

Abschlussbericht

Ermittlung geogener Hintergrundwerte für nichtsynthetische Schadstoffe in Fließgewässern des Freistaates Thüringen

überreicht an: Thüringer Landesanstalt für Umwelt
und Geologie
Göschwitzer Straße 41
07745 Jena

erstellt von: C&E Consulting und Engineering GmbH
Jagdschänkenstraße 52
09117 Chemnitz

Chemnitz, den 18.07.2012

Dr. rer. nat. P. Schneider
Fachbereichsleiterin

Dr. rer. nat. P. Schneider
Dipl.-Ing. N. Gottschalk
Dipl.-Ing. R. Löser
Dipl.-Geol. M. Schaffrath
Bearbeiter

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	6
1 Veranlassung und Aufgabenstellung	8
1.1 Veranlassung	8
1.2 Aufgabenstellung	11
1.3 Diskussion der Definition „geogener Hintergrundwert“	12
2 Methodik zur Ableitung geogener Hintergrundgehalte in Fließgewässern	17
3 Datenbasis	18
3.1 Datenbasis TLUG	18
3.2 UBA-Datenbank	20
3.3 Weitere Datenquellen	22
4 Datenaufbereitung und Plausibilitätsanalyse	23
4.1 TLUG-Datenbank	23
4.2 Integrieren der UBA-Daten in die Projektdatenbank	24
4.3 Zusammenfassung der erstellten Projektdatenbank	28
4.4 Vorgehensweise bei der Datenauswertung	30
4.4.1 <i>Überblick</i>	31
4.4.2 <i>Verfahren nach SCHLEYER und KERNDORFF (1992)</i>	33
4.4.3 <i>Anwendbarkeit der Verfahren zur Bestimmung geogener Metallkonzentrationen im Oberflächenwasser</i>	39
5 Präselektion anthropogen beeinflusster Daten	43
5.1 Ursachen für anthropogene Veränderungen der chemischen Gewässerbeschaffenheit	44
5.2 Präselektion anthropogen beeinflusster Messstellen anhand der Topografie	51
5.2.1 <i>Vorgehensweise</i>	51
5.2.2 <i>Ergebnis</i>	61
5.3 Datenpräselektion anthropogen beeinflusster Messstellen im Abstrom von Altstandorten und Ablagerungen	62
5.3.1 <i>Vorgehensweise</i>	63
5.3.2 <i>Ergebnis</i>	67
5.4 Datenpräselektion anthropogen beeinflusster Messstellen aufgrund von Einleitungen von Kläranlagen	68

5.4.1	<i>Vorgehensweise</i>	68
5.4.2	<i>Ergebnis</i>	70
5.5	Datenpräselektion anthropogen beeinflusster Messstellen aufgrund von Bergbautätigkeit im Einzugsgebiet.....	71
5.6	Zusammenfassung der nach der Vorauswahl verbleibenden Daten....	71
6	Bewertung der Messstellen anhand der Beschaffenheitsdaten	73
6.1	Nachweisbare anthropogene Stoffeinträge.....	73
6.1.1	<i>Vorgehensweise</i>	73
6.1.2	<i>Ergebnis</i>	79
6.2	Hohe Gehalte der zu untersuchenden Parameter.....	80
7	Beurteilung der vorliegenden Datenbasis	81
7.1	Dichte an nicht wesentlich anthropogen beeinflussten Daten	81
7.1.1	<i>Gesamte Landesfläche: Anzahlen an Werten und regionale Verteilung</i>	81
7.1.2	<i>Fließgewässerlandschaften und Fließgewässertypen</i>	88
7.1.3	<i>Datendichte für die Fließgewässerlandschaften</i>	100
7.2	Ergebnis der Defizitanalyse zur Datenbasis.....	103
7.3	Einbezug von Daten aus Sachsen-Anhalt.....	105
8	Auswertung der resultierenden Datenbasis aus Thüringen und Sachsen-Anhalt	106
8.1	Übersicht der resultierenden Messwertanzahlen	106
8.2	Bestimmungsgrenzen	107
8.3	Ergebnisse der statistischen Auswertung der zusammengeführten Datenbasis und Schlussfolgerungen.....	108
8.4	Variabilität der Ergebnisse für aggregierte Fließgewässerlandschaften	110
8.5	Ausweisung von Schwerpunktgebieten zur weiteren Untersuchung..	113
9	Ergänzungsmessnetz	115
9.1	Kriterien zur Messstellenauswahl.....	115
9.2	Analysenprogramm.....	116
9.3	Bestimmungsgrenzen	117
10	Zusammenfassung.....	117
11	Literatur.....	122



Anlagenverzeichnis

1 Allgemeine Grundlagendaten

- 1.1 In der Projektdatenbank berücksichtigte Parameter und Anzahlen an Werten
- 1.2 Landwirtschaftliche Schwermetallemissionen (Literaturrecherche)
- 1.3 Methoden zur Ermittlung geogener Hintergrundwerte

2 Übersichtskarten verschiedener Landschaftseinteilungen

- 2.1 Übersichtskarte der Naturräume mit Grenzen der Oberflächenwasserkörper (OWK) nach WRRL
- 2.2 Übersichtskarte der aggregierten Fließgewässerlandschaften mit Grenzen der Oberflächenwasserkörper (OWK) nach WRRL
- 2.3 Übersichtskarte der differenzierten Fließgewässerlandschaften mit Grenzen der Oberflächenwasserkörper (OWK) nach WRRL
- 2.4 Übersichtskarte der hydrogeologischen Einheiten (Lithofaziesseinheiten) mit Grenzen der Oberflächenwasserkörper (OWK) nach WRRL
- 2.5 Übersichtskarte der Landnutzung mit Grenzen der Oberflächenwasserkörper (OWK) nach WRRL

3 Übersichtskarten mit Lage der Fließgewässermessstellen

- 3.1 Übersichtskarte der Messstellen des WRRL-Monitorings und des FIS Gewässer der TLUG
 - Blatt 1: Verschnitten mit den Grenzen der Oberflächenwasserkörper (OWK) nach WRRL
 - Übersichtskarte mit Lage aller Fließgewässermessstellen (nach Präselektion Stufe 1) – Wasser, Sedimente/schwebstoffbürtige Sedimente, Schwebstoffe
 - Blatt 2: Verschnitten mit den Grenzen der Oberflächenwasserkörper (OWK) nach WRRL
 - Blatt 3: Verschnitten mit den aggregierten Fließgewässerlandschaften und den Grenzen der Oberflächenwasserkörper (OWK) nach WRRL
 - Blatt 4: Verschnitten mit den differenzierten Fließgewässerlandschaften und den Grenzen der Oberflächenwasserkörper (OWK) nach WRRL
 - Blatt 5: Verschnitten mit der Landnutzung und den Grenzen der Oberflächenwasserkörper (OWK) nach WRRL
- 3.2 Übersichtskarte mit Lage der selektierten (geogenen) Messstellen – Wasser
 - a - Thüringen
 - b - Thüringen und Sachsen-Anhalt
 - Blatt 1: Verschnitten mit den Grenzen der Oberflächenwasserkörper (OWK) nach WRRL
 - Blatt 2: Verschnitten mit den aggregierten Fließgewässerlandschaften und den Gren-



zen der Oberflächenwasserkörper (OWK) nach WRRL

Blatt 3: Verschnitten mit den differenzierten Fließgewässerlandschaften und den Grenzen der Oberflächenwasserkörper (OWK) nach WRRL

Blatt 4: Verschnitten mit der Landnutzung und den Grenzen der Oberflächenwasserkörper (OWK) nach WRRL

4 Ergebnisdarstellung „Ermittlung geogener Hintergrundbelastungen durch Schwermetallgehalte in Fließgewässern des Freistaates Thüringen“

- 4.1 Übersicht über die als geogen eingestufteten Oberflächenwasser-Messstellen
- 4.2 Probenanzahlen der Datenkollektive zur Beschreibung der Hintergrundwerte aggregierter Fließgewässerlandschaften
- 4.3 Probenanzahlen für gemessene Werte unterhalb der Bestimmungsgrenze
- 4.4 Häufigkeitsverteilungen der Datenkollektive
- 4.5 Ergebnisse der statistischen Auswertung (aggregierte Fließgewässerlandschaften)
- 4.6 Zuordnung der ermittelten geogenen Hintergrundwerte (P90) zu den Einzugsgebieten der WRRL (OWK) in der Wasserphase (Gesamtgehalte)
- 4.7 Vergleich der Hintergrundwerte mit Umweltqualitätsnormen (aggregierte Fließgewässerlandschaften)
- 4.8 Übersichtskarte mit Schwerpunktgebieten im Freistaat Thüringen



Abkürzungsverzeichnis

AfS	Abfiltrierbare Stoffe
AOX	Absorbierbare organisch gebundene Halogene
ATV-DVWK	Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.
a. v. A.	alle verwertbaren Analysen
BfN	Bundesamt für Naturschutz
bgl	background level
BGR	Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BRD	Bundesrepublik Deutschland
BSB	Biologischer Sauerstoffbedarf
CAS	Chemical Abstracts Service
CSB	Chemischer Sauerstoffbedarf
DIN	Deutsches Institut für Normung
DOC	Dissolved Organic Carbon (gelöster organischer Kohlenstoff)
DOM	Dominante Gewässerlandschaft
EDTA	Ethylendiamintetraacetat
EW	Einzelwert
FGL	Fließgewässerlandschaft
FGL (agg.)	Aggregierte Fließgewässerlandschaft
FGL (diff.)	Differenzierte Fließgewässerlandschaft
ges.	gesamt
gel.	Gelöst
GKL	Gewässergüteklasse
hpnG	heutiger potenziell natürlicher Gewässerzustand
JD-UQN	Jahresdurchschnitt – Umweltqualitätsnorm
K _B	Basenkapazität
K _S	Säurekapazität
KGF	Korngrößenfraktion
LABO	Länderarbeitsgemeinschaft Boden
LAWA	Länderarbeitsgemeinschaft Wasser
LF	Leitfähigkeit
LfUG	Sächsische Landesamt für Umwelt und Geologie
MAX	Maximum
MIN	Minimum
MST	Messstelle
MW	Mittelwert
n	Anzahl
NWG	Nachweisgrenze
o. A.	ohne Ausreißerwert(e)
oh.	oberhalb
o. N.	ohne (Werte der) Nachweisgrenze
o. (N.+A.)	ohne Werte der Nachweisgrenze und Ausreißerwerte
OWK	Oberflächenwasserkörper
P(5)	5%-Perzentilwert
P(10)	10%-Perzentilwert
P(15,9)	15,9%-Perzentilwert



P(25)	25%-Perzentilwert
P(50)	50%-Perzentilwert (Median)
P(75)	75%-Perzentilwert
P(84,1)	84,1%-Perzentilwert
P(90)	90%-Perzentilwert
P(95)	95%-Perzentilwert
PAK	Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe
PCB	Polychlorierte Biphenyle
PSE	Periodensystem der Elemente
Q	Abfluss
TOC	Total Organic Carbon (gesamter organischer Kohlenstoff)
UBA	Umweltbundesamt
UQN	Umweltqualitätsnorm
uh.	unterhalb
v	Fließgeschwindigkeit
v. a.	vor allem
WRRL	Wasserrahmenrichtlinie (Richtlinie 2000/60/EG)
ZHK-UQN	Zulässige Höchstkonzentration – Umweltqualitätsnorm



1 Veranlassung und Aufgabenstellung

1.1 Veranlassung

Mit der Verabschiedung der Wasserrahmenrichtlinie im Oktober 2000 wurde die Grundlage für eine integrierte Gewässerschutzpolitik in Europa geschaffen. Ein zentrales Ziel stellt damit die ganzheitliche Gewässerbewirtschaftung auf der Ebene von Flusseinzugsgebieten (Flussgebietsmanagement) dar, die eine grenzüberschreitende Kooperation und Koordination voraussetzt (RICHTLINIE 2000/60/EG, Artikel 3).

Ein weiteres Kernziel der Richtlinie ist das Erreichen eines „guten Zustandes“ für alle Gewässer bis zum Jahr 2015, was qualitative sowie quantitative Belange zum Schutz von Gewässern beinhaltet. Die konkreten Anforderungen für die Oberflächengewässer sowie für die Grundwässer werden in der Tabelle 1.1 zusammengefasst.

Tabelle 1.1: Ziele der Wasserrahmenrichtlinie (RICHTLINIE 2000/60/EG, Artikel 4)

Oberflächengewässer	Grundwasser
Erreichen bzw. Erhalt eines guten ökologischen und chemischen Zustandes für Flüsse, Seen, Übergangs- und Küstengewässer	Erreichen bzw. Erhalt eines guten chemischen und mengenmäßigen Zustandes
Verhinderung einer Zustandsverschlechterung („Verschlechterungsverbot“)	Verhinderung einer Zustandsverschlechterung („Verschlechterungsverbot“)
Reduzierung der Verschmutzung durch prioritäre Stoffe und Einstellen der Einleitung und Emission prioritärer gefährlicher Stoffe	Umkehr signifikanter & anhaltender Trends ansteigender (anthropogen verursachter) Schadstoffkonzentrationen („Trendumkehr“)

Die Gehalte an Metallen, Übergangsmetallen, Halbmetallen und anderen anorganischen Stoffen in Oberflächengewässern sind sowohl anthropogenen als auch natürlichen (geogenen) Ursprungs. Die im Gestein bzw. in den Böden natürlicherweise vorhandenen Metalle und Halbmetalle können gelöst oder partikulär in die Gewässer gelangen und dort zu Überschreitungen von Umweltqualitätsnormen (UQN) in der Wasserphase oder auch im Schwebstoff bzw. Sediment führen.

Problematisch ist eine solche geogene/pedogene Belastung aus umweltrechtlicher Sicht dann, wenn es sich um prioritäre Stoffe im Sinne der Richtlinie 2000/60/EG (EG-Wasserrahmenrichtlinie WRRL) handelt, wie z. B. Blei, Cadmium und Nickel. Werden Umweltqualitätsnormen überschritten, ist der chemische Zustand des Gewässers als „nicht gut“ einzustufen (Richtlinie 2008/105/EG). Nach WRRL sind bei Überschreitung der UQN für prioritäre Stoffe geeignete Minderungsmaßnahmen durchzuführen, um den guten chemischen Zustand des betroffenen Oberflächenwasserkörpers (OWK) zu erreichen bzw. zu erhalten. Die Umweltqualitätsnormen wurden in der Oberflächengewässerverordnung (OGewV) der Bundesrepublik Deutschland vom 20. Juli 2011 festgeschrieben und damit in nationales Recht umgesetzt.

Eine Ausnahme von dieser Verpflichtung ist möglich, wenn die Überschreitung der UQN auf eine natürliche Hintergrundbelastung des Gewässers zurückzuführen ist (WRRL 2000/60/EG, Artikel 4). Daher ist es erforderlich, diejenigen OWK zu identifizieren, in denen eine natürliche Hintergrundbelastung mit (v. a. prioritären) Metallen und Spurenstoffen vorliegt, und in diesen OWK die Hintergrundkonzentrationen für diese Stoffe zu bestimmen. Bei der Festsetzung der Umweltqualitätsnorm durch den Gesetzgeber sind die natürlichen Hintergrundkonzentrationen von Metallen und ihren Verbindungen zu berücksichtigen, wenn diese die Einhaltung der Umweltqualitätsnorm verhindern. Auch bei nicht prioritären Metallen, wie Kupfer und Zink, ist die Kenntnis der natürlichen Hintergrundbelastung der Gewässer wesentlich für eine effiziente Maßnahmenplanung zur Erhaltung und Verbesserung des Gewässerzustandes.

Die UQN-Richtlinie (2008/105/EG) sieht vor, natürliche Hintergrundwerte bei der Beurteilung von Überschreitungen von Umweltqualitätszielen nichtsynthetischer Schadstoffe heranzuziehen (Schwermetalle, Metalloide). Dies wird deshalb auch in der OGewV für prioritäre, aber auch für flussgebietsspezifische Schadstoffe genutzt (chemischer und ökologischer Status). Betroffene Wasserkörper müssen gekennzeichnet werden, wenn diese Regelung zur Anwendung kommt.

Die Umweltqualitätsnorm (UQN) beschreibt laut OGewV (20.07.2011 BGBl. I S. 1429 (Nr. 37); Geltung ab 26.07.2011) die Konzentration eines bestimmten Schadstoffs oder einer bestimmten Schadstoffgruppe, die in Wasser, Sedimenten oder Biota aus Gründen des Gesundheits- und Umweltschutzes nicht überschritten werden darf. Eine natürliche Hintergrundkonzentration ist in der OGewV als Konzentration eines Stoffes in einem Oberflächenwasserkörper definiert, die nicht oder nur sehr gering durch menschliche Tätigkeiten beeinflusst ist.

In § 8 der OGewV wurden Anforderungen an die Beurteilung der Überwachungsergebnisse, sowie an Analysenmethoden und an Laboratorien definiert. Anlage 5 (zu § 2 Nummer 6, § 5 Absatz 4 Satz 2 und 3, § 9 Absatz 2 Satz 1) der OGewV enthält die Umweltqualitätsnormen für flussgebietsspezifische Schadstoffe zur Beurteilung des ökologischen Zustands und des ökologischen Potenzials. In Anlage 7 (zu § 2 Nummer 4 und 5, § 6 Satz 1, § 9 Absatz 2 Satz 2, § 11 Absatz 1 Satz 1 und 2) sind die Umweltqualitätsnormen zur Beurteilung des chem. Zustands hinterlegt. Für die vorliegende Studie sind folgende Umweltqualitätsnormen zur Gewässerbeurteilung relevant:

Tabelle 1.2 Flussgebietsrelevante Schadstoffe (Ökologischer Zustand)

Nummer	CAS-Nr. ⁽¹⁾	Stoffname	Umweltqualitätsnorm	
			Wasserphase µg/l ⁽²⁾	Schwebstoff oder Sediment mg/kg ⁽³⁾
2	7440-38-2	Arsen		40
138	7440-47-3	Chrom		640
142	7440-50-8	Kupfer		160
149	7440-66-6	Zink		800
163	7782-49-2	Selen ⁽⁴⁾	3	
164	7440-22-4	Silber ⁽⁴⁾	0,02	
166	7440-28-0	Thallium ⁽⁴⁾	0,2	

- 1) CAS (CAS = Chemical Abstracts Service), internationale Registriernummer für chemische Stoffe.
- 2) Umweltqualitätsnormen für die Wasserphase sind, wenn nicht ausdrücklich anders bestimmt, als Gesamtkonzentrationen in der gesamten Wasserprobe ausgedrückt.
- 3) Umweltqualitätsnormen für Schwebstoffe und Sedimente beziehen sich auf die Trockensubstanz. Umweltqualitätsnormen für Sedimente beziehen sich auf eine Fraktion kleiner 63 µm. Umweltqualitätsnormen für Schwebstoffe beziehen sich
 1. bei Entnahme mittels Durchlaufzentrifuge auf die Gesamtprobe;
 2. bei Entnahme mittels Absetzbecken oder Sammelkästen auf eine Fraktion kleiner 63 µm.
- 4) Die Umweltqualitätsnorm bezieht sich auf die gelöste Konzentration, d. h. die gelöste Phase einer Wasserprobe, die durch Filtration durch einen 0,45 µm-Filter oder eine gleichwertige Vorbehandlung gewonnen wird.

Tabelle 1.3 Prioritäre Stoffe (Chemischer Zustand)

Nummer	CAS-Nr.	Stoffname	Umweltqualitätsnorm
			JD-UQN
			Wasserphase µg/l
6	7440-43-9	Cadmium	0,08-0,25 (0,45-1,5**)
20	743992-1	Blei	7,2
21	743997-6	Quecksilber	0,05 (0,07**)
23	7440-02-0	Nickel	20

** ZHK-UQN

Die Einhaltung der Umweltqualitätsnormen für die flussgebietspezifischen Schadstoffe ist nur im Hinblick auf solche Schadstoffe zu überwachen, die in signifikanten Mengen in das Einzugsgebiet der für den Oberflächenwasserkörper repräsentativen Messstelle eingeleitet oder eingetragen werden. Mengen sind signifikant, wenn zu erwarten ist, dass die Hälfte der Umweltqualitätsnorm überschritten wird. Die Einhaltung der Umweltqualitätsnorm für flussgebietspezifische Schadstoffe wird anhand des Jahresdurchschnittswertes nach näherer Maßgabe von Anlage 8 Nummer 3 OGeWV überprüft. Gemäß den Vorgaben des Anhangs V der Wasserrahmenrichtlinie sind die prioritären Stoffe nur bei Einleitungen zu überwachen.



In der OGewV wird zur Einhaltung von Umweltqualitätsnormen ausgeführt:

- Umweltqualitätsnormen für die Stoffe der Anlage 7, ausgedrückt als zulässige Höchstkonzentrationen (ZHK-UQN), gelten als eingehalten, wenn die Konzentration bei jeder Einzelmessung an jeder repräsentativen Überwachungsstelle in dem Oberflächenwasserkörper kleiner oder gleich der ZHK-UQN ist. Liegt in den Fällen von Nummer 1.4 die Bestimmungsgrenze über der Umweltqualitätsnorm und der Messwert unter der Bestimmungsgrenze, gilt die Umweltqualitätsnorm als eingehalten.
- Umweltqualitätsnormen für die Stoffe der Anlage 7, ausgedrückt als Jahresdurchschnittswerte (JD-UQN), und der Anlage 5 gelten als eingehalten, wenn das arithmetische Mittel der zu unterschiedlichen Zeiten im Zeitraum von einem Jahr an jeder repräsentativen Überwachungsstelle in dem Oberflächenwasserkörper gemessenen Konzentrationen kleiner oder gleich der Umweltqualitätsnorm ist.

Ist für einen Schadstoff nach Anlage 5 oder 7 die natürliche Hintergrundkonzentration im zu beurteilenden Oberflächenwasserkörper größer als die Umweltqualitätsnorm, so legt die zuständige Behörde eine abweichende Umweltqualitätsnorm unter Berücksichtigung der Hintergrundkonzentration für diesen Oberflächenwasserkörper fest.

1.2 Aufgabenstellung

Ziel der zu erstellenden Studie ist eine gewässerspezifische Ermittlung der geogenen Hintergrundbelastungen durch Metalle und anorganische Stoffe zur Begründung von Umweltqualitätsnormen für die Oberflächenwasserkörper des Freistaates Thüringen. Dabei sind, unter Berücksichtigung vorhandener Informationen und ggf. zusätzlich zu untersuchender Proben, Oberflächenwasserkörper mit natürlicherweise erhöhten Gehalten an den in Tabelle 1.4 genannten Stoffen in der Wasserphase oder im Sediment/Schwebstoff zu identifizieren und für diese Wasserkörper die natürlichen Hintergrundkonzentrationen in der Wasserphase sowie im Sediment/Schwebstoff abzuleiten.

Tabelle 1.4 Übersicht der zu betrachtenden Parameter

Bearbeitung	Prioritäre Stoffe	Nicht-prioritäre Stoffe
Phase I	Ni, Cd	Al, Cl, SO ₄ , Ag, Cu, As, U, Zn
Phase II	Pb, Hg	Sb, Ba, Cr, Fe, Co, Mn, Mo, Se, Te, Tl, Ti, V

Somit werden belastbare Grundlagen für die Inanspruchnahme von Ausnahmeregelungen nach Artikel 4 WRRL im Falle von geogen erhöhten Schwermetallgehalten in den Gewässern geschaffen. Die zu erstellende Leistung stellt damit eine wesentliche Grundlage für den abzuleitenden Handlungsbedarf einschließlich erforderlicher Maßnahmen zur Erreichung eines guten Zustandes der Oberflächengewässer dar. Weiterhin bilden die Ergebnisse eine wichtige fachliche Grundlage bei der Beurteilung der Auswirkungen von Gewässerbenutzungen auf die Beschaffenheit der Gewässer.



Bei der Erteilung bzw. Anpassung von wasserrechtlichen Erlaubnissen stellen die geogenen Hintergrundwerte einen wesentlichen Aspekt der Bewertung dar.

1.3 Diskussion der Definition „geogener Hintergrundwert“

Eine allgemeingültige Definition des Begriffes „geogener Hintergrund“ existiert bisher nicht. Im Allgemeinen besteht jedoch Einvernehmen darüber, dass es sich bei geogenen Hintergrundwerten um Stoffkonzentrationen handelt, welche die natürlich gegebene Konzentration eines Stoffes in einem bestimmten Gebiet repräsentieren. Dies bedeutet, dass es sich um eine Konzentration handelt, die frei von anthropogenem Einfluss ist.

Die anthropogene Überprägung, die über Jahrhunderte aus der natürlichen Landschaft eine Kulturlandschaft formte, hat auch die Gewässer wesentlich beeinflusst. Aus diesem Grund ist es heutzutage nicht mehr möglich, ein vollständig natürliches Gewässer anzutreffen. Diesbezüglich definiert die LAWA das Leitbild des „heutigen potentiell natürlichen Gewässerzustands“ (hpnG), welcher sich nach Wegfall aller anthropogenen Einflüsse einstellen würde. Damit wird der irreversible heutige Kulturzustand mit eingeschlossen (BRIEM 2003).

Mit dem Inkrafttreten der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie, welche insbesondere die Verbesserung des chemischen Zustands und des ökologischen Potentials der Gewässer zum Ziel hat, wurde der Begriff „Referenzbedingung“ etabliert, welcher die natürlichen Gegebenheiten sowohl für chemische als auch für biologische Parameter repräsentiert. Unter dem flächendeckend angestrebten „guten Zustand“ der Oberflächengewässer wird im Rahmen der Richtlinie 2000/60/EG die Gewährleistung der Funktionsfähigkeit des typenspezifischen Ökosystems und die Einhaltung der biologischen und chemischen Qualitätskomponenten verstanden.

