ges.-Stolln	Freiberger Mulde	353
DESN_542-3	Hauptstolln-Umbruch	Freiberger Mulde	230
DESN_542662	König Dänemark Stolln	Jahnsbach	114
DESN_5412-2	Stolln 146	Johgst. Schwarzwasser	110
DESN_566138	Brüder Einigkeit Stolln	Triebelbach	252

Oberflächenwasserkörper mit einer potenziellen Sulfatbelastung aufgrund erhöhter Sulfatkonzentrationen in Grubenwässern des historischen Bergbaus mit Überschreitungen des LAWA-Orientierungswertes

Anthropogene Eintragswege – Sulfat



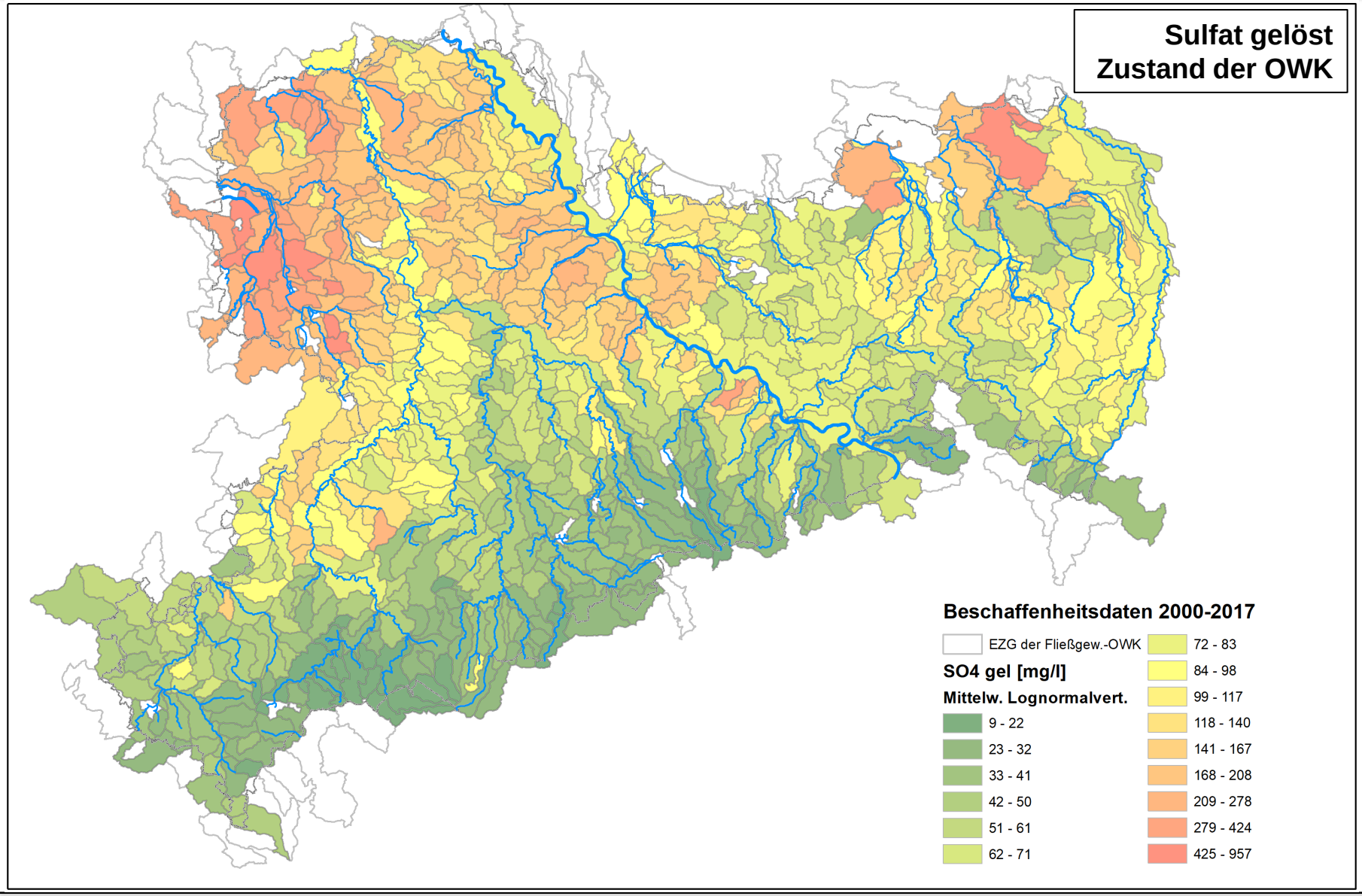
Sulfatgehalt von OWK-Messstellen entlang der Freiberger Mulde,
blau: gültiger LAWA-Orientierungswert
rot: Abschnitt des Freiberger Reviers
(Mittelwerte 2015, basierend auf Daten des LfULG)

Anthropogene Eintragswege – Sulfat

- Aussagen zum Einfluss der Landwirtschaft auf Grund- und Oberflächenwasser konzentrieren sich oft auf die Nitratbelastung und den Eintrag organischer Stoffe.
- Schwefelbilanz für landwirtschaftliche Betriebe durch Nestler & Grischek (2002, BMBF-Vorhaben)
- Zusammenfassung: landwirtschaftliche Flächennutzung ist in der Lage, sowohl atmosphärische Einträge als auch die Schwefelzufuhr durch Dünger weitestgehend durch die Flächennutzung abzupuffern
- Bei Betrieben mit sehr hohem Viehbesatz ist in der Regel der Schwefelimport über Zukauffuttermittel höher, als der flächenbezogene Schwefelexport
- Nach Nestler & Grischek wirken sich demnach die in der Landwirtschaft freigesetzten Sulfatmengen nicht wesentlich auf die Grundwasserbeschaffenheit aus. Für die Oberflächenwässer wird dies von diesen Autoren ebenfalls vorausgesetzt.
- Statistische Datenauswertung zeigte signifikante Sulfateinträge vor allem in Nordsachsen, die eine Modifizierung dieser Aussagen erfordern.

Oberflächenwasser

Statistische Datenauswertung - Sulfat



Europäische Union. Europäischer Fonds für regionale Entwicklung. Evropská unie. Evropský fond pro regionální rozvoj.

