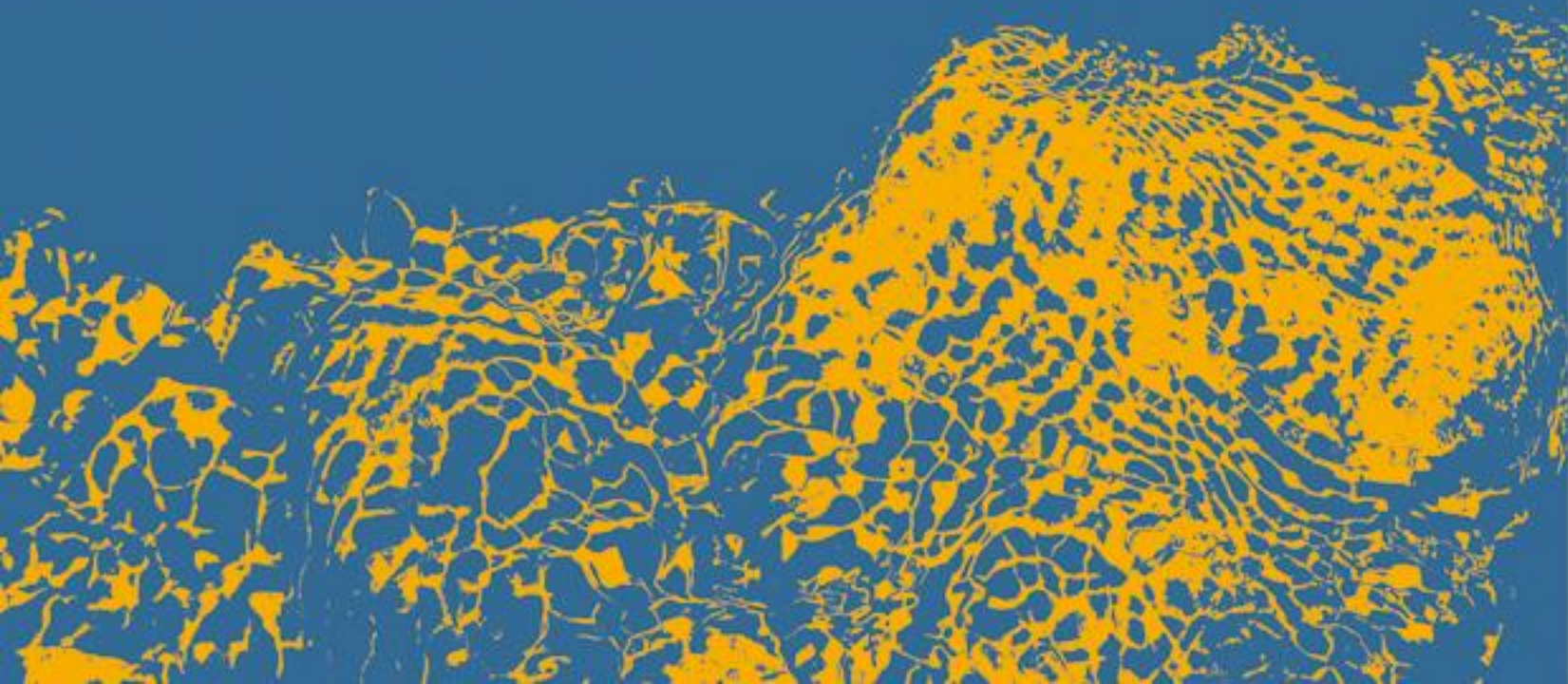


Web Mapping Service of Natural Background Values of Groundwater in Germany

Bernhard Wagner, LfU Bayern



Regional background values of groundwater – legal requirements

- **EU-Water Framework Directive:** 2000/60/EG, 2006/118/EG:
achievement of good chemical status of groundwater bodies
- **Soil Protection Act (Germany):** BBodSchG (1999) (federal),
e.g. BayBodSchG (1999) (provincial)
definition of allowed threshold values of pollutants in groundwater

Project goals and concept

- **Working group "Background values of groundwater":**
launched by the Geological Surveys of Germany 2005 within the context of the EU-Water Framework Directive
- Goal: determine background values of groundwater in Germany and make them available in an interactive internet application
- Reference: upper aquifer
- Data basis: abt. 48.000 groundwater measuring points
- Parameters: anorganic major and trace elements
physicochemical parameters

Parameters

naturally occurring anorganic elements:

Major elements: Ca, K, Mg, Na, HCO₃, SO₄, Cl

Trace elements: Br, F, PO₄, SiO₂, Fe, Mn, Ba, Sr

Ag, Al, As, B, Bi, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Li, Mo, Ni,
Pb, Sb, Se, Sn, T, Tl, U, V, Zn

Physicochemical
parameters:

electrical conductivity, pH

Definition background value

Background value: the upper margin of the concentration of an element to be expected in the groundwater of a hydrogeochemical unit under natural conditions

The background value is defined as the 90th percentile of the normal distribution of the parameters.

Challenge:

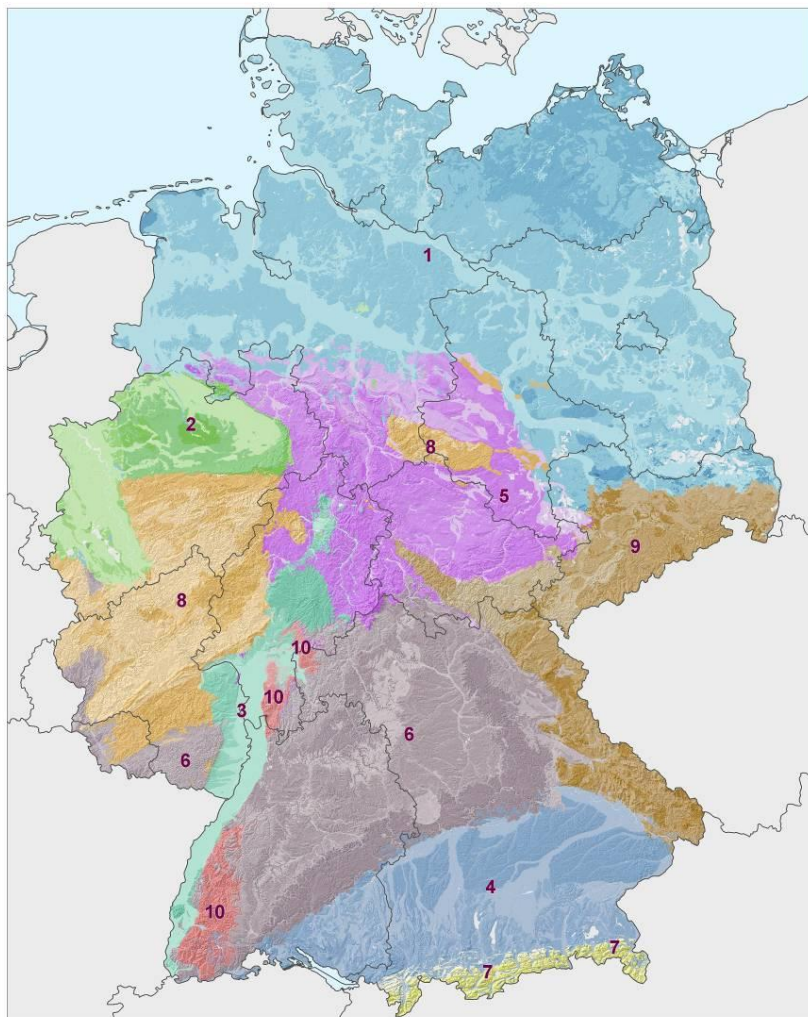
Separation of the background population from geogenic or anthropogenic anomalies within the data sets (component separation)

Hydrogeochemical units:

resulting from aggregation of hydrogeological units of the
Hydrogeological Map of Germany 1:200.000 (HÜK200)

abt. 1000 hydrogeological units →

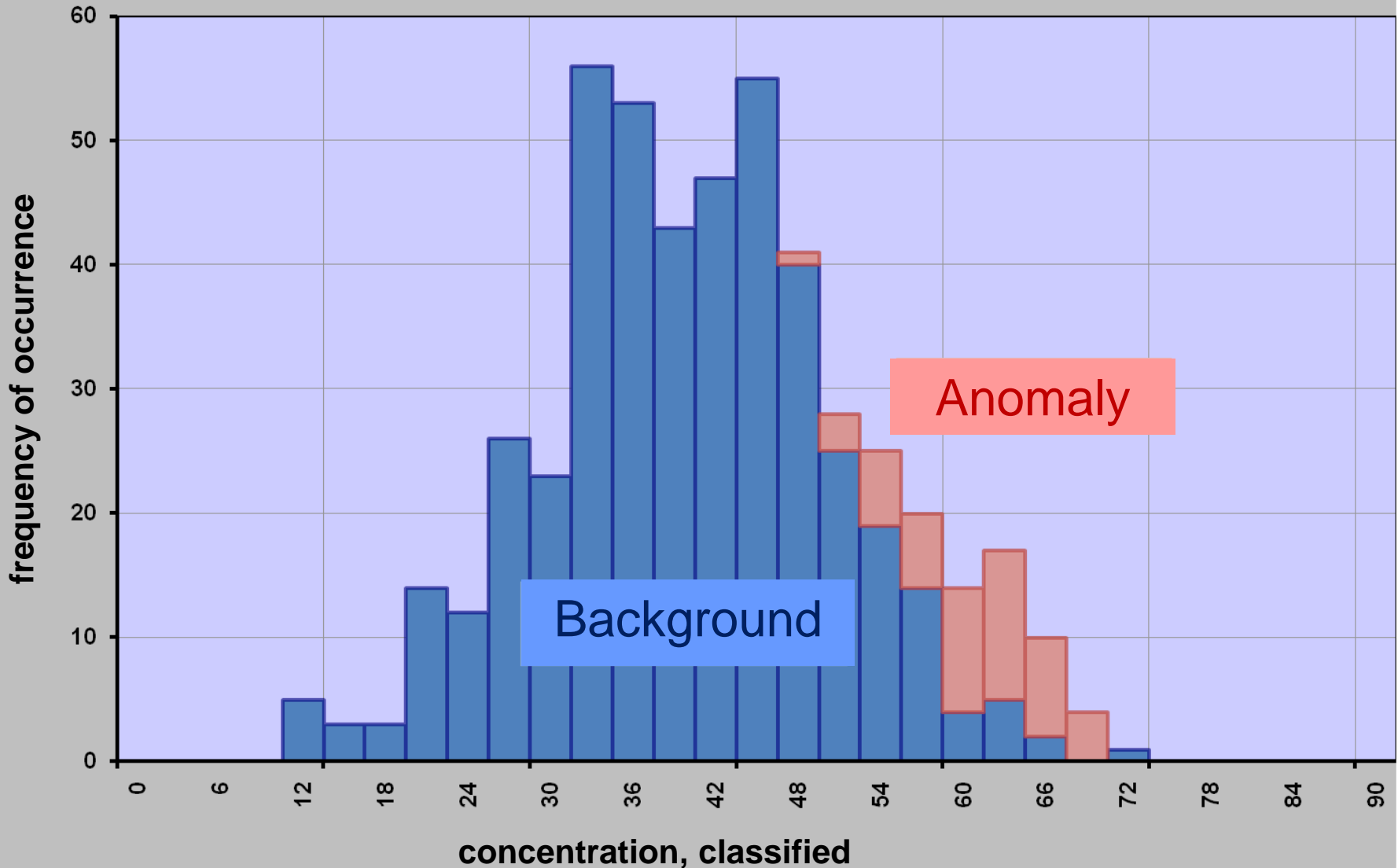
186 hydrogeochemical units



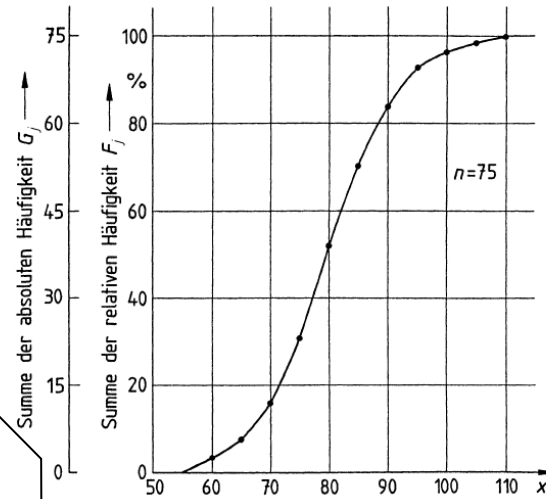
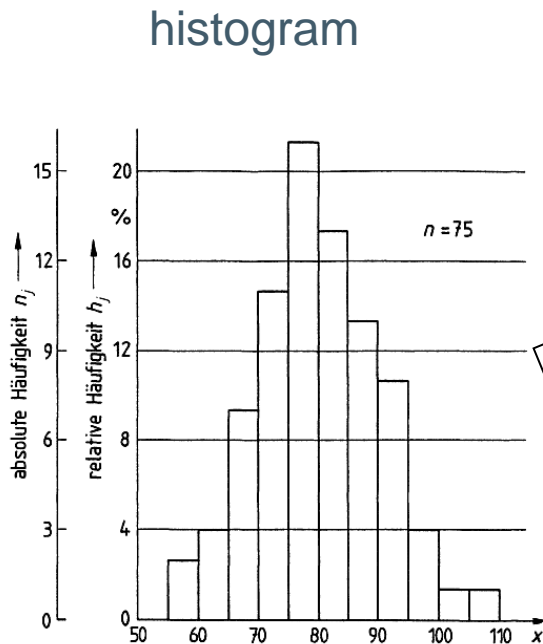
Hydrogeological Regions