Der „gute chemische Zustand“ wird dabei über die Einhaltung der in den Umweltqualitätsnormen festgelegten Konzentrationen für spezifische (synthetische und nichtsynthetische) Schadstoffe weiter konkretisiert (vgl. Richtlinie 2008/105/EG). Des Weiteren wird bei Betrachtung der spezifischen nichtsynthetischen Stoffe (z. B. Schwermetalle) der „sehr gute Zustand“ der Oberflächengewässer wie folgt definiert: „Die Konzentrationen bleiben in dem Bereich, der normalerweise bei Abwesenheit störender Einflüsse festzustellen ist [Hintergrundwerte = bgl (background level)]“ (Richtlinie 2000/60/EG). Auch wenn damit die Hintergrundwerte in der Wasserrahmenrichtlinie Erwähnung finden, wird im Rahmen von Artikel 2 (Begriffsbestimmungen) keine explizite Definition mitgeliefert.

Nach der LAWA wird der geogene Hintergrundwert wie folgt ausgelegt: „Für in der Natur vorkommende Stoffe wie Schwermetalle erhält die Güteklasse I den geogenen Hintergrundwert und die Güteklasse II den Wert der Zielvorgabe für das betrachtete Schutzgut als Obergrenze“ (LAWA 1998). Demnach werden die Schwermetalle wie folgt charakterisiert (Tabelle 1.5):

Tabelle 1.5: Hintergrundbereiche und Zielvorgaben für das Schutzgut „Aquatische Lebensgemeinschaft“, Überwachung mit dem Median (LAWA, 1998)

Element	Wasser [$\mu\text{g/l}$]		Schwebstoff [mg/kg]	
	Hintergrundbereich	Zielvorgabe	Hintergrundbereich	Zielvorgabe
Cd	0,009-0,036	0,072	0,15 – 0,6	1,2
Cr (VI)	1,3 – 5,0	10	40 – 160	320
Cu	0,5 – 2,0	4	10 – 40	80
Ni	0,6 – 2,2	4,4	15 – 60	120
Hg	0,005 – 0,02	0,04	0,1 – 0,4	0,8
Zn	1,8 – 7,0	14	50 – 200	400
Pb	0,4 – 1,7	3,4	12,5 – 50	100

Der Umstand, dass es keine allgemein gültige Definition des geogenen Hintergrundwertes gibt, erschwert naturgemäß dessen Erhebung. Aus diesem Grund ist es erforderlich, eine im Rahmen dieses Projektes anzuwendende Definition festzulegen. Zunächst soll jedoch die Komplexität dieser Thematik mit der Darlegung verschiedener Literaturbezüge hervorgehoben werden:

Im Jahr 1972 erschien der vermutlich erste Beitrag im deutschsprachigen Raum, in dem die Notwendigkeit betont wurde, natürlich vorkommende Stoffe gegenüber potentiellen Kontaminationen zu berücksichtigen (HELLMANN, 1972). HELLMANN (2001) veröffentlichte später folgenden Definitionsansatz: „Hintergrund- bzw. Backgroundkonzentrationen sind die natürlichen nicht-anthropogenen (d.h. präzivilisatorischen) Anteile der Gesamtkonzentrationen von Stoffen in Umweltkompartimenten“. Er konkretisiert weiter: „Neben dem natürlichen geogenen (Schwermetalle) und biogenen (organische Spurenstoffe) Hintergrund muss auch die ubiquitär vorkommende, zumeist mit dem Luftstaub eingetragene Belastung berücksichtigt werden, die fallweise mit jener im Terminus zusammengefasst wird. Das Bedürfnis nach nutzungs- und schutzgutbezogenen Orientierungswerten (z.B. im Rahmen der WRRL) führt zur Definition von lokalen, lokalspezifischen, regionalen oder globalen Hintergrundwerten. Eine einheitliche, kompartimentübergreifende Definition des Hintergrundwertes ist nicht zweckmäßig.“ (HELLMANN, 2001)

Einen ähnlichen Ansatz verfolgt auch PRANGE et al. (1997): Hintergrundwerte sind Konzentrationen von Stoffen in Umweltkompartimenten, die sich ohne anthropogene Einflüsse eingestellt haben und damit den natürlichen Zustand, z. B. in Oberflächengewässern, charakterisieren. Im Gegensatz zu Hintergrundwerten als eine eher wertneutrale, rein geochemische Bewertungsgrundlage sind die meisten Qualitätsanforderungen, z. B. in Form von Qualitätszielen oder Zielvorgaben, jedoch von Wertvorstellungen geprägt.



Hintergrundwerte sind daher im Allgemeinen eine geeignete Grundlage zur Feststellung des Referenzzustandes (Leitbild) und nur in Ausnahmefällen auch zur Festlegung von Zielvorgaben geeignet. Eine derartige Ausnahme betrifft Zielvorgaben für Schwermetalle zum Schutz der aquatischen Lebensgemeinschaften.

Nach KUNKEL et al. (2004) liegt eine „natürliche“ Grundwasserbeschaffenheit vor, wenn der Stoffgehalt des Grundwassers „rein geogenen Ursprungs ist bzw. durch Einflüsse einer normalen, Jahrhunderte alten Kulturlandschaft ubiquitär überprägt wurde und das Grundwasser keine synthetischen Stoffe enthält“. Neben der strengen Definition des natürlichen Grundwassers, welche nur vorindustrielle Grundwässer als natürlich bezeichnet, sieht diese Definition auch explizit Grundwässer als natürlich an, die aufgrund einer Jahrhunderte alten Kulturlandschaft typische ubiquitäre Überprägungen aufweisen. „Bestimmte Stoffe oder Stoffgruppen, wie z. B. Pflanzenschutzmittel, PAK, AOX kommen natürlich nicht oder in geringen Konzentrationen nur unter spezifischen geologischen Randbedingungen (kohlehaltige Sedimente) im Grundwasser vor. Ihr Auftreten ist daher meist ein Indikator für ein anthropogen beeinflusstes Grundwasser“ (KUNKEL et al., 2004)

Auch nach HÖLTING (2005) und HOBIGER (2002) ist die chemische Beschaffenheit des Grundwassers abhängig von dem durchflossenen Aquifer (geogener Anteil) und anthropogenen Einflüssen. Der geogene Anteil kann dabei durch das Vorkommen von Mineralisationen und Vererzungen mit lokaler Begrenzung stark erhöhte Werte annehmen, so genannte „Hot Spots“ (HOBIGER, 2002). HÖLTING (2005) charakterisiert weiter: „Die natürliche (geogene) „Belastung“ ist abhängig [...] von den Gesteinseigenschaften sowie den physikalisch-chemischen Eigenschaften, die die Löslichkeit sowie den Transport bestimmen.“

Die „natürliche Grundwasserbeschaffenheit“ wird ferner wie folgt von verwandten Begriffen abgegrenzt: Für die qualitative und quantitative Beurteilung anthropogener Veränderungen muss zunächst die *natürliche Grundwasserbeschaffenheit* definiert und mit den stoffspezifischen *natürlichen Basiswerten* (DIN 4049-1; 2.13) zahlenmäßig beschrieben werden. „Synonym zum Basiswert wird in der Wasserwirtschaft auch der – nicht normativ definierte – Begriff *Hintergrundwert* verwendet und somit entspricht der *natürliche Hintergrundwert* dem *natürlichen Basiswert*, also dem Stoffgehalt bei *natürlicher Grundwasserbeschaffenheit*. Die Problematik ihrer bisherigen Beschreibungen lag im Wunsch nach möglichst universell gültigen Zahlen für die natürlichen Basiswerte/Hintergrundwerte, was aber angesichts der Vielfalt regionaler Besonderheiten sowie der anthropogen initiierten geogenen Prozesse kaum möglich ist.“ (GZFH, 2003)

SCHUDOMA (1994) widmet seine Ausführungen konkret den geogenen Schwermetallgehalten in Fließgewässern: „Der Hintergrundwert von Metallen im Wasser und in Sedimenten beschreibt den Zustand, der frei von jeder anthropogenen Beeinflussung sein sollte. Bei der Ermittlung von Hintergrundwerten sind mögliche anthropogene Belastungsquellen, wie z. B. Einträge durch Abwassereinleitungen, Einträge über Luft und Niederschlag, diffuse Einträge durch frühere oder bestehende Bergbautätigkeit sowie erhöhte Freisetzung von Metallen durch saure Niederschläge im Gewässereinzugsgebiet auszuschließen.“ (SCHUDOMA, 1994).



Mit den geogenen Hintergrundwerte in Fluss- und Auensedimenten beschäftigt sich DEHNER (2000): Demnach muss bei der Definition von geogenen Hintergrundwerten in Fluss- oder Auensedimenten auch die zeitliche Dimension berücksichtigt werden. „[Obwohl] mit steigendem Sedimentalter anthropogene Einflüsse zunehmend ausgeschlossen werden können, steigt gleichzeitig aufgrund der längeren Dauer der Bodenentwicklung der Einfluss postsedimentärer pedologischer Prozesse, die möglicherweise eine Veränderung ursprünglicher Elementkonzentrationen bewirken“ (DEHNER, 2000). Unter analytischem Blickwinkel wird in Bezug auf die Fluss- und Auensedimente weiter präzisiert: „Der geogene Hintergrundgehalt ist der königswasserlösliche Metallgehalt der Kornfraktion < 20 µm feinkörniger fluviatiler Sedimente unter Ausschaltung humusreicher Oberböden, anthropogener Kontaminations- und grundwasserbedingter Ausfällungshorizonte sowie limnisch-fluviatiler organogener und karbonatischer Bildungen.“ (HELLMANN, 2001)

In Bezug auf die geogenen Hintergrundgehalte in Sedimenten kann auch die Definition nach der LABO (2003) für Böden herangezogen werden (vgl. auch DEHNER, 2000): „Der geogene Grundgehalt umfasst den Stoffbestand eines Bodens, der sich aus dem Ausgangsgestein (lithogener Anteil), ggf. Vererzungen (chalkogener Anteil) und der durch pedogenetische Prozesse beeinflussten Umverteilungen (Anreicherung oder Verarmung) von Stoffen im Boden ergibt. Dabei können chalkogene Anteile punktuell oder flächenhaft zu einem deutlichen Anstieg der regionalen geogenen Grundgehalte führen. Sie liegen dann vor, wenn erzführende Gänge oder Gesteine, die nicht bergmännisch abgebaut werden oder wurden (= anthropogene Komponente), oberflächennah anstehen und durch Verwitterung oder Erosion und Umlagerung (z. B. in Talauen) unmittelbar zur Pedogenese beitragen.“ (LABO, 2003)

Fazit

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass der geogene Hintergrundwert vorrangig vom geologisch-lithologischen Untergrund geprägt ist. Die Einflüsse einer „normalen Jahrhunderte alten Kulturlandschaft“ führen jedoch zu einer ubiquitären anthropogenen Überprägung, die als Bestandteil der Landschaftsentwicklung angesehen werden kann. Geogen erhöhte Konzentrationen, wie sie in stark erhaltenden Gesteinen anzutreffen sind, werden als eine natürliche Beeinflussung betrachtet.

Da im Rahmen dieser Studie die geogenen Hintergrundbelastungen von Fließgewässern untersucht werden, bieten damit insbesondere die Oberläufe und Quellbereiche von Fließgewässern die Möglichkeit einer geringen anthropogenen Beeinflussung. Allerdings muss auch hier mit einer ubiquitären – z. B. mit dem Luftstaub eingebrachten – Belastung gerechnet werden. Um diese vernachlässigen zu können, können bspw. Gebiete selektiert werden, für die eine solche ubiquitäre Belastung vernachlässigbar gering erscheint bzw. die durch eine Jahrhunderte alte Kulturlandschaft geprägt sind (vgl. KUNKEL et al., 2004). Dieser Ansatz schließt damit auch Regionen des vorindustriellen Bergbaus ein. Damit erfolgt analog zur Vorgehensweise bei der Ermittlung geogener Hintergrundwerte des Landes Sachsen-Anhalt eine Abgrenzung des Altbergbaus vom industriellen Bergbau (LHW, 2010). Der industrielle Bergbau begann insbesondere durch Nutzung von Maschinen, wie z. B. der Dampfmaschine.



Deren Einsatz begann etwa zu Mitte des 18. Jahrhunderts. Damit erstreckt sich der zeitliche Ansatz für die geogene Wertung nicht länger als bis zur Mitte des 18. Jahrhunderts. Hingegen werden Analysenwerte in die Ermittlung geogener Hintergrundwerte einbezogen, die durch Einflüsse des Altbergbaus resultieren (z. B. Altstollen oder ähnliche Objekte, an denen nach dem Jahr 1750 kein Bergbau mehr betrieben wurde). Die Berücksichtigung von altbergbaubeeinflussten Daten entspricht der Vorgehensweise bei der Ermittlung geogener Hintergrundwerte für das Land Sachsen-Anhalt (LHW, 10-1).

Die geogen bedingten Schwermetallbelastungen in den Fließgewässern sind lokalspezifisch sehr heterogen. Eine Darstellung der Schwermetalle vorrangig vor dem Hintergrund der sie prägenden Gesteinsmatrix (geochemisch - metallogenetische Rayonierung) wird dementsprechend flächendeckend vorgenommen. Hierzu wird die Landesfläche in Einzugsgebiete und Fließgewässer-Planungseinheiten mit typischen Stoffkonzentrationen im Oberflächenwasser eingeteilt. Dabei werden gleichzeitig die unterschiedlichen geologischen Verhältnisse berücksichtigt.

Bei der Ermittlung geogener Hintergrundwerte für Blei, Cadmium, Nickel, Kupfer und Zink findet auch deren hydrochemisches Verhalten Beachtung, d. h. deren Eigenschaften, sich eher in der gelösten oder partikulären Phase zu befinden. In diesem Zusammenhang ist auch die Mobilisierung von Metallionen durch anthropogen eingetragene synthetische Stoffe im Gewässer bzw. deren Einzugsgebiet und durch Versauerung der Boden- und Oberflächengewässer zu erwähnen. Die Unterscheidung von standort-eigenen, nicht anthropogen hervorgerufenen Schwermetallkonzentrationen von denen anthropogener Herkunft ist daher noch schwieriger, da in den meisten Fällen die ubiquitären Belastungen, insbesondere durch die atmosphärisch eingetragenen Schwermetalle (Pb, Cd, Hg und Zn), zu berücksichtigen sind.

Auf der Basis der vorangestellten Definitionsdiskussion ergibt sich im Rahmen dieser Studie folgender Definitionsansatz für den Begriff geogener Hintergrundwert:

Regionalspezifische Stoffkonzentration eines Wasserinhaltsstoffs, die die natürliche Gewässerbeschaffenheit in Abhängigkeit vom geologisch-lithologischen Untergrund ohne anthropogene Einflussnahme repräsentiert. Dabei werden geogen erhöhte Konzentrationen, wie sie in stark erzhaltigen Gesteinen anzutreffen sind, als eine natürliche Beeinflussung betrachtet. Die ubiquitäre Überprägung im Sinne einer normalen Jahrhunderte alten Kulturlandschaft wird als Bestandteil der natürlichen Landschaftsentwicklung angesehen. Hierzu gehört auch die Beeinflussung durch historischen Bergbau.

Bei den Untersuchungen zu geogenen Hintergrundwerten in Sachsen-Anhalt (2010) und Nordrhein-Westfalen (2011) durch die C&E GmbH lag bezüglich des industriellen Bergbaus die zeitliche Abgrenzung für die geogene Wertung in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts. Für den Freistaat Thüringen wird empfohlen, diesem Ansatz ebenfalls zu folgen.

2 Methodik zur Ableitung geogener Hintergrundgehalte in Fließgewässern

Geogene Hintergrundgehalte im Wasser und Feststoff von Fließgewässern können anhand von Mess- und Analysendaten oder im Analogieschluss zu anderen, meist benachbarten oder zumindest hinsichtlich der geologischen Bedingungen vergleichbaren Gebieten ermittelt werden. Weiterhin kann das Instrument der hydrochemischen Modellierung zur Anwendung kommen (aktuelle Anwendungen z. B. für die Fließgewässer in Nordwestdeutschland, TETZLAFF, 2011), allerdings ist die Anwendung mit einem erheblichen Aufwand und das Ergebnis mit einer gewissen Unsicherheit verbunden und auch hier besteht das Erfordernis der Erhebung von Messdaten zur Modellkalibrierung.

In der Fachliteratur ist eine Vielzahl von Verfahren zur Ermittlung geogener Hintergrundwerte dokumentiert. Die Verfahren wurden oft nur für eine konkrete Anwendung entwickelt und sind an das jeweilige Untersuchungsobjekt (Grundwasserbeschaffenheit, Oberflächenwasserkonzentrationen, Feststoffkonzentrationen) und die Datenlage angepasst. Einige Verfahren wie der Geoakkumulationsindex (GREIF, 2005) sind weniger zur Bestimmung geogener Hintergrundwerte geeignet, sondern vielmehr zur Quantifizierung der anthropogenen Beeinflussung. Sie sind deshalb nur eingeschränkt auf den konkreten Anwendungsfall übertragbar. Eine Beschreibung der Methoden und ihrer Anwendungsgrenzen wird in Kapitel 4.4 gegeben. Zur Vorgehensweise werden für Fließgewässer keine gesetzlichen Vorgaben gemacht im Gegensatz zum Grundwasser, wo die Anwendung des 90-%-Quantils der Analysendaten zur Charakterisierung des geogenen Hintergrundes vorgeschrieben ist.

Die Anwendung von Perzentilen bei der Auswertung von Grundwasserdaten geht u. a. auf die Arbeit von SCHLEYER&KERNDORFF (1992) zurück. Hier wurden geogene Hintergrundkonzentrationen im Grundwasser anhand des 84.1-%-Perzentils (Summe aus Mittelwert und Standardabweichung) berechnet. Zur Anwendung kamen Analysen von Grundwässern, die aufgrund ihrer Geschützttheit zur Trinkwassergewinnung dienen und keine wesentliche anthropogene Beeinflussung erfahren haben.

Oberflächengewässer sind im Gegensatz zu Grundwasser wenig gegen anthropogene Beeinflussung geschützt. Beeinflussungen haben bereits in der Vergangenheit in vielfacher Weise stattgefunden. Sollen geogene Hintergrundkonzentrationen für Fließgewässer ermittelt werden, besteht vor der statistischen Auswertung von Analysendaten die Notwendigkeit, anthropogen beeinflusste Konzentrationen soweit wie möglich vor der statistischen Auswertung auszuschließen.

Da die chemische Beschaffenheit nicht nur durch Punktquellen beeinflusst wird, deren Einfluss auf Messdaten i. d. R. gut berücksichtigt werden kann, sondern zusätzlich durch flächenhafte Stoffeinträge, besteht keine Möglichkeit geogene Konzentrationen zu messen. Jeder gemessene Stoffgehalt setzt sich aus einem – nach Ausschluss der Beeinflussung durch Punktquellen – möglichst hohen geogenen Anteil und einem möglichst geringen anthropogenen Anteil zusammen.



Letzterer kann in einem zweiten Schritt der Eliminierung anthropogener Einflüsse durch die Anwendung von Perzentilen bei der statistischen Auswertung reduziert werden. Dabei trennt der Perzentilwert einen kleinen Teil der verbliebenen Daten, für den ein anthropogener Einfluss als wahrscheinlich angenommen wird, vom größeren restlichen Teil der verbliebenen Daten. Für letzteren wird nach dem Ausschluss der Beeinflussung durch Punktquellen und dem zusätzlichen rechnerischen Ausschluss ein Erwartungswert in Form eines Mittelwertes berechnet. Dieser beschreibt die mittlere geogene Hintergrundkonzentration.

Für die Fließgewässer im Freistaat Thüringen kann die methodische Vorgehensweise wie folgt zusammengefasst werden:

1. Datenpräselektion - Ausschluss anthropogen beeinflusster Mess- und Analysedaten auf der Grundlage von Informationen zu anthropogenen Beeinflussungen, i. d. R. zu Punktquellen durch Bergbau, Hüttenindustrie, Altlasten und Altstandorte, Einleiter und beeinflussender Landnutzung (Siedlung, Gewerbe, Industrie, Verkehr)
2. Berechnung des 84,1% und des 90%-Perzentils zur Trennung verbliebener anthropogen beeinflusster Stoffgehalte von der verbleibenden Datenbasis (nach Datenvorauswahl)
3. Anwendung der „aggregierten Fließgewässerlandschaften“ als Bewertungseinheit
4. Auswertung der „gesamt“ – Konzentrationen.

3 Datenbasis

3.1 Datenbasis TLUG

Die Datenbasis zur chemischen Fließgewässerbeschaffenheit wurde von der TLUG bereitgestellt. Für die Präselektion anthropogen beeinflusster Messstellen anhand der Topografie wurden zunächst nur die Stammdaten einschließlich der Koordinaten der Messstellen und -punkte übergeben, für die entsprechende Chemiedaten vorhanden sind.

Zunächst wurden die Stammdaten von 460 Messstellen des Monitoringmessnetzes zur Überprüfung der Ziele der WRRL und die Stammdaten von 1258 weiteren Probenahmepunkten in Oberflächengewässern (insgesamt 1718 Messstellen und -punkte) übergeben. Das Monitoringmessnetz umfasst folgende Typen von Messstellen, die im Rahmen der Bearbeitung berücksichtigt wurden:

- Messstellen zur Überblicksüberwachung: ausgerichtet auf überregionale Umwelt- bzw. Bewirtschaftungsziele

7 Messstellen (Werra Meiningen, Werra Gerstungen, Weiße Elster Gera uH, Saale Rudolstadt, Saale Camburg-Stöben, Unstrut Wundersleben, Unstrut Oldisleben)

- Messstellen zur operativen Überwachung: Überprüfung der Einhaltung von Umweltzielen der WRRL in den einzelnen Wasserkörpern

374 Messstellen einschließlich der 7 Messstellen zur Überblicksüberwachung

- Messstellen zur Überwachung zu Ermittlungszwecken:
161 Messstellen, davon 86 Messstellen, die nicht der operativen Überwachung dienen (ausschließlich zur Überwachung zu Ermittlungszwecken)

Die Messstellen des WRRL-Monitorings befinden sich vorrangig in anthropogen beeinträchtigten Oberflächenwasserkörpern und sind deshalb zur Ableitung geogener Hintergrundwerte kaum geeignet. Bei den Probenahmepunkten aus dem Fachinformationssystem Gewässer der TLUG handelt es sich um Messstellen von Sondermessprogrammen oder Messstellen, an denen im Rahmen unterschiedlicher Projekte oder Messkampagnen in der Vergangenheit Daten erhoben wurden. Die Lage aller Messstellen ist in Abbildung 3.1 dargestellt.

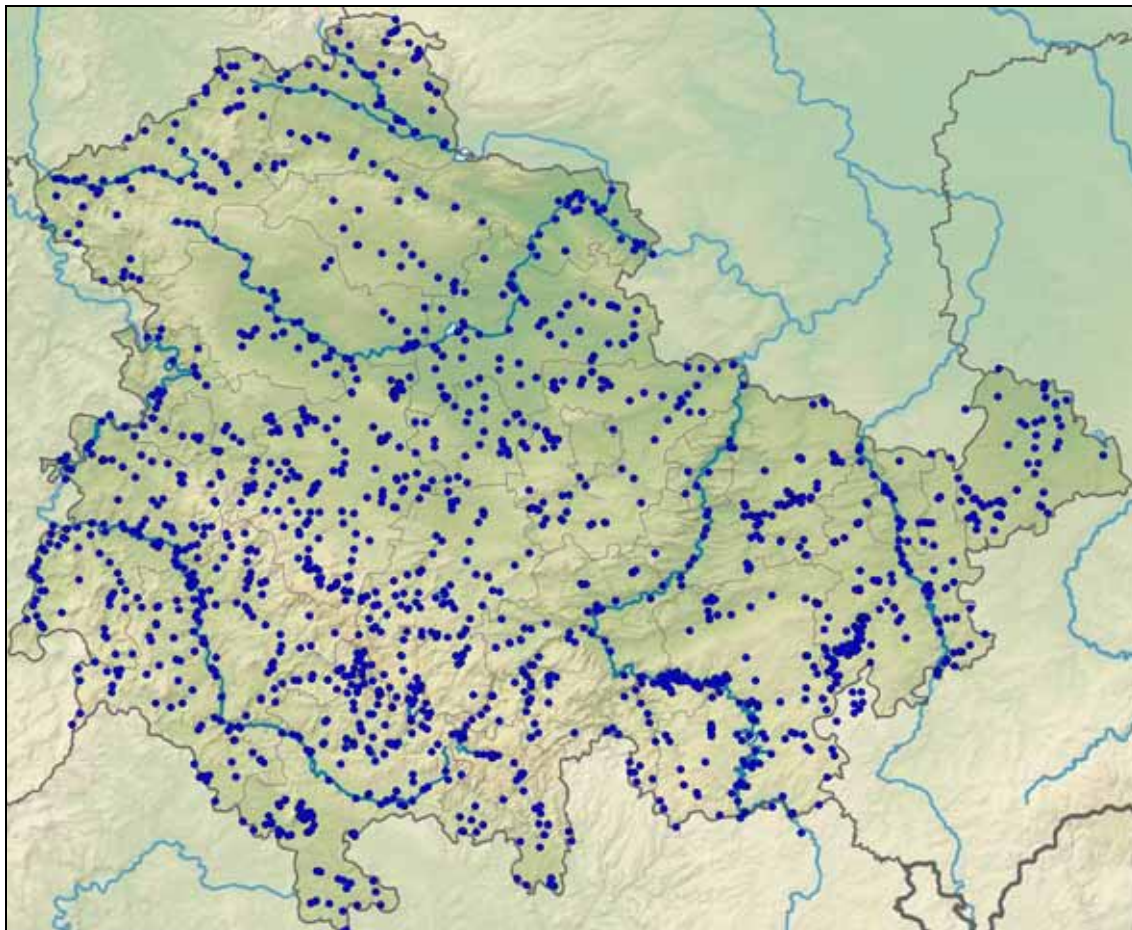


Abbildung 3.1 Lage der Messstellen des WRRL-Monitorings und des FIS Gewässer der TLUG (im Rahmen des Projektes Übergabe der Stammdaten)



3.2 UBA-Datenbank

Zur Bewertung des Ist-Zustands der chemischen Gewässerbeschaffenheit in der Bundesrepublik Deutschland sowie für die Festlegung von Referenzbedingungen und Qualitätszielen wurde vom Umweltbundesamt (UBA) im Jahr 2000 das C&E-Vorhaben "Leitbildorientierte physikalisch-chemische Gewässerbewertung - Referenzbedingungen und Qualitätsziele" initiiert (SCHNEIDER et al., 2003). Ziel des Vorhabens war es, vor dem Hintergrund der vorliegenden EG-WRRL eine Dokumentation für chemisch-physikalische Kenngrößen zu erstellen, die als Schwerpunkt die gewässertypischen Referenzbedingungen (natürliche, geogen bedingte Hintergrundwerte) in deutschen Oberflächengewässern beinhaltet. Für Flüsse und Seen, die in mindestens 20 Gewässertypen zu differenzieren waren, sollten die Referenzwerte auf der Grundlage der Recherche in Datenbanken und in der Fachliteratur zusammengestellt werden. Es sollten nur Gebiete einbezogen werden, die weitgehend Natur belassen sind, d. h. deren Gewässerqualität die Referenzbedingungen unmittelbar widerspiegelt. Die recherchierten Daten sind demnach geeignet für eine Ableitung geogener Hintergrundwerte.