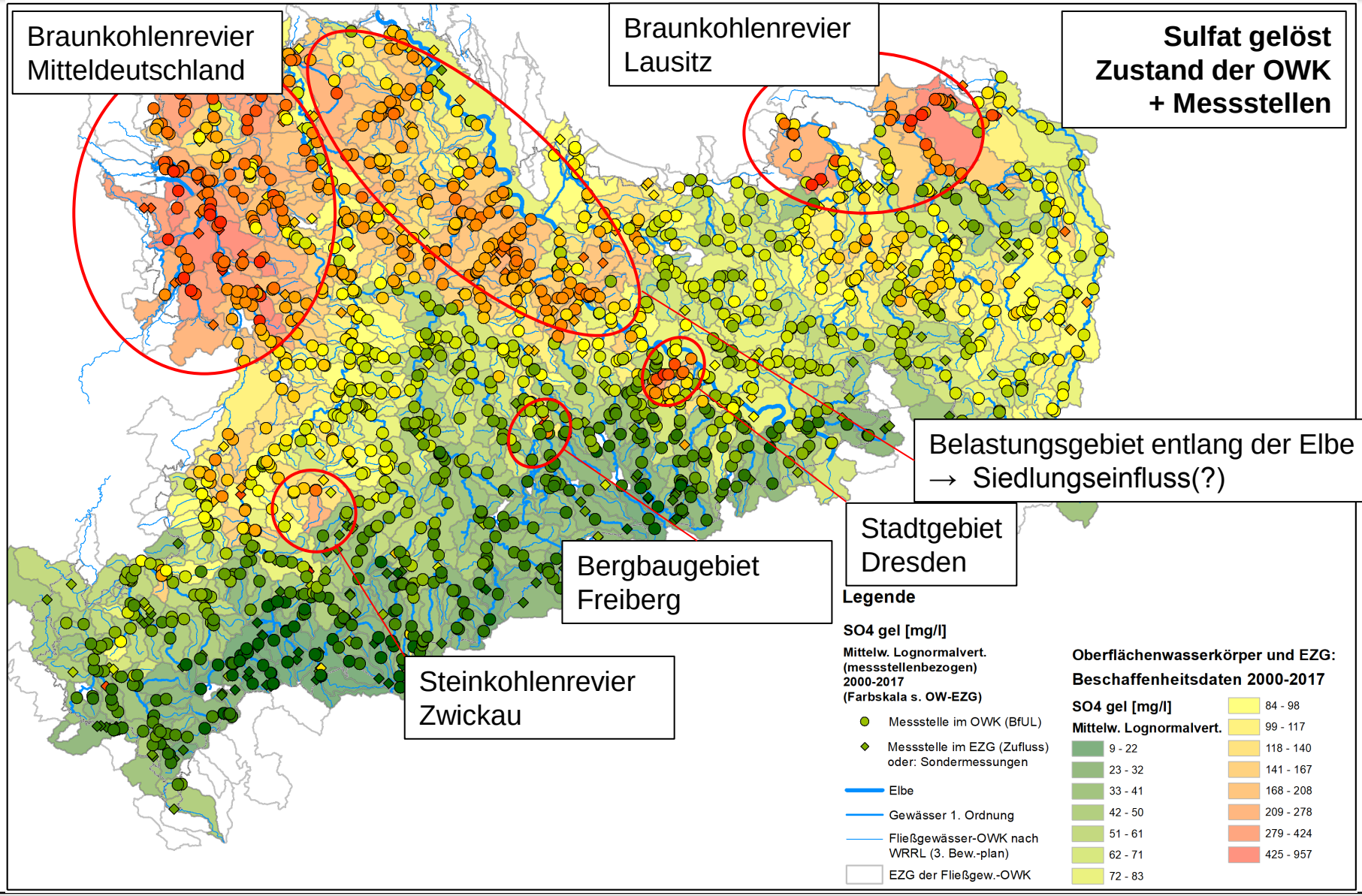
SN CZ
Ahoj sousede, Hallo Nachbar.
Interreg V A / 2014 – 2020

Vita-Min

G.E.O.S. INGENIEUR-GESELLSCHAFT MBH

Oberflächenwasser

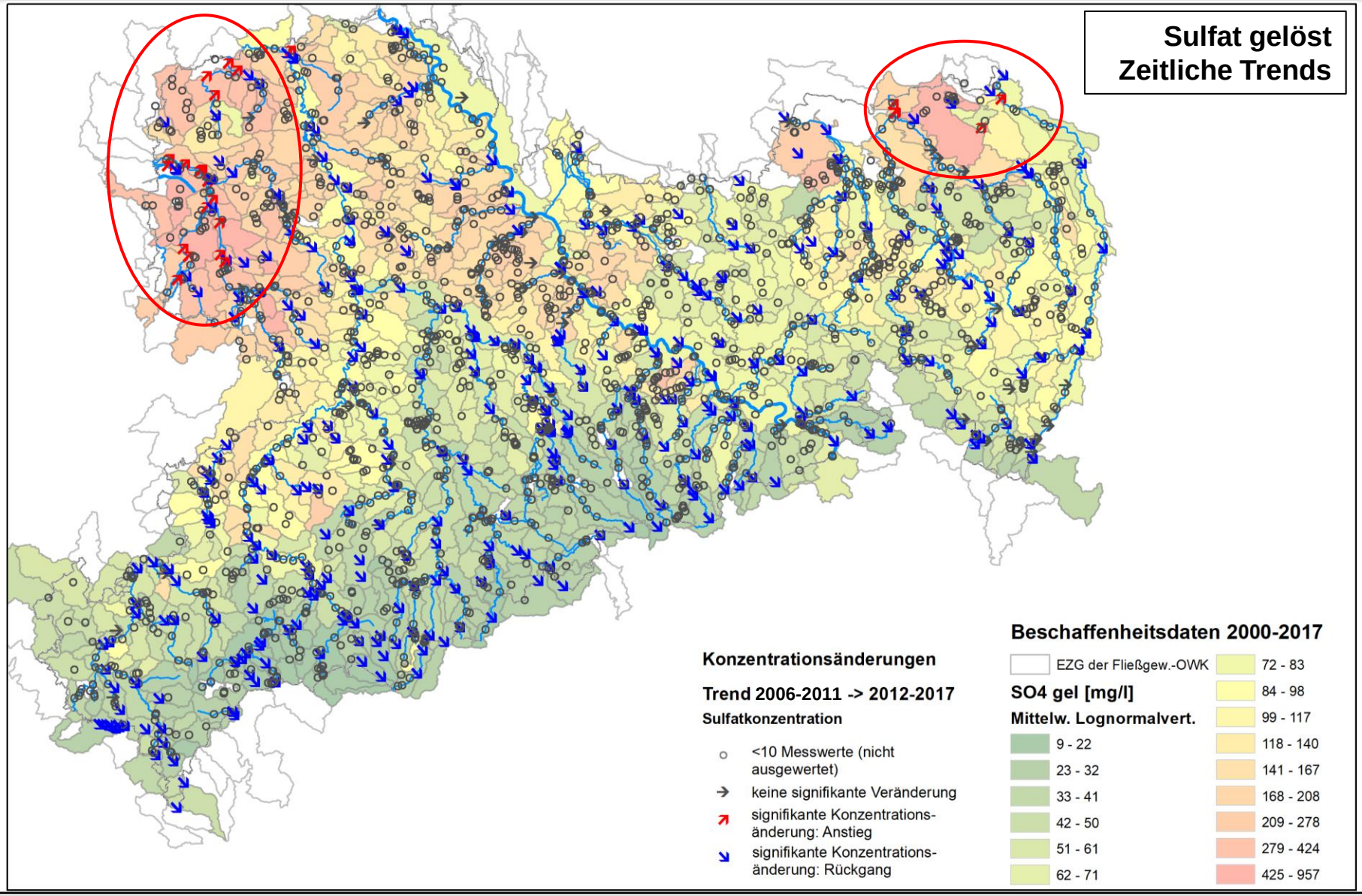
Statistische Datenauswertung - Sulfat



Europäische Union. Europäischer Fonds für regionale Entwicklung. Evropská unie. Evropský fond pro regionální rozvoj.
SN CZ Ahoj sousede, Hallo Nachbar. Interreg V A / 2014 – 2020
Vita-Min
G.E.O.S. INGENIEUR-GESELLSCHAFT MBH