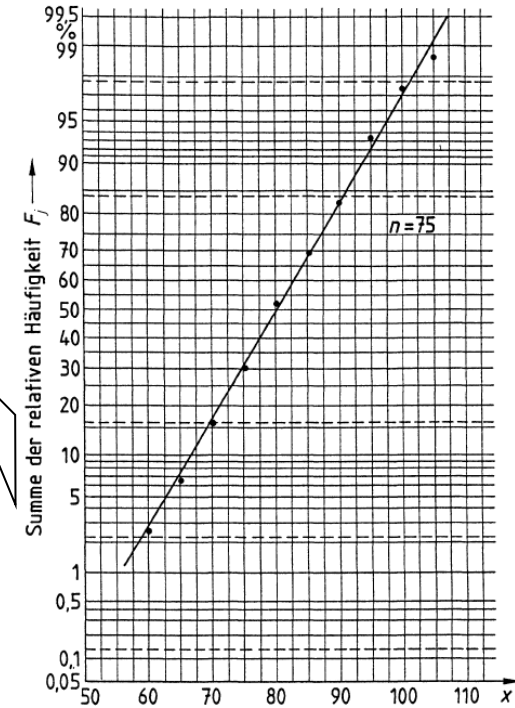
Background values and anomalies in the histogram



From the histogram to the probability net



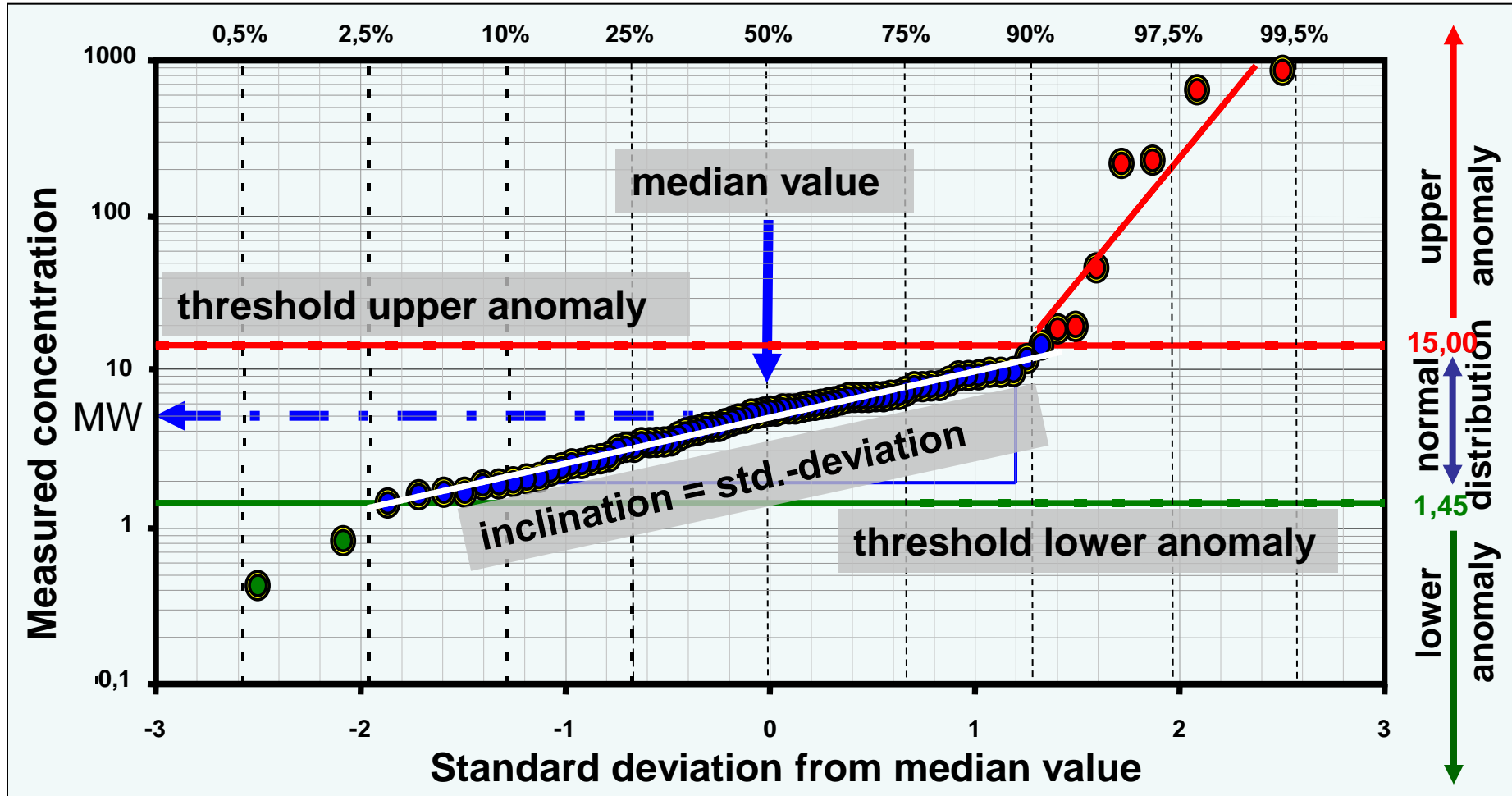
sum curve



presentation in the
probability net

DIN 53804-1

Identification and exclusion of anomalies



Excel-application for data analysis

Probability net

statistical evaluation

steering buttons

Probnat 121210.xlsm - Microsoft Excel

Krit: 5%

Datei: qry_pkt 2012 GR07_sort - Kopie.xlsx
 Datensatz: Alpen_kalkig
 Parameter: U_mgL
 Fragestellung: 1-seitig Verteilung: lognormal

Anzahl Werte < Bestimmungsgrenze: 0

	Gesamter Datensatz		Normalpopulation	
	normal	lognormal	normal	lognormal
Alpha: 5.00%				
Anzahl Werte	296		239	284
Maximum	0.00335		0.00052	0.00130
Median	0.00023		0.00018	0.00022
Minimum	0.0000192		0.0000192	0.0000192
-Standardabweichung	-0.00007	0.00008	0.00009	0.00007
Mittelwert	0.00037	0.00022	0.00026	0.00022
+Standardabweichung	0.00081	0.00063	0.00043	0.00065
d'Agostino-Pearson-K2-Test	K ² = 208.27	2.00	165.56	1.95
	p = 0.0000	0.3674	0.0000	0.3772
lognormale Verteilung ist	nicht anzunehmen	anzunehmen	nicht anzunehmen	anzunehmen
Güte der Anpassung	r = 0.8326	0.9970	0.9316	0.9971
Quantile	5.0%: -0.0003467	0.0000381	-0.0000121	0.0000373
	10.0%: -0.0001881	0.0000561	0.0000482	0.0000552
	25.0%: 0.0000770	0.0001070	0.0001489	0.0001064
	50.0%: 0.0003715	0.0002190	0.0002608	0.0002207
	75.0%: 0.0006660	0.0004486	0.0003728	0.0004576
	90.0%: 0.0009310	0.0008551	0.0004735	0.0008820
	95.0%: 0.0010897	0.0012580	0.0005338	0.0013064
Anomalien	oben 22	15	53	12
	unten 0	0	0	0
ausgeschlossen (%)			17.91%	4.05%
im vorigen Schritt ausgeschlossen:	gelöschte Daten:			
oben 12	unten 0	gesamt 12	oben 0	unten 0
gesamt 12			gesamt 0	gesamt 0

als zu Hintergrund gehörig berücksichtigt:
 oben 0 berücksichtigen 0.0%
 unten 0 berücksichtigen

deutsch
 english

Daten einlesen Grafik neu aufbauen Grafik löschen Anpassung Anpassung mit Änderung des Kriteriums
 Daten an Extremen löschen Auswertung sichern Auswertung exportieren Seite drucken Drucken virtueller Druck 1 Kopie(n)

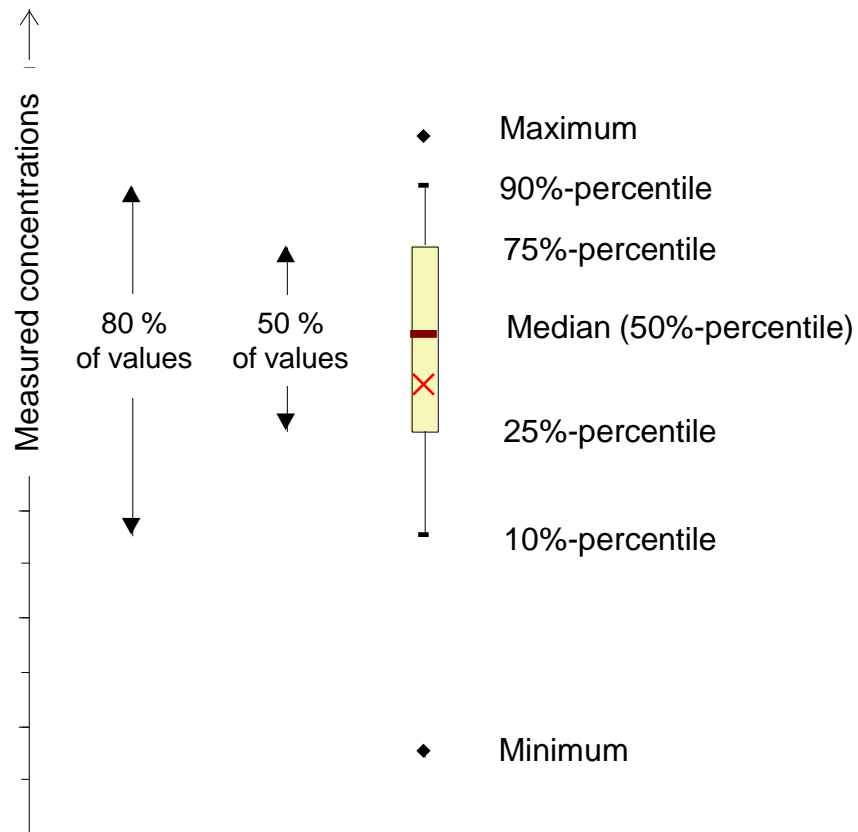
histogram

Advantages of the probability net

- Quick analysis of data distribution (anomalies, normal-lognormal dist.)
- Optical examination of data set on heterogeneities
- Suitable method for determination of statistical distribution parameters for the background population
- Applicable to all data sets with at least 10 measured values, therefore also suitable for units with only few measurements
- In combination with GIS a quick examination of systematic distribution of anomalies possible (detection of patterns)

Statistical information of the hydrogeochemical units

Statistical measures: 5-, 10-, 25-, 50-, 75-, 90-, 95-percentiles



Presentation of results

- WMS-application in the internet: access from any computer connected to the internet (integration e.g. in GIS or Google-Earth)

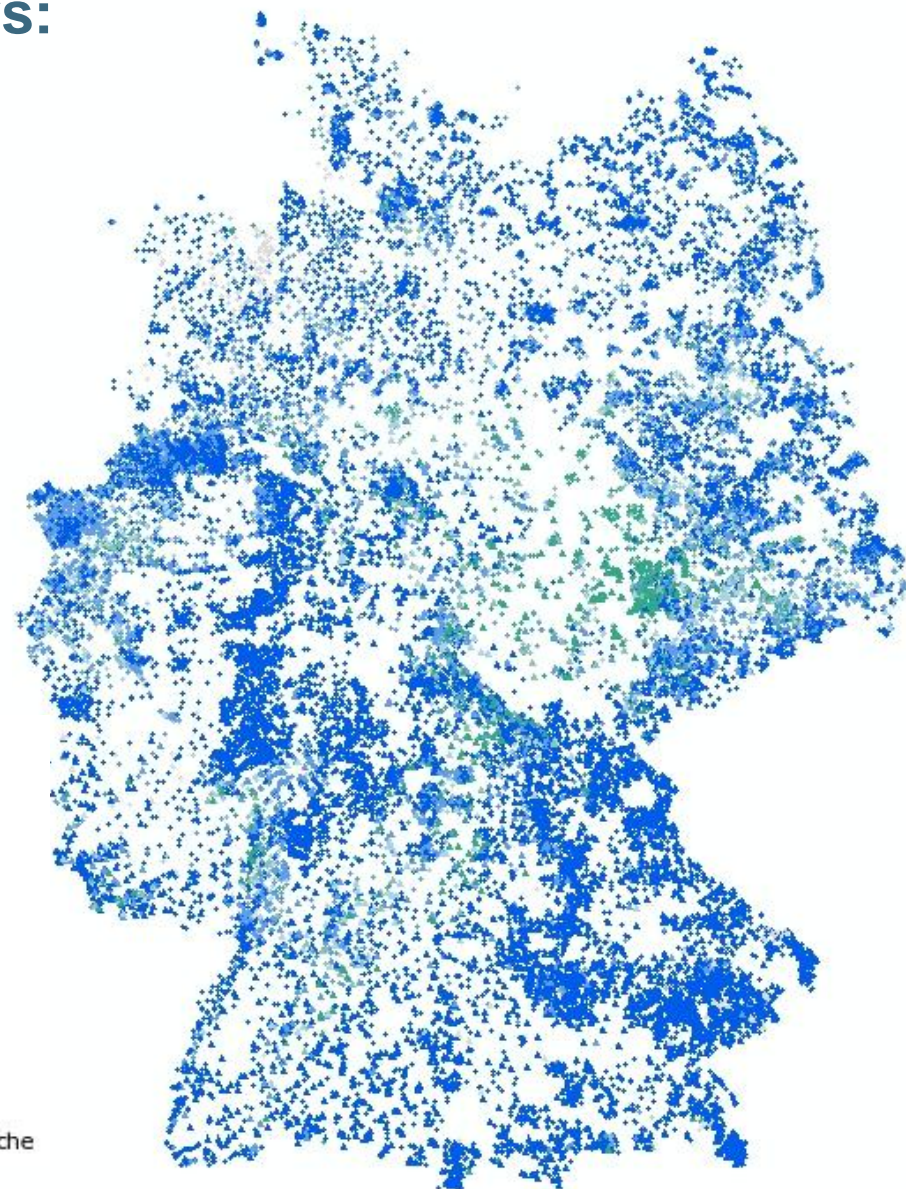
http://www.bgr.de/Service/grundwasser/huek200/hgc_p90/

- Subdivision of the element concentration ranges in 5 classes:
 - 90-percentiles of hydrogeochemical units
 - point data of measuring points (anonymously and no exact position due to data protection requirements)
- Grey areas: units with insufficient measuring points
- Service online since beginning of 2010

Examples for different parameters:

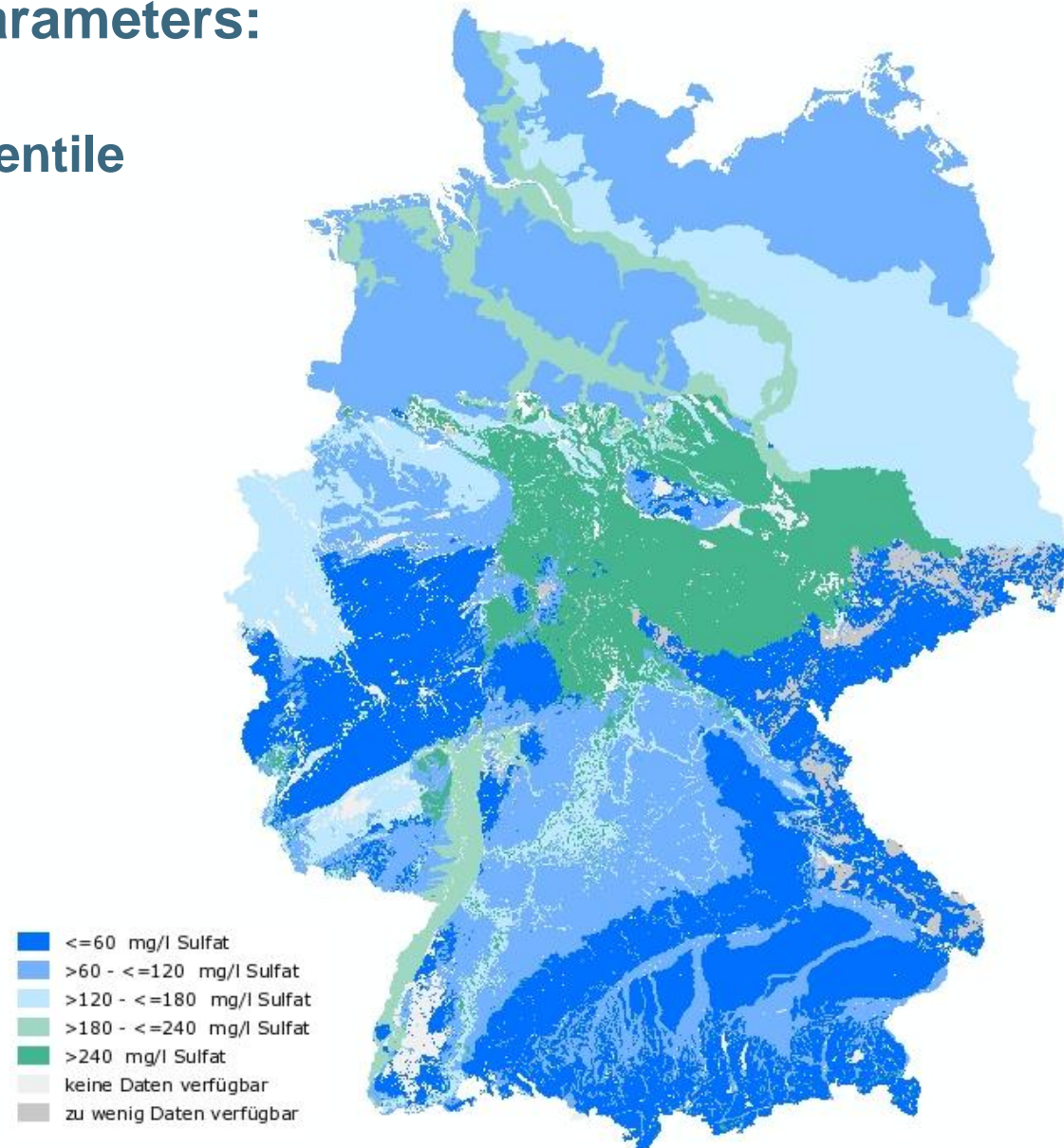
Sulfate observation points

- ≤ 60 mg/l Sulfat, Messstelle liegt auf zugeordneter Fläche
- ▲ ≤ 60 mg/l Sulfat, Messstelle liegt nicht auf zugeordneter Fläche
- $> 60 - \leq 120$ mg/l Sulfat, Messstelle liegt auf zugeordneter Fläche
- ▲ $> 60 - \leq 120$ mg/l Sulfat, Messstelle liegt nicht auf zugeordneter Fläche
- $> 120 - \leq 180$ mg/l Sulfat, Messstelle liegt auf zugeordneter Fläche
- ▲ $> 120 - \leq 180$ mg/l Sulfat, Messstelle liegt nicht auf zugeordneter Fläche
- $> 180 - \leq 240$ mg/l Sulfat, Messstelle liegt auf zugeordneter Fläche
- ▲ $> 180 - \leq 240$ mg/l Sulfat, Messstelle liegt nicht auf zugeordneter Fläche
- > 240 mg/l Sulfat, Messstelle liegt auf zugeordneter Fläche
- ▲ > 240 mg/l Sulfat, Messstelle liegt nicht auf zugeordneter Fläche
- Messwert kleiner Nachweisgrenze, Messstelle liegt auf zugeordneter Fläche
- ▲ Messwert kleiner Nachweisgrenze, Messstelle liegt nicht auf zugeordneter Fläche



Examples for different parameters:

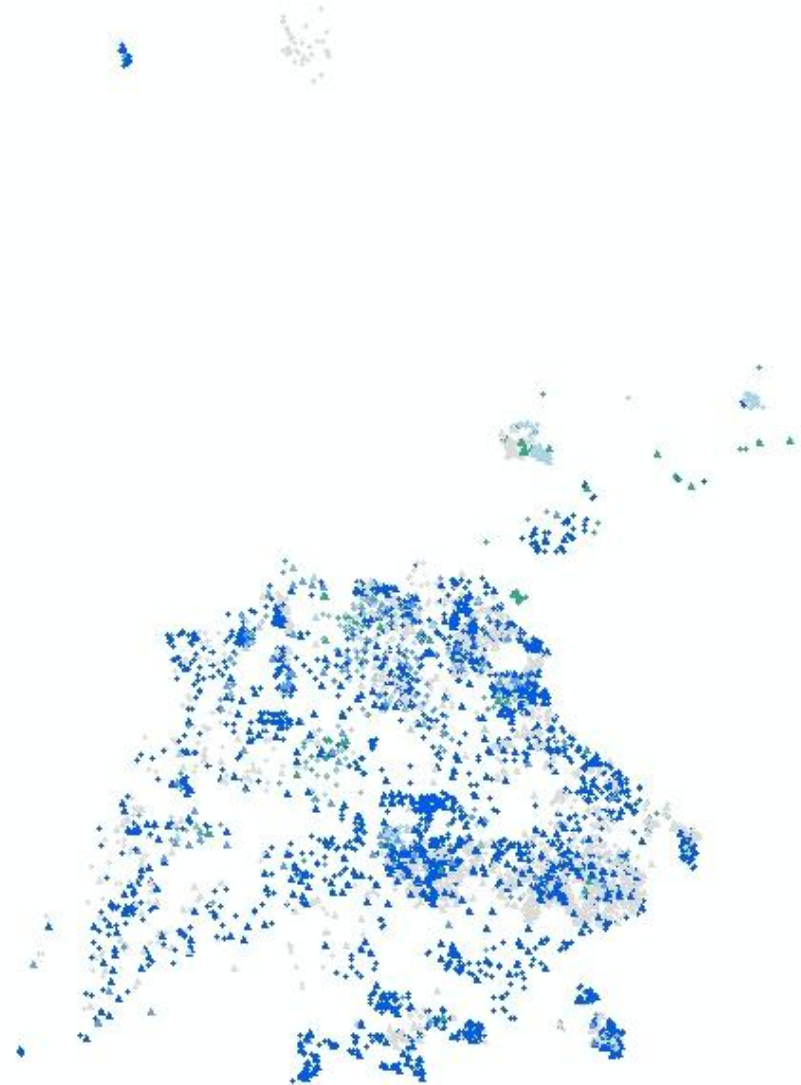
Sulfate distribution 90-percentile



Examples for different parameters:

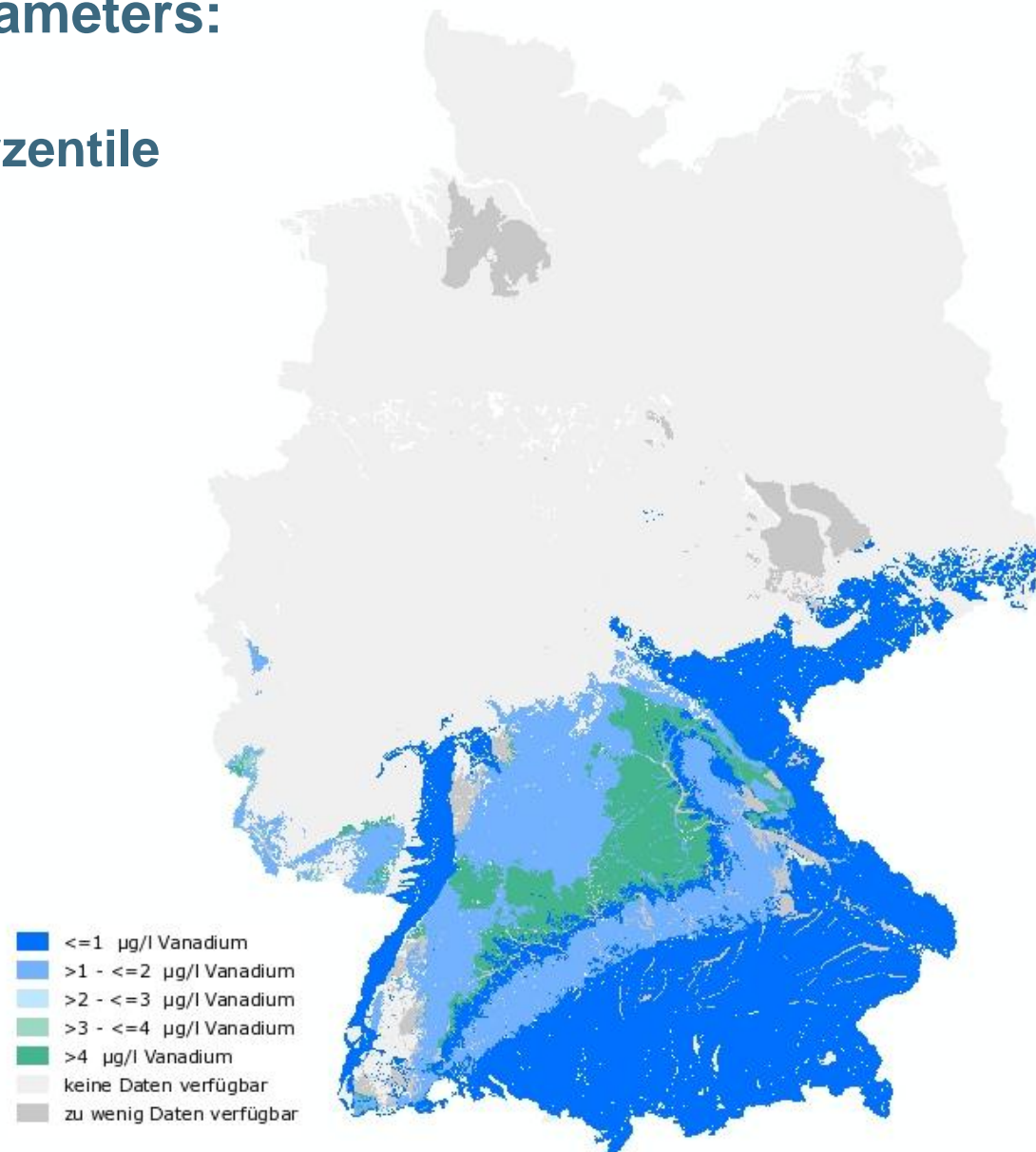
Vanadium observation points

- ◆ ≤ 1 $\mu\text{g/l}$ Vanadium, Messstelle liegt auf zugeordneter Fläche
- ▲ ≤ 1 $\mu\text{g/l}$ Vanadium, Messstelle liegt nicht auf zugeordneter Fläche
- $> 1 - \leq 2$ $\mu\text{g/l}$ Vanadium, Messstelle liegt auf zugeordneter Fläche
- ▲ $> 1 - \leq 2$ $\mu\text{g/l}$ Vanadium, Messstelle liegt nicht auf zugeordneter Fläche
- $> 2 - \leq 3$ $\mu\text{g/l}$ Vanadium, Messstelle liegt auf zugeordneter Fläche
- ▲ $> 2 - \leq 3$ $\mu\text{g/l}$ Vanadium, Messstelle liegt nicht auf zugeordneter Fläche
- $> 3 - \leq 4$ $\mu\text{g/l}$ Vanadium, Messstelle liegt auf zugeordneter Fläche
- ▲ $> 3 - \leq 4$ $\mu\text{g/l}$ Vanadium, Messstelle liegt nicht auf zugeordneter Fläche
- > 4 $\mu\text{g/l}$ Vanadium, Messstelle liegt auf zugeordneter Fläche
- ▲ > 4 $\mu\text{g/l}$ Vanadium, Messstelle liegt nicht auf zugeordneter Fläche
- Messwert kleiner Nachweisgrenze, Messstelle liegt auf zugeordneter Fläche
- ▲ Messwert kleiner Nachweisgrenze, Messstelle liegt nicht auf zugeordneter Fläche