Die im Rahmen des Vorhabens erstellte Datenbank (UBA-Datenbank) beinhaltet 772 Datensätze von Proben, die an insgesamt 67 Messstellen erhoben wurden, mit Daten der chemischen Wasser- und Feststoff-(Schwebstoff-)beschaffenheiten in Thüringen der folgenden Parameter:

Wassertemperatur, vor-Ort-Parameter (pH, O₂, el. Lf), Sichttiefe, Abfiltrierbare Stoffe, DOC, TOC, CSB, BSB, Cl, SO₄, HCO₃, Na, K, Ca, Mg, Gesamt-N, Nitrat-N, Nitrit-N, Ammonium-N, Gesamtphosphat-P, Orthophosphat-P, As, Pb, Cd, Cr, Co, Cu, Ni, Hg, Zn, Borat, Br, Cyanid, F, S₂, Al, Sb, Ba, Be, Bi, Cs, Ce, Fe, Mn, Mo, Ag, Tl, Ti, U, V, Sn

Es wurden folgende 25 Fließgewässer berücksichtigt:

Emse, Freibach, Gera, Helbe, Helme, Ilm, Kaltes Wasser, Saale, Schmalkalde, Schmalwasser, Schorte, Schwarza, Schwarze Sorbitz, Sorbitz, Sormitz, Spitter, Steinach, Stützerbach, Thüringer Wipper, Unstrut, Vesser, Weiße Elster, Wettera, Wilde Gera, Zahme Gera

Die UBA-Daten betreffen vor allem Fließgewässer im Thüringer Wald und Thüringer Schiefergebirge (vgl. Abbildung 3.2).

Die UBA-Daten umfassen etwa den Zeitraum 1997-2000. Lediglich für die Vesser sind Daten enthalten, die bis zum Jahr 1990 zurückgehen. Die Daten gehen auf folgende Quellen zurück:

- Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie: Zeitreihen der Wasserbeschaffenheit mit Datumsbezug
- Die Belastung der Elbe - Teil 2. Hintergrundbelastungen der deutschen Nebenflüsse. FZ Karlsruhe GmbH (Forschungszentrum Karlsruhe 2000): Schwebstoffdaten als Einzelanalyse pro Messstelle ohne Datumsbezug
- Kurzberichte Wasserqualität 1998, Talsperren, Speicher und Rückhaltebecken der Thüringer TSV: Einzelanalysen von Freiwasserproben

- Biosphärenreservat Vessertal/ Naturpark Thüringerwald: Zeitreihen der Wasserbeschaffenheit der Vesser an 8 Messstellen, 423 Datensätze.

Nach interner Prüfung in der TLUG konnte der im UBA-Projekt recherchierte Datenbestand zum Vessertal lokalisiert werden, d.h. es wurde festgestellt, dass diese Daten ursprünglich von der TLUG stammen (Übereinstimmung mit Altdaten 1990-1996 in Exceltabellen bei TLUG).

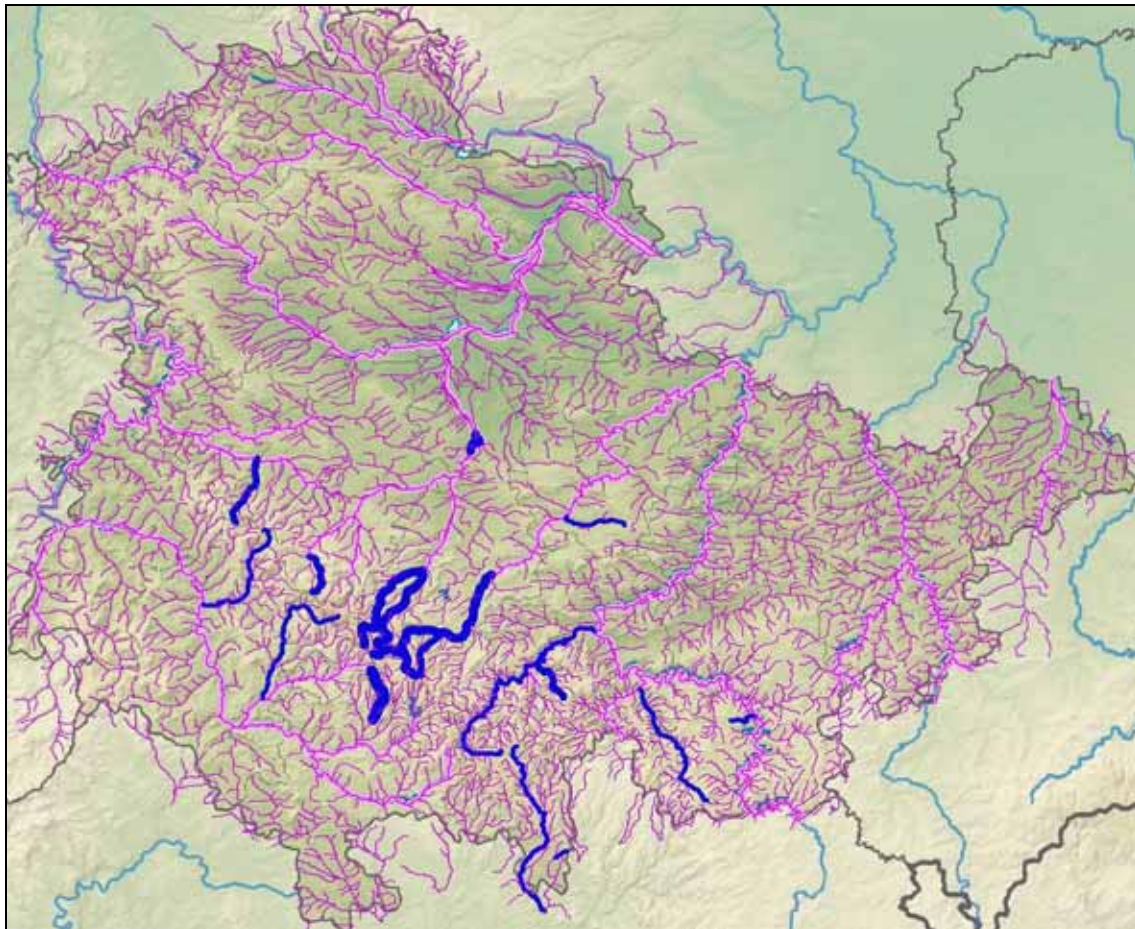


Abbildung 3.2 Fließgewässer mit UBA-Daten (blau), die Stärke der Linien korreliert mit der Anzahl an vorhandenen Daten

3.3 Weitere Datenquellen

Eine weitere Datenquelle für die Ableitung geogener Hintergrundwerte sind die Daten des Geochemischen Atlas von Deutschland 2000 (BIRKE et al. 2006). Die Daten wurden erhoben, um ein Gesamtbild der natürlichen Stoffkonzentrationen im Wasser und Sediment der Fließgewässer für das Gebiet der Bundesrepublik zu beschreiben. Dabei wurde „die natürliche, d. h. geologisch bedingte, unregelmäßige Verteilung der Stoffe in den verschiedenen Regionen ... entschlüsselt und aufgeklärt“ (BIRKE et al. 2006). Diese Informationen sind für viele Aufgaben von wesentlicher Bedeutung wie bei der Einschätzung des Anteils der anthropogenen Belastungen insbesondere in Bergbaugebieten, Industrie- und Ballungsräumen oder durch die Landwirtschaft, bei der Festlegung von Standards, Prüf- und Grenzwerten für gesetzliche und administrative Maßnahmen, aber auch z. B. zur Prospektion auf Rohstoffe und ihre Lagerstätten. Der Geochemische Atlas von Deutschland 2000 enthält keine Analysendaten. Die Daten können im Rahmen der weiteren Bearbeitung berücksichtigt werden, falls sie zur Bearbeitung verfügbar gemacht werden können.

In Westdeutschland wurden vergleichbare Untersuchungen bereits mehrfach in der Vergangenheit durchgeführt, zuletzt für den Hydrochemischen Atlas von Deutschland aus dem Jahr 1985 (FAUTH et al. 1985). Damit besteht für Westdeutschland mit einigen Einschränkungen z. B. aufgrund der Veränderung der Analysemethoden die Möglichkeit, längerfristige Veränderungen der chemischen Fließgewässerbeschaffenheit zu beschreiben. Im Rahmen der vorliegenden Studie sind diese Daten nutzbar in grenznahen Bereichen von Bayern, Hessen und Niedersachsen, insbesondere wenn Einzugsgebiete von thüringischen Fließgewässern teilweise außerhalb der Landesgrenze liegen. Dies ist z. B. der Fall im Bayerischen Vogtland (EZG der Saale und Zuflüsse), im Frankenwald (EZG Loquitz), für die Rodach im Landkreis Coburg/Bayern und Hildburghausen/Thüringen, für das EZG der Ulster im Landkreis Fulda/Hessen, für die Werrazuflüsse auf hessischer Landesfläche und für die Einzugsgebiete von Zorge und Helme im Landkreis Osterode/Niedersachsen. Weiterhin können die Daten grenznaher Regionen auf thüringische Fließgewässer u. U. übertragen werden, wenn die hydrogeochemischen Bedingungen vergleichbar sind. Die Daten des Geochemischen Atlas 1985 wurden veröffentlicht und werden im Rahmen der weiteren Bearbeitung integriert.

In Thüringen wurden vergleichbare Untersuchungen vom Zentralen Geologischen Institut der DDR durchgeführt (RENTZSCH et al. 1990, RENTZSCH et al. 1987, SCHULZE et al. 1986, RENTZSCH et al. 1984). Von 1977 bis 1990 wurden in Südostdeutschland 18500 Bachsediment- und Oberflächenwasserproben vorzugsweise aus Bächen der 1. und 2. Gewässerordnung mit einer durchschnittlichen Probenbelegungsdichte von 1.3 Proben/km² entnommen (RÖLLIG et al. 1990). Die Probenahme erfolgte u. a. im Flechtinger Höhenzug, im Harz, im Thüringer Wald und im Thüringisch-Vogtländischen Schiefergebirge. Im Ostteil des Thüringisch-Vogtländischen Schiefergebirges wurden an etwa 1100 von insgesamt 3170 in den Jahren 1985 und 1986 entnommenen Bachsedimentproben (RENTZSCH et al. 1987) die Hauptkomponenten sowie Sb und As nachanalysiert (BIRKE und RAUCH 1995). Die Daten waren zu DDR-Zeiten im ZGI archiviert, und befinden sich heute im Besitz der FUGRO GmbH.



Der Schwerpunkt der Arbeiten in Ostdeutschland lag in der geochemischen Prospektion von Erzlagerstätten, die Daten wurden deshalb nicht veröffentlicht und sind bei der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) archiviert. Die zusammenfassenden Berichte von RÖLLIG et al. 1990 (geochemische Prospektion im Südteil der DDR), RENTZSCH et al. 1987 (Thüringisch-Vogtländisches Schiefergebirge) und RENTZSCH et al. 1984 (Harz) werden im Rahmen der weiteren Bearbeitung ausgewertet.

4 Datenaufbereitung und Plausibilitätsanalyse

4.1 TLUG-Datenbank

Nach einer ersten Präselektion von insgesamt 376 möglicherweise geeigneter Messstellen und -punkte anhand der Landnutzung im Einzugsgebiet (1. Ausschlusskriterium, vgl. Abschnitt 5.2) wurden von der TULG die chemischen Beschaffenheitsdaten dieser Messstellen übergeben. Etwa die Hälfte der Messstellen sind im Fachinformationssystem Gewässer nicht mit den Beschaffenheitsdaten belegt, die im Rahmen des Projektes auszuwerten sind. Es wurden auswertbare Daten für die folgenden Anzahlen an Messstellen und Proben übergeben:

- Wasserproben: 190 Messstellen bzw. Entnahmepunkte
13168 analysierte Wasserproben
- Sedimentproben: 1 Messstelle bzw. Entnahmepunkt
4 analysierte Sedimentproben
- Schwebstoffanalysen <63 µm: 11 Messstellen bzw. Entnahmepunkte
88 analysierte Schwebstoffproben

Bei der Schwebstoffanalyse wurde in Thüringen im Unterschied zu anderen Bundesländern stets die Fraktion <63 µm (Schluff- und Tonfraktion) untersucht.

Die Daten umfassen vor-Ort-Messwerte und Ergebnisse von Laboranalysen von insgesamt 296 Parametern. Im Rahmen der Studie sind geogene Hintergrundwerte der folgenden Parameter zu bestimmen:

Pb, Cd, Ni, Cu, Zn, Hg, Al, As, Ag, Ba, Co, Cr, Fe, Mn, Mo,
Sb, Se, Te, Ti, Tl, U, V, Cl, SO₄

Diese Parameter wurden mit weiteren 193 vor-Ort- und Beschaffenheitsparametern in eine Projektdatenbank überführt und mit den Stammdaten der Messstellen ergänzt. Gleichzeitig wurden die Daten einer Plausibilitätsanalyse unterzogen. Diese umfasst die Suche nach Konzentrationen unter bzw. gleich Null und nach Zeichenketten in numerischen Datenfeldern. Da die Daten dem Fachinformationssystem Gewässer der TLUG entnommen wurden, waren keine Änderungen erforderlich mit Ausnahme einiger Konzentrationen, die kleiner als die Nachweisgrenze sind, für welche aber die Angabe der Nachweisgrenze fehlt bzw. hierfür Null angegeben wird (die Einträge wurden entfernt). Weiterhin wurden einige Konzentrationsangaben von Null entfernt.

Analysenergebnisse, die unter der Bestimmungsgrenze (<BG, untere Grenze der belastbar zu bestimmenden Konzentration), aber über der Nachweisgrenze liegen, wurden als Wert für die weitere Auswertung übernommen. Für Konzentrationen, die unter der Nachweisgrenze liegen (<NG, kleinste bestimmbar Konzentration), wurde die halbe Nachweisgrenze in die Projektdatenbank übernommen und zur weiteren Auswertung verwendet. Ist die Konzentration größer als der Messbereich, wurde die obere Grenze des Messbereiches übernommen. Insgesamt wurden folgende Anzahlen an Analysendaten der TLUG-Datenbank in die Projektdatenbank überführt:

- Wasserproben: 272625 Analysenergebnisse
- Sedimentproben: 98 Analysenergebnisse
- Schwebstoffanalysen: 1394 Analysenergebnisse.

4.2 Integrieren der UBA-Daten in die Projektdatenbank

Zur Einarbeitung der UBA-Daten in die Projektdatenbank wurde zunächst geprüft, inwieweit diese Daten auf der Grundlage der TLUG-Datenbank erstellt wurden und mit den TLUG-Daten identisch sind. Da die UBA-Datenbank keine Koordinaten enthält, wurde versucht, die Messstellen dieser Datenbank anhand der Messstellenbezeichnung, des Gewässernamens und anderer Informationen den TLUG-Messstellen zuzuordnen. Dabei zeigte sich, dass die UBA-Datensätze in vielen Fällen bereits in der TLUG-Datenbank enthalten sind (vgl. Tabelle 4.1).

Tabelle 4.1 Daten der UBA-Datenbank, die auf TLUG-Daten zurückgehen und deshalb bereits Bestandteil der TLUG-Datenbasis sind

UBA Mst Nr.	TLUG Mst Nr.	MST Name	Gewässer	UBA-Daten	Ergebnis der Zusammenführung
Datenquelle: TLUG					
UBA-1327	2051	Winterstein oh	Emse	8 Datensätze Wasser	bereits in TLUG-Datenbank enthalten
UBA-1682	2074	Tambach- Dietharz oh	Spitter	15 Datensätze Wasser	bereits in TLUG-Datenbank enthalten
UBA-1650	2076	Tambach- Dietharz oh	Schmalwasser	22 Datensätze Wasser	bereits in TLUG-Datenbank enthalten
UBA-1784	2080	Dörrberg oh	Wilde Gera	32 Datensätze Wasser	2 UBA-Datensätze Wasser übernommen , übrige bereits in TLUG-Datenbank enthalten
UBA-1412	2095	Ilmenau oh	Ilm	22 Datensätze Wasser	22 UBA-Datensätze Wasser übernommen, später Ausschluss (Abstrom Siedlung)
UBA-1658	2307	Rohrbach uh	Schwarze Sorbitz	15 Datensätze Wasser	15 UBA-Datensätze Wasser übernommen, später Ausschluss (Abstrom Siedlung)
UBA-1675	2332	Sormitz Mündung	Sormitz	19 Datensätze Wasser	19 UBA-Datensätze Wasser übernommen, später Ausschluss (Abstrom Siedlung)
UBA-1654	2349	Scheibe- Alsbach uh	Schwarza	15 Datensätze Wasser	15 UBA-Datensätze Wasser übernommen, später Ausschluss (Abstrom Siedlung)
UBA-1432	2435	Kleinschmalkalden oh	Kaltes Wasser	12 Datensätze Wasser	3 UBA-Datensätze Wasser übernommen , übrige bereits in TLUG-Datenbank enthalten
UBA-1686	2509	Lauschamündung oh	Steinach	15 Datensätze Wasser	bereits in TLUG-Datenbank enthalten
UBA-1649	2570	Kleinschmalkalden uh	Schmalkalde	5 Datensätze Wasser	5 UBA-Datensätze Wasser übernommen, später Ausschluss (Abstrom Siedlung)

Die UBA-Daten, die auf die Studie zur Hintergrundbelastung der Elbe (Forschungszentrum Karlsruhe 2000) und auf die Berichte der Talsperrenverwaltung zur Wasserqualität zurückgehen, betreffen einmalige Schwebstoff- oder Wasseranalysen an Messstellen, die mit einer Ausnahme im Rahmen der Vorauswahl als anthropogen beeinflusst identifiziert wurden bzw. Freiwasser von Talsperren betreffen. Sie werden damit von der Datenbasis ausgeschlossen (vgl. Tabelle 4.2).

Tabelle 4.2 Daten der UBA-Datenbank, die auf Daten der Studie zur Hintergrundbelastung der Elbe (Forschungszentrum Karlsruhe 2000) und auf Daten der Thüringer Talsperrenverwaltung zurückgehen und Messstellen der TLUG-Datenbank zuzuordnen sind

UBA Mst Nr.	TLUG Mst Nr.	MST Name	Gewässer	UBA-Daten	Ergebnis der Zusammenführung
Datenquelle: Forschungszentrum Karlsruhe (2000)					
UBA-1410	2015	Großheringen	Ilm	1 Datensatz Schwebst.	1 UBA-Datensatz Schwebstoff übernommen, später Ausschluss (Abstrom Siedlung)
UBA-1355	2066	Arnstadt oh (Fasane- rie)	Gera	1 Datensatz Schwebst.	1 UBA-Datensatz Schwebstoff übernommen, später Ausschluss (Abstrom Siedlung)
UBA-1627	2204	Jena uh	Saale	1 Datensatz Schwebst.	1 UBA-Datensatz Schwebstoff übernommen, später Ausschluss (Abstrom Siedlung)
UBA-1631	2258	Rudolstadt	Saale	1 Datensatz Schwebst.	1 UBA-Datensatz Schwebstoff übernommen, später Ausschluss (Abstrom Siedlung)
UBA-1635	2261	Ziegenrück	Saale	1 Datensatz Schwebst.	1 UBA-Datensatz Schwebstoff übernommen, später Ausschluss (Abstrom Talsperre)
UBA-1653	2290	Bad Blankenburg oh	Schwarza	1 Datensatz Schwebst.	1 UBA-Datensatz Schwebstoff übernommen, später Ausschluss (Abstrom Altlast)
UBA-1625	2356	Hirschberg	Saale	1 Datensatz Schwebst.	1 UBA-Datensatz Schwebstoff übernommen, später Ausschluss (Abstrom Siedlung)
UBA-1621	2357	Blankenstein	Saale	1 Datensatz Schwebst.	1 UBA-Datensatz Schwebstoff übernommen, später Ausschluss (Abstrom Siedlung)
UBA-1633	2561	Saalfeld uh	Saale	1 Datensatz Schwebst.	1 UBA-Datensatz Schwebstoff übernommen, später Ausschluss (Abstrom Siedlung)
UBA-1408	3794	Apolda oh	Herressener Bach	1 Datensatz Schwebst.	1 UBA-Datensatz Schwebstoff übernommen, später Ausschluss (Abstrom Siedlung)
UBA-1356	3799	Erfurt-Rieth	Gera	1 Datensatz Schwebst.	1 UBA-Datensatz Schwebstoff übernommen, später Ausschluss (Abstrom Siedlung)
Datenquelle: Thüringer Talsperrenverwaltung					
UBA-1704	3039	Rohwasser	TS Tambach- Dietharz	1 Datensatz Wasser	1 UBA-Datensatz Wasser übernommen, später Ausschluss (Freiwasser Talsperre)
UBA-1701	3342	Turm TP St. 17	TS Schmalwas- ser	1 Datensatz Wasser	1 UBA-Datensatz Wasser übernommen, später Ausschluss (Freiwasser Talsperre)

Eine größere Anzahl an UBA-Probenahmepunkten konnten aufgrund der fehlenden Koordinaten nicht zugeordnet werden, allerdings betrifft dies fast ausnahmslos einzelne Analysen an Schwebstoff aus dem Bericht zur Hintergrundbelastung der Nebenflüsse der Elbe (Forschungszentrum Karlsruhe 2000). Insbesondere für die Daten der Unstrut und Wipper ist von einer anthropogenen Beeinflussung auszugehen. Die Daten wurden nicht in die Projektdatenbank integriert, es verbleibt aber die Möglichkeit, abgeleitete geogene Hintergrundwerte in einem späteren Bearbeitungsschritt mit diesen Daten abzugleichen.

Tabelle 4.3 Daten der UBA-Datenbank, die keinen konkreten Messstellen zuzuordnen sind oder eine anthropogene Beeinflussung erwarten lassen

UBA Mst Nr.	TLUG Mst Nr.	MST Name	Gewässer	UBA-Daten	Ergebnis der Zusammenführung
Datenquelle: TLUG					
UBA-1700	3234?	k. A.	TS Noßbach	1 Datensatz Wasser	nicht übernommen, Zuordnung unklar
UBA-1779	?	k. A.	Wettera	14 Datensätze Wasser	nicht übernommen, Zuordnung unklar
UBA-1783	?	k. A.	Wilde Gera	8 Datensätze Wasser	nicht übernommen, Zuordnung unklar
Datenquelle: Forschungszentrum Karlsruhe (2000)					
UBA-1380	?	Grünstedt	Helbe	1 Datensatz Schwebst.	nicht übernommen, Zuordnung unklar
UBA-1383	?	Allstedt	Helme	1 Datensatz Schwebst.	nicht übernommen, Zuordnung unklar
UBA-1384	?	Nordhausen	Helme	2 Datens. Schwebst.	nicht übernommen, Zuordnung unklar
UBA-1385	?	Schaafs Dorf	Helme	1 Datensatz Schwebst.	nicht übernommen, Zuordnung unklar
UBA-1408	?	Apolda	Ilm	1 Datensatz Schwebst.	nicht übernommen, Zuordnung unklar
UBA-1409	?	Bad Berka	Ilm	1 Datensatz Schwebst.	nicht übernommen, Zuordnung unklar
UBA-1411	?	Ilmenau	Ilm	1 Datensatz Schwebst.	nicht übernommen, Zuordnung unklar
UBA-1413	?	Stadtilm	Ilm	1 Datensatz Schwebst.	nicht übernommen, Zuordnung unklar
UBA-1414	?	Weimar	Ilm	1 Datensatz Schwebst.	nicht übernommen, Zuordnung unklar
UBA-1623	?	Dornburg	Saale	1 Datensatz Schwebst.	nicht übernommen, Zuordnung unklar
UBA-1624	?	Grossheringen	Saale	1 Datensatz Schwebst.	nicht übernommen, Zuordnung unklar
UBA-1630	?	Orlamünde	Saale	1 Datensatz Schwebst.	nicht übernommen, Zuordnung unklar
UBA-1707	?	k. A.	Thüringer Wipper	1 Datensatz Schwebst.	nicht übernommen, Zuordnung unklar
UBA-1708	?	k. A.	Thüringer Wipper	1 Datensatz Schwebst.	nicht übernommen, Zuordnung unklar
UBA-1709	?	k. A.	Thüringer Wipper	1 Datensatz Schwebst.	nicht übernommen, Zuordnung unklar
UBA-1710	?	k. A.	Thüringer Wipper	1 Datensatz Schwebst.	nicht übernommen, Zuordnung unklar
UBA-1716	?	k. A.	Unstrut	1 Datensatz Schwebst.	nicht übernommen, Zuordnung unklar
UBA-1717	?	k. A.	Unstrut	1 Datensatz Schwebst.	nicht übernommen, Zuordnung unklar
UBA-1718	?	k. A.	Unstrut	1 Datensatz Schwebst.	nicht übernommen, Zuordnung unklar
UBA-1721	?	k. A.	Unstrut	1 Datensatz Schwebst.	nicht übernommen, Zuordnung unklar
UBA-1722	?	k. A.	Unstrut	1 Datensatz Schwebst.	nicht übernommen, Zuordnung unklar
UBA-1723	?	k. A.	Unstrut	1 Datensatz Schwebst.	nicht übernommen, Zuordnung unklar
UBA-1724	?	k. A.	Unstrut	1 Datensatz Schwebst.	nicht übernommen, Zuordnung unklar
UBA-1725	?	k. A.	Unstrut	1 Datensatz Schwebst.	nicht übernommen, Zuordnung unklar
UBA-1765	?	k. A.	Weißer Elster	1 Datensatz Schwebst.	nicht übernommen, Zuordnung unklar

Die UBA-Datenbank enthält weiterhin 423 Datensätze der Wasserbeschaffenheit der Vesser und ihrer Zuflüsse an 8 Probenahmepunkten. Diese Daten wurden im Rahmen des UBA-Projektes durch das Biosphärenreservat Vessertal aus der eigenen Gewässerüberwachung bereit gestellt. Für die Vesser sind der TLUG-Datenbank keine Daten zu entnehmen. Das Einzugsgebiet der Vesser wird nahezu ausschließlich forstwirtschaftlich genutzt, es befinden sich lediglich die Ortschaft Vesser und einige Randbereiche der Ortschaft Schmiedefeld am Rennsteig im Einzugsgebiet. Hinsichtlich der Landnutzung im Einzugsgebiet kann ein relevanter anthropogener Einfluss ausgeschlossen werden (vgl. Abbildung 4.1).