Oberflächenwasser

Statistische Datenauswertung - Sulfat



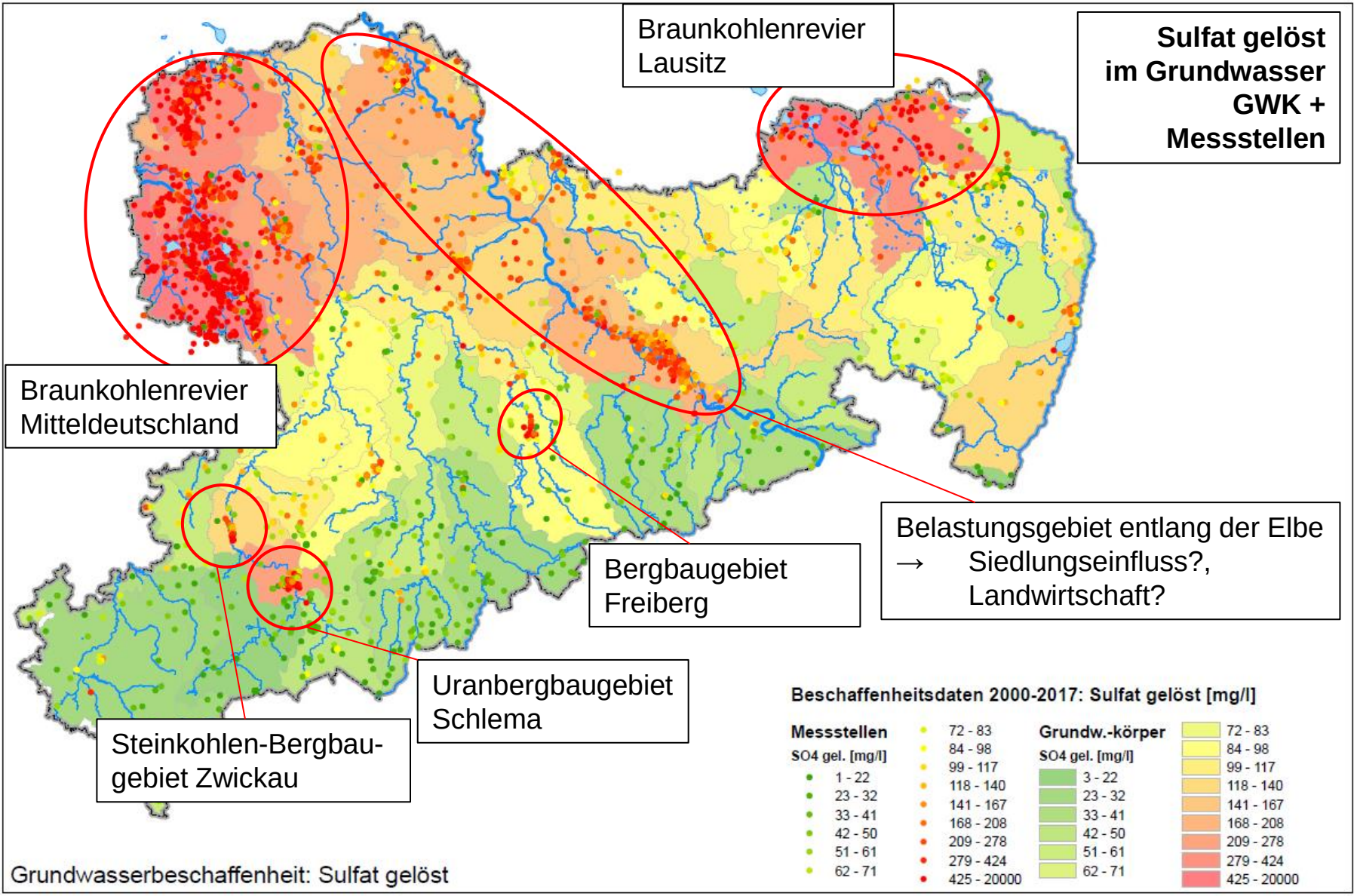
Europäische Union. Europäischer Fonds für regionale Entwicklung. Evropská unie. Evropský fond pro regionální rozvoj.