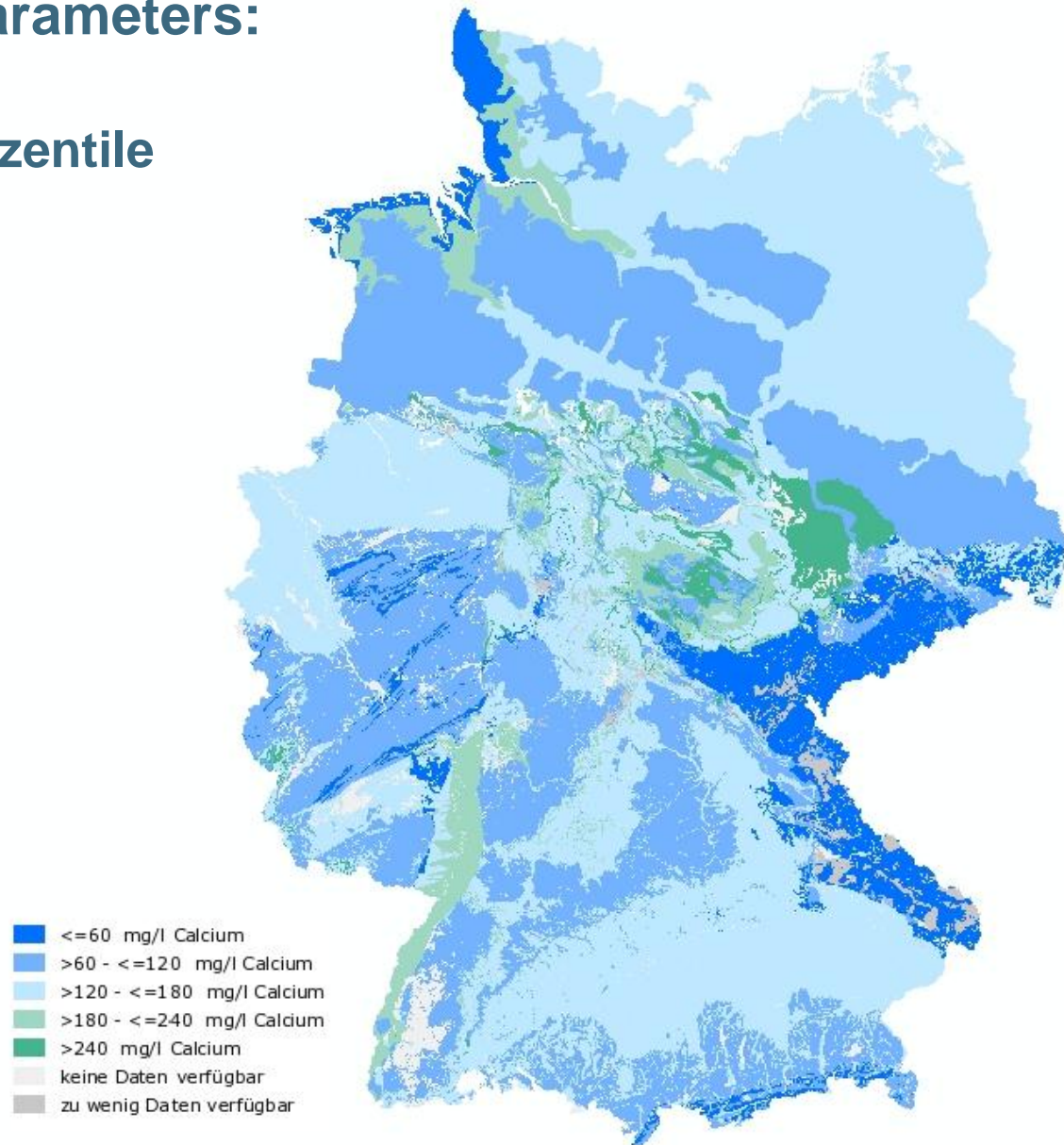
Examples for different parameters:

Vanadium distribution 90-percentile



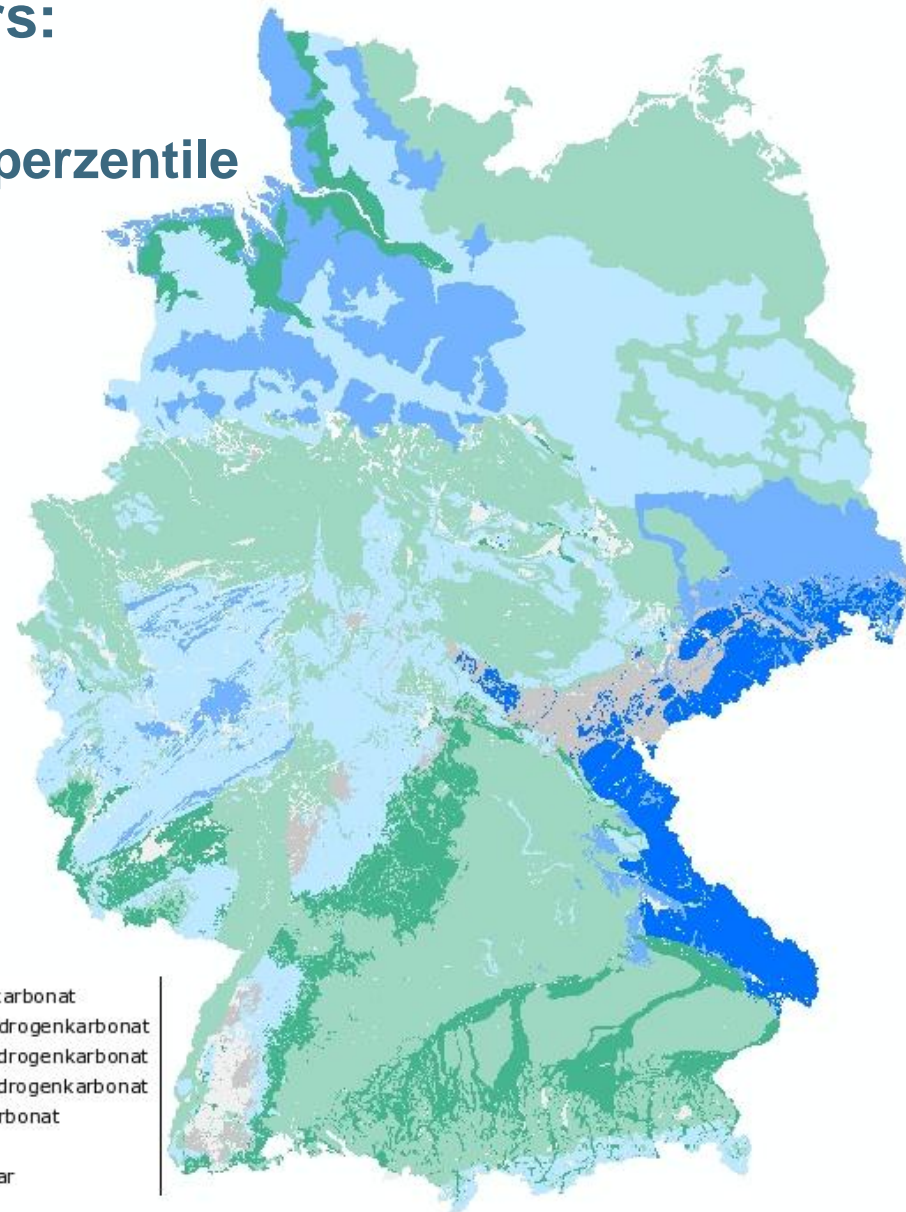
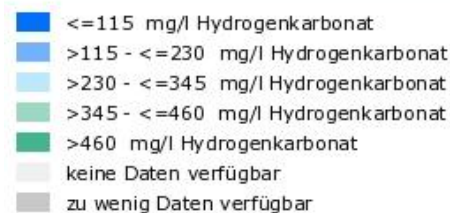
Examples for different parameters:

Calcium distribution 90-percentile



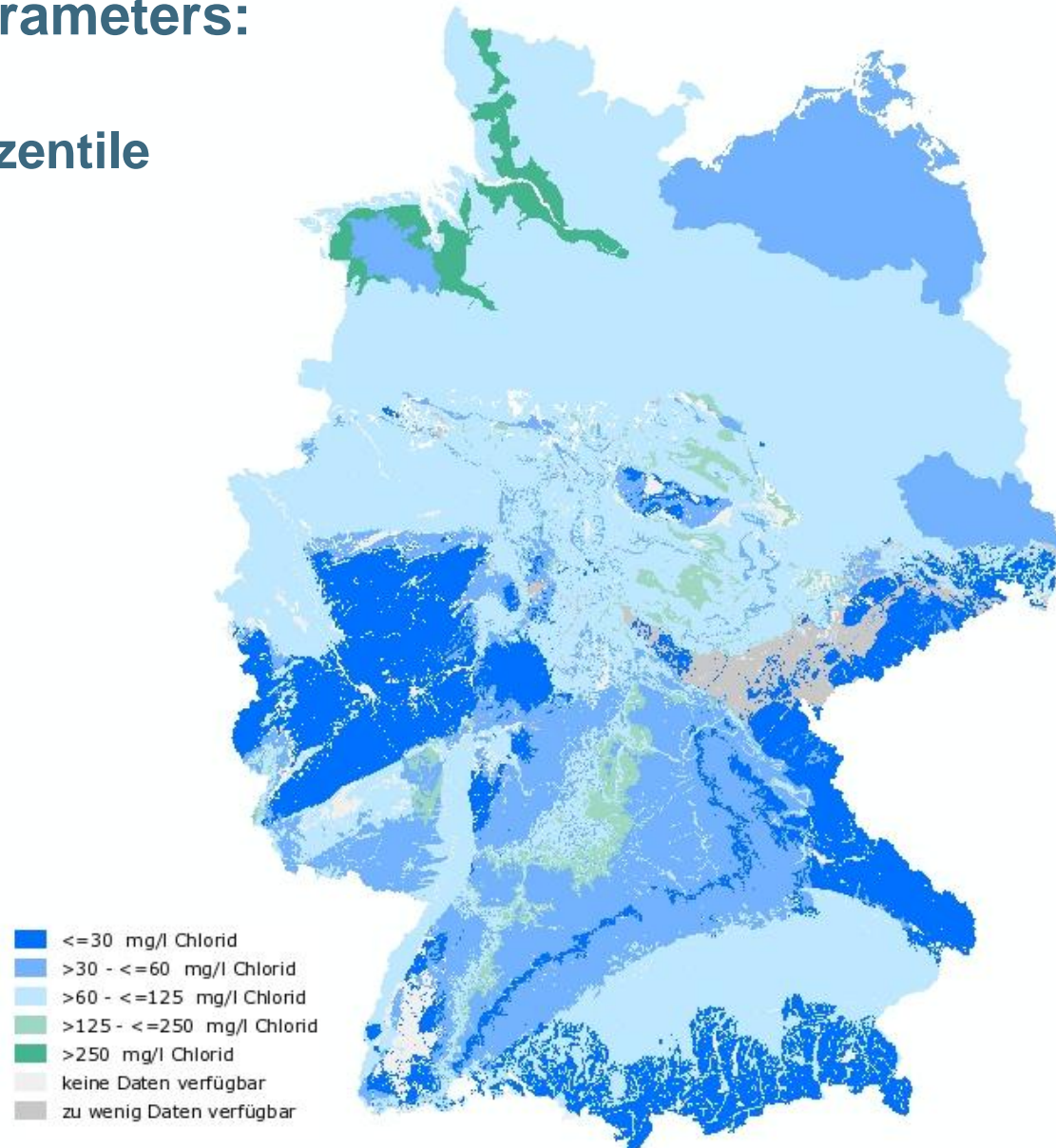
Examples for different parameters:

Hydrogencarbonat distribution 90-perzentile



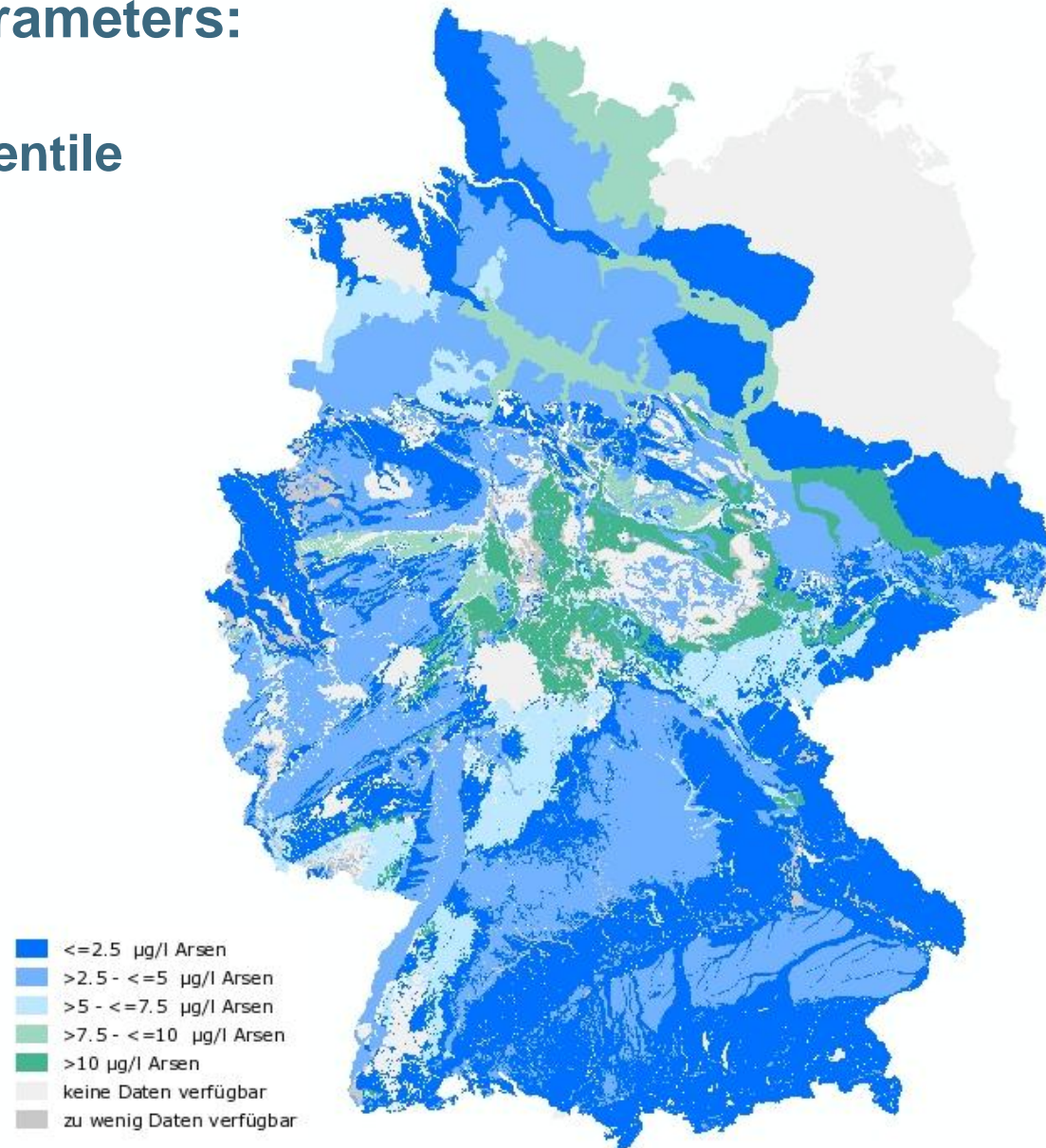
Examples for different parameters:

Chloride distribution 90-percentile

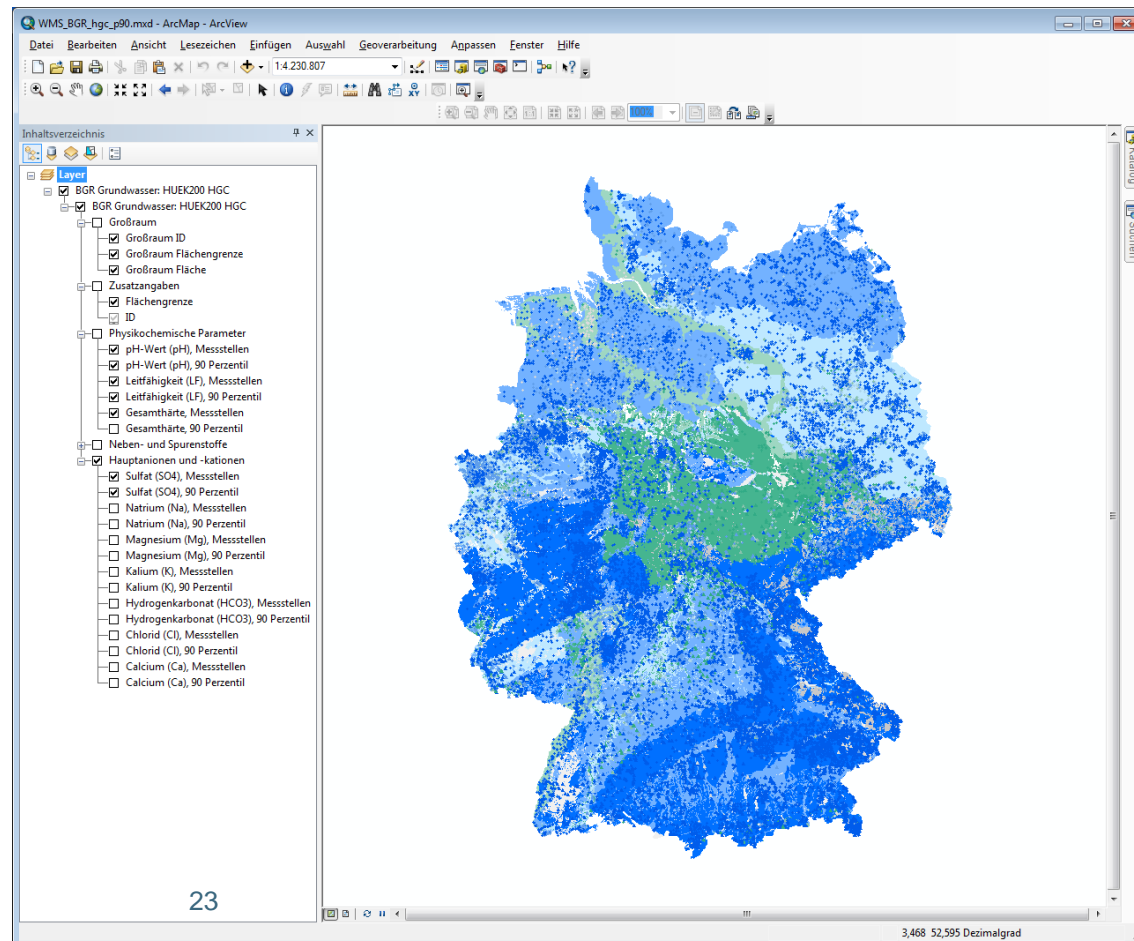


Examples for different parameters:

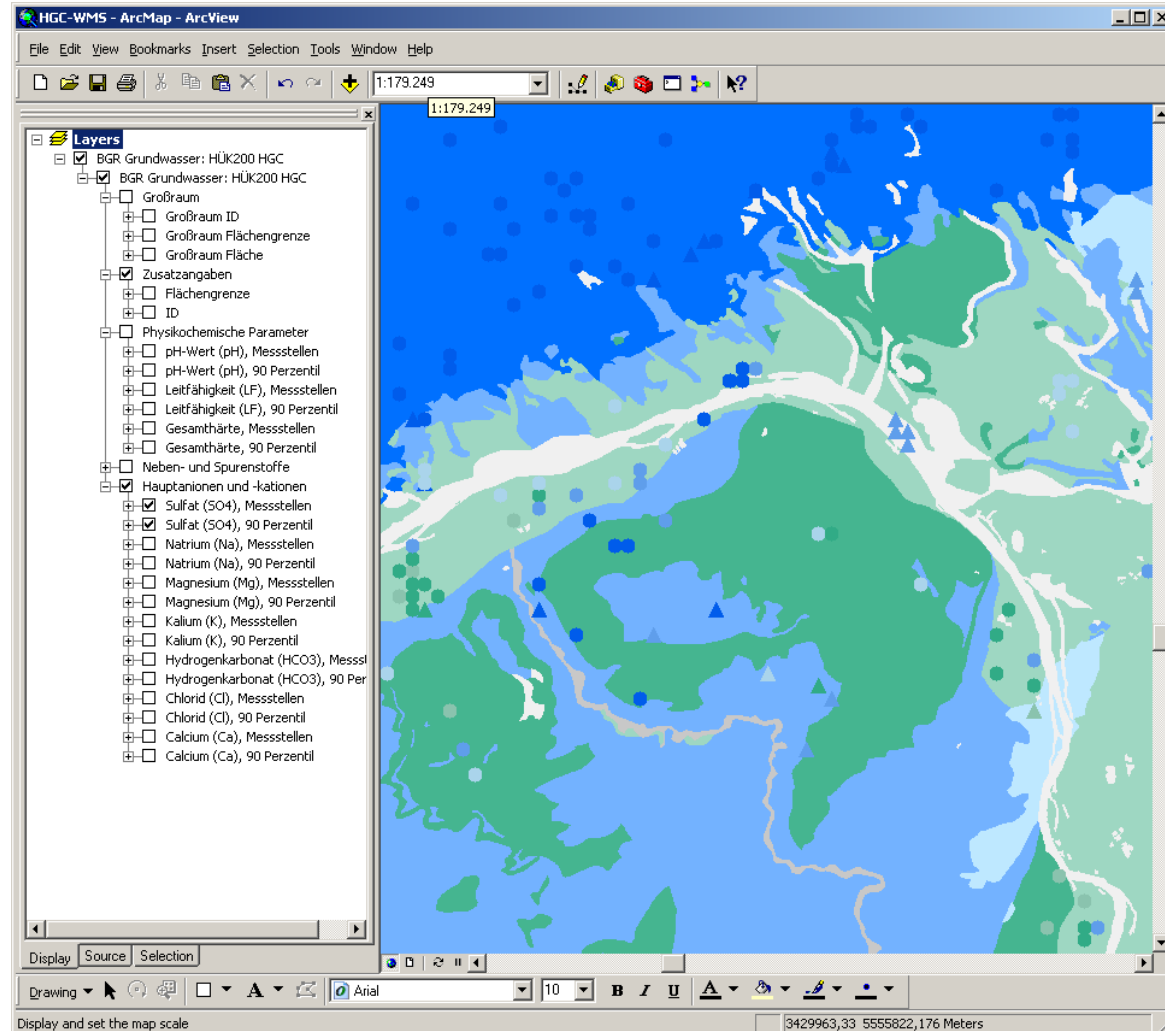
Arsenic distribution 90-percentile



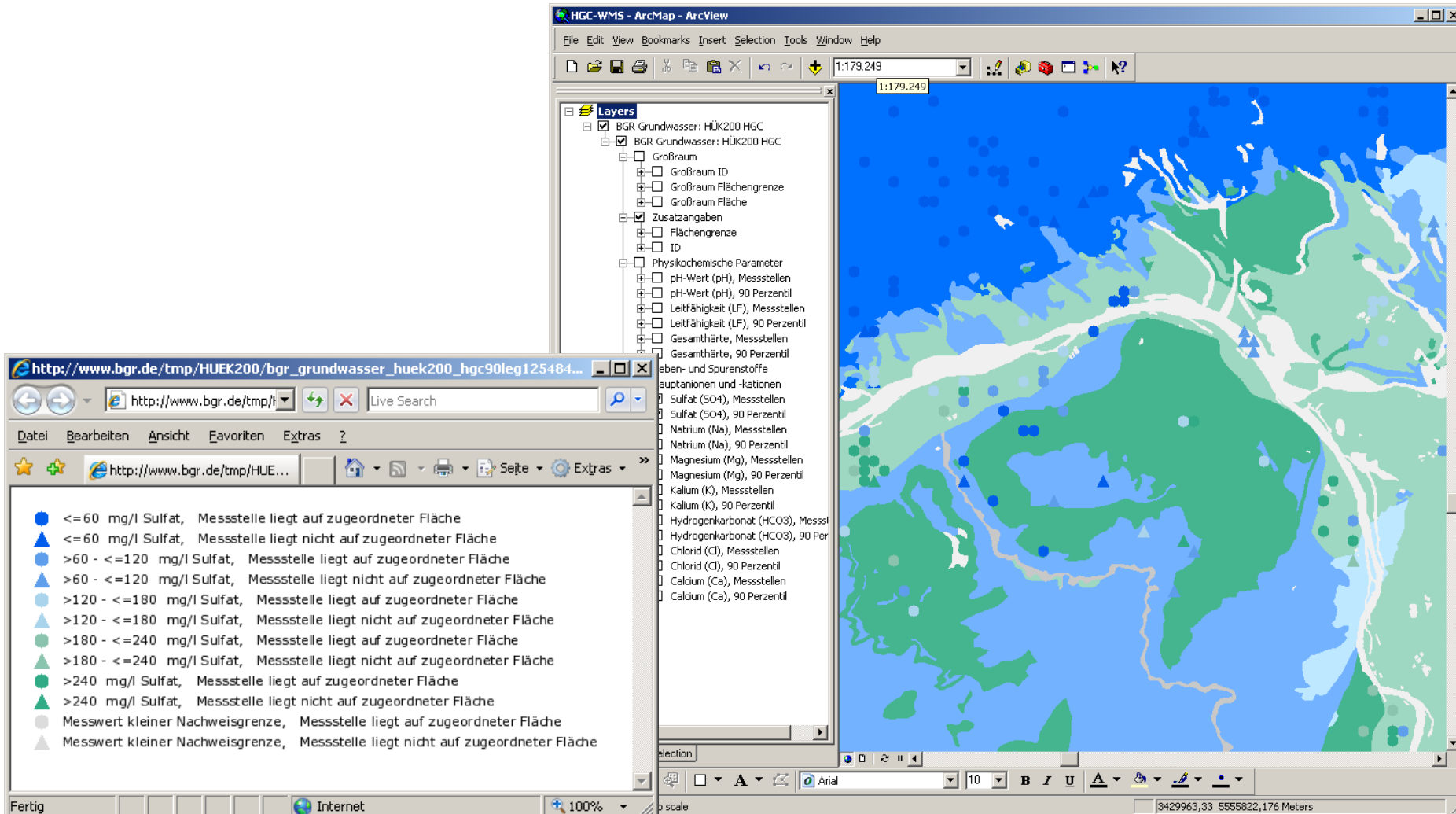
Using the WMS in ArcGIS: Example sulfate



Using the WMS in ArcGIS: Example sulfate



Using the WMS in ArcGIS: Example sulfate



The screenshot shows the ArcGIS interface with a WMS layer titled "BGR Grundwasser: HÜK200 HGC". The map displays a spatial distribution of sulfate concentration, with different colors and symbols representing various ranges. The legend at the bottom left explains the symbols used on the map.