Abbildung 4.1 TLUG-Messstellen im Einzugsgebiet der Vesser

Die UBA-Daten für die Vesser wurden in die Projektdatenbank integriert. Hierzu wurde eine fiktive Messstelle etwa im Zentrum des Einzugsgebietes in der Vesser erstellt:

Messstellen-Name	fiktiv
Messstellen-Nummer	999990
Rechtswert	4415385
Hochwert	5605550

Tabelle 4.4 Daten der UBA-Datenbank zur Vesser

UBA Mst Nr.	TLUG Mst Nr.	MST Name	Gewässer	UBA-Daten	Ergebnis der Zusammenführung
Datenquelle: Biosphärenreservat Vessertal/Naturpark Thüringer Wald					
UBA-1631	-	k. A.	Vesser und Zufl.	44 Datensätze Wasser	alle UBA-Datensätze übernommen
UBA-1632	-	k. A.	Vesser und Zufl.	49 Datensätze Wasser	alle UBA-Datensätze übernommen
UBA-1633	-	k. A.	Vesser und Zufl.	45 Datensätze Wasser	alle UBA-Datensätze übernommen
UBA-1634	-	k. A.	Vesser und Zufl.	49 Datensätze Wasser	alle UBA-Datensätze übernommen
UBA-1635	-	k. A.	Vesser und Zufl.	47 Datensätze Wasser	alle UBA-Datensätze übernommen
UBA-1636	-	k. A.	Vesser und Zufl.	45 Datensätze Wasser	alle UBA-Datensätze übernommen
UBA-1637	-	k. A.	Vesser und Zufl.	48 Datensätze Wasser	alle UBA-Datensätze übernommen
UBA-1638	-	k. A.	Vesser und Zufl.	48 Datensätze Wasser	alle UBA-Datensätze übernommen
UBA-1639	-	k. A.	Vesser und Zufl.	48 Datensätze Wasser	alle UBA-Datensätze übernommen

Aus der UBA-Datenbank wurden folgende Anzahlen an Messstellen in die Projektdatenbank übernommen:

- Wasserproben: 8 zusätzliche Messstellen bzw. Entnahmepunkte
508 analysierte Wasserproben
- Sedimentproben: 0 zusätzliche Messstellen bzw. Entnahmepunkte
0 analysierte Sedimentproben
- Schwebstoffanalysen <63 µm: 11 Messstellen bzw. Entnahmepunkte
11 analysierte Schwebstoffproben

4.3 Zusammenfassung der erstellten Projektdatenbank

Zum aktuellen Bearbeitungsstand umfasst die Projektdatenbank folgende Anzahlen an Messstellen und Datensätzen:

- Wasserproben: 198 Messstellen bzw. Entnahmepunkte
13676 analysierte Wasserproben
- Sedimentproben: 1 Messstelle bzw. Entnahmepunkt
4 analysierte Sedimentproben
- Schwebstoffanalysen <63 µm: 21 Messstellen bzw. Entnahmepunkte
99 analysierte Schwebstoffproben

Die folgende Tabelle enthält die Anzahlen der auswertbaren Analysenergebnisse in der erstellten Projektdatenbank für die Parameter, für welche geogene Hintergrundwerte abgeleitet werden sollen. Es wird zunächst deutlich, dass nur sehr wenige Sediment- und Schwebstoffdaten vorhanden sind. Dies gilt ebenso für die Gelöst- und Gesamtkonzentrationen in den Wasserproben für einige Parameter, so vor allem für Silber, Kobalt, Molybdän, Antimon, Selen, Tellur, Titan, Thallium, Uran und Vanadium. Für die Parameter Tellur und Thallium sind keine Daten verfügbar.

Tabelle 4.5 In die Projektdatenbank überführte Parameter, für die im Rahmen des Projektes geogene Hintergrundwerte abgeleitet werden sollen. Datenquelle: TLUG (Messstellen nach Vorauswahl) und SCHNEIDER et al. 2003

Parameter	Anzahl Werte		
	Wasser	Sediment	Schwebstoff
Pb	ges. 1.082 gel. 251	4	67
Cd	ges. 1.113 gel. 242	4	61
Ni	ges. 1.079 gel. 243	4	69

Parameter	Anzahl Werte		
	Wasser	Sediment	Schwebstoff
Cu	ges. 1.103 gel. 260	4	99
Zn	ges. 1.586 gel. 80	4	99
Hg	ges. 876 gel. 247	4	61
Al	ges. 2.274 gel. 946	0	0
As	ges. 515 gel. 122	0	81
Ag	ges. 4 gel. 0	0	6
Ba	ges. 349 gel. 12	0	40
Co	ges. 113 gel. 0	4	29
Cr	ges. 998 gel. 116	4	99
Fe	ges. 1.906 gel. 811 Fe-II 8	4	18
Mn	ges. 2.191 gel. 149	4	24
Mo	ges. 64 gel. 20	4	40
Sb	ges. 38 gel. 10	0	40
Se	ges. 8 gel. 0	0	0
Te	ges. 0 gel. 0	0	0
Ti	ges. 34 gel. 10	0	40
Tl	ges. 0 gel. 0	0	0
U	ges. 133 gel. 18	0	6
V	ges. 4 gel. 0	0	0
Cl	7.146	-	-
SO ₄	6.762	-	-

Die Messstellen und Probenahmepunkte der Projektdatenbank sind in Abbildung 4.2 dargestellt.

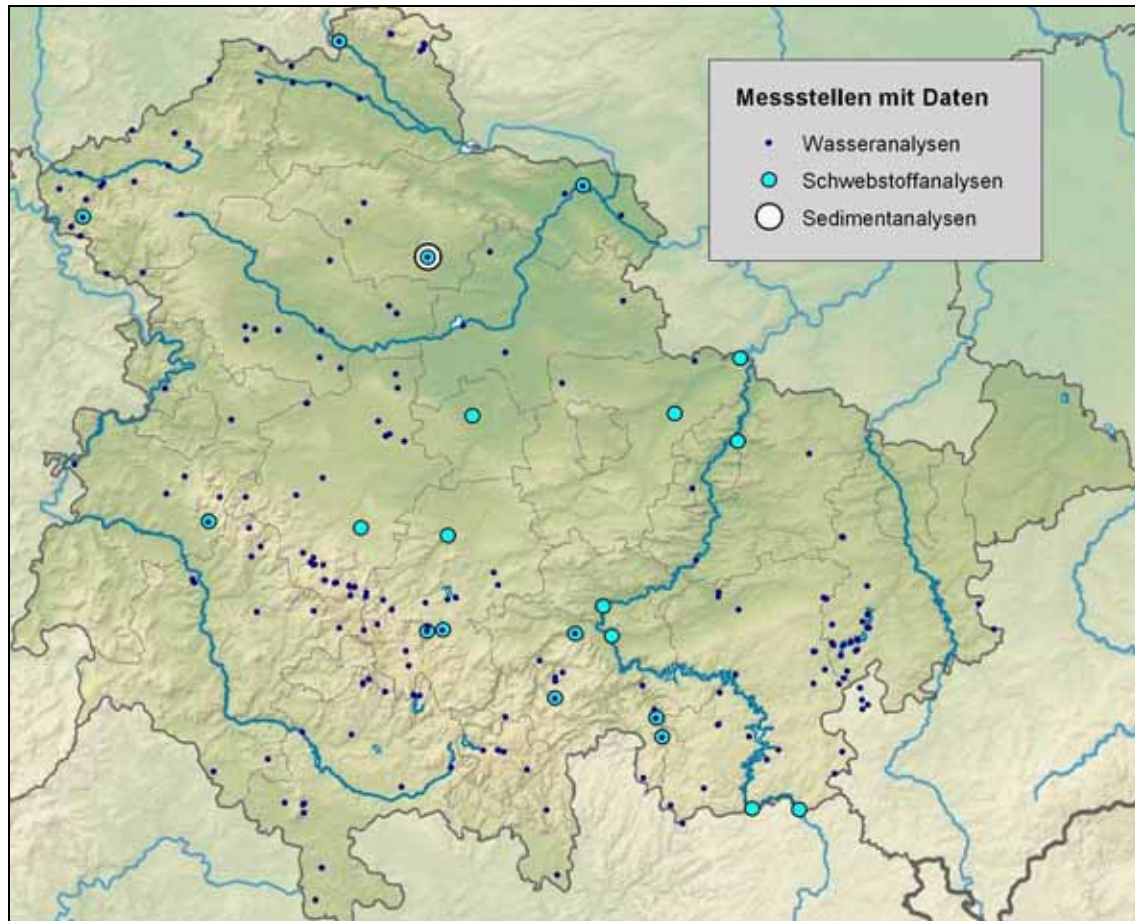


Abbildung 4.2 Lage der mit Analysendaten belegten Messstellen (Datenquelle: TLUG und Schneider et al. 2003)

4.4 Vorgehensweise bei der Datenauswertung

In der Studie zur Ermittlung geogener Hintergrundkonzentrationen für die Fließgewässer des Landes Sachsen-Anhalt (LHW 2010) wurden die folgenden Verfahren einer umfassenden Prüfung auf Anwendbarkeit für Oberflächenwasserdaten unterzogen:

- Konzentrations-Abfluss-Beziehung nach HELLMANN (1999)
- Verfahren nach SCHLEYER & KERNDORFF (1992)
- Komponentenseparation nach KUNKEL et al. (2004)
- Tongesteinsstandard nach TUREKIAN & WEDEPOHL (1961)
- Anwendung des Geoakkumulationsindex nach MÜLLER (1979)
- Methode nach GREIF (2005)
- Hydrogeochemische Modellierung mit PHREEQC

Im Ergebnis der Methodentestung von LHW (2010) wurde das Verfahren nach SCHLEYER & KERNDORFF (1992), welches auf der Berechnung von Perzentilen beruht, als für Oberflächenwasserdaten geeignet beurteilt. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wird ebenfalls eine statistische Auswertung angestrebt, die analog zu SCHLEYER & KERNDORFF (1992) auf der Berechnung von Perzentilen beruht. Die Richtlinie 2008/105/EG eröffnet ebenfalls die Möglichkeit, gemessene Konzentrationen im Rahmen der Gewässerüberwachung mittels Anwendung von Perzentilen auszuwerten (Richtlinie 2008/105/EG, Anhang I, Teil B: Anwendung der in Teil A festgelegten Umweltqualitätsnormen): „...Für jeden Oberflächenwasserkörper bedeutet die Anwendung der ZHK-UQN, dass die gemessene Konzentration an jeder repräsentativen Überwachungsstelle in dem Wasserkörper die Norm nicht übersteigt. Die Mitgliedsstaaten können jedoch im Einklang mit Abschnitt 1.3.4 des Anhangs V der Richtlinie 2000/60/EG statistische Methoden, etwa eine Perzentilberechnung, einführen, um zu gewährleisten, dass die Einhaltung der ZHQ-UQN mit hinreichender Zuverlässigkeit und Genauigkeit bestimmt wird.“

4.4.1 Überblick

Methodische Vorgehensweisen zur Ermittlung der geogenen Hintergrundbelastung von Schwermetallgehalten werden in der Literatur überwiegend für das Grundwasser beschrieben. Fließgewässer unterliegen zusätzlichen Randbedingungen: die natürlichen hydrochemischen Hintergrundkonzentrationen in einem Gewässer sind von der durchströmten geologischen Formation, der Vegetation der Gewässerlandschaft sowie mittelbar vom atmosphärischen Eintrag abhängig (SCHNEIDER et al., 2003). In Abhängigkeit von der Wasserführung, die neben dem Niederschlagsgeschehen auch durch Landnutzung, Wasserbau und -bewirtschaftung beeinflusst wird, kommt es zu einem Wechsel von Erosions- bzw. Resuspensions- und Sedimentationsvorgängen, was sich wiederum auf die Qualität und Quantität der Wasserinhaltsstoffe auswirkt. Des Weiteren unterliegt es dem Einfluss der Zuflüsse aus anderen Teileinzugsgebieten (HELLMANN, 1999).

Mit der Ermittlung geogener Hintergrundwerte beschäftigt sich u. a. HELLMANN (1999 und dort zitierte Arbeiten), wonach sich die Gesamtbelastung in Abhängigkeit vom Abfluss in den sog. Background und den anthropogenen Anteil differenzieren und zahlenmäßig ermitteln lässt. Insbesondere bei kurzfristigen Abfluss-/Konzentrationsmessungen wird damit die Möglichkeit gegeben Hintergrundwerte zu ermitteln. Dies ist umso erforderlicher, da bspw. im Rhein erst seit 1972 kontinuierlich Schwermetalle und erst seit 1978/79 organische Verbindungen und PAK analysiert werden.

Die Rekonstruktionsmöglichkeiten von Hintergrundwerten sind daher bei Fließgewässern oftmals zeitlich begrenzt aufgrund des verfügbaren Datenpools (HELLMANN, 1999). Die Vorgehensweise hat sich bspw. am Rhein als geeignet erwiesen, während eine Anwendung der Methode in SCHNEIDER et al. (2003) nur bedingt verwertbare Ergebnisse erbrachte.

Bei der von HELLMANN (1999) vorgeschlagenen Vorgehensweise nähert man sich bei Auftragung von Abflusswerten auf der x-Achse und von Stoff-Konzentrationen auf der y-Achse einem asymptotischen Wert an, der als geogene Konzentration angesehen werden kann. HELLMANN (1999) verwendet bei seinen Beispielen nicht die Konzentrati-

on bei unendlich großem Abfluss (die Asymptote der Regressionskurve), sondern einen berechneten Wert beim maximal gemessenen Abfluss zur Ermittlung des geogenen Hintergrundwerts. HELLMANN (1999) verwendet die Beziehung $y = a + b/x$ als Modellgleichung. Weitere mögliche Modellgleichungen, die verwendet werden könnten, sind:

- logarithmisch ($y = b \cdot \ln(x) + a$)
- Potenzfunktionen ($y = a \cdot x^{-b}$)
- exponentiell ($y = a \cdot e^{-b \cdot x}$)

Des Weiteren steht das Verfahren nach SCHLEYER & KERNDORFF (1992) zur Trennung von überwiegend geogen und anthropogen beeinflussten Konzentrationen im Grundwasser zur Verfügung. Es beruht auf einer Analyse der Häufigkeitsverteilungen der Messwerte. Mithilfe von Perzentilwerten werden der geogene Normalbereich sowie der Beginn der anthropogenen Beeinflussung definiert.

Dem Grundgedanken von SCHLEYER & KERNDORFF (1992) folgend, widmeten sich KUNKEL et al. (2002/2004) der Entwicklung einer neuen Methodik, der Komponenten-separation. Unter Verwendung von Lognormalverteilungen sowie deren statistischen Parameter kann die gemessene Konzentrationsverteilung in eine natürliche und eine anthropogen verursachte Komponente separiert werden. Durch die Identifizierung der natürlichen Komponente lassen sich geogene Hintergrundwerte objektiv und nachvollziehbar ableiten.

Ferner behandelte LUA BB (1999) diese Thematik vor dem Hintergrund der Überprägung der Einzugsgebiete der Spree und der Schwarzen Elster durch den Braunkohlebergbau. Hierbei konnte auch die hydrogeochemische Modellierung mit Erfolg angewendet werden. Ebenso wurden bei der C&E GmbH im Rahmen gewässerchemischer Auswertungen gute Erfahrungen mit der hydrogeochemischen Modellierung gemacht. Auf der Basis der Thermodynamik von chemischen Gleichgewichten werden hierbei Zustände und Prozesse im aquatischen System berechnet und interpretiert. In Bezug auf die vorliegende Studie lässt sich die Problematik auf die Fragestellung reduzieren, welche Wasserzusammensetzung beim Kontakt mit Festphasen definierter mineralischer Zusammensetzung zu erwarten ist. Hierfür müssen die petrografischen Besonderheiten des Einzugsgebietes bekannt sein. Von elementarer Bedeutung ist dabei das Vorhandensein umfangreicher wasserchemischer Analysen. Insbesondere der pH-Wert sowie die Redoxspannung E_h sind entscheidend, da diese die Stabilitätsbedingungen der Schwermetalle grundlegend bestimmen.

Referenzwerte geogener Hintergrundbelastungen für sächsische Fließgewässer einschließlich deren schwebstoffbürtigen Sedimente werden in GREIF (2005) beschrieben. Auch die Prüfung der Umweltqualitätsnormen gemäß der Wasserrahmenrichtlinie (Richtlinie 2000/60/EG) wird vollzogen. In der umfangreichen Arbeit der GKSS (PRANGE et al, 1997) wurden im Wesentlichen Sedimentdaten der Elbe in die Ermittlung der geogenen Hintergrundwerte einbezogen. Der Geochemische Atlas der BRD (FAUTH et al., 1985) weist in Bezug auf die Ermittlung von geogenen Hintergrundwerten zwei Nachteile auf: a) er erfasst im derzeitigen Zustand nicht das Gebiet der neuen Bundesländer und b) selbst auf Nachfrage während des Projektes in SCHNEIDER et al. (2003) verblieben Unklarheiten bzgl. der Randbedingungen bei der Erhebung der Daten (Probennahme, Probenvorbehandlung), so dass die Nachvollziehbarkeit der Daten im Detail zu hinterfragen ist.

Für einige Schwermetalle liegen seit Jahren zum Teil regional differenzierte Hintergrundwerte vor: Dazu zählen die Arbeiten von RÖSLER & LANGE (1965/1975), der Tongesteinsstandard nach TUREKIAN & WEDEPOHL (1961) sowie die regionale geochemische Prospektion im Harz (RENTZSCH et al., 1984). Jüngere Arbeiten beschäftigen sich u. a. mit dem Einzugsgebiet der Saale (DEHNER, 2000; MÜLLER et al., 2003; HANISCH; 2005), weiterhin mit dem Einzugsgebiet der Schwarzen Elster und Weißen Elster (MÜLLER, 1998).

Des Weiteren werden die in SCHNEIDER et al. (2003) ermittelten Ergebnisse zu Referenzbedingungen deutscher Fließgewässer unter Berücksichtigung der Fließgewässerlandschaftstypen nach BRIEM (2003) einbezogen. Hierfür wurden auch Daten sächsisch-anhaltinischer Fließgewässermessstellen ausgewertet. Die Untersuchungen ergaben, dass der geologische Untergrund entscheidenden Einfluss auf die Schwermetallgehalte im Fließgewässer hat. Aus diesem Grund wurde den schwermetallführenden kristallinen Gebieten ein eigenständiger hydrochemischer Fließgewässerlandschaftstyp zugeordnet, die „metallogenen Landschaften“. Diese umfassen insbesondere erzführende Gebirge wie das Erzgebirge, den Harz und das Rheinische Schiefergebirge.

Unabhängig von der verwendeten Methodik ist für die Erhebung repräsentativer geogener Hintergrundwerte eine möglichst umfangreiche statistisch und analytisch belastbare Datenbasis an Messwerten sowohl von der Schwebstoffphase als auch von der Wasserphase die wichtigste Grundlage.

4.4.2 Verfahren nach SCHLEYER und KERNDORFF (1992)

SCHLEYER & KERNDORFF (1992) widmeten sich einer umfassenden Bestandsaufnahme der Grundwasserbeschaffenheit in der ehemaligen Bundesrepublik Deutschland. Die Arbeit beabsichtigte die Erfassung und Charakterisierung der geogenen Schwankungsbreiten von Konzentrationen wesentlicher Grundwasserinhaltsstoffe in den wesentlichen Grundwasserleitern der BRD (West), sowie deren Abgrenzung gegenüber anthropogen beeinflussten Konzentrationen und die darauf basierende Ableitung entsprechender Referenzbereiche und Orientierungswerte für den Grundwasserschutz. (SCHLEYER & KERNDORFF, 1992). Grundlage dieser Untersuchungen bildeten überwiegend Grundwasseranalysen von Wasserversorgungsunternehmen.

Deren gleichmäßige Verteilung über die Fläche der BRD (West) sowie die regelmäßige Überwachung der Grundwässer wirkte sich hierbei vorteilhaft aus. Damit wurde weitestgehend sichergestellt, dass die Grundwässer keinen anthropogenen Einflüssen unterliegen, da den Wasserwerken ein Eigeninteresse an reinem Rohwasser unterstellt werden kann.

Ergänzend wurden ebenfalls chemische Analysen eigener Untersuchungen hinzugezogen. Die Daten umfassten neben allgemeinen Daten zum Standort auch chemisch-physikalische Milieuparameter, anorganische sowie organische Parameter. Insgesamt gingen 113 Parameter in die Auswertung ein, wobei dies die Anzahl der maximal gemessenen Parameter darstellt und daher bei keiner Analyse eine vollständige Belegung mit Daten erfährt. Nach der Datenaufbereitung beinhaltete der Datensatz 2793



Grundwasseranalysen von 186 Standorten (SCHLEYER & KERNDORFF, 1992). Der überwiegende Teil der Datenauswertung befasst sich mit der parameterweisen Erfassung der Konzentrationsspektren und ihrer statistischen Parameter. Die anorganischen Parameter wurden sowohl differenziert nach der Geologie des Aquifers als auch diesbezüglich undifferenziert ausgewertet.

Da die Anzahl der Messwerte bei den organischen Parametern geringer war als bei den anorganischen und die organischen Parameter mit Ausnahme des DOC ausschließlich anthropogen bedingt sind, wurde auf eine nach der Geologie differenzierte Auswertung verzichtet. (SCHLEYER & KERNDORFF, 1992). Die statistische Auswertung erfolgte zum einen auf der Basis der Einzelwerte (d.h. sämtlicher Messwerte eines Parameters) und zum anderen auf der Basis der Mittelwerte. Die Mittelwertberechnung erfolgte parameter- und standortbezogen. Anlass hierfür war die angetroffene Heterogenität bezüglich der Anzahl der Messwerte pro Standort (Wasserwerk). Mithilfe der Mittelwerte wurde demzufolge eine Gleichgewichtung der Wasserwerke erreicht.