SN CZ Ahoj sousede, Hallo Nachbar. Interreg V-A / 2014 – 2020

Vita-Min

G.E.O.S. INGENIEUR-GESELLSCHAFT MBH

Statistische Datenauswertung - Sulfat



Ergebnisse

Beschaffenheit der Oberflächenwasserkörper

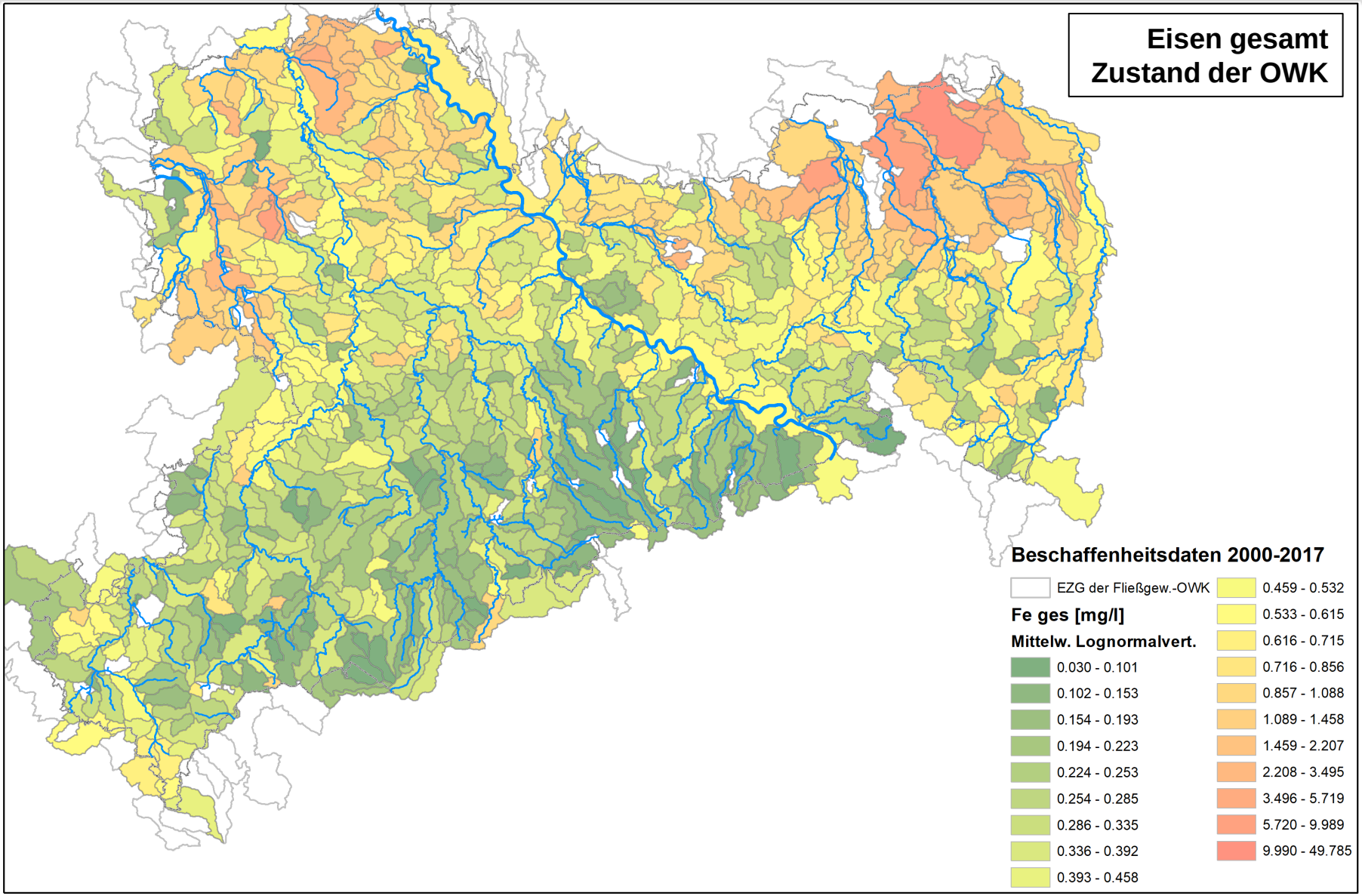
1. Am deutlichsten zeichnen sich die Braunkohlenbergbaugebiete ab.
2. Weiterer wesentlicher Einflussfaktor scheint „Besiedelung“ zu sein.
3. Einfluss des Erzbergbaus zeigt sich in Beschaffenheit der OWK nur wenig

Beschaffenheit der Grundwasserkörper

1. In Beschaffenheit der Grundwassermessstellen zeigen sich Einflüsse deutlicher.
2. Braunkohlenbergbaugebiete und Besiedlung zeichnen sich deutlich ab.
3. Bedeutende Erzbergbaugebiete zeichnen sich ab.

Oberflächenwasser

Statistische Datenauswertung - Eisen



Europäische Union. Europäischer Fonds für regionale Entwicklung. Evropská unie. Evropský fond pro regionální rozvoj.

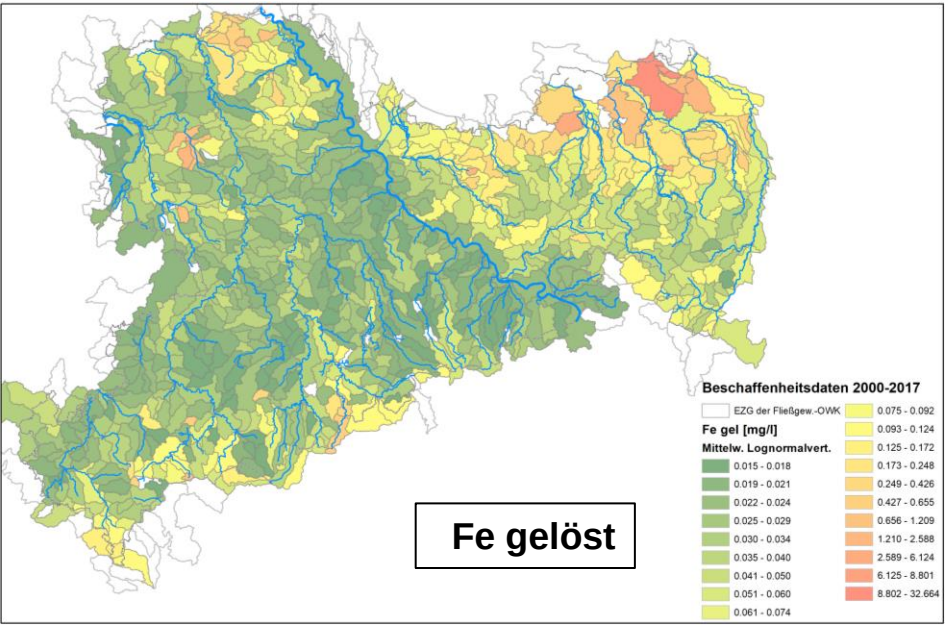
SN CZ
Ahoj sousede, Hallo Nachbar.
Interreg V A / 2014 – 2020