- ≤ 60 mg/l Sulfat, Messstelle liegt auf zugeordneter Fläche
- ▲ ≤ 60 mg/l Sulfat, Messstelle liegt nicht auf zugeordneter Fläche
- $> 60 - \leq 120$ mg/l Sulfat, Messstelle liegt auf zugeordneter Fläche
- ▲ $> 60 - \leq 120$ mg/l Sulfat, Messstelle liegt nicht auf zugeordneter Fläche
- $> 120 - \leq 180$ mg/l Sulfat, Messstelle liegt auf zugeordneter Fläche
- ▲ $> 120 - \leq 180$ mg/l Sulfat, Messstelle liegt nicht auf zugeordneter Fläche
- $> 180 - \leq 240$ mg/l Sulfat, Messstelle liegt auf zugeordneter Fläche
- ▲ $> 180 - \leq 240$ mg/l Sulfat, Messstelle liegt nicht auf zugeordneter Fläche
- > 240 mg/l Sulfat, Messstelle liegt auf zugeordneter Fläche
- ▲ > 240 mg/l Sulfat, Messstelle liegt nicht auf zugeordneter Fläche
- Messwert kleiner Nachweisgrenze, Messstelle liegt auf zugeordneter Fläche
- ▲ Messwert kleiner Nachweisgrenze, Messstelle liegt nicht auf zugeordneter Fläche

Identify

Identify from: Sulfat (SO4), 90 Perzentil

Location: 3,446,702.912 5,537,531.976 Meters

Abfrageergebnis: HÜK200, Hydrogeochemie des oberen Grundwasserleiters, 90 Perzentil

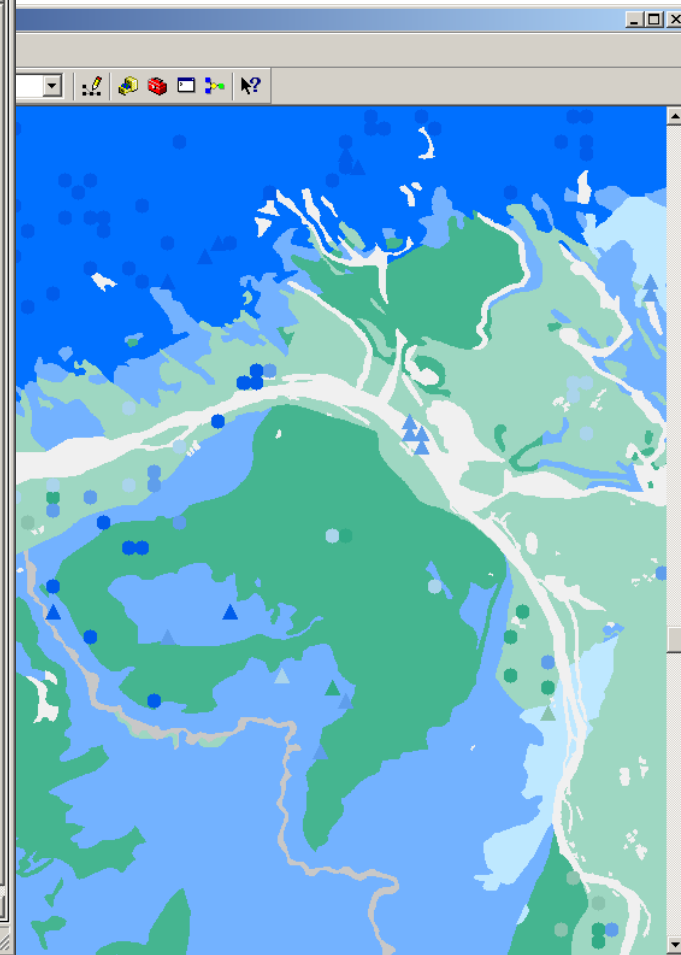
Hydrogeochemische Einheit (Name)	tertiäre Karbonate (Kalktertiär)
Hydrogeochemische Einheit (ID)	03K7
Flächengröße	627 km²
Parameter	Sulfat (SO4)
95 Perzentil	367. mg/l
90 Perzentil	254. mg/l
75 Perzentil	137. mg/l
50 Perzentil	69. mg/l
25 Perzentil	34.8 mg/l
10 Perzentil	18.8 mg/l
5 Perzentil	13. mg/l
Messwerte - nachgewiesen	59
Messwerte - kleiner Nachweisgrenze	0
Messwerte - ausserhalb Normalverteilung	0
Anteil nicht nachgewiesener Messwerte	0 %
Richtwert nach WHO (2004)	500 mg/l
Grenzwert nach TrinkwV (2001)	240 mg/l —
Geringfügigkeitsschwellenwert (LAWA, 2004)	240 mg/l —

Hinweis:
In dieser hydrochemischen Einheit sind aufgrund der Landnutzung flächenhaft anthropogene Stoffeinträge in das Grundwasser vorhanden, die zu erhöhten Hintergrundwerten führen und deshalb eher den derzeitigen hydrochemischen Zustand wiedergeben.

Erläuterung zum Web Map Service (WMS) Hintergrundwerte Grundwasser

ausgewählte Fläche ■ **Legende**

ate



Identify

Identify from: Sulfat (SO4), 90 Perzentil

Identify

Identify from: Sulfat (SO4), 90 Perzentil

Location: 3,447,447.276 5,528,774.747 Meters

WMS Feature(s)

Abfrageergebnis: HÜK200, Hydrogeochemie des oberen Grundwasserleiters, 90 Perzentil

Hydrogeochemische Einheit (Name)	tertiäre Tone und Mergel (Mergeltertiär)
Hydrogeochemische Einheit (ID)	03K8
Flächengröße	911 km ²
Parameter	Sulfat (SO4)
95 Perzentil	73.2 mg/l
90 Perzentil	65.4 mg/l
75 Perzentil	52.5 mg/l
50 Perzentil	38.1 mg/l
25 Perzentil	23.7 mg/l
10 Perzentil	10.8 mg/l
5 Perzentil	3.05 mg/l
Messwerte - nachgewiesen	53
Messwerte - kleiner Nachweisgrenze	0
Messwerte - ausserhalb Normalverteilung	6
Anteil nicht nachgewiesener Messwerte	10 %
Richtwert nach WHO (2004)	500 mg/l
Grenzwert nach TrinkwV (2001)	240 mg/l
Geringfügigkeitsschwellenwert (LAWA, 2004)	240 mg/l

Sulfat (SO4)

mg/l

03K8

ausgewählte Fläche **Legende**

Erläuterung zum Web Map Service (WMS) Hintergrundwerte Grundwasser

Identified 1 feature

Fertig Internet 100% p scale 3429963,33 5555822,176 Meters

ate

10 B I U A 3429963,33 5555822,176 Meters

ate

Identify

Identify from: Sulfat (SO4), 90 Perzentil

Identify

Identify from: Sulfat (SO4), 90 Perzentil

Sulfat (SO4), 90 Perzentil
WMS Feature(s)

Location: 3,447,447.276 5,528,774.747 Meters

Identify

Identify from: Sulfat (SO4), Messstellen

Sulfat (SO4), Messstellen
WMS Feature(s)

Location: 3,444,031.957 5,539,064.491 Meters

Abfrageergebnis: HÜK200, Hydrogeochemie des oberen Grundwasserleiters, Messstellen


Symbol in Karte	Parameter	Messwert	Unterkante Filter (m u.GOK)	Hydrogeochemische Einheit	ID
	Sulfat (SO4)	269 mg/l	34.7 m	03K7, tertiäre Karbonate (Kalktertiär)	120_643_2709
	Sulfat (SO4)	164 mg/l	34.8 m	03K7, tertiäre Karbonate (Kalktertiär)	120_644_2698

Legende

Hinweis: Ihre Infoabfrage in der Karte hat mehrere Treffer ergeben. Daher werden in dieser Tabelle mehrere Messstellen angezeigt. Durch Anonymisierung der Messstellen-Koordinaten auf 500m können diese in der Karte jedoch nur übereinander bzw. als ein Symbol dargestellt werden.

Identified 1 feature

Wahlwert nach dem Grundwasserleiters	10 %
Richtwert nach WHO (2004)	500 mg/l
Grenzwert nach TrinkwV (2001)	240 mg/l
Geringfügigkeitsschwellenwert (LAWA, 2004)	240 mg/l



ausgewählte Fläche **Legende**

Erläuterung zum Web Map Service (WMS) Hintergrundwerte Grundwasser

Identified 1 feature

Fertig Internet 100% scale 3429963,33 5555822,176 Meters

Identify

Identify from: Sulfat (SO4), 90 Perzentil

Identify

Identify from: Sulfat (SO4), 90 Perzentil

Sulfat (SO4), 90 Perzentil
WMS Feature(s)

Location: 3,447,447.276 5,528,774.747 Meters

Identify

Identify from: Sulfat (SO4), Messstellen

Sulfat (SO4), Messstellen
WMS Feature(s)

Location: 3,440,091.204 5,535,999.461 Meters

Abfrageergebnis: HÜK200, Hydrogeochemie des oberen Grundwasserleiters, Messstellen

Symbol in Karte	Parameter	Messwert	Unterkante Filter (m u.GOK)	Hydrogeochemische Einheit	ID
▲	Sulfat (SO4)	58.9 mg/l	21.6 m	Messstelle zugeordnet zu: 03K7, tertiäre Karbonate (Kalktertiär) Messstelle liegt auf Fläche von: 03K5, Tertiäre Grabenfüllung (Sande, Kiese, Schluffe)	120_647_2681

[Legende](#)

Identified 1 feature
Identified 1 feature

Richtwert nach WHO (2004)	500 mg/l
Grenzwert nach TrinkwV (2001)	240 mg/l
Geringfügigkeitsschwellenwert (LAWA, 2004)	240 mg/l

ausgewählte Fläche

[Legende](#)

Erläuterung zum Web Map Service (WMS) Hintergrundwerte Grundwasser

10 B I U A

Fertig Internet 100% scale 3429963,33 5555822,176 Meters

http://www.bgr.bund.de/EN/Themen/Wasser/Projekte/laufend/Beratung/Hintergrundwerte/wagner2011_p - Windows Internet Explorer

http://www.bgr.bund.de/EN/Themen/Wasser/Projekte/laufend/Beratung/Hintergrundwerte/wagner2011_pdf_er

File Edit Go Favorites ?

Favorites Web Slice Gallery Web Slice Gallery

http://www.bgr.bund.de/EN/Themen/Wasser/Pr...

Explanations to the Web Map Service (WMS) „Groundwater background values“

Working group 'Groundwater Background Values' (PK Hintergrundwerte Grundwasser¹) of the Ad hoc Working Group Hydrogeology (Ad-hoc AG Hydrogeologie) of the Geological Surveys of the Federal States of Germany (SGD); Status: Jun. 2011

Content

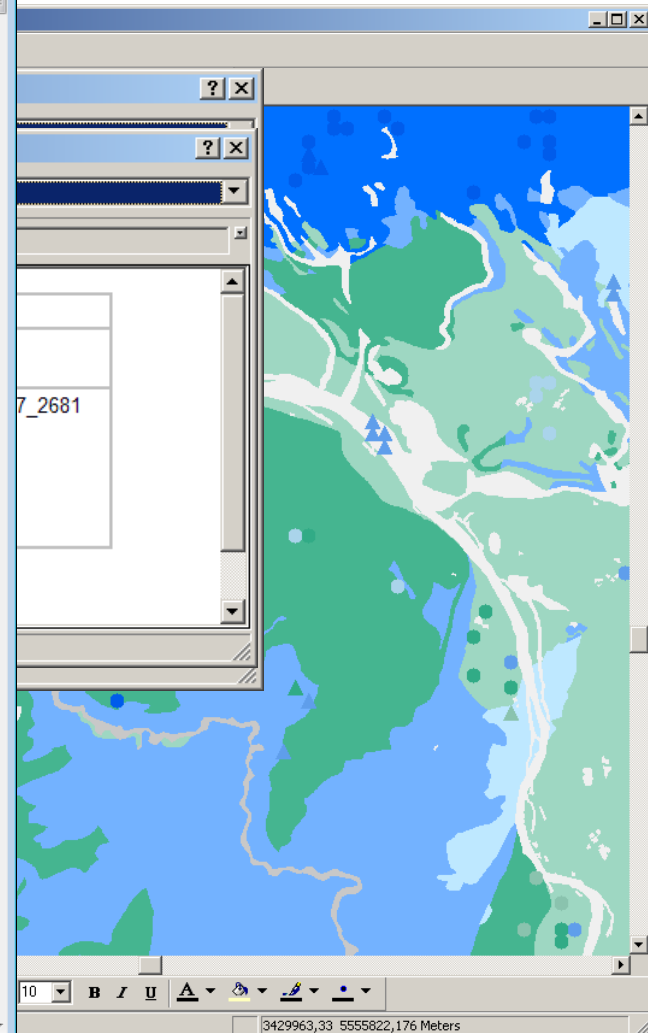
1. Introduction	1 -
2. Objective and approach	2 -
3. Method: Derivation of background values with probability plots	4 -
4. Data presentation as Web Map Service.....	9 -
5. Presented contents.....	9 -
6. Conclusions and outlook.....	13 -
7. References.....	14 -
Appendix	16 -

1. Introduction

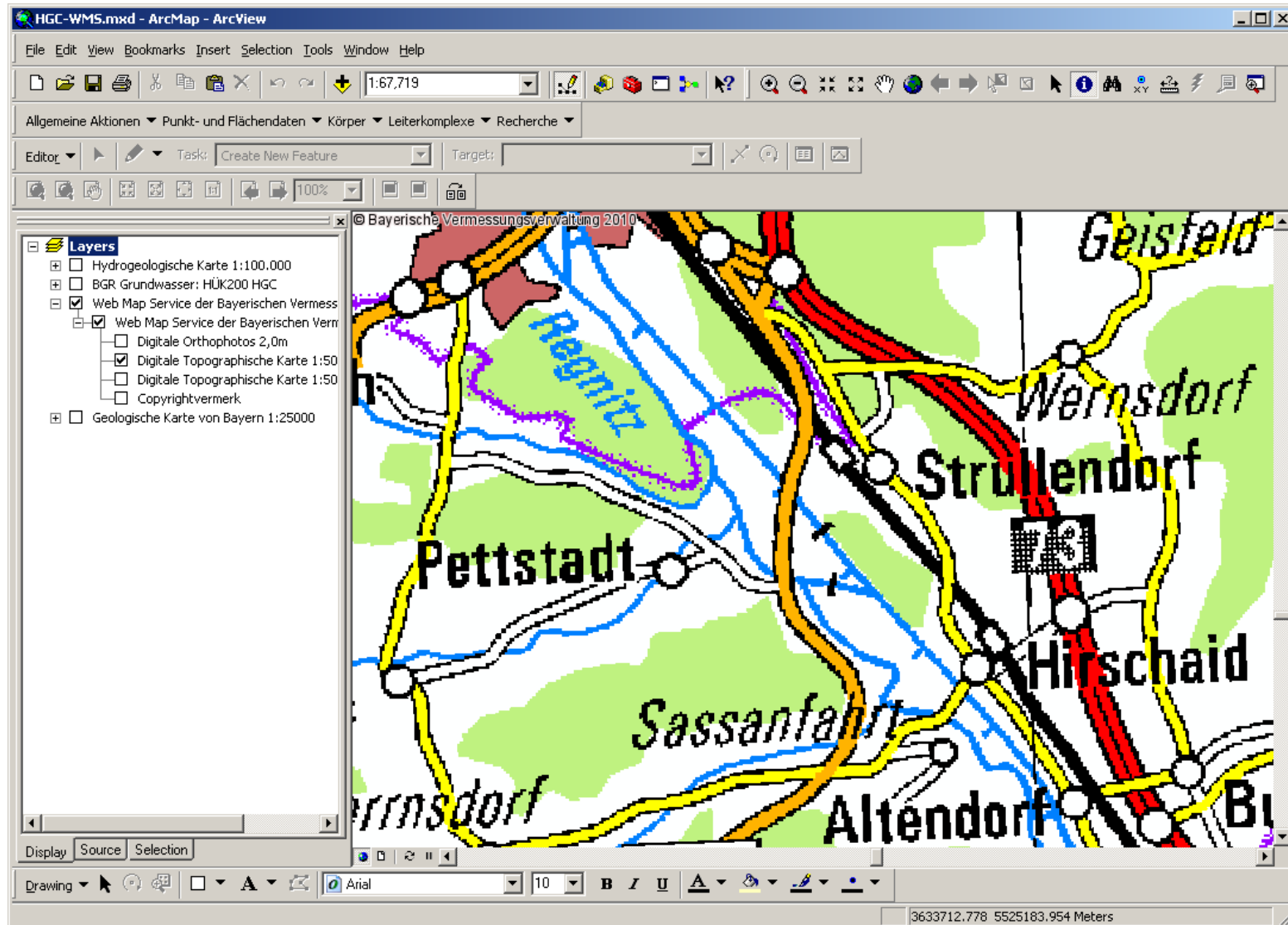
One of the main objectives of the EC Water Framework Directive (EC-WFD, german: EG-Wasserrahmenrichtlinie: EG-WRRL) is the achievement of a good qualitative status of groundwater bodies. Hence, the derivation of groundwater background values is required to detect significant point source contamination or to identify whole groundwater bodies at risk of failing to meet the required water quality standards. Both cases also necessitate the ability to instigate appropriate counter measures.