Nach SCHLEYER & KERNDORFF (1992) erfolgte eine statistische Auswertung sowohl der Einzelmesswerte als auch der Mittelwerte nur bei einer Anzahl von mindestens 10 vorliegenden Werten. Folgende statistische Parameter wurden für jede Datengruppe ermittelt: Anzahl der Messwerte, Anzahl der Messwerte oberhalb und unterhalb der Nachweisgrenze, Nachweishäufigkeit, arithmetisches Mittel, Standardabweichung, Minimum, Maximum und eine Reihe von Perzentilwerten. Für die Interpretation der Ergebnisse und die Ableitung von Orientierungswerten wurde den Perzentilwerten eine entscheidende Rolle zugeteilt, da sie im Gegensatz zum arithmetischen Mittelwert oder der Standardabweichung unabhängig vom statistischen Verteilungstyp der Messwerte, stets korrekt bestimmbar sowie sinnvoll interpretierbar sind. (SCHLEYER & KERNDORFF, 1992)

Die Abbildung 4.3 gibt die Art der grafischen Ergebnisdarstellung wieder. Die Grafik ist gekennzeichnet durch die logarithmische Unterteilung der Abszisse (Konzentration), durch die Darstellung der Häufigkeitsverteilung (linke Ordinate) und der Summenhäufigkeit (rechte Ordinate). Die Logarithmen der Messwerte sind in Klassen mit einer Klassenbreite von 0,2 klassiert, d. h. eine Zehnerpotenz wird durch fünf Klassen abgedeckt. Besonders deutlich wird das Konzentrationsspektrum durch das Spannweitendiagramm (Boxplot) am unteren Rand der Grafik. Die Grenzen ihrer unterschiedlich breiten Zonen markieren markante Perzentilwerte. (SCHLEYER & KERNDORFF, 1992)

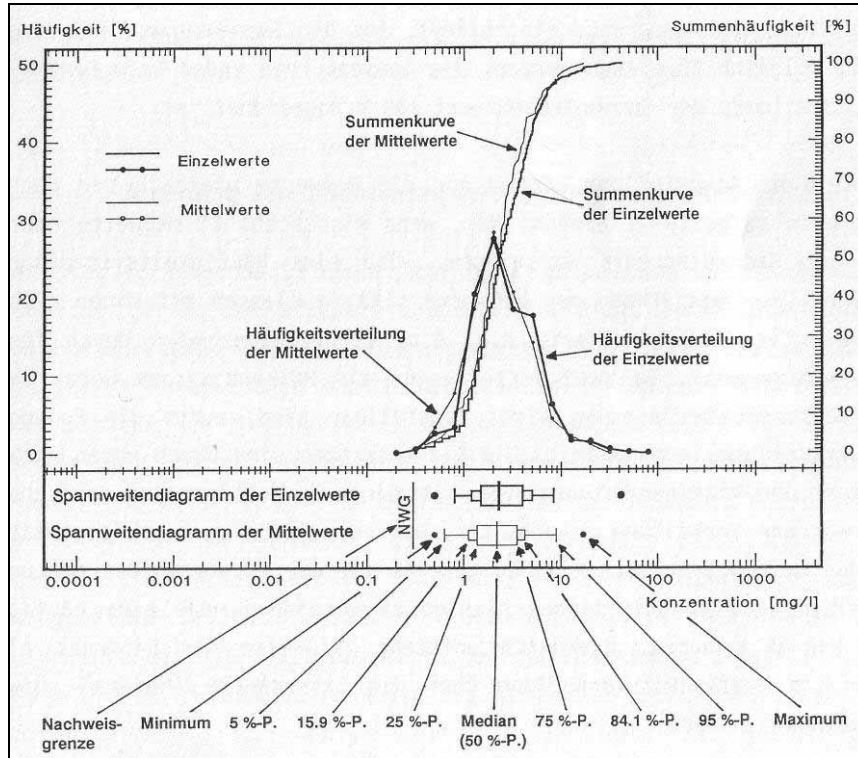


Abbildung 4.3: Beispiel für die Darstellung der Konzentrationsverteilung eines Parameters (SCHLEYER & KERNDORFF, 1992, S.25)

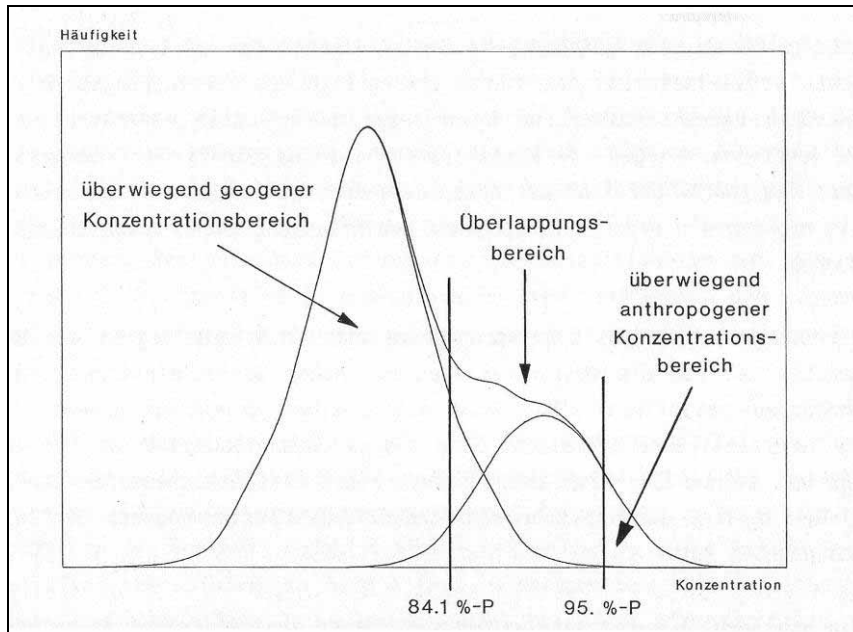


Abbildung 4.4: Schematische Darstellung der Überlappung zweier Häufigkeitsverteilungen aus überwiegend geogenen und anthropogen beeinflussten Konzentrationen eines Parameters (SCHLEYER & KERNDORFF, 1992, S.29)



Zur Ableitung von Orientierungswerten zogen die Autoren – wie bereits erwähnt – bevorzugt bestimmte Perzentilwerte, die den jeweiligen prozentualen Anteil der Messwerte ausgrenzen, heran. Dabei wurde davon ausgegangen, dass die Konzentrations- und Messspektren bei den anorganischen und den chemisch-physikalischen Parametern aus zwei Häufigkeitsverteilungen zusammengesetzt sind: einer Verteilung aus geogenen Werten und einer Verteilung aus anthropogen beeinflussten Werten (Abbildung 4.4). Man erkennt, dass der Anteil der rein geogenen Werte die anthropogen beeinflussten – abhängig vom Parameter mehr oder weniger stark – übertrifft. Die Überlagerung beider Verteilungen führt zu einer Mischverteilung, aus der die ursprünglichen Teilverteilungen nicht mehr rekonstruierbar sind. Dennoch wird nach SCHLEYER & KERNDORFF (1992) jedes Konzentrations- oder Messwertspektrum in folgende drei Teilbereiche untergliedert:

1. überwiegend geogener Bereich („Normalbereich“),
2. Überlappungsbereich aus geogenen und anthropogen beeinflussten Messwerten,
3. überwiegend anthropogen beeinflusster Bereich.

Da sich diese drei Bereiche mehr oder weniger stark überlappen, ist eine klare Grenzziehung zwischen ihnen nicht möglich. Jede Grenzziehung schneidet randliche Anteile der benachbarten Bereiche ab und ordnet sie diesen zu. Damit bleibt jede Grenzziehung ein Kompromiss. Die Autoren zielten deshalb darauf ab, die Lage der Grenzen so zu wählen, dass die randlich abgeschnittenen Anteile der Bereiche minimiert und die Wahrscheinlichkeit von einem in den anderen Bereich zu wechseln optimiert wird. (SCHLEYER & KERNDORFF, 1992)

Als Obergrenze des „Normalbereiches“ wurde der **84,1%-Perzentilwert** definiert. „Normal“ bedeutet in diesem Fall „natürliche“ bzw. „ganz überwiegend geogen bedingte“ Messwerte. Dass in diesem Bereich auch einzelne anthropogen beeinflusste Konzentrationen liegen können, kann aus genannten Gründen nicht ausgeschlossen werden. (SCHLEYER & KERNDORFF, 1992).

Die Wahl des 84,1%-Perzentilwertes als Obergrenze des „Normalbereichs“ erfolgte aus zwei Gründen: Zum einen entspricht er im Falle einer Normalverteilung der Summe aus Mittelwert und der einfachen Standardabweichung. Graphisch würde diese Grenze durch den rechten Wendepunkt einer glockenförmigen Häufigkeitsverteilung markiert. Der zweite Grund ist die Nachweishäufigkeit der rein anthropogenen organischen Parameter. Im Gegensatz zu den anorganischen und chemisch-physikalischen Parametern ist bei den organischen Parametern ein positiver Nachweis gleich bedeutend mit dem Nachweis einer anthropogenen Beeinflussung. Aus diesem Grund ist deren Konzentrationsverteilung einer rein anthropogenen Verteilung gleichzusetzen. In den Untersuchungen der Autoren hatte der Summenparameter AOX mit 22,7%, gefolgt von Trichlorethen und Tetrachlorethen mit 18,3 bzw. 18,2% die höchste Nachweishäufigkeit. Dies bedeutet, dass der Anteil der durch diese Parameter unbeeinflussten Grundwässer 78% (AOX) bzw. 82% (Tri- und Tetrachlorethen) beträgt. Die gute Übereinstimmung dieser Werte mit dem 84,1%- Perzentilwert sowie das erstgenannte Argument machen den 84,1%-Perzentilwert zu einer gut begründbaren oberen Abgren-



zung des anthropogen unbeeinflussten „Normalbereichs“. (SCHLEYER & KERNDORFF, 1992)

Über dem „Normalbereich“ liegende Messwerte bedeuten jedoch nicht notwendigerweise eine anthropogene Beeinflussung. Der 84,1%-Perzentilwert ist vielmehr als definierte Untergrenze des Überlappungsbereichs zwischen unbeeinflussten und anthropogen beeinflussten Konzentrationen zu verstehen. Liegen die Konzentrationen eines Stoffs über dem „Normalbereich“, sollte deshalb die Möglichkeit einer anthropogenen Beeinflussung nicht ausgeschlossen werden.

Als Obergrenze dieses Überlappungsbereichs, d. h. als Beginn des Bereichs, ab dem die Konzentrationen mit hoher Wahrscheinlichkeit anthropogen beeinflusst sind, wird als zweiter Orientierungswert der **95%-Perzentilwert** definiert. Sinn dieses Orientierungswertes ist es, dass bei seinem Erreichen oder Überschreiten eine Ursachensuche stattfinden sollte, da eine hohe Wahrscheinlichkeit anthropogenen Einflusses gegeben ist. (SCHLEYER & KERNDORFF, 1992)

Für bestimmte Parameter (z.B. pH-Wert) sind auch Untergrenzen sinnvoll. Als Untergrenze wurde die am Median gespiegelte Obergrenze definiert, der 15,9%-Perzentilwert. Dieser entspricht bei einer Normalverteilung dem Mittelwert abzüglich der Standardabweichung. Innerhalb des Normalbereichs liegen somit 68,3% der Messwerte, die auch als zentrale 68,3%-Masse bezeichnet werden. Analog zur Herleitung des 15,9%-Perzentilwerts wurde der zweite Orientierungswert ebenfalls am Median gespiegelt. Damit grenzt der 5%-Perzentilwert den darunter liegenden, überwiegend anthropogen beeinflussten Bereich ab. (SCHLEYER & KERNDORFF, 1992)

Bei einer genügend großen Anzahl vorhandener Messwerte (Minimum: ≥ 10 Werte, Optimum: ≥ 30 Werte) werden stets die Perzentilwerte aus der Mittelwert-Auswertung (Mittelwerte der einzelnen Wasserwerke) zur Ableitung der Orientierungswerte genutzt, die Orientierungswerte selbst sind gerundete Perzentilwerte. Die nach SCHLEYER & KERNDORFF (1992) ermittelten Hintergrundwerte werden auszugsweise in Tabelle 4.6 dargestellt.

Abschließend bemerkten die Autoren die sehr gute Übereinstimmung der mit diesem Schema hergeleiteten Orientierungswerte und Referenzbereiche mit Erfahrungswerten. Nur in Einzelfällen, beispielsweise beim Nitrat, widersprechen sich Erfahrungswerte und abgeleitete Orientierungswerte. Die Ursache liegt – den Angaben der Autoren zufolge – in einem offensichtlich hohen Anteil bereits anthropogen beeinflusster Konzentrationen, sodass der 84,1%- und der 95%- Perzentilwert bereits deutlich im Bereich anthropogen beeinflusster Konzentrationen liegen. Beim Nitrat werden deshalb nur eingeschränkt Orientierungswerte abgeleitet, in wenigen anderen begründeten und markierten Einzelfällen wird auf den 90%- Perzentilwert zurückgegriffen.

Die Analyse der Hauptkationen und -anionen können als Maß für die Gesamtmineralisation eines Grundwassers herangezogen werden. Durch die Auswertung der Ionen-summen konnte auf eine gute Qualität der Analysen geschlossen werden. Allerdings ließen nur knapp 35% der Daten diese Art der Auswertung zu, da nur jene Analysen herangezogen werden können, die einen vollständigen Datensatz hinsichtlich der Hauptionen aufweisen.

Ähnliches gilt auch für die Darstellung im Piper-Diagramm, welches auf der Grundlage der Kationen $\text{Na}^+ + \text{K}^+$, Ca^{2+} und Mg^{2+} sowie der Anionen HCO_3^- , Cl^- und $\text{SO}_4^{2-} + \text{NO}_3^-$ eine Klassifizierung der untersuchten Grundwässer zulässt. (SCHLEYER & KERNDORFF, 1992)

Tabelle 4.6 Ausgewählte Orientierungswerte und Referenzbereiche für das Grundwasser nach SCHLEYER & KERNDORFF (1992) (< entspricht Wert unterhalb der NWG)

Parameter	Aquifergruppe	geogener Normalbereich (zentrale 68,3%-Masse)		überwiegend anthropogen beeinflusster Bereich
		15,9%-P.	84,1%-P.	95%-P.
Cr ges. [µg/l]	undifferenziert	< 0,5	1	2,5
	Lockersedimente	< 0,5	1,0	3,5
	Kalk/Dolomit	< 0,5	1,5	2,0
	Buntsandstein	< 0,5	1,5	2,5
	sonst. Festgestein	< 0,5	1,0	1,5
Ni^{2+} [µg/l]	undifferenziert	< 1	5,0	12
	Lockersedimente	< 1	5,5	14
	Kalk/Dolomit	< 1	2,0	3
	Buntsandstein	< 1	4,5	6
	sonst. Festgestein	< 1	5,5	11
Zn^{2+} [µg/l]	undifferenziert	< 10	170	290
	Lockersedimente	< 10	150	310
	Kalk/Dolomit	< 10	50	140
	Buntsandstein	< 10	85	160
	sonst. Festgestein	< 10	230	350
Pb^{2+} [µg/l]	undifferenziert	< 0,5	2	7
	Lockersedimente	< 0,5	2	6
	Kalk/Dolomit	< 0,5	2	6
	Buntsandstein	< 0,5	2,5	5
	sonst. Festgestein	< 0,5	0,9	5
Cd^{2+} [µg/l]	undifferenziert	< 0,1	0,1	1,1
	Lockersedimente	< 0,1	0,1	0,4
	Kalk/Dolomit	< 0,1	0,2	1
	Buntsandstein	< 0,1	0,2	0,9
	sonst. Festgestein	< 0,1	< 0,1	1,1
Hg ges. [µg/l]	undifferenziert	< 0,1	< 0,1	0,1
	Lockersedimente	< 0,1	< 0,1	< 0,1
	Kalk/Dolomit	< 0,1	< 0,1	< 0,1
	Buntsandstein	< 0,1	< 0,1	< 0,1
	sonst. Festgestein	< 0,1	< 0,1	0,1
As ges. [µg/l]	undifferenziert	< 0,5	1,5	8
	Lockersedimente	< 0,5	1,5	8
	Kalk/Dolomit	< 0,5	< 0,5	0,7
	Buntsandstein	< 0,5	4,5	9
	sonst. Festgestein	< 0,5	2	4

4.4.3 Anwendbarkeit der Verfahren zur Bestimmung geogener Metallkonzentrationen im Oberflächenwasser

Für die Bewertung gemessener Schwermetallkonzentrationen in Fließgewässern des Landes Sachsen-Anhalt und zur Ableitung von Maßnahmen zur Verbesserung der Gewässerqualität wurden im Rahmen einer Studie geogene Hintergrundwerte ermittelt (LHW 2010). Hierzu wurden im Rahmen einer Diplomarbeit unterschiedliche Verfahren und Methoden getestet, die in der Vergangenheit zur Ermittlung geogener Hintergrundwerte entwickelt wurden (Süß 2009). Diese Verfahren sind in Abschnitt 4.4.1 und Abschnitt 4.4.2 kurz erläutert. Eine ausführliche Darstellung der Verfahren enthält Anlage 3. Die Methodentestung erfolgte exemplarisch für das Übergangsmetall Zink.

Aufgrund der identischen Zielstellung und des gleichartigen Untersuchungsgegenstandes können die Ergebnisse der Methodentestung in Sachsen-Anhalt auf die Fließgewässer des Freistaates Thüringen übertragen werden. Damit werden die Erfahrungen genutzt, die in Sachsen-Anhalt bei der Ermittlung geogener Hintergrundwerte gewonnen wurden. Zur Ableitung geogener Hintergrundwerte für die Fließgewässer des Landes Nordrhein-Westfalen (LANUV 2011) wurde ebenso verfahren. Die in Sachsen-Anhalt abgeleiteten geogenen Hintergrundwerte wurden seitens der Behörde akzeptiert und finden derzeit Anwendung bei der Einschätzung gemessener Konzentrationen und der Maßnahmenplanung.

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Methodentestung aus LHW (2010) bzw. Süß (2009) zusammengefasst und deren Eignung für die Ermittlung geogener Hintergrundwerte für Metallkonzentrationen in Fließgewässern bewertet.

Konzentrations-/Abflussbeziehung nach HELLMANN (1999)

Die Ergebnisse der Methodentestung erbrachten keine signifikanten Zusammenhänge zwischen den Zink-Gesamtgehalten und dem Abfluss. Es konnten vielmehr zur Theorie widersprüchliche Ergebnisse nachgewiesen werden. Dies betrifft die oft ermittelte Zunahme der Zinkkonzentration mit steigendem Abfluss, was der theoretischen Grundlage des Verfahrens widerspricht. Am Beispiel Sachsens-Anhalts wurde dies auf die Remobilisierung sedimentgebundenen Zinks beim verstärkten Abflussgeschehen zurückgeführt, konnte aber nicht weiter konkretisiert werden.

Es wurde weiterhin festgestellt, dass die methodisch notwendige Kombination der Parameter Abfluss und Zinkkonzentration die auszuwertenden Datensätze stark reduziert. Eine repräsentative auswertbare Analysenanzahl ist zumeist nur bei größeren Fließgewässern anzutreffen, die durch eine häufige Beprobung gekennzeichnet sind. Die Auswertung von Datensätzen mit weniger als 30 Datensätzen gestaltete sich grundsätzlich sehr inhomogen und unrepräsentativ.

Die untersuchten Gewässermessstellen zeigten widersprüchliche Ergebnisse, wobei die theoretisch erwartete Tendenz (Abnahme der Stoffkonzentration mit steigendem Abfluss) oftmals zwar erkennbar, aber in keinem Fall belastbar auszuwerten war.

Aus den genannten Gründen wurde die Anwendung der Konzentrations-Abfluss-Beziehung nach Hellmann (1999) nicht zur Ableitung geogener Hintergrundwerte für Sachsen-Anhalt empfohlen (Süß 2009).



Verfahren nach SCHLEYER & KERNDORFF (1992)

Diese Methode stützt sich auf die Analyse der Konzentrationsverteilung eines Gewässerinhaltsstoffes. Die ursprünglich zur Grundwasserbewertung entwickelte Methodik ließ sich auf die Oberflächengewässer übertragen. Das Verfahren erwies sich insgesamt als gut anwendbar, es liefert belastbare Ergebnisse und zeichnet sich insbesondere durch seine einfache Handhabbarkeit und unkomplizierte Ergebniserlangung aus.

Die Methodentestung umfasste drei Testreihen, wobei jede einer anderen Datenklassifizierung folgte. Hierzu wurden unterschiedliche Einteilungen der Landesfläche in Teilflächen getestet, die sich hinsichtlich des Detaillierungsgrades voneinander unterscheiden:

- aggregierte Gewässerlandschaften (SCHNEIDER et al., 2003): wenige große Teilgebiete
- differenzierten Fließgewässerlandschaften (BRIEM 2003): größere Anzahl kleinerer Teilgebiete
- hydrogeologischen Bezugseinheiten: viele kleine Teilgebiete

Es zeigte sich, dass der Grad der Detaillierung einen erheblichen Einfluss auf die geogenen Hintergrundwerte hat. Während die aggregierten Gewässerlandschaften die geochemisch unterschiedlichen Gebiete deutlich vereinheitlichen, werden die geochemisch divergenten Regionen durch die Unterteilung in die Fließgewässerlandschaften (nach BRIEM, 2003) sowie in die hydrogeologischen Bezugseinheiten wesentlich detaillierter charakterisiert. Letztere Einteilungen ließen durch die meist stark reduzierte Datenlage eine Betrachtung einzelner auffälliger Messstellen nicht zu.

Das Verfahren nach SCHLEYER & KERNDORFF (1992) erwies sich als am geeignetsten zur Ableitung geogener Metallkonzentrationen in den Fließgewässern Sachsen-Anhalts und wurde sowohl in der ursprünglichen Form als auch mit veränderten Perzentilen angewandt.

Komponentenseparation nach KUNKEL et al. (2004)

Die Komponentenseparation stützt sich ähnlich der Methode nach SCHLEYER & KERNDORFF (1992) auf die Analyse der Konzentrationsverteilung. Hierbei wird jedoch angenommen, dass sich die beobachtete Konzentrationsverteilung eines Wasserinhaltsstoffes in eine natürliche und eine beeinflusste Komponente separieren lässt und sich diese durch Lognormalverteilungen beschreiben lassen. Da die Autoren allerdings einer detaillierten Beschreibung einiger wichtiger Verfahrensinhalte schuldig blieben, gelang keine exakte Rekonstruktion dieser Methode. Aus diesem Grunde konnte trotz umfangreicher Tests keine wissenschaftlich begründbare Ableitung geogener Hintergrundwerte für Sachsen-Anhalt durchgeführt werden.

Bei genauer Kenntnis über die Verfahrensschritte stellt diese Methode, die auf der Trennung von beeinflusster und unbeeinflusster Komponente beruht, ein auf objektiven und wissenschaftlichen Kriterien basierendes Verfahren dar. Wegen der fehlenden Informationen zu den Verfahrensschritten und weiterhin aufgrund eines erheblichen Aufwandes, der nähere Untersuchungen zu den hydrogeochemischen Bedingungen einschließt, wurde das Verfahren zur Ermittlung geogener Hintergrundkonzentrationen in Sachsen-Anhalt nicht angewandt.



Verfahren nach GREIF (2005)

Zur geochemischen Bewertung von Sedimentdaten kann in Anlehnung an GREIF (2005) der Geoakkumulationsindex herangezogen werden. Daraus geht hervor, dass nicht wie bei den vorangegangenen Methoden geogene Hintergrundwerte ermittelt werden. Vielmehr wird durch deren Verwendung die Einschätzung angetroffener Feststoffkonzentrationen ermöglicht. Die Berechnung erfolgte hierbei auf Basis verschiedener Ansätze: Anwendung fanden der Tongesteinsstandard (TUREKIAN & WEDEPOHL, 1961), globale und regionale Clarkwerte (u. a. WEDEPOHL, 1995), regionale Hintergrundwerte anthropogen unbeeinflusster Auensedimente (u. a. MÜLLER et al., 2003) sowie regionale Hintergrundwerte prospektionsorientierter Bachsedimentuntersuchungen (RENTZSCH et al., 1984).

Den Untersuchungsergebnissen ist zu entnehmen, dass die Verwendung der globalen Durchschnittswerte (TUREKIAN & WEDEPOHL, 1961 sowie WEDEPOHL, 1995) keine den regionalen Gegebenheiten gerecht werdende Methodik darstellt. Vorteilhaft wirkt sich lediglich ihre internationale Vergleichbarkeit aus. Die Anwendung lokaler und regionaler Hintergrundwerte zur Bewertung von Sedimenten und Schwebstoffen liefert hingegen weitaus spezifischere Ergebnisse, womit eine qualitativ höhere Aussage über deren Beeinflussung gewährleistet wird. Aus diesem Grund ist eine Verwendung regionaler Hintergrundwerte im Zusammenhang mit dem I_{geo} -Klassifikationsschema stets zu bevorzugen.

Aufgrund der von der Bestimmung geogener Hintergrundwerte abweichenden Zielstellung des Verfahrens, der Einschätzung angetroffener Feststoffkonzentrationen, ist das Verfahren zur Anwendung nicht geeignet.

Hydrogeochemische Modellierung

Mithilfe der hydrogeochemischen Modellierung mit PHREEQC wurde untersucht, inwieweit die berechneten Mineralphasen auf die anstehenden geologischen Verhältnisse in Sachsen-Anhalt zurückzuführen sind (SÜß 2009). Dabei repräsentieren die modellierten Mineralphasen im Idealfall die geologisch-lithologischen Gegebenheiten des Untersuchungsgebietes (= geogener Hintergrund). Bei Abweichungen kann von einer anthropogenen Beeinflussung ausgegangen werden, die allenfalls qualitativ abtrennbar ist.

Die Ergebnisse zeigten, dass die Messstellen auf sehr unterschiedliche Weise beeinflusst sind: ein Teil ist stark durch den Altbergbau geprägt (Stollen), ein weiterer Teil sehr deutlich durch kommunale Abwässer und der dritte Teil durch einen unzureichenden Dateninput. Damit konnte bestätigt werden, dass die hydrogeochemische Modellierung geeignet ist, anthropogene Einflüsse sichtbar zu machen. Allerdings können damit keine geogenen Hintergrundwerte abgeleitet werden. Somit stellt die hydrogeochemische Modellierung eine aufwendige und zeitintensive Methode dar, anthropogen beeinflusste Messstellen zu identifizieren. Deshalb wird nur eine einzelfallbezogene Anwendung empfohlen, wenn mittels anderer Ausschlusskriterien eine anthropogene Einflussnahme nicht ausgeschlossen werden kann.

In Sachsen-Anhalt wurde aufgrund des hohen Aufwandes keine hydrogeochemische Modellierung zur Identifizierung anthropogen beeinflusster Messstellen durchgeführt.

Zusammenfassung

Abschließend werden die untersuchten Methoden hinsichtlich verschiedener Kriterien bewertet und tabellarisch zusammengefasst (Tabelle 4.7).

Die Kriterien ergeben sich hierbei aus Aspekten der Methodentestung sowie den Ansprüchen, die es im Rahmen der Studie „Ermittlung geogener Hintergrundbelastungen durch Schwermetalle in Oberflächengewässern des Landes Sachsen-Anhalt“ (LHW 2010) zu untersuchen galt.

Unter dem Kriterium *Übertragbarkeit/Anwendbarkeit* wird die Komplexität und die damit verbundene Überführung der in der Literatur beschriebenen Methodeninhalte in gängige Datenverarbeitungssoftware verstanden. Die Methodenimitation stellt zu Beginn jeder Methodenuntersuchung das entscheidende Kriterium dar, da der Erfolg bzw. Nichterfolg über die Fortsetzung der Methodentestung entscheidet. Die Methode erhält eine „sehr gute“ *Übertragbarkeit/Anwendbarkeit*, wenn sich sämtliche Verfahrensinhalte z.B. mithilfe von MS Office reproduzieren lassen (siehe Verfahren nach SCHLEYER & KERNDORFF) und entsprechend „mangelhaft“, wenn aus der Methodenbeschreibung keine ausreichende Imitation realisierbar ist (siehe Komponentenseparation nach KUNKEL et al., 2004).