Vita-Min

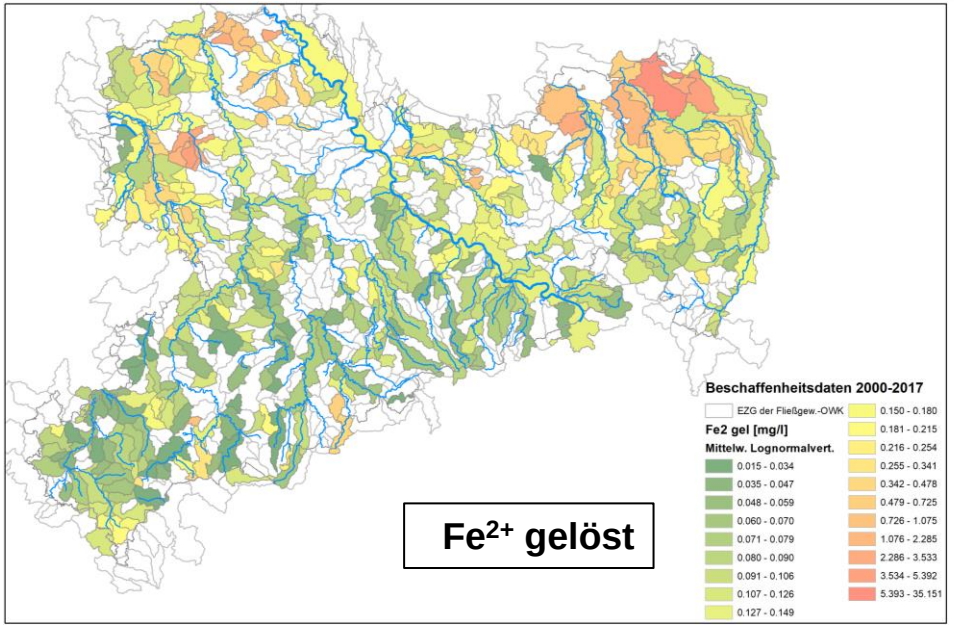
G.E.O.S. INGENIEUR-GESELLSCHAFT MBH

Oberflächenwasser

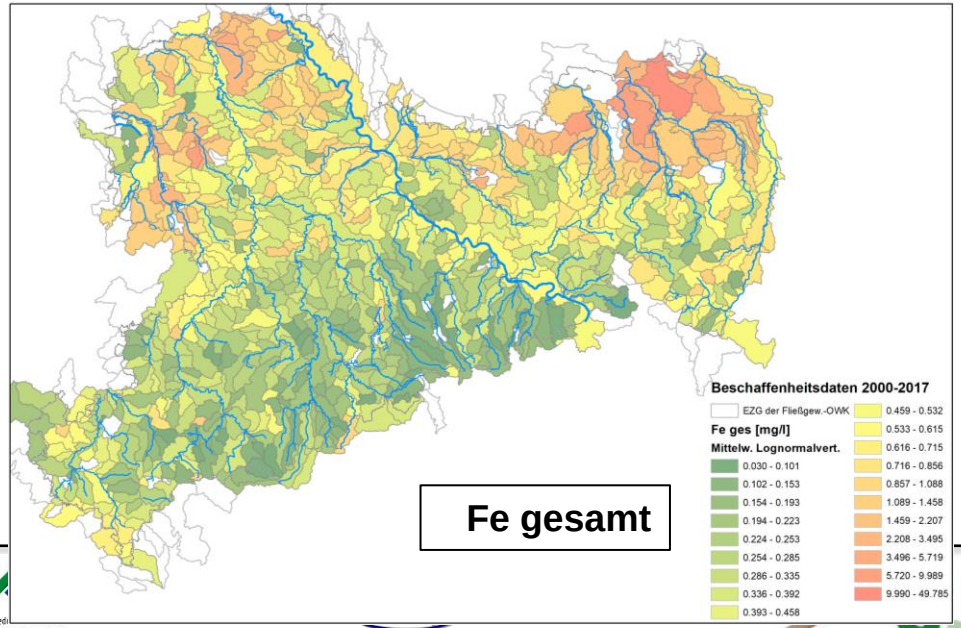
Eisen - Bindungsformen



Fe gelöst



Fe^{2+} gelöst



Fe gesamt

Bindungsformen von Eisen in den OWK

Europäische Union. Europäischer Fonds für regionale Entwicklung. Evropská unie. Evropský fond pro regionální rozvoj.

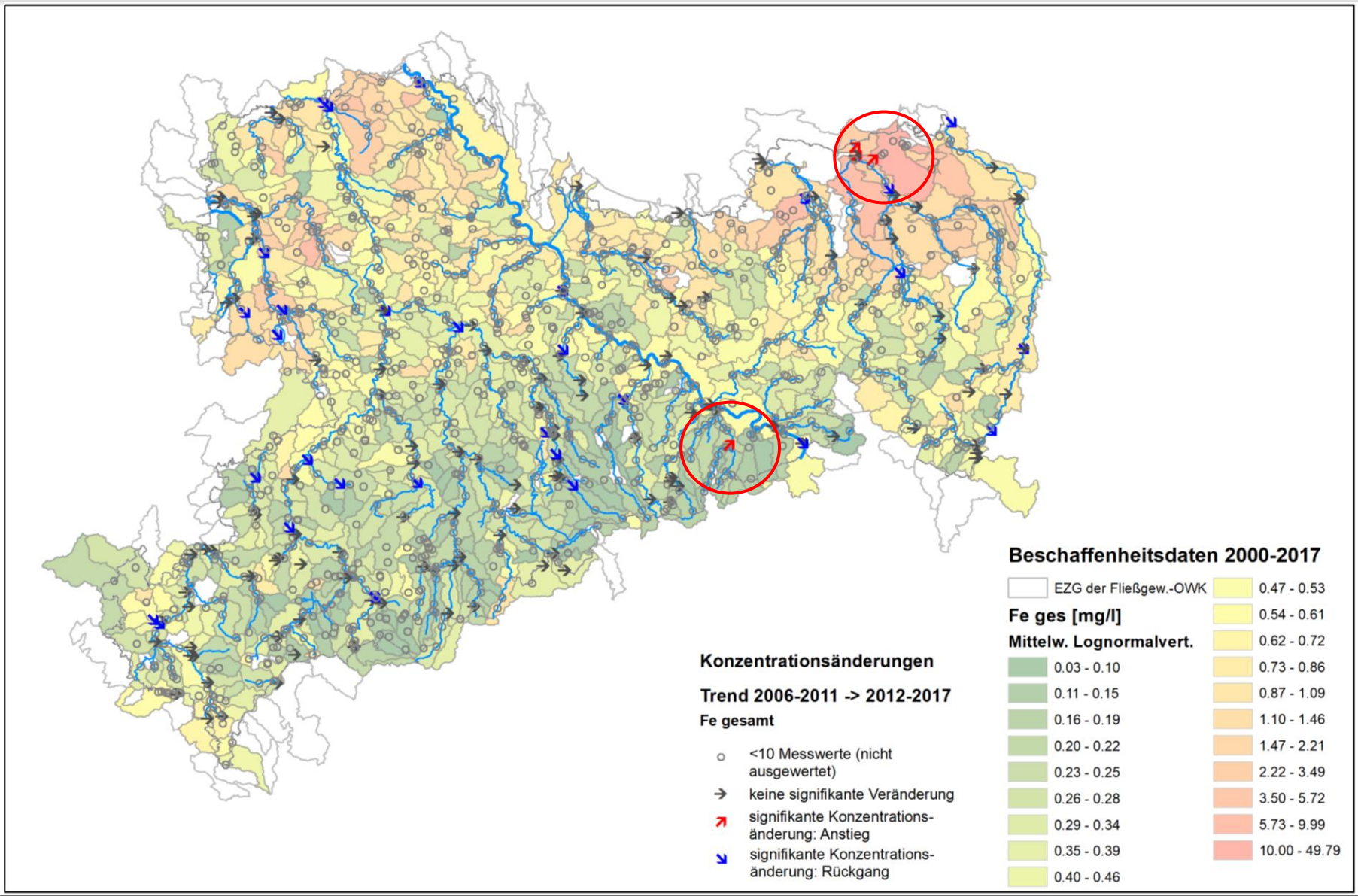
Ahoj sousedi
Interreg V-A / 2014 – 2020

Vita-Min

E.O.S. INGENIEUR-GESELLSCHAFT MBH

Oberflächenwasser

Statistische Datenauswertung - Eisen



Europäische Union. Europäischer Fonds für regionale Entwicklung. Evropská unie. Evropský fond pro regionální rozvoj.
SN CZ Ahoj sousede, Hallo Nachbar. Interreg V A / 2014 – 2020
Vita-Min
G.E.O.S. INGENIEUR-GESELLSCHAFT MBH