To fulfill the requirements of the European Water Framework Directive, the State

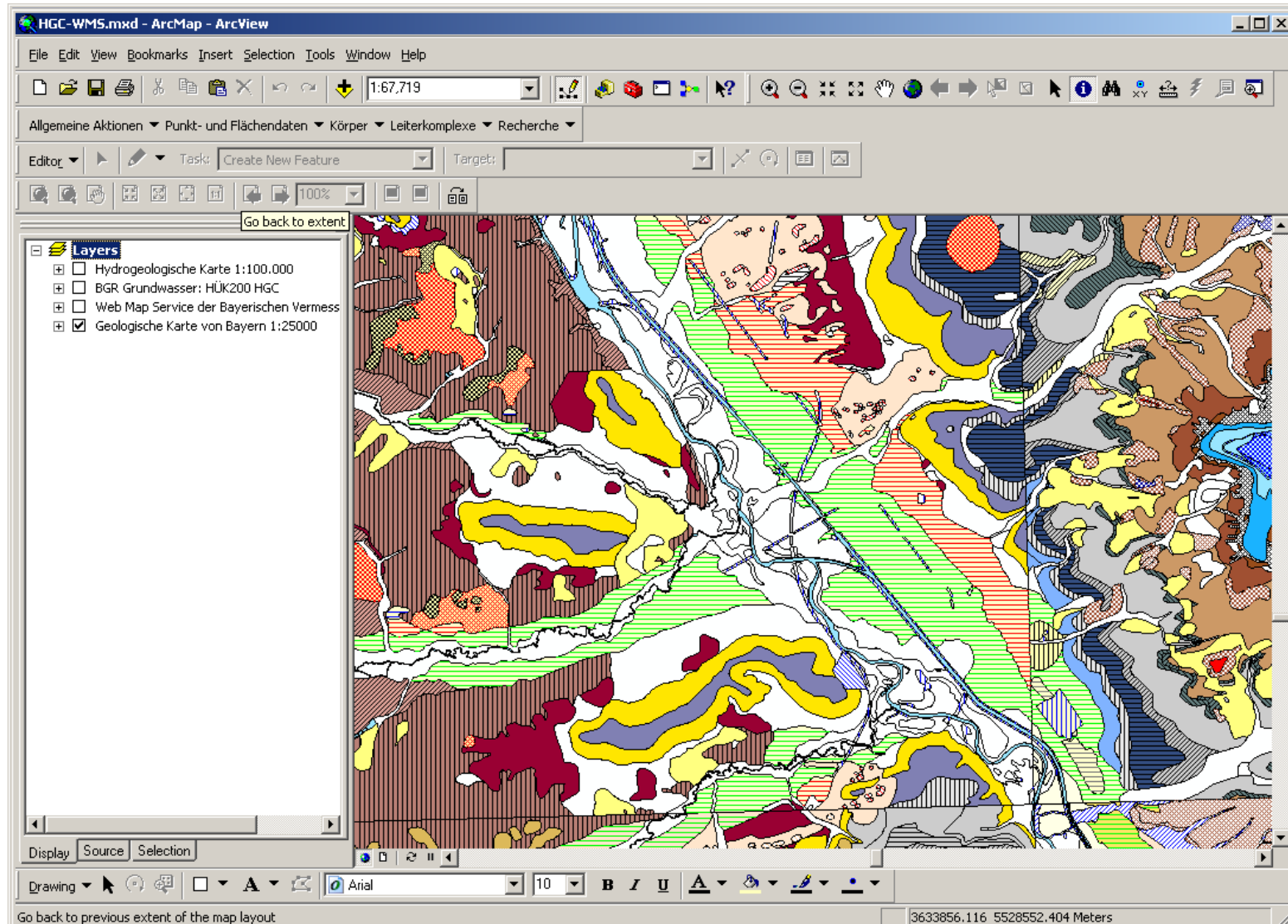
e



Example: combination of different WMS in ArcGIS



Example: combination of different WMS in ArcGIS

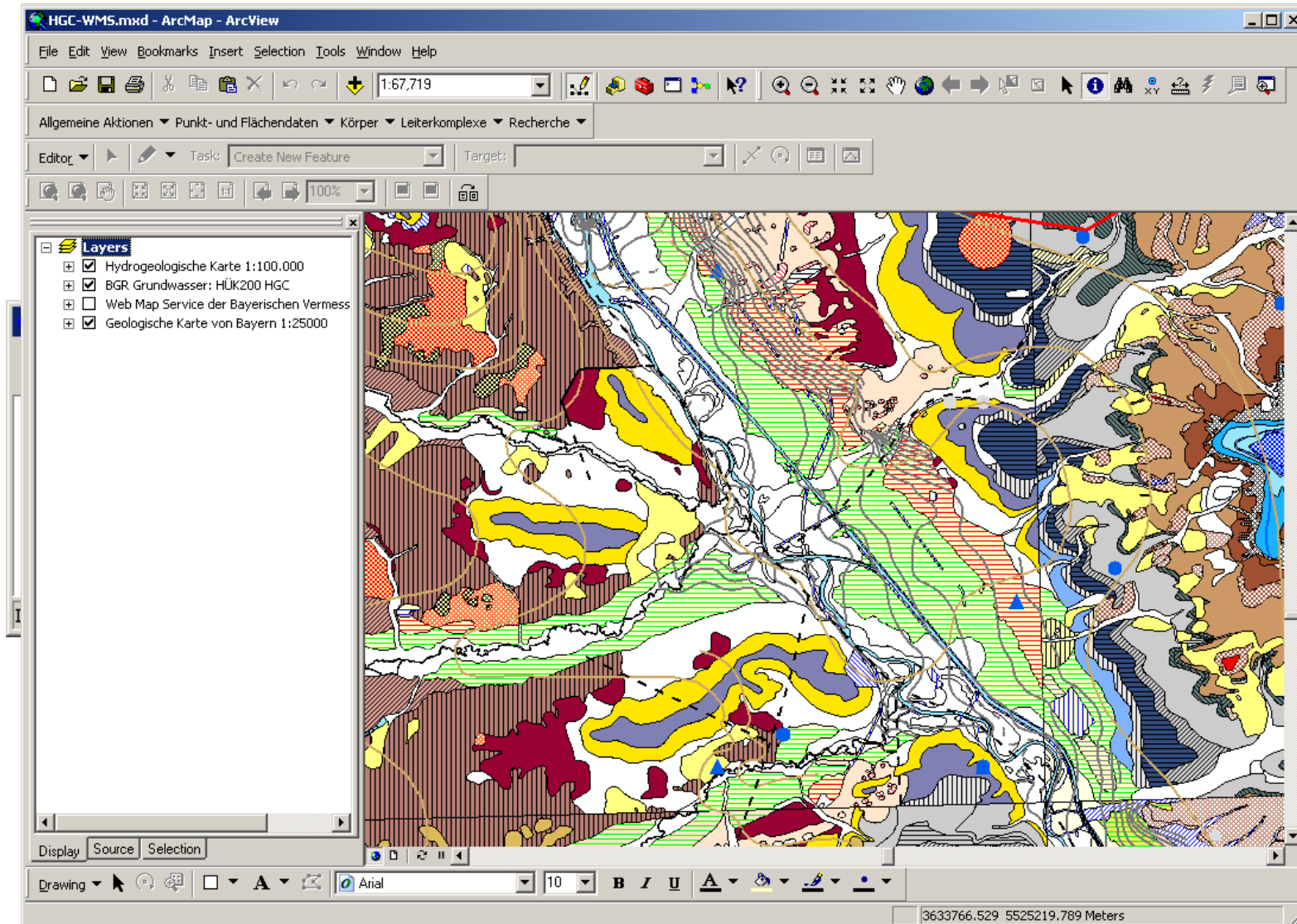


Example: combination of different WMS in ArcGIS

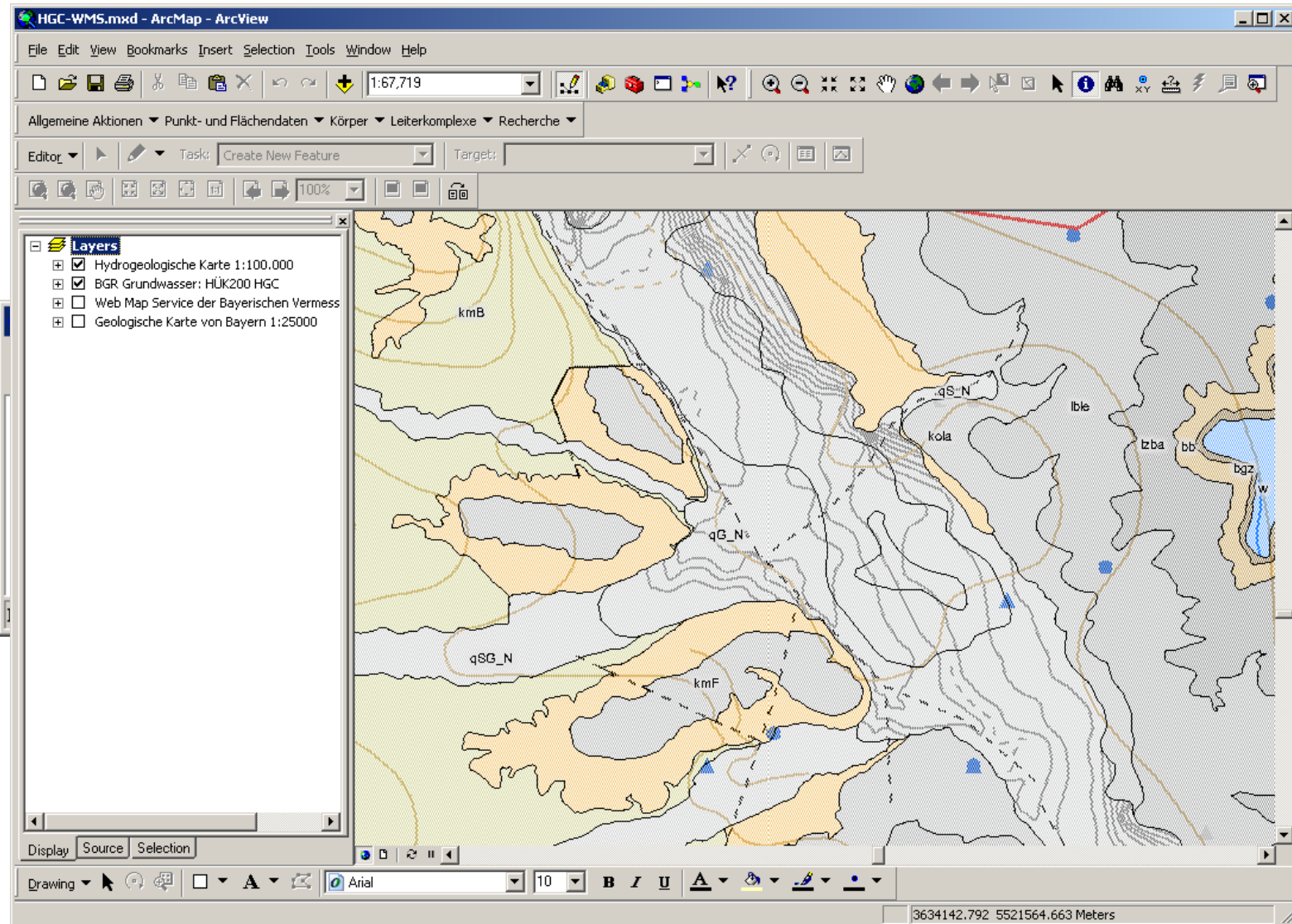
The screenshot displays the ArcMap interface with the following elements:

- Map Window:** Shows a map with various colored and patterned regions representing different geological or hydrogeological units. The map is titled "HGC-WMS.mxd - ArcMap - ArcView".
- Layers Panel:** Located on the left, it shows two layers:
 - Hydrogeologische Karte 1:100.000
 - BGR Grundwasser: HÜK200 HGC
- Identify Window:** A dialog box titled "Identify" is open, showing the results of a query on the "GK25 Haupteinheiten" layer. It displays the location coordinates (3,641,381.376 5,524,485.180 Meters) and the identified feature name: "Schotter der 10 m - Terrasse (Niederterrasse)".
- Taskbar:** At the bottom, it shows the current drawing tool (Pointer), scale (10), and other standard ArcMap controls.