Für den Fall, dass die *Übertragbarkeit/Anwendbarkeit* erfolgreich durchgeführt werden konnte, wurde anschließend das *Aussagepotential* bewertet. Damit wird die Qualität der gewonnenen Ergebnisse beurteilt. Die ermittelten geogenen Hintergrundwerte erhalten eine „sehr gute“ Bewertung, wenn sie belastbare und (statistisch) gesicherte Ergebnisse im Hinblick auf die Studie darstellen. Wenn den Ergebnissen keine oder eine unzureichende Aussagefähigkeit innewohnt, erfolgte eine entsprechend negative Beurteilung.

Das Kriterium *Zeitaufwand* beschreibt eine nicht zu vernachlässigende Randbedingung bei der Methodendurchführung, welches insbesondere in Anbetracht des auswertbaren Datenvolumens für das Land Sachsen-Anhalt Beachtung erhält. Die Bewertung erfolgte mit „mangelhaft“, wenn die Übertragbarkeit der Methode nicht erfolgreich verlief (Komponentenseparation nach KUNKEL et al., 2004) bzw. die Durchführung sich überdurchschnittlich zeitintensiv gestaltete (siehe hydrogeochemische Modellierung).

Bei den *Anwendungsmöglichkeiten* wird die Methodeneignung im Hinblick auf die Probenart zusammengefasst, wobei zumeist zwischen gelöster, gesamter und partikulärer Konzentration unterschieden wird.

In verbal-argumentativer Form wird beim Kriterium *Grenzen/Probleme* auf wesentliche Einschränkungen im Zusammenhang mit der jeweiligen Methode eingegangen. Es beschreibt dabei methodenspezifisch an welche Bedingungen eine erfolgreiche Umsetzung geknüpft ist und fasst die wesentlichen Kernprobleme zusammen.

Daraus schlussfolgernd wird insbesondere das Verfahren von SCHLEYER & KERNDORFF (1992) in Bezug auf die Wasserphase empfohlen. Bei Anwesenheit entsprechender regionaler geogener Hintergrundwerte liefert die Klassifikation nach dem Geoakkumulationsindex für die Sedimente qualitativ hochwertige Ergebnisse, liefert aber im Ergebnis keine geogenen Hintergrundwerte.

Tabelle 4.7 Zusammenfassende Bewertung der untersuchten Methoden (Süß 2009)

Kriterium	Konzentrations-/ Abflussbeziehung (HELLMANN, 1999)	Verfahren n. SCHLEYER & KERNDORFF (1992)			Komponen- tenseparation (KUNDEL ET AL., 2004)	Geoakkumu- lationsindex (GREIF, 2005)	Hydrogeo- chemische Modellierung (PHREEQC)
		FGL (agg.)	FGL (diff.)	HGE			
Übertragbar- keit/Anwend- barkeit	+++	+++			--	+++	++
Aussage- potential	--	+	++	+++	--	++	+
Zeitaufwand	++	+++	++	+	--	++	--
Anwen- dungsmög- lichkeiten	Wasserinhalts- stoffe (gelöst, ge- samt, partikulär)	Wasserinhaltsstoffe (gelöst, gesamt, partikulär)			grundsätzlich geeignet für Wasserin- haltsstoffe (gelöst, ge- samt, parti- kulär)	Bewertung von Feststoffkon- zentrationen (Sediment / Schwebstoff)	Abschätzung einer anthropo- genen Beein- flussung
Grenzen/ Probleme	Teils starke Re- duktion der Da- tenbasis durch Kombination Stoffkonzent- ration-Abfluss	starke Verein- heitlichung geochemisch divergenter Gebiete	mäßige bis starke Reduk- tion der Daten- basis	Sehr starke Reduktion der Daten- basis	Unvollstän- dige Metho- denbeschrei- bung	Keine Ableitung geogener Hintergrund- werte	Keine Ableitung geogener Hintergrund- werte
	unrepräsentative statistische Aus- wertung	negative Aus- wirkungen auf Ableitung ge- ogener Hinter- grundwerte		Unrepräsen- tative statis- tische Aus- wertung		Aussagepoten- tial an Existenz regionaler / lokaler Hinter- grundwerte ge- knüpft	Aussagepoten- tial an vollstän- dige Gewässer- beschaffen- heitsanalysen geknüpft
	der Theorie wi- dersprechende Ergebnisse						
Gesamtbe- wertung der Eignung für Sa.-Anhalt	--	+	++	+	--	++	-
Erläuterung:	„+++“ sehr gut	++“ gut	„+“ befriedigend	„-“ ausreichend	„--“ mangelhaft		

5 Präselektion anthropogen beeinflusster Daten

Dem Ausschluss anthropogen beeinflusster Messstellen und -punkte vor der statistischen Auswertung der Daten zur Bestimmung der geogenen Hintergrundwerte mittels Perzentilen kommt eine wesentliche Bedeutung zu. Das Verfahren nach SCHLEYER & KERNDORFF (1992) basiert beispielsweise auf Daten von Grundwässern, die für die Trinkwassergewinnung von Wasserwerken gefördert wurden. Damit war bei der Entwicklung dieses Verfahrens eine Vorauswahl weitgehend unbelasteter Wasserproben bereits gegeben. Deshalb besteht immer die Notwendigkeit, einen anthropogenen Einfluss auf die Daten der Oberflächenwässer vor deren statistischer Auswertung nach SCHLEYER & KERNDORFF möglichst auszuschließen. Aus diesem Grunde wurden im Rahmen der vorliegenden Studie die Messstellen bzw. -punkte im Rahmen einer Vorauswahl hinsichtlich möglicher anthropogener Beeinflussungen bewertet und anthropogen beeinflusste Messstellen aus der Datenbasis entfernt, bevor eine statistische



Auswertung der Daten mittels Perzentilen in Anlehnung an SCHLEYER & KERNDORFF durchgeführt wurde.

Die Bewertung des anthropogenen Einflusses erfolgte zunächst für alle 1718 Messstellen und Probenahmepunkte der Datenbasis der TLUG. Für diese Messstellen wurden die Stammdaten übergeben. Erst nach Abschluss eines ersten Bearbeitungsschrittes zur Vorauswahl wurden Analysedaten zur statistischen Auswertung übergeben. Diese Daten wurden aus weiteren Datenquellen ergänzt (SCHNEIDER et al. 2003) und einem abschließenden Ausschluss anthropogen beeinflusster Messstellen unterzogen.

5.1 Ursachen für anthropogene Veränderungen der chemischen Gewässerbeschaffenheit

Ursachen für anthropogene Veränderungen von Stoffgehalten im Oberflächenwasser, Schwebstoff und in den Sedimenten sind vor allem:

- Abwassereinleitungen

In Umsetzung gesetzlicher Vorgaben wird angestrebt, alle häuslichen, gewerblichen und industriellen Abwässer in Kläranlagen zu behandeln und erst nach der Behandlung in die Gewässer einzuleiten. In städtischen Gebieten und Ballungsräumen gelingt dies nahezu vollständig. Etwa 30 % der Einwohner Thüringens sind allerdings nicht an Zentrale Kläranlagen angeschlossen (TLUG: Herr Peise, mündl. Mitt.). Diese dezentralen Kleinanlagen befinden sich größtenteils außerhalb der Ballungsräume.

Trotz der Abwasserbehandlung in Kläranlagen verbleibt in besiedelten Gebieten ein geringer Resteintrag ungeklärter Abwässer, der in die Gewässer gelangt. Weiterhin entspricht die stoffliche Beschaffenheit geklärter Abwässer nicht dem geogenen Hintergrund, sie trägt damit zur anthropogenen Beeinflussung der chemischen Gewässerbeschaffenheit bei. So tragen die dezentralen Kläranlagen im ländlichen Raum Thüringens über 50 % des Phosphorgehaltes in die Fließgewässer ein (TLUG: Herr Peise, mündl. Mitt.).

Auch die Einleitungen behandelter industrieller Abwässer unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Beschaffenheit von geogenen Wässern. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die chemische Beschaffenheit insbesondere der Sedimente im Abstrom von Industrieanlagen, die bereits vor der Installation moderner Abwasserreinigungsanlagen betrieben wurden, deutlich anthropogen verändert sein kann. Beschaffenheitsdaten von Messstellen oder Entnahmepunkten unterhalb der Einleitungen von Kläranlagen und im Abstrom von Siedlungen, Wohn-, Gewerbe- und Industriegebieten sind deshalb nur wenig zur Ableitung geogener Hintergrundwerte geeignet.

Der Stand der Behandlung von Regenwasserabflüssen über versiegelten Flächen ist noch nicht so weit fortgeschritten wie die Behandlung kommunaler und industrieller Abwässer. Mit dem Regenwasserabfluss werden insbesondere die „Wohlstandsmetalle“ Zink und Kupfer in die Oberflächengewässer geleitet, die durch Industrie und Verkehr emittiert und diffus verbreitet werden oder auf Metalldächer, verzinkte Dachrinnen u. ä. in bebauten Gebieten zurückgeführt werden können. Messstellen und -



punkte im Abstrom von Verkehrsflächen und sonstigen versiegelten Flächen sind deshalb als mit großer Wahrscheinlichkeit anthropogen deutlich beeinflusst zu bewerten.

- diffuse Einträge über Luft und Niederschlag

Diffuse Einträge über den Luftpfad, v. a. mit dem Niederschlag, tragen zu einer Erhöhung von Stoffgehalten im Oberflächenwasser bei. Dies betrifft u. a. den Gehalt an Polycyclischen Aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK), Blei, Nickel und Quecksilber, welche u. a. vom Straßenverkehr emittiert werden. Aufgrund der Abgasbehandlung bei der Energiegewinnung und in der chemischen und verarbeitenden Industrie, ist die Emission von (Schad-)Stoffen und der damit verbundene Eintrag über den Luftpfad in den vergangenen zwei Jahrzehnten deutlich zurückgegangen.

- Einträge durch frühere oder bestehende Bergbautätigkeit und Montanindustrie

Bergbaubedingte Stoffeinträge beeinflussen die chemische Fließgewässerbeschaffenheit oft maßgeblich und stellen damit eine wesentliche Quelle anthropogener Beeinflussungen dar. Sie sind i. d. R. nicht zu vermeiden, da untertägiger Bergbau die Grundwassersituation und -beschaffenheit durch Stofffreisetzungen zwangsläufig verändert, insbesondere wenn er unterhalb des natürlichen Grundwasserspiegels durchgeführt wird. Tagebaue legen dagegen Gesteine frei, was mit Wasser- und Sauerstoffeinträgen verbunden ist, so dass auch hier Stoffe mobilisiert werden und über den Wasser- oder Luftpfad (Stäube) in die Fließgewässer gelangen. Weiterhin werden im Bergbau Betriebs- und Hilfsstoffe verwendet, die ebenfalls ausgetragen werden können. Letztlich tragen Abraumhalden und -kippen zum Stoffaustrag bei.

Historischer Bergbau vor 1750 wird im Gegensatz zum nachfolgenden industriellen Bergbau nicht als anthropogene Beeinflussung gewertet, sondern als Bestandteil einer gewachsenen Kulturlandschaft. Deshalb führen Bergbahinterlassenschaften aus dieser Zeit nicht zum Ausschluss von Messstellen und -punkten in den Fließgewässern im Abstrom. In Thüringen wurde Bergbau jedoch hauptsächlich in der Zeit nach 1750 mit einer Blütezeit im 20. Jahrhundert betrieben, so dass der historische Bergbau vor 1750 ohnehin eine sehr untergeordnete Rolle spielt im Gegensatz zu anderen historischen Bergbauregionen im Erzgebirge, im Westharz und im Rheinischen Schiefergebirge.

Historischer Erzbergbau wurde in Thüringen vor allem in den Gebirgen Thüringer Wald, Harz, Thüringer Schiefergebirge und Kyffhäuser betrieben. Die größte Bedeutung hatte der Bergbau auf Eisenerz. Solches wurde vor allem im Thüringer Wald (Schmalkalden, Trusetal, Region Suhl-Vesser-Schmiedefeld) und im Thüringer Schiefergebirge (Gebiet um Schleiz, Lobensteiner Gangrevier, Kamsdorf) abgebaut. Daneben wurden in den Gangerzlagerstätten der Gebirge auch Mangan, Silber, Nickel-Kobalt-Erze, Antimon und andere Metalle gewonnen. Bedeutende Bergbaugebiete waren die Regionen um Schmalkalden (bedeutendste Region für den Eisenerzabbau und die verarbeitende Industrie), Suhl und Ilmenau. Der Abbau von Eisenerz und anderen Metallen in Gangerzlagerstätten ging im 19. Jahrhundert zurück. Einige wenige Erzbergbaue wurden auch danach noch betrieben, wie der Bergbau auf Baryt und Fluorit bei Ilmenau-Gehren, Schmalkalden und Schleusingen oder der Eisenerzbergbau bei Trusetal. Derzeit hat der Abbau von Gangerzen keine Bedeutung.

In Thüringen spielte die Kalisalzgewinnung im 20. Jahrhundert eine herausragende Rolle. Bedeutende Standorte waren im Südharz-Unstrut-Kalirevier die Kalischächte



und -werke Bischofferode, Bleicherode, Sollstedt, Sondershausen, Menteroda und Roßleben sowie im Werra-Kalirevier die Standorte im Raum Bad Salzungen - Merkers - Vacha. Stoffausträge über den Wasserpfad erfolgen insbesondere aus den mächtigen Abraumhalden und Aufbereitungswerken.

Wenngleich auch die meisten Kalibergwerke nach 1990 stillgelegt wurden, werden auch derzeit noch Kalisalze gewonnen. Dies gilt für das Solbergwerk Bleicherode im Südharz-Kalirevier und für die Grube Unterbreizbach im Werra-Kalirevier (Kalisalz, Kieserit). An weiteren Standorten wird Steinsalz in Form von Sole vor allem für Heilzwecke gefördert (Bad Langensalza, Bad Salzungen, Bad Sulza, Heilbad Heiligenstadt).

Ein weiterer wesentlicher Schwerpunkt des Bergbaus in Thüringen im 20. Jahrhundert ist der Wismut-Bergbau auf Uranerz. Dieser fand in den Lagerstätten des Zechstein im Raum Ronneburg statt. Bedeutende Uranbergwerke waren die Bergwerke Lichtenberg, Reust, Schmirchau, Paitzdorf, Raizhain, Beerwalde und Drosen. Im Zuge des Bergbaus, der zunächst im Tagebau betrieben wurde (Tagebaue Trünzig, Culmützsch, Ronneburg) und wenig später auch unter Tage, wurden große Abraumhalden geschüttet und Absetzbecken aus der Erzaufbereitung angelegt. Die Hinterlassenschaften des um 1990 beendeten Bergbaus und der Erzaufbereitung beeinflussen noch heute die chemische Beschaffenheit der Fließgewässer.

In Thüringen wurde Bergbau auf weitere Rohstoffe wie Braunkohle (Region um Altenburg), Steinkohle (Manebach westlich von Ilmenau, südwestlich von Sonneberg), Gips und Anhydrit (südlicher Harzrand, Kyffhäuser), Alaun (Saalfeld/Feengrotten, Neuhaus am Rennweg/Bergwerk Morassina), Erdgas (Bad Langensalza - Mühlhausen) oder Kupferschiefer (südlicher Harzrand, Randgebiete um den Kyffhäuser, Nordrand des Thüringer Waldes) betrieben.

Die Steine- und Erdengewinnung ist derzeit der bedeutendste Bergbauzweig in Thüringen. Hartstein wird schwerpunktmäßig im Thüringer Wald, im Thüringer Schiefergebirge und in der Rhön gewonnen, Sande und Kiese vor allem in den Flussniederungen und im Thüringer Becken. Sandsteine werden im Verbreitungsgebiet des triassischen Sandsteins nördlich des Thüringer Waldes und in den Hügelländern rund um das Thüringer Becken abgebaut.

Die folgende Tabelle enthält zusammenfassend die Standorte bzw. Regionen historischen und rezenten Bergbaus in Thüringen.

Tabelle 5.1 Übersicht über Bergbaustandorte in Thüringen
(BERGMANNSSVEREIN ERFURT 2011)

Rohstoff	Status	Ende	Region
Eisen	eingestellt	1850-1900	Bad Lobenstein
Eisen	eingestellt	1850-1900	Region Schleiz
Eisen	eingestellt	1850-1900	Gebiet um Schmiedefeld
Eisen, Baryt	eingestellt	1850-1900	Kamsdorf
Eisen	eingestellt	1850-1900	Schmiedefeld-Suhl-Vesser
Eisen	eingestellt	1850-1900	Schmalkalden
Mangan, Steinkohle	eingestellt	vor 1900	Ilfeld
Mangan	eingestellt	vor 1900	Arlesberg-Gehlberg
Kupferschiefer	eingestellt	20. Jh	südlicher Harzrand

Rohstoff	Status	Ende	Region
Kupferschiefer, Braunkohle	eingestellt	20. Jh	Ränder des Kyffhäuser
Kupferschiefer	eingestellt	20. Jh	Ränder des Thüringer Waldes
Antimon	eingestellt	20. Jh	Schleiz
Alaun	eingestellt	20. Jh	Saalfeld
Alaun	eingestellt	1863	Schmiedefeld/Neuhaus a. R.
polymetallische Erze	eingestellt	vor 1900	bei Saalfeld
Ni-Co-Erze	eingestellt	20. Jh	Bad Liebenstein
Gold	historisch	vor 1750	Schwarza um Goldisthal
Baryt, Fluorit	eingestellt	Ende 20. Jh	Ilmenau-Gehren
Baryt, Fluorit	eingestellt	Ende 20. Jh	Schmalkalden
Baryt, Fluorit	eingestellt	20. Jh	Schleusingen
Kali	eingestellt	Ende 20. Jh	Bischofferode
Kali	rezent	-	Bleicherode
Kali	eingestellt	Ende 20. Jh	Menteroda
Kali	eingestellt	Ende 20. Jh	Rosslieben
Kali	eingestellt	Ende 20. Jh	Sollstedt
Kali	rezent	-	Sondershausen
Kali	rezent	-	Bad Salzungen - Vacha
Uran	eingestellt	Ende 20. Jh	Seelingstädt
Uran	eingestellt	Ende 20. Jh	Region Ronneburg
Steinkohle	historisch	vor 1750	Manebach
Steinkohle	eingestellt	18. Jh	Stockheimer Becken b. Sonneberg
Braunkohle	eingestellt	Ende 20. Jh	Altenburg
Eisen	eingestellt	Ende 20. Jh	Trusetal
Steinsalz-Sole	rezent	-	Bad Langensalza
Steinsalz-Sole	rezent	-	Bad Salzungen
Steinsalz-Sole	rezent	-	Bad Sulza
Steinsalz-Sole	rezent	-	Heilbad Heiligenstadt
Erdgas	rezent	-	Bad Langensalza - Mühlhausen
Gips, Anhydrit	rezent	-	südlicher Harzrand
Gips, Anhydrit	rezent	-	Ränder des Kyffhäuser
Kali, Kieserit	rezent	-	Unterebreizbach

- Einträge aus Altstandorten und Altablagerungen

Stillgelegte Betriebsflächen, Gewerbeobjekte, Infrastrukturobjekte, Altlasten, Deponien und Altablagerungen sind Quellen für den Eintrag von Stoffen in die Gewässer insbesondere über den Wasserpfad. Im Abstrom dieser Objekte ist die chemische Beschaffenheit der Oberflächengewässer i. d. R. anthropogen beeinflusst, auch wenn bereits eine Sanierung erfolgte. Betroffene Messstellen können deshalb nicht zur Ableitung geogener Hintergrundwerte herangezogen werden.

- erhöhte Freisetzung von Metallen durch saure Niederschläge

Saure Niederschläge führen zu einer Verringerung des pH-Wertes der Böden und damit zu einer Mobilisierung geogener vorhandener Stoffgehalte. So belegen interdisziplinäre Forschungsarbeiten auf ökosystemarer Ebene für den Westharz einen engen Zusammenhang zwischen sauren Immissionen, Versauerung der Böden, Schwerme-



tallmobilisierung und Schwermetallfracht der Gewässer (Fallstudie Harz, MATSCHULLAT et al. 1994). Die durch saure Niederschläge bedingte erhöhte Stofffreisetzung aus geogenen Böden und Gesteinen ist daher als anthropogene Beeinflussung zu interpretieren. Sie führt zu einer großflächigen Beeinflussung der chemischen Beschaffenheit aller Fließgewässer, d. h. auch der Quellen und Oberläufe ausschließlich bewaldeter Gebiete.

Die atmosphärischen Säureeinträge sind am Ort ihrer Entstehung und in dessen unmittelbaren Umfeld am größten. Insbesondere in großen Ballungsgebieten mit hoher Industrie- und Verkehrsdichte werden hohe Schwefeldioxid- und Stickoxidkonzentrationen in der Atmosphäre erreicht. In Deutschland ist in erster Linie das Metropolgebiet Rhein-Ruhr in Nordrhein-Westfalen zu nennen (Abbildung 5.1). Weitere Regionen mit aktuell deutlich erhöhten Schadstoffkonzentrationen in der Luft sind die Großräume um die industriell bedeutendsten Großstädte, aber auch die Ballungsräume um Nürnberg (Mittelfranken) und in Südsachsen.

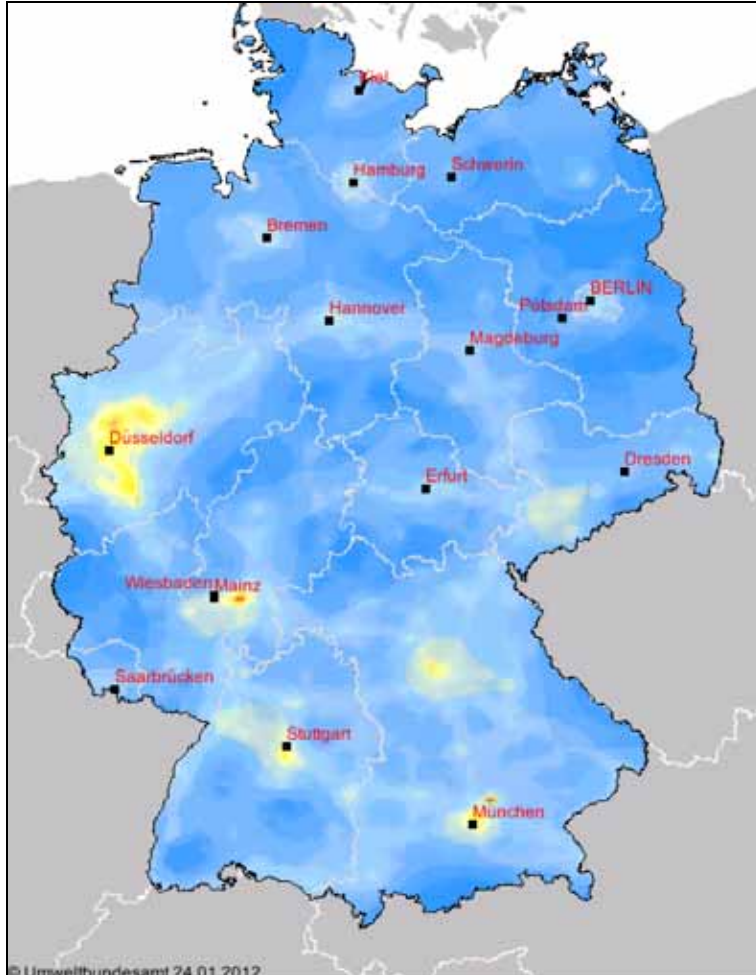


Abbildung 5.1 SO₂-Konzentrationen in der Luft 2001-2010
(UBA 2012)

Luftschadstoffe werden über weite Entfernungen transportiert und die Deposition erfolgt insbesondere in den niederschlagsreichen exponierten Regionen der Mittelgebirge. Die Karte der SO₂-Konzentrationen im Zeitraum 2001-2010 lässt jedoch keine erhöhten Konzentrationen in den Mittelgebirgen erkennen, so auch nicht im Thüringer Wald (UBA 2012). Die vom Erzgebirge bekannten folgenreichen SO₂-Immissionen der 1970er und 1980er Jahre waren regional durch die Emissionen von Braunkohlekraftwerken bedingt und sind nicht auf Thüringen übertragbar. Allerdings zeigt die Fallstudie Harz (MATSCHULLAT et al., 1994) für den Westharz der 1980er Jahre eine deutliche Bodenversauerung, die nicht unmittelbar auf regionale Großemittenten zurückgeführt werden kann.

Für die Mittelgebirge Thüringens, insbesondere die oberen Lagen des Thüringer Waldes, ist ebenfalls von einer Bodenversauerung aufgrund saurer Niederschläge auszugehen, die sich nicht von anderen Mittelgebirgen unterscheidet. Darauf lässt auch der Anteil von Waldschäden nicht betroffenen Waldflächen von nur ca. 10 % schließen



(TMLFUN 2011). Die Schäden werden unter anderem auf den Eintrag von Luftschadstoffen wie Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid, Ammoniak und Ozon zurückgeführt.

Wenngleich die Bedeutung der Schwefeldioxidbelastung stetig zurückgeht, trägt aktuell die atmosphärische Stickstoffbelastung insbesondere in den Kammlagen des Thüringer Waldes in erheblichem Maße zur Versauerung und Eutrophierung von Waldstandorten bei (TMLFUN 2011).

- Landnutzung: Landwirtschaft, Gartenbau

Weite Gebiete in Thüringen, insbesondere das Thüringer Becken und das Altenburger Land, sind geprägt durch ertragreiche Böden, die landwirtschaftlich intensiv in Form von Ackerbau genutzt werden. Hier ist auch die Schweineproduktion am stärksten verbreitet (Landkreis Nordhausen: Goldene Aue; Weimarer Land, Landkreis Greiz). Im Thüringer Schiefergebirge, Thüringer Wald, der Rhön, auch südlich des Thüringer Waldes und im Saale-Holzland-Kreis, dominiert dagegen die Weidewirtschaft auf Dauergrünland.