Untersuchte Beeinflussungen

Quantitativ

- Höhenlage (m HN)
- Landnutzungsanteile
  - Wald
  - Acker
  - landwirtschaftliches Grünland
  - Siedlungs-/Industrie-/Gewerbegebiete/Infrastruktur
  - Moore

Qualitativ

- Höhenregion (Tiefland, Hügelland, Mittelgebirge)
- natürliche Gegebenheiten, v. a. Geologie: Fließgewässerlandschaften
- Bergbau (ohne Beeinflussung: 0 bis prägende Beeinflussung: 3)
- Siedlung/Industrie/Gewerbe/Verkehr (ohne Beeinflussung bis prägende Beeinflussung)
- Moore (ohne Beeinflussung: 0 bis prägende Beeinflussung: 3)

Naturräumliche Gebietseigenschaften

⇒ 40 „**Beurteilungsräume**“ ⇒ 17 „Zusammengefasste Beurteilungsräume“

Beurteilung der anthropogenen Gesamtbeeinflussung

Suche nach Messstellen, die möglichst wenig anthropogen beeinflusst sind

⇒ Abschätzung des Geogenen Hintergrundes für die Beurteilungseinheiten

anhand

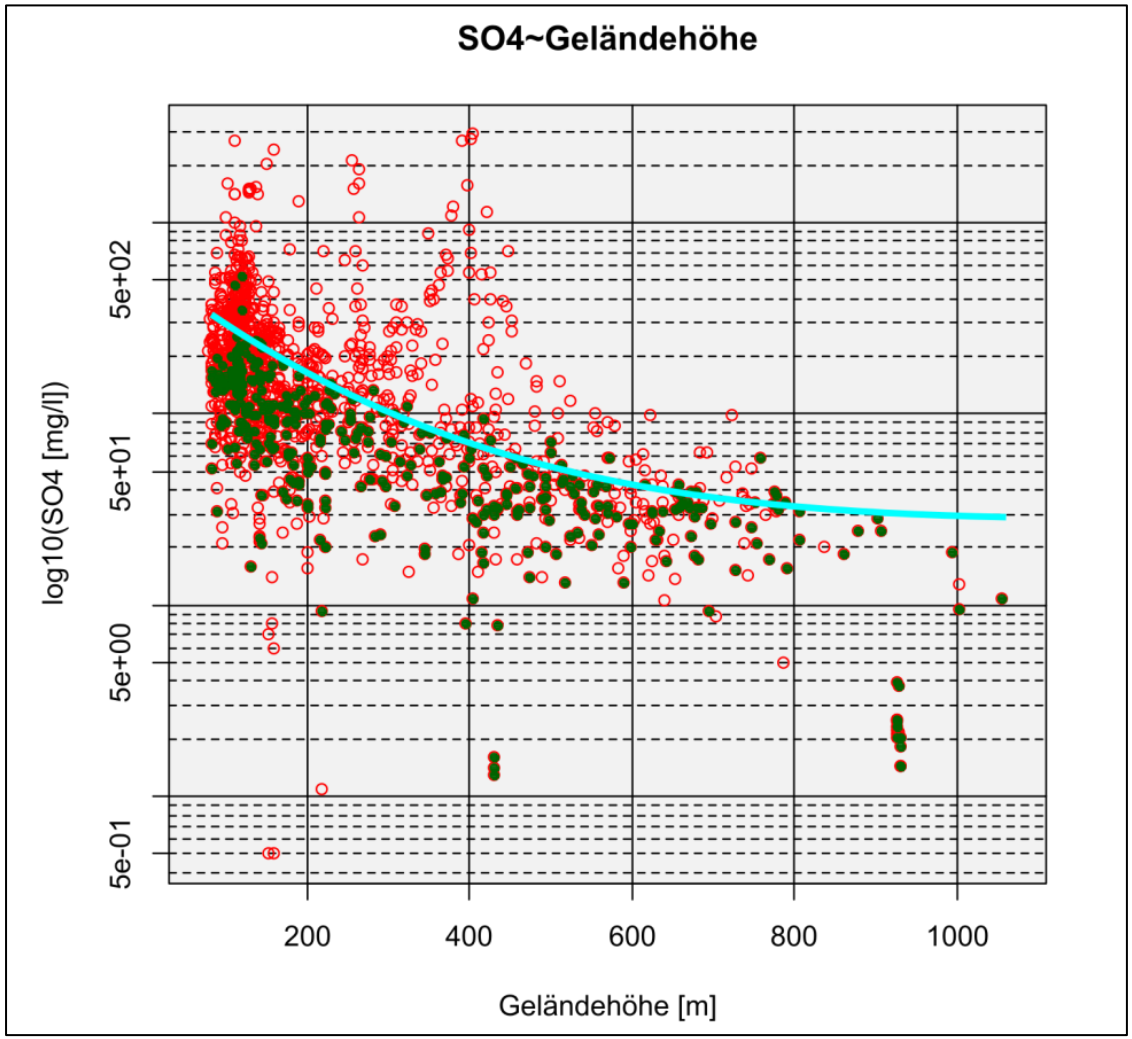
- topografischer Merkmale (z. B. Siedlungs-/Industrie-/Bergbaugebiete, Einleiter, Stolln ...)
- auffälliger Erhöhungen der Stoffkonzentration
- an Eisen und/oder Sulfat
- an anderen Parametern (Schwermetalle/Arsen, Nitrat, Phosphat)

Ergebnis

Einstufung in

- Messstellen „A“: wahrscheinlich anthropogen beeinflusste Messstellen
- Messstellen „G“: weitgehend anthropogen unbeeinflusste Messstellen
- Messstellen „M“: durch Moore zusätzlich beeinflusste Messstellen

Ergebnisse: Beispiel Sulfatkonzentration von Messstellen „A“ und „G“



- Messstellen „A“: wahrscheinlich anthropogen beeinflusste Messstellen
- Messstellen „G“: weitgehend anthropogen unbeeinflusste Messstellen

Ergebnisse: Geogener Hintergrund

- Messstellen ohne wesentliche anthropogene Beeinflussung („G“)
- Zusätzlich Auswertung der Regressionsbeziehungen bei Ackerflächenanteil = 0
- Differenzierung nach Höhenregion

Ergebnisse:

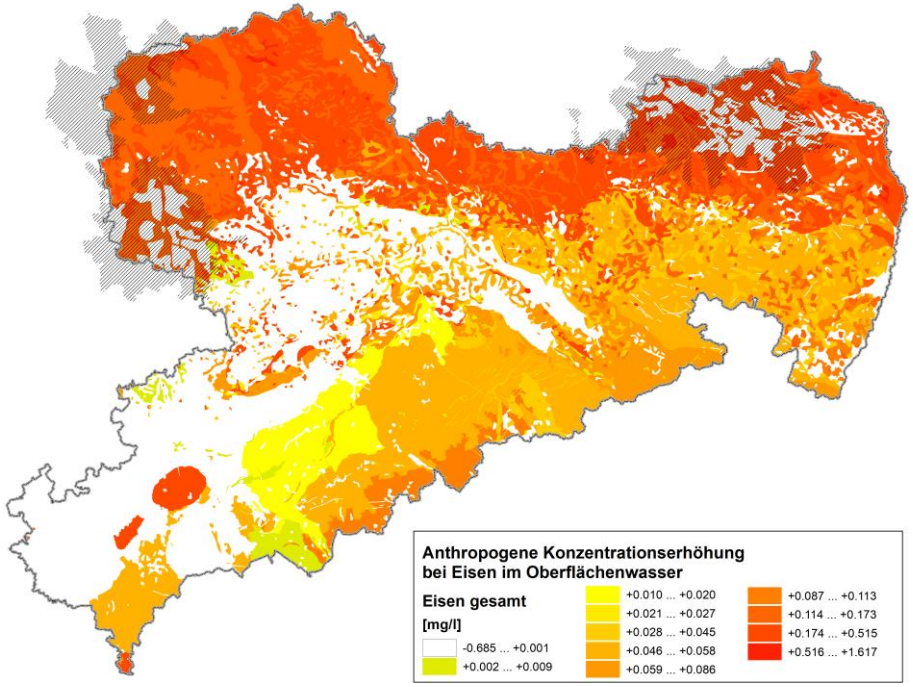
Sulfat, Tiefland	50 mg/L
Sulfat, Hügelland	40 mg/L
Sulfat, Mittelgebirge	20 mg/L

Ergebnisse: Anthropogener Einfluss

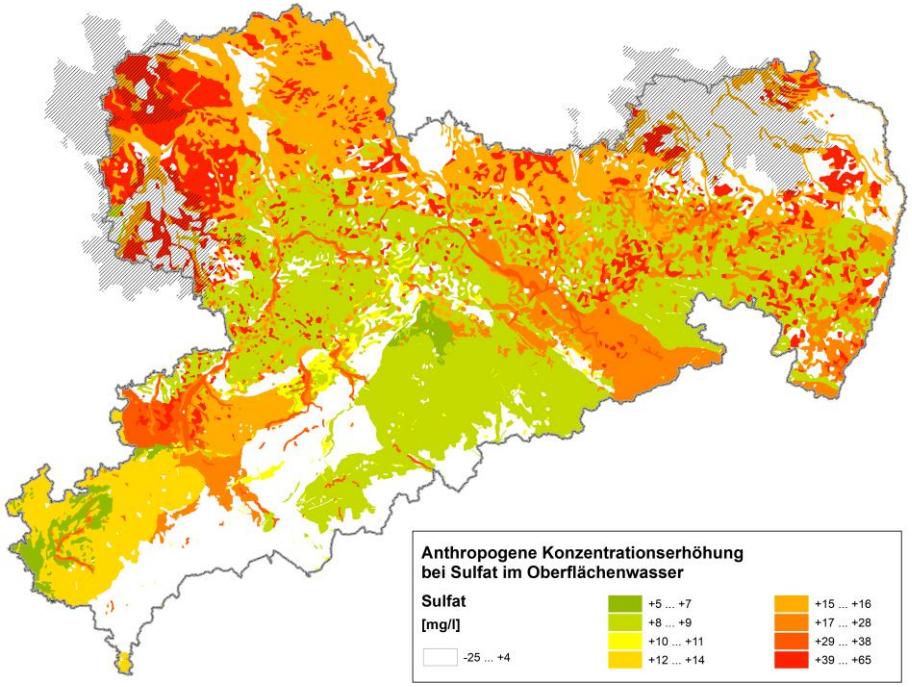
Die anthropogene Konzentrationsänderung resultiert aus den aktuellen Messwerten, vermindert um die geogene Hintergrundkonzentration.

Die Konzentrationsdifferenzen wurden berechnet für die Beurteilungsräume.