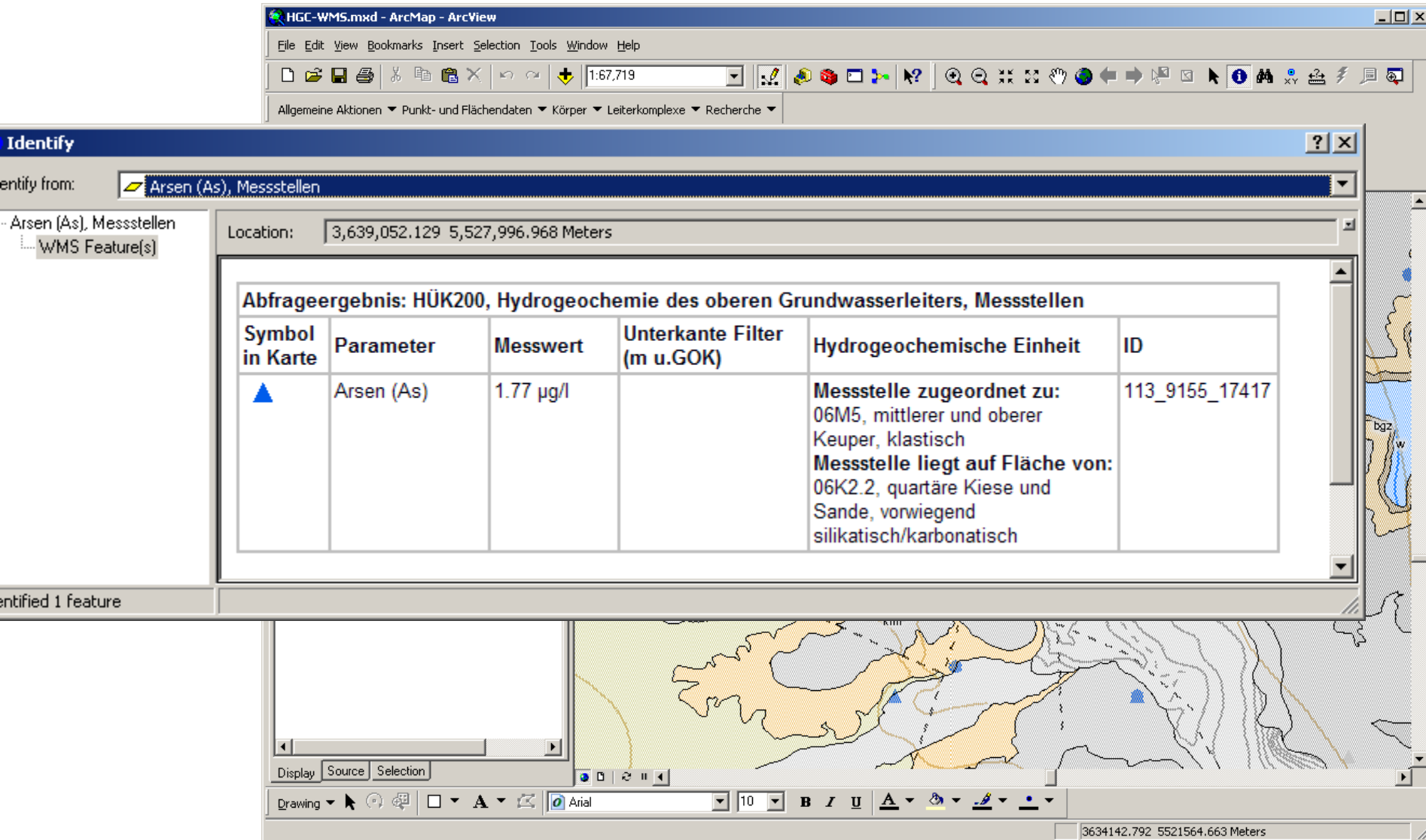
Example: combination of different WMS in ArcGIS



Example: combination of different WMS in ArcGIS



Example: combination of different WMS in ArcGIS



The screenshot shows the ArcGIS interface with the Identify window open. The window title is "HGC-WMS.mxd - ArcMap - ArcView". The Identify window shows the following information:

Identify from: **Arsen (As), Messstellen**

Location: 3,639,052.129 5,527,996.968 Meters

Abfrageergebnis: HÜK200, Hydrogeochemie des oberen Grundwasserleiters, Messstellen

Symbol in Karte	Parameter	Messwert	Unterkante Filter (m u.GOK)	Hydrogeochemische Einheit	ID
▲	Arsen (As)	1.77 µg/l		Messstelle zugeordnet zu: 06M5, mittlerer und oberer Keuper, klastisch Messstelle liegt auf Fläche von: 06K2.2, quartäre Kiese und Sande, vorwiegend silikatisch/karbonatisch	113_9155_17417

Identified 1 feature

Display Source Selection

Drawing

Arial 10 B I U

3634142.792 5521564.663 Meters

Example: combination of different WMS in ArcGIS

Identify

Identify from: **Arsen (As)**

Location: 3,638,407.106 5,527,513.201 Meters

Abfrageergebnis: HÜK200, Hydrogeochemie des oberen Grundwasserleiters, 90 Perzentil

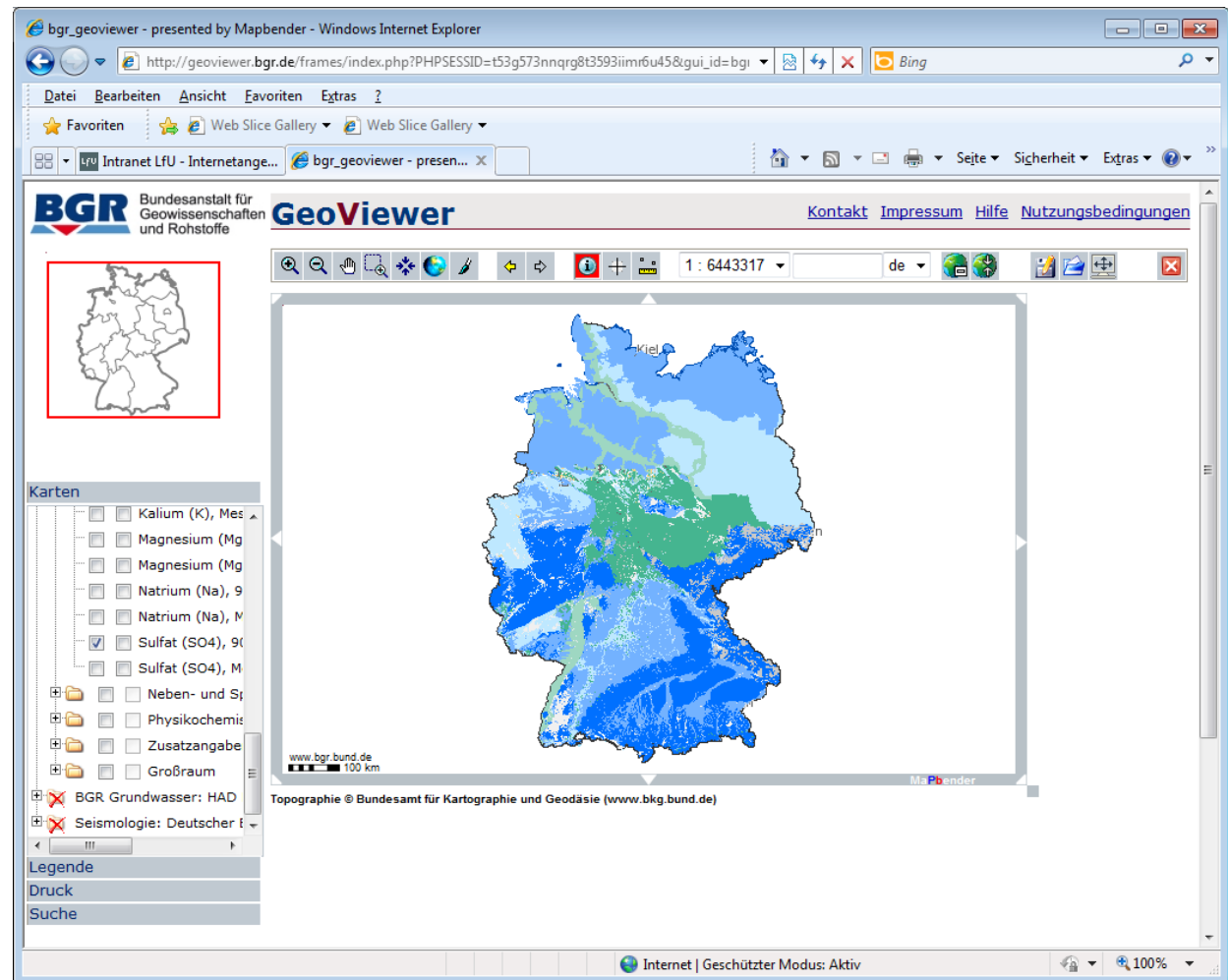
Hydrogeochemische Einheit (Name)	quartäre Kiese und Sande, vorwiegend silikatisch/karbonatisch
Hydrogeochemische Einheit (ID)	06K2.2
Flächengröße	463 km ²
Parameter	Arsen (As)
95 Perzentil	9.76 µg/l
90 Perzentil	5.97 µg/l
75 Perzentil	2.62 µg/l
50 Perzentil	1.05 µg/l
25 Perzentil	0.422 µg/l
10 Perzentil	0.185 µg/l
5 Perzentil	0.113 µg/l
Messwerte - nachgewiesen	35
Messwerte - kleiner Nachweisgrenze	3
Messwerte - ausserhalb Normalverteilung	3
Anteil ausgeschlossener Messwerte	15 %
Richtwert nach WHO (2004)	10 µg/l
Grenzwert nach TrinkwV (2001)	10 µg/l
Geringfügigkeitsschwellenwert (LAWA, 2004)	10 µg/l

Arsen (As)

ausgewählte Einheit **Legende**

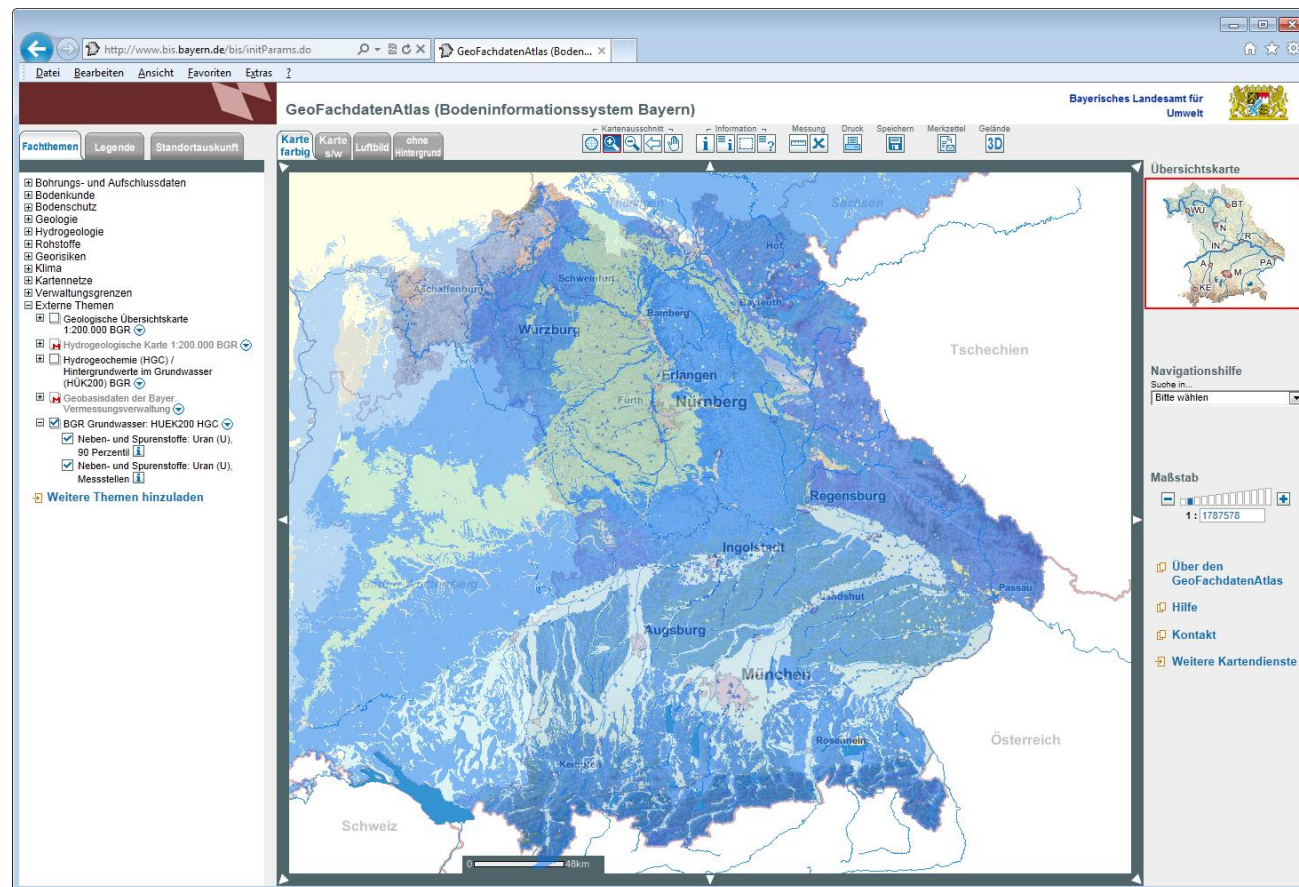
Presentation of results

GeoViewer BGR



Presentation of results

Soil Information System Bavaria



Benefits of the Web Map Service

- Direct and straightforward availability of data via the internet
- Basis for evaluation of the chemical status of groundwater bodies
- Evaluation of groundwater analyses based on the regional background values
- Easier identification of groundwater contaminations
- Local specific features of groundwater chemical properties can be identified through the point data

Outlook: ongoing works

- Following requirements of the EU-Water Framework Directive, many additional measurements of groundwater quality have been performed in the meantime
- Trace elements with larger gaps in the dataset are being re-evaluated:
As, B, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, F, Hg, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Tl, U, V, Zn
- Improvement of usability of the WMS
- Add maps of medians (50-percentiles) adding up to >120 layers
- New WMS with enlarged dataset and new functions shall be available at the end of the year