Wesentliche Kennzeichen einer intensiven landwirtschaftlichen Nutzung, sind der regelmäßige Düngereinsatz und die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln. Die flächenmäßige Düngung führt zu diffusen Einträgen von Nitrat-, Ammonium- und Phosphationen in die Oberflächengewässer. Darüber hinaus werden Pflanzenschutzmittel im Gewässer nachweisbar, welche unter Umständen die biologische Qualität und Vielfalt beeinträchtigen.

Auch Metalle, Schwermetalle und Spurenstoffe werden mit Dünge- und Pflanzenbehandlungsmitteln in die Gewässer eingetragen (vgl. Anlage 1.2). Dies betrifft vor allem Kupfer, Zink und Nickel, die mit Mineraldüngern, Klärschlamm und Gülle auf die Flächen gebracht werden. Bei der Schweinehaltung werden zur besseren Futtermittelverwertung Kupferpräparate eingesetzt, so dass mit dem Ausbringen von Schweinegülle Kupfer in den Boden gelangt. Im Obst- und Weinbau ist die Anwendung kupferhaltiger Fungizide gebräuchlich. Phosphordüngemittel, die aus Rohphosphaten gewonnen werden, enthalten ebenfalls hohe Mengen an Schwermetallen und Spurenstoffen, insbesondere an Cadmium und Uran.

- Wasserbau und -bewirtschaftung

Der überwiegende Teil der Gewässer in Thüringen ist hinsichtlich der Gewässerführung und -struktur durch wasserbauliche und -wirtschaftliche Eingriffe stark verändert. Dies betrifft Eingriffe wie Sohlausbau, Querbauwerke, Uferverbau, Veränderungen des Gewässerlaufes, Kanalisierung und Verrohrung, Anstau und Nutzung der Wasserkraft. Weiterhin werden Teilmengen des Durchflusses von Fließgewässern in benachbarte Gebiete übergeleitet oder als Brauchwasser genutzt. Das genutzte Brauchwasser weist eine veränderte stoffliche Beschaffenheit und oft auch höhere Wassertemperaturen auf. Darüber hinaus wurden künstliche Gewässer wie Entwässerungskanäle geschaffen.

Bei einem großen Teil der genannten anthropogenen Veränderungen handelt es sich um nutzungsbedingte Einflüsse einer normalen Jahrhunderte alten Kulturlandschaft. Sie können als Bestandteil der Landschaftsentwicklung angesehen werden. Die Beein-

flussung der stofflichen Beschaffenheit der Gewässer ist gering, da diese Veränderungen selbst keine Quelle für Stoffeinträge darstellen. Die stoffliche Beschaffenheit stark veränderter, stark genutzter oder künstlicher Fließgewässer sollte sich jedoch aufgrund der intensiven Gewässernutzung von der Beschaffenheit natürlich belassener Gewässer unterscheiden.

5.2 Präselektion anthropogen beeinflusster Messstellen anhand der Topografie

Im Folgenden wird der durchgeführte Ausschluss anthropogen beeinflusster Messstellen bzw. -punkte in den Fließgewässern anhand der Eigenschaften der Einzugsgebiete dieser Messstellen bzw. -punkte dargestellt. Zur Einschätzung anthropogener Beeinflussungen wurden die topografischen Karten im Maßstab 1 : 25.000, zum Teil auch im Maßstab 1 : 10.000 und die Karten der Landnutzung aus der Biotoptypen- und Nutzungstypenkartierung herangezogen. Weiterhin wurden nach einem ersten Bearbeitungsschritt Hinweise des AG zu anthropogenen Einflüssen im Einzugsgebiet berücksichtigt.

Ein großer Teil der Messstellen zur Überwachung der Zielvorgaben der WRRL liegt in bereits beeinträchtigten Gewässerabschnitten und wird damit von der weiteren Auswertung ausgeschlossen. In einigen Regionen Thüringens müssen deshalb der überwiegende Teil der Messstellen und -punkte von der weiteren Auswertung ausgeschlossen werden. Dies betrifft insbesondere das Thüringer Becken und die angrenzenden Hügelländer, das Altenburger Lösshügelland bis zur Weißen Elster, das Saaletal und das Werratal. Es verbleiben vorrangig Messstellen in bewaldeten Einzugsgebieten insbesondere im Quellbereich und in den Oberläufen der Bäche und in dünnbesiedelten Gebieten.

5.2.1 Vorgehensweise

Die Datenpräselektion anhand der Landnutzung im Einzugsgebiet wurde als erster Arbeitsschritt durchgeführt. Die verbleibenden Messstellen werden später auf weitere Kriterien überprüft. Die Datenpräselektion anhand der Landnutzung im Einzugsgebiet kann nicht den vollständigen Ausschluss aller Messstellen mit relevantem anthropogenem Einfluss zum Ergebnis haben.

Zur Einschätzung des anthropogenen Einflusses einer Messstelle wurde deren Einzugsgebiet bis zur Wasserscheide berücksichtigt. Die Wasserscheide wurde den von der TLUG zur Verfügung gestellten GIS-Shapes der Einzugsgebiete entnommen bzw. anhand der Isohypsen der topografischen Karte bestimmt. Die Flussgebiete wurden beginnend mit den quellnahen Messstellen entsprechend dem weiteren Fließweg fortschreitend eingeschätzt. Nach dem erstmaligen Auftreten einer offensichtlichen anthropogenen Beeinflussung wurden i. d. R. alle weiteren Messstellen im Hauptvorfluter flussabwärts aus dem Datenpool entfernt, da sich die anthropogene Beeinflussung flussabwärts i. d. R. nicht verliert, sondern durch weitere Quellen verstärkt wird. In einigen Fällen, insbesondere wenn im Oberlauf Messstellen aufgrund kleinerer Siedlungen oder im Abstrom von Staubecken als anthropogen eingeschätzt wurden und das Gewässer dann über weite Strecken durch naturnahe Gebiete fließt, wurden stromab-



wärts Messstellen wieder als kaum anthropogen beeinflusst bewertet und in der Datenbasis belassen.

Zum Ausschluss von Messstellen führten:

- geschlossene Bebauungen
- eine Siedlungsdichte bei Streusiedlungen bzw. Einzelbebauung, welche auf eine relevante Einleitung häuslicher bzw. kommunaler Abwässer und Kläranlagen schließen lässt; Sportplätze, Schießstände
- das Vorhandensein industrieller Anlagen oder großer Gebäudekomplexe (Industrie und Gewerbe, dichte Wohnbebauung, Agrarbetriebe)
- eine hohe Verkehrsdichte (dichtes Straßennetz, Autobahnen, Bahnhöfe, Flugplätze)
- Deponien und Halden im Einzugsgebiet, größere Sand-/Kiesabbau, Tongruben, Torfstiche, diverse Aufschüttungen oder umfangreiche Reliefveränderungen, Bergwerke (in Betrieb und außer Betrieb)
- Messstellen unmittelbar unterhalb von Staubecken, Fischteichen, Bädern, anderen Wasserbehältern, Kläranlagen, Wassergewinnungsanlagen
- Messstellen in Standgewässern wie Talsperren oder Speicherbecken wurden aus der Datenbasis entfernt.

Die Einschätzung erfolgte anhand der TK25 und TK10 und der zur Verfügung gestellten Landnutzungsdaten (vgl. Abbildung 5.2 und folgende). Die folgenden Abbildungen verdeutlichen den Ausschluss von Messstellen und -punkten aufgrund ihrer Lage im Abstrom von Siedlungen und Industriegebieten (Abbildung 5.2, Abbildung 5.3, Abbildung 5.4).

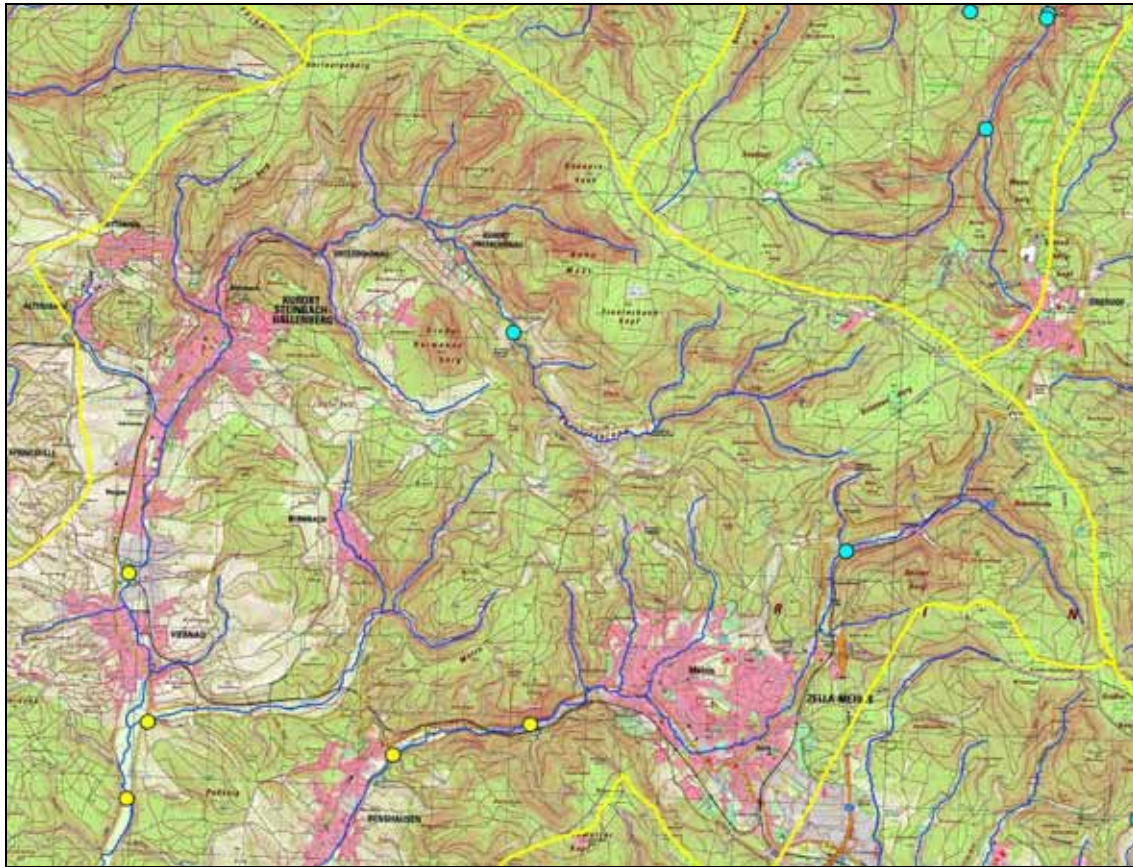


Abbildung 5.2 Beispiel 1: Als anthropogen wenig beeinflusste Messstellen (zyan) verbleiben in der Datenbasis, die Messstellen im Abstrom der Städte und Industriegebiete (gelb) wurden von der weiteren Auswertung ausgeschlossen

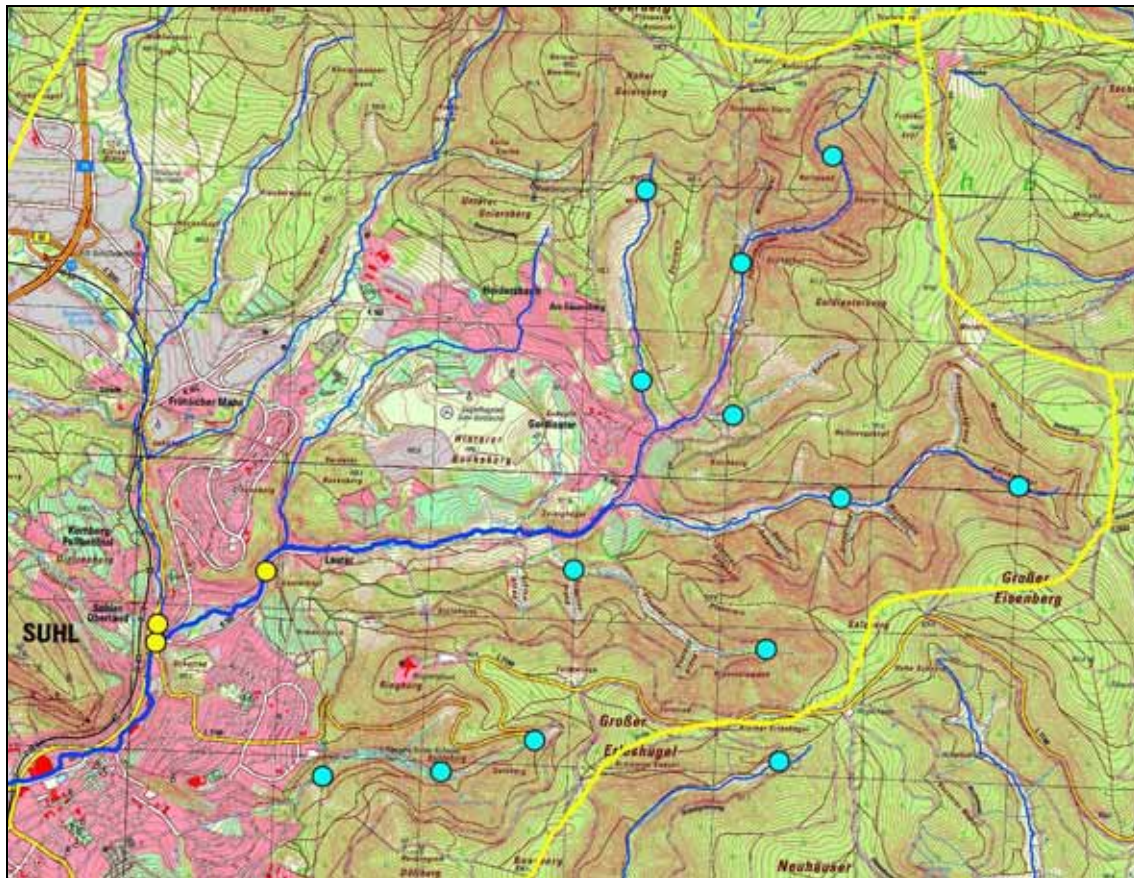


Abbildung 5.3 Beispiel 2: Als anthropogen wenig beeinflusste Messstellen (zyan) verbleiben in der Datenbasis, die Messstellen im Abstrom der Städte und Industriegebiete (gelb) wurden von der weiteren Auswertung ausgeschlossen. In vielen quellenahen Fließgewässern sind keine Messstellen bzw. -punkte vorhanden (links oben)

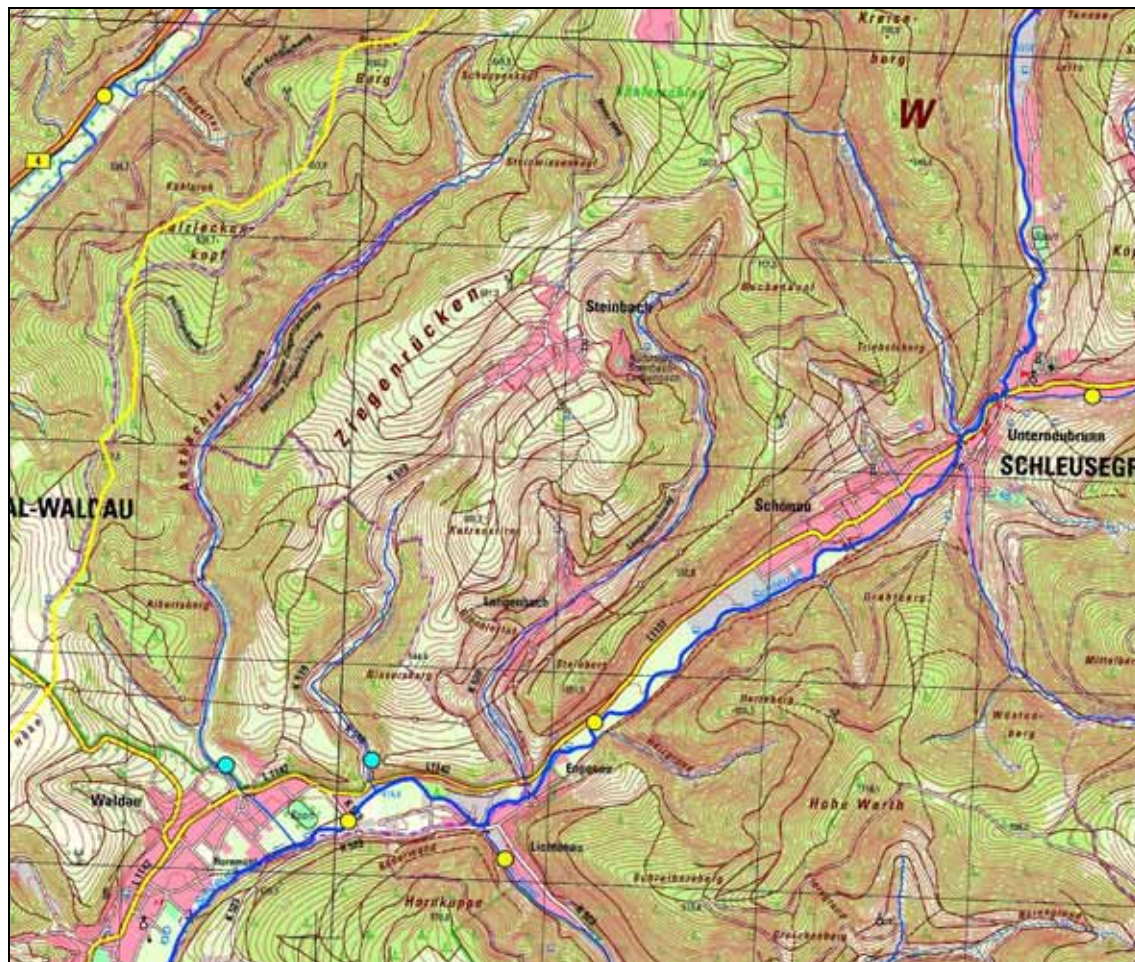


Abbildung 5.4 Beispiel 3: Messstellen in größeren Fließgewässern wurden stets von der statistischen Auswertung ausgeschlossen (gelb), da sie diverse Einleitungen in größerer Zahl erfahren haben (hier: Schleuse am Südrand des Thüringer Waldes). Kleinere Zuflüsse wurden als nicht wesentlich anthropogen beeinflusst eingestuft, wenn die Landnutzung im Einzugsgebiet nicht das Gegenteil erwarten lässt (zyan). Kleinere Siedlungen wurden i. d. R. nicht als Ausschlussgrund bewertet, wenn sie einen geringen Flächenanteil am Einzugsgebiet einnehmen (zyan, rechte Messstelle)

In Gebieten mit hoher Siedlungsdichte und geringem Waldanteil verbleiben kaum Messstellen bzw. -punkte, die nicht als wesentlich anthropogen beeinflusst eingestuft werden können. Dies gilt insbesondere, wenn in der Region Bergbau betrieben wurde wie in Ostthüringen (Wismut-Bergbau und Erzaufbereitung, vgl. Abbildung 5.5) und in den Kalirevierern.

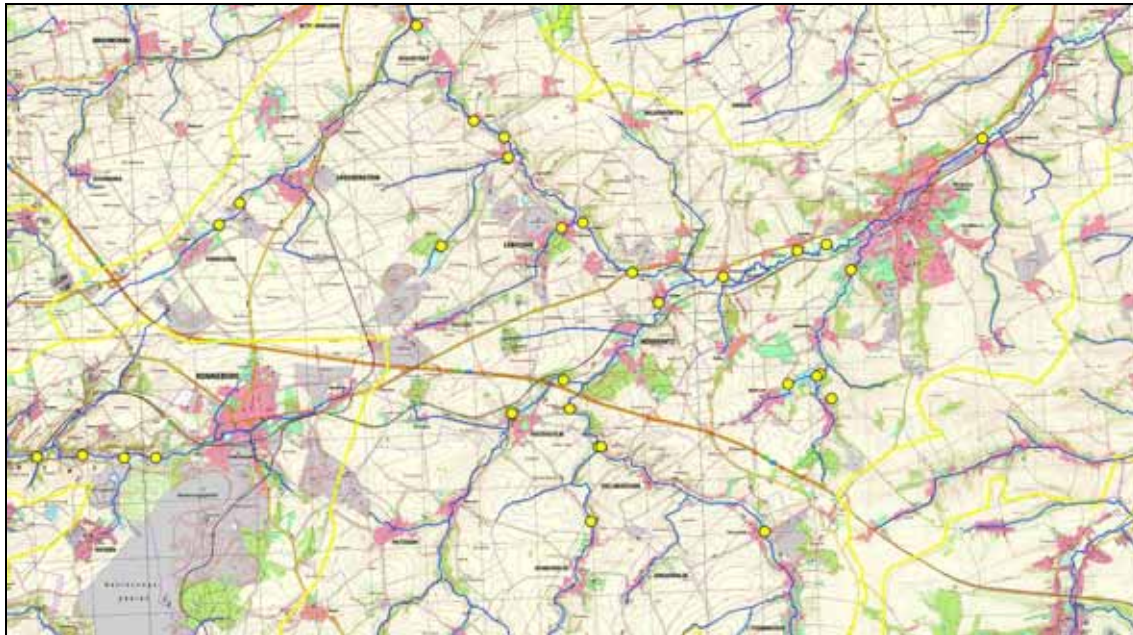


Abbildung 5.5 Beispiel 4: Messstellenausschluss aufgrund hoher Siedlungsdichte, hohem Anteil an landwirtschaftlicher Nutzung (geringer Waldanteil) und Bergbau im Einzugsgebiet (Ronneburger Acker- und Bergbaugesamt)

Messstellen in Standgewässern, Talsperren und Staubecken wurden aus der Datenbasis entfernt. Dies gilt auch für Messstellen im Abstrom von Talsperren. In den genannten Fällen wurde davon ausgegangen, dass die an diesen Messstellen ermittelte chemische Wasser- und Sedimentbeschaffenheit nicht der natürlichen Fließgewässerbeschaffenheit entspricht.

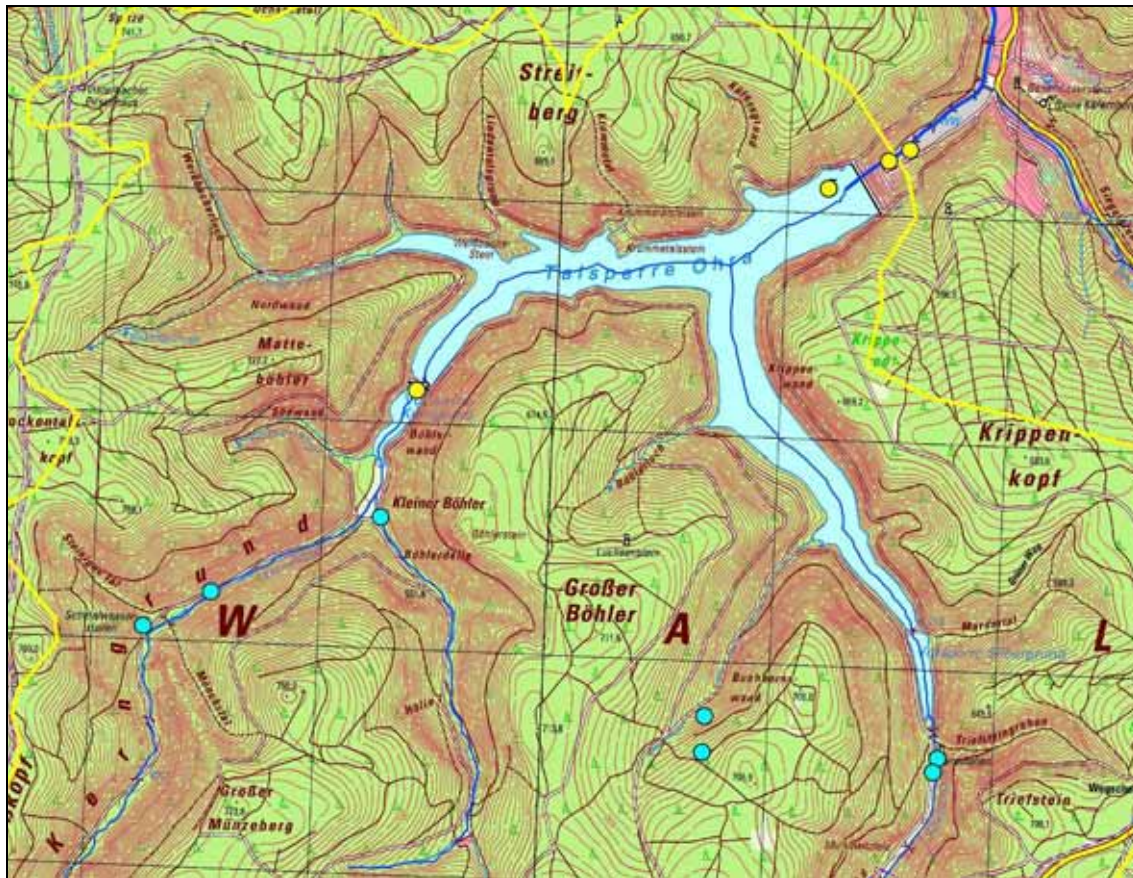


Abbildung 5.6 Beispiel 5: Ausschluss von Entnahmepunkten von Freiwasser einer Talsperre und von Messstellen im Abstrom dieser Talsperre

Eine geringe Datendichte zur Ableitung geogener Hintergrundwerte ist in einigen Regionen nicht aufgrund der Präselektion anthropogen beeinflusster Messstellen zurückzuführen, sondern auf eine insgesamt geringe Messstellendichte (vgl. Abbildung 5.7).