Ergebnisse: Eisen im OW

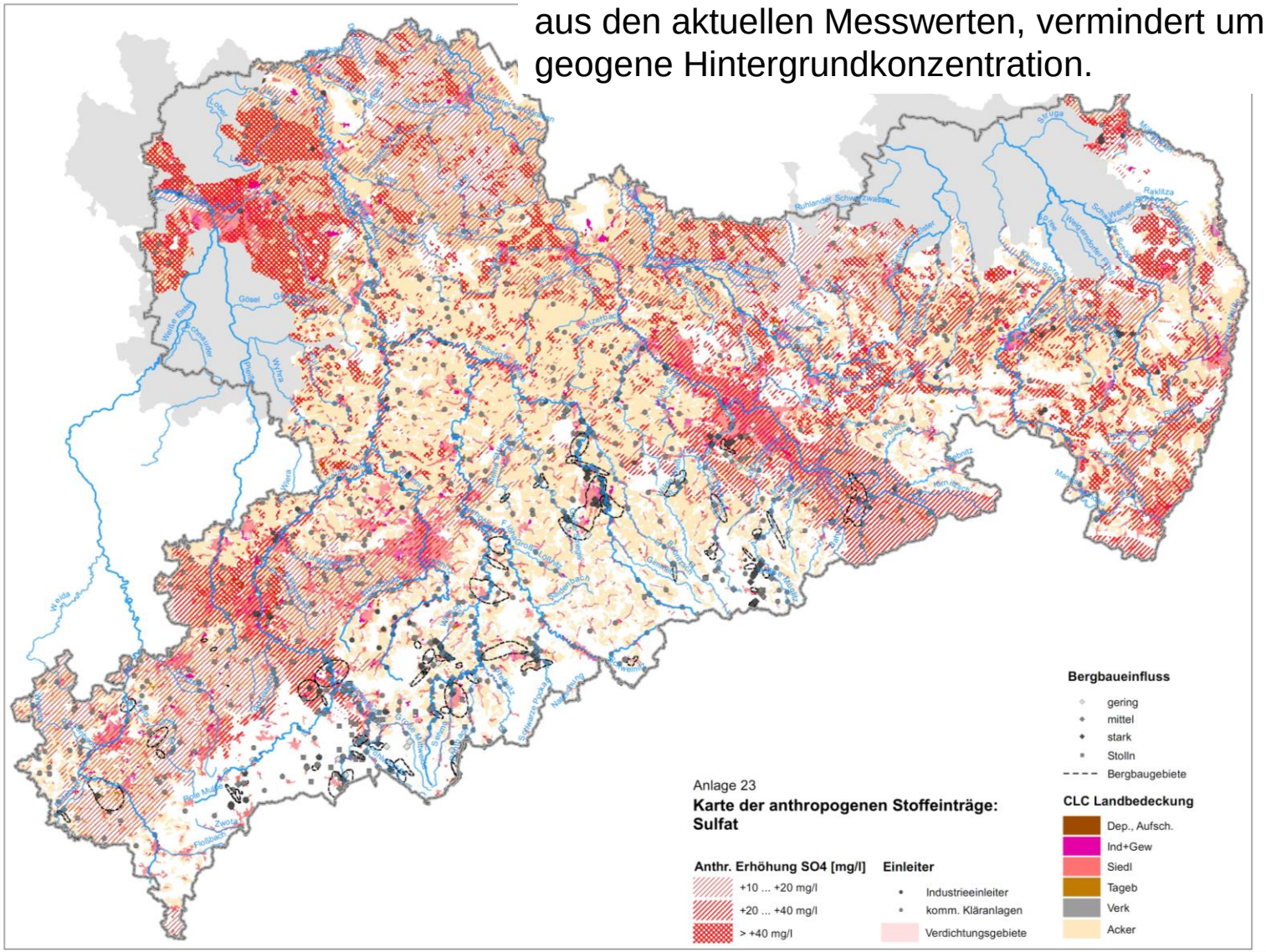


Ergebnisse: Sulfat im OW



Karten der anthropogenen Stoffeinträge – Sulfat

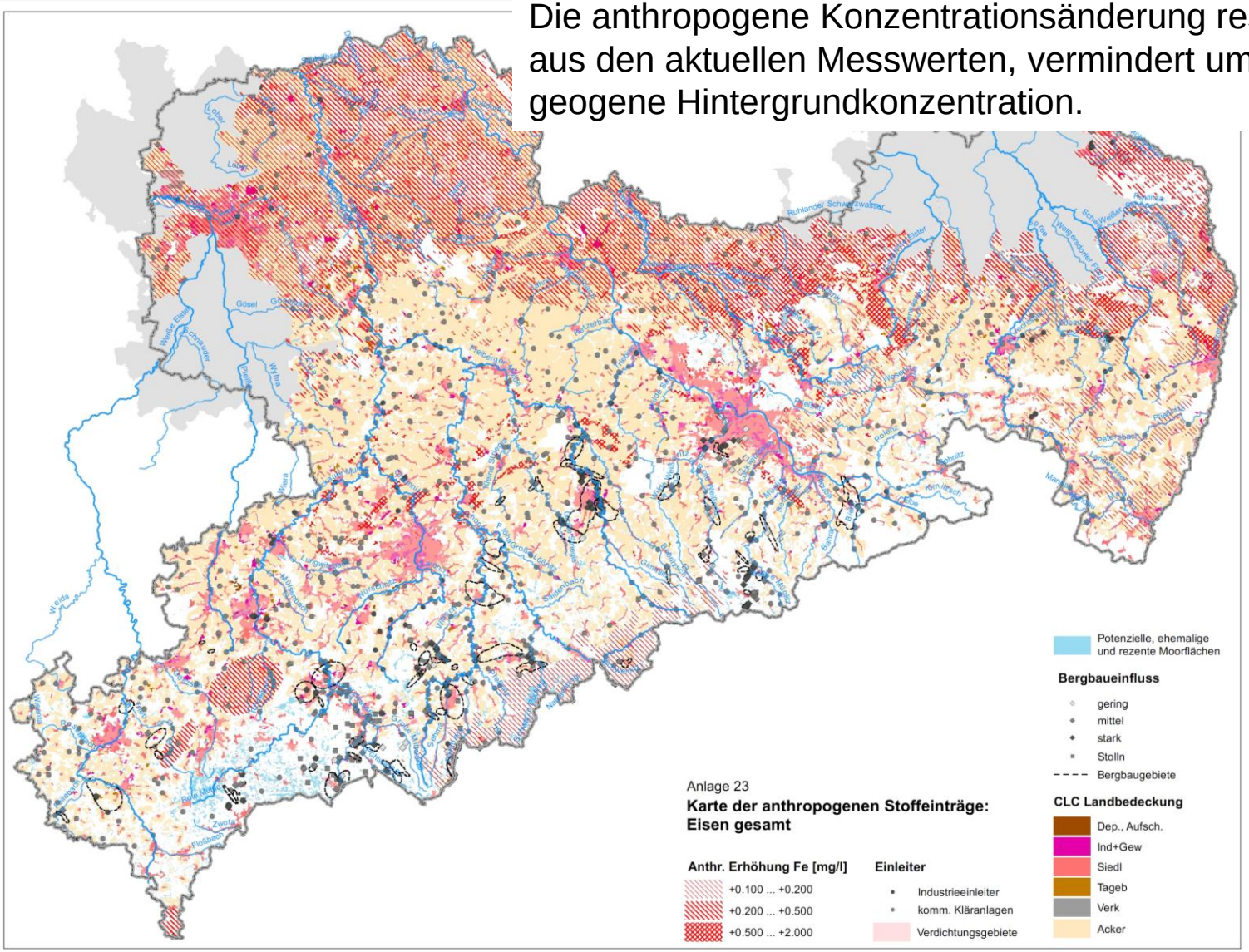
Die anthropogene Konzentrationsänderung resultiert aus den aktuellen Messwerten, vermindert um die geogene Hintergrundkonzentration.



Europäische Union. Europäischer Fonds für regionale Entwicklung. Evropská unie. Evropský fond pro regionální rozvoj.
SN CZ Ahoj sousede, Hallo Nachbar. Interreg V-A / 2014 – 2020
Vita-Min
G.E.O.S. INGENIEUR-GESELLSCHAFT MBH

Karten der anthropogenen Stoffeinträge – Eisen

Die anthropogene Konzentrationsänderung resultiert aus den aktuellen Messwerten, vermindert um die geogene Hintergrundkonzentration.



Best Practice-Verfahren: Mögliche Maßnahmen

Faktor	Art	Optionen Sulfat	Optionen Eisen
Lithologie	diffus	–	–
Heiden-Moore	diffus	–	naturnahe Verfahren an großer Zahl von Objekten/Standorten
Atmosphäre	diffus	–	–
Landwirtschaft	diffus	Verringerung Sulfatgehalt der Düngemittel, Optimierung Bewirtschaftung	–
Bergbau	Punkt	Best-Practice-Verfahren	Best-Practice-Verfahren
	diffus	naturnahe Verfahren an großer Zahl von Objekten/Standorten	naturnahe Verfahren an großer Zahl von Objekten/Standorten
Siedlung	Punkt	Verbesserung Ablaufwerte Klär-anlagen (Best-Practice-Verfahren)	–
	diffus	naturnahe Verfahren an großer Zahl von Objekten	–
Industrie	Punkt	Best-Practice-Verfahren	–

Danke für Ihre Aufmerksamkeit!

Děkuji vám za pozornost!