Abbildung 5.7 Beispiel 6: Geringe Messstellendichte in der Region, die meisten Messstellen wurden zudem als anthropogen beeinflusst eingestuft (gelb), da sie meist im Abstrom von Siedlungen liegen



Abbildung 5.8 Beispiel 7: Geringe Messstellendichte im vorrangig landwirtschaftlich (Ackerbau) genutzten Thüringer Becken. Um eine Auswertung der wenigen Informationen zu ermöglichen, wurden einige Messstellen in der Datenbasis belassen (zyan), obwohl ein anthropogener Einfluss wahrscheinlich ist



Abbildung 5.9 Beispiel 8: Messstellen im Abstrom von Deponien, Halden, Steinbrüchen und ähnlichen Objekten wurden aus der Datenbasis entfernt

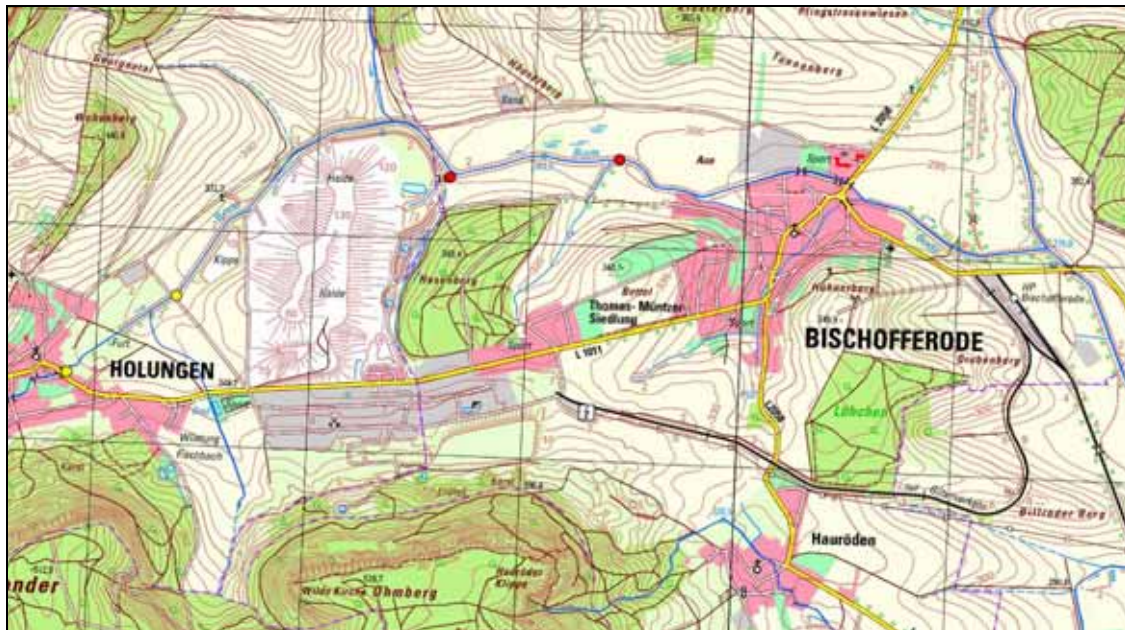


Abbildung 5.10 Beispiel 9: Messstellen im Abstrom des ehemaligen Kaliwerkes und der Kalihalde Bischofferode (rot) wurden aus der Datenbasis entfernt

Die landwirtschaftliche Nutzung im Einzugsgebiet wurde nicht als Ausschlusskriterium herangezogen, da die Art und Intensität der Nutzung anhand der Kartenwerke nicht eingeschätzt werden kann. Der Ausschluss der von intensiver Landwirtschaft beeinflussten Messstellen erfolgt später anhand der chemischen Beschaffenheit.

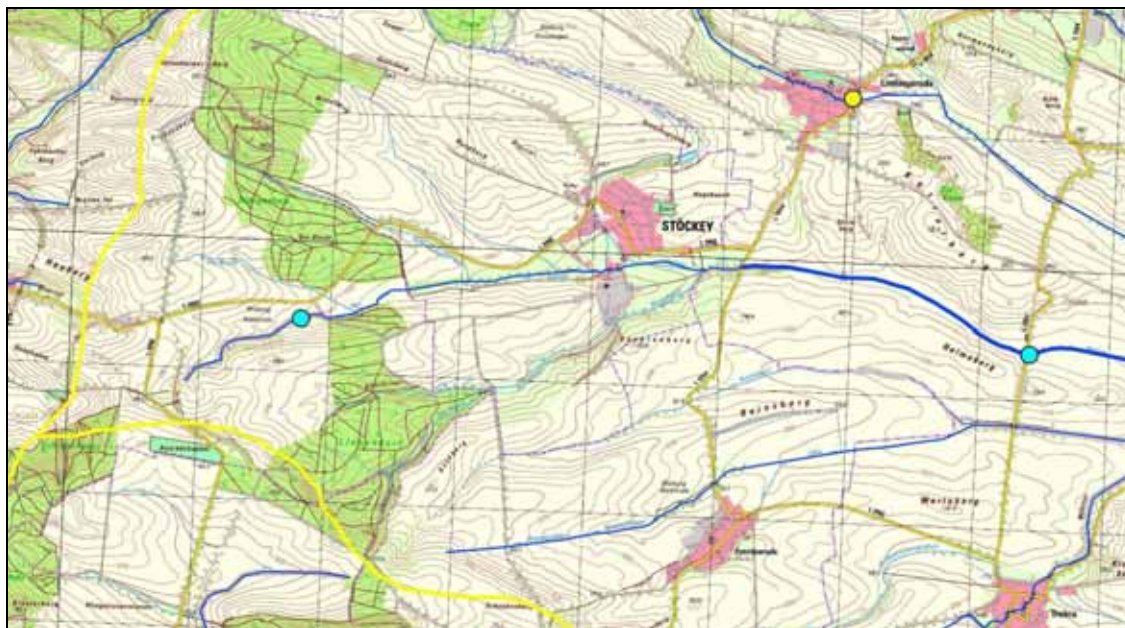


Abbildung 5.11 Beispiel 10: Messstellen in intensiv landwirtschaftlich genutzten Regionen, hier in der Goldenen Aue, wurden zunächst nicht von der weiteren Auswertung ausgeschlossen (zyan; gelb: Messstelle wurde ausgeschlossen aufgrund der Lage unmittelbar im Abstrom einer Ortschaft)



Abbildung 5.12 Beispiel 11: Messstellenausschluss (gelb) aufgrund hoher Verkehrsdichte im Einzugsgebiet (Autobahn und Bundesstraße)

5.2.2 Ergebnis

Von den insgesamt 1718 Messstellen und Probenahmepunkten der TLUG-Datenbasis verbleiben 351 Messstellen im Datenpool, die anhand der topografischen Karte und der Landnutzungskarten nicht als mit großer Wahrscheinlichkeit anthropogen beeinflusst bewertet wurden.

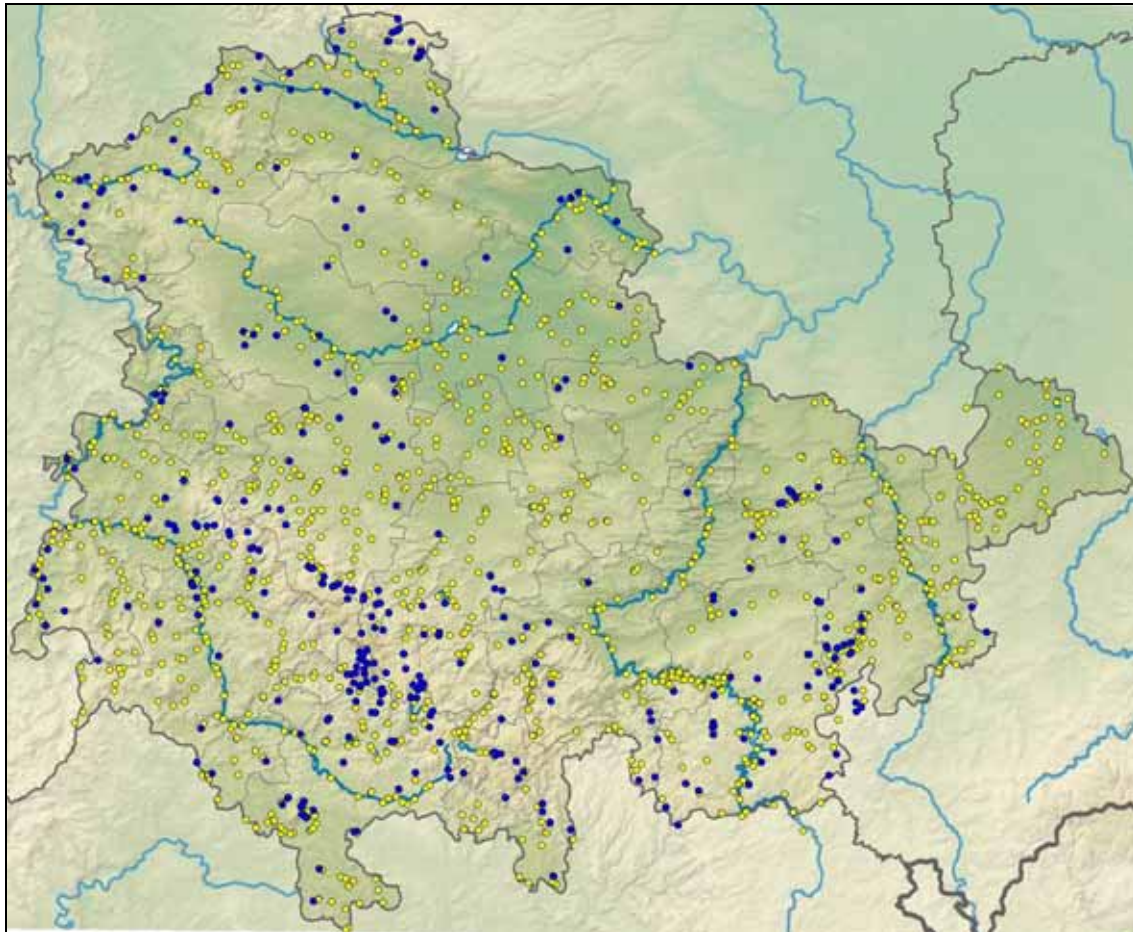


Abbildung 5.13 Datenpräselektion anhand der Landnutzung im Einzugsgebiet. Gelb: von der weiteren Auswertung ausgeschlossene Messstellen, blau: im Datenpool verbliebene Messstellen

5.3 Datenpräselektion anthropogen beeinflusster Messstellen im Abstrom von Altstandorten und Altablagerungen

In einem zweiten Bearbeitungsschritt wurden alle Messstellen und -punkte von der weiteren Auswertung ausgeschlossen, die sich im Abstrom von Altstandorten, Altablagerungen und Altlastenverdachtsflächen befinden. Die GIS-Daten dieser Objekte wurden von der TLUG zur Verfügung gestellt. Es handelt sich u. a. um



Altlastenverdachtsflächen:

- Abraumhalden, Aufschüttungen, Absetzbecken, Oxidationsteiche, Silagelager, Reststoffdeponien, Müllkippen, Bahndämme,
- alte Fabrikgelände und Gewerbeflächen, Verkehrsbetriebe, Bahnhöfe, Verkehrsflächen, stillgelegte Kraftwerke, Umspannwerke, stillgelegte Tankstellen und Tanklager, Werkstätten, LPG-Betriebsflächen, Ställe und Mastanlagen, Agrarflugplätze, Gärtnereien, Abwasserentsorgungsanlagen (Kläranlagen, Klärbecken), Ziegeleien, Schießstände, Truppenübungsplätze, Lagerplätze
- Steinbrüche, Kies-, Lehm- und Tongruben, Flussspatgruben.

5.3.1 Vorgehensweise

Messstellen, in deren Einzugsgebiet im Verhältnis zu dessen Größe nur wenige Altablagerungen oder Altlastenverdachtsflächen liegen, wurden nur dann aus der Datenbasis entfernt, wenn im Einzugsgebiet noch weitere Beeinträchtigungen wie Siedlungen, Industrie- und Verkehrsflächen vorhanden sind oder das Einzugsgebiet überwiegend ackerbaulich genutzt wird. In bewaldeten Einzugsgebieten ohne Siedlungen wurden Altablagerungen eher toleriert als in vorwiegend landwirtschaftlich oder anderweitig anthropogen überprägten Einzugsgebieten. Allerdings wurden alle Messstellen ausgeschlossen, die unmittelbar im Abstrom einer Altablagerung liegen unabhängig von der Zahl der übrigen Altablagerungen im Einzugsgebiet.

Lagen Altstandorte von Fabriken, Verkehrseinrichtungen, Tankstellen, Abwasserentsorgungsanlagen, Schießständen, Truppenübungsplätzen und ähnlichen Objekten im Einzugsgebiet, bei denen von einer Emission von Schwermetallen auszugehen ist, wurden die Messstellen i. d. R. von der weiteren Auswertung ausgeschlossen.

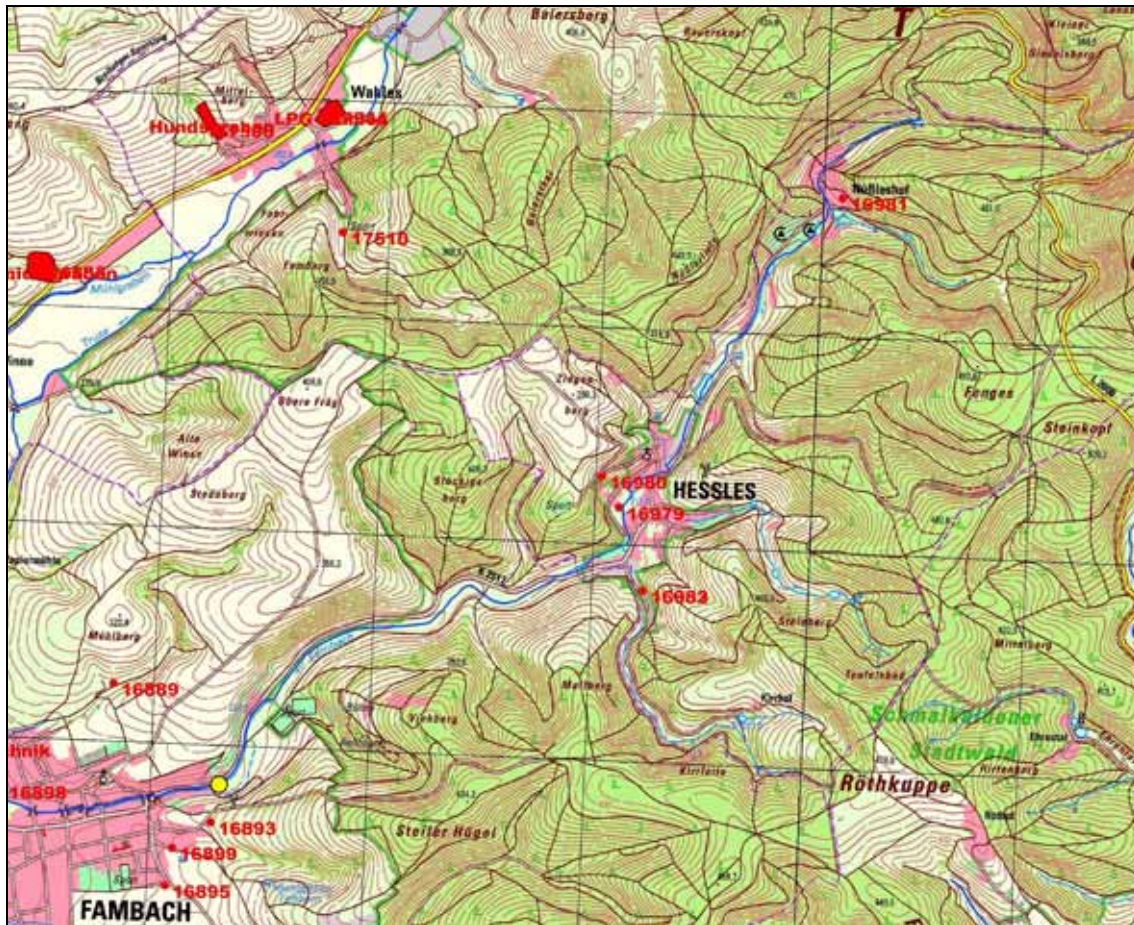


Abbildung 5.14 Die Messstelle (gelb) wurde von der weiteren Auswertung ausgeschlossen, weil zusätzlich zu den beiden Siedlungen im Einzugsgebiet noch vier Altablagierungen vorhanden sind (rote Punkte)

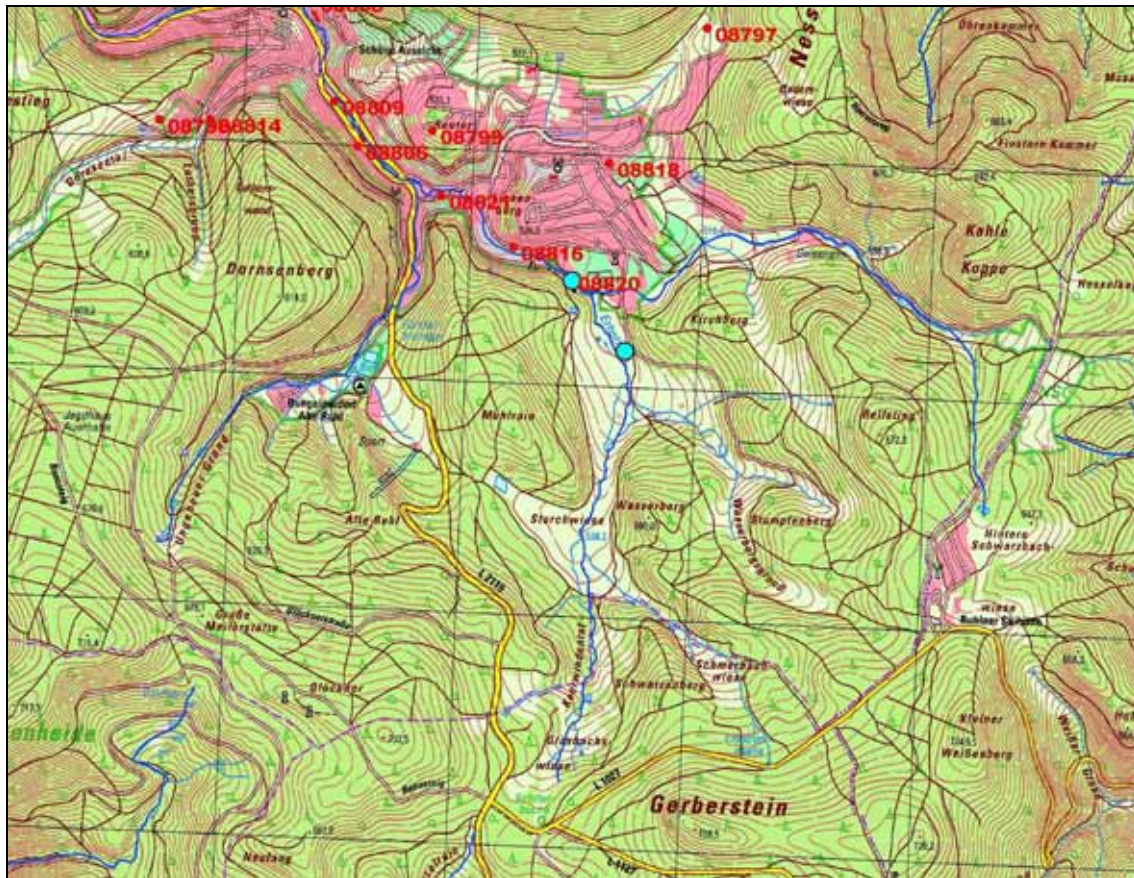


Abbildung 5.15 Messstellen, in deren Einzugsgebiet sich keine Altablagerungen oder nur eine bis zwei Altablagerungen in weiterer Entfernung befinden, verbleiben in der Datenbasis (zyan; die Altablagerung Nr. 08820 liegt im Abstrom der der dargestellten Messstelle)

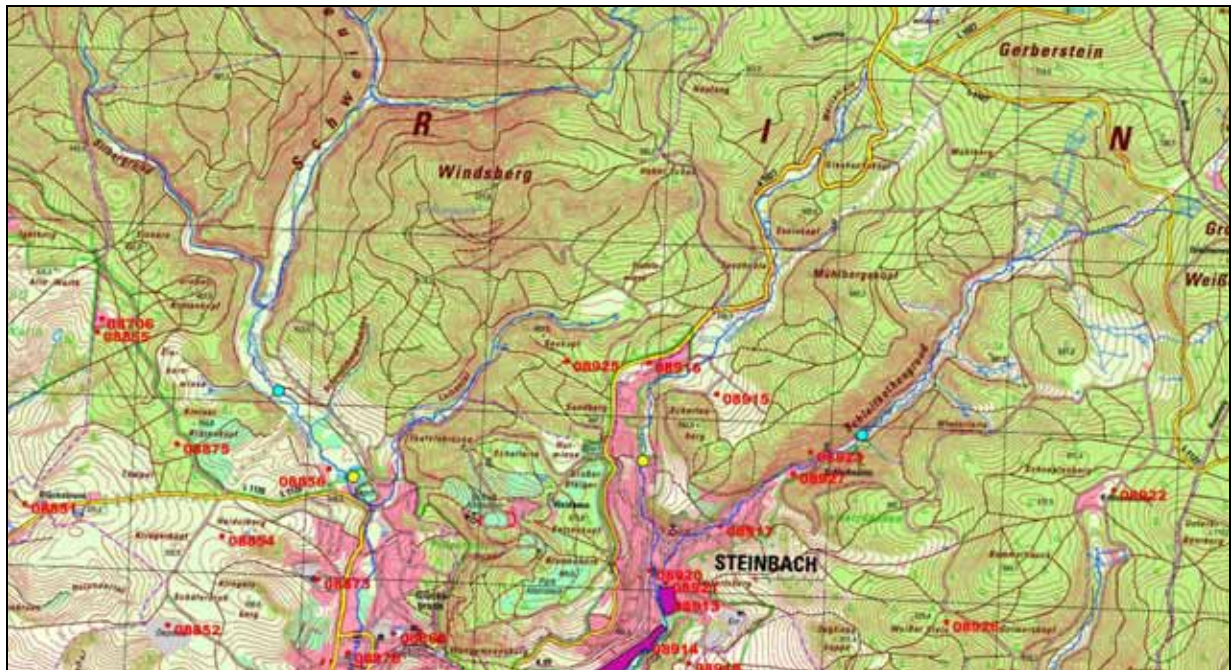


Abbildung 5.16 Ausschluss einer Messstelle, in deren Einzugsgebiet unweit der Messstelle zwei Altablagerungen und Siedlungsflächen liegen (gelber Punkt in der Bildmitte), Ausschluss einer weiteren Messstelle, die sich unmittelbar im Abstrom einer Altablagerung befindet (gelber Punkt im linken Bild Drittel) und Belassen von zwei Messstellen, in deren Einzugsgebiet keine Altablagerungen liegen (zyan)

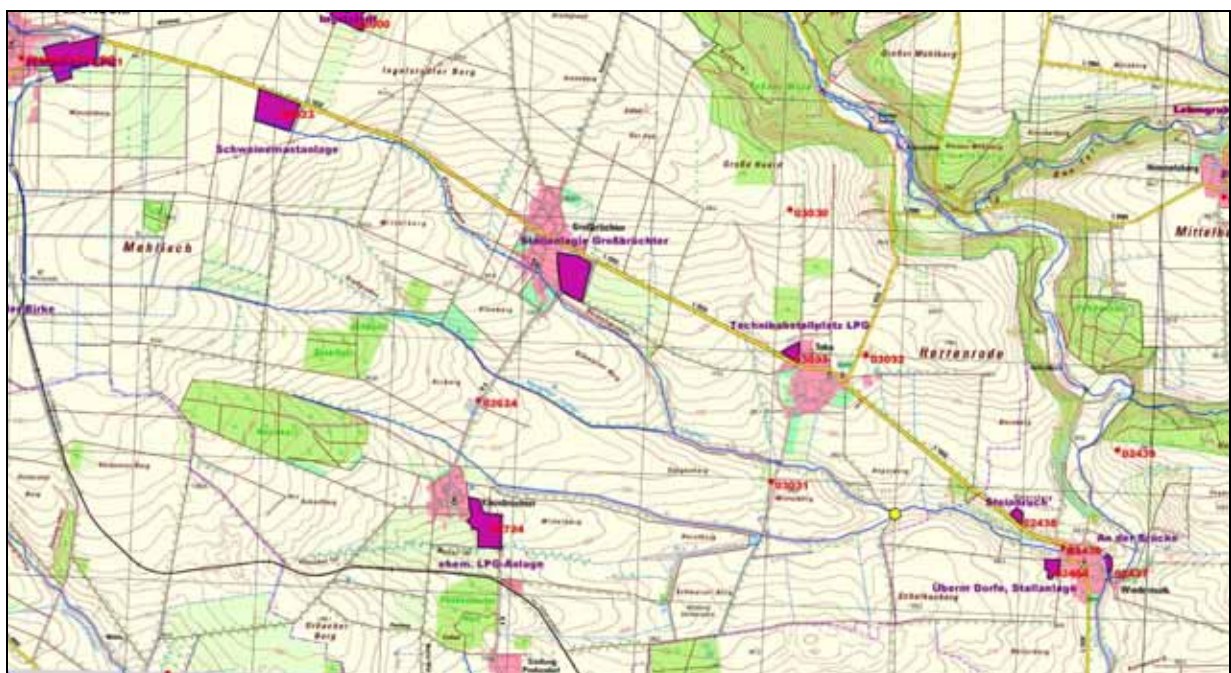


Abbildung 5.17 Messstelle (gelb) wurde aus der Datenbasis entfernt aufgrund mehrerer landwirtschaftlicher Altstandorte im nahezu vollständig ackerbaulich genutzten Einzugsgebiet

5.3.2 Ergebnis

Von den nach der Präselektion entsprechend des 1. Ausschlusskriteriums verbleibenden 351 Messstellen und -punkten werden weitere 109 Messstellen ausgeschlossen, weil sie im Abstrom von Altstandorten, Ablagerungen oder Altlastenverdachtsflächen liegen. Es verbleiben 242 Messstellen, die nicht als anthropogen beeinflusst eingestuft wurden. Die Messstellen sind in der Abbildung 5.18 dargestellt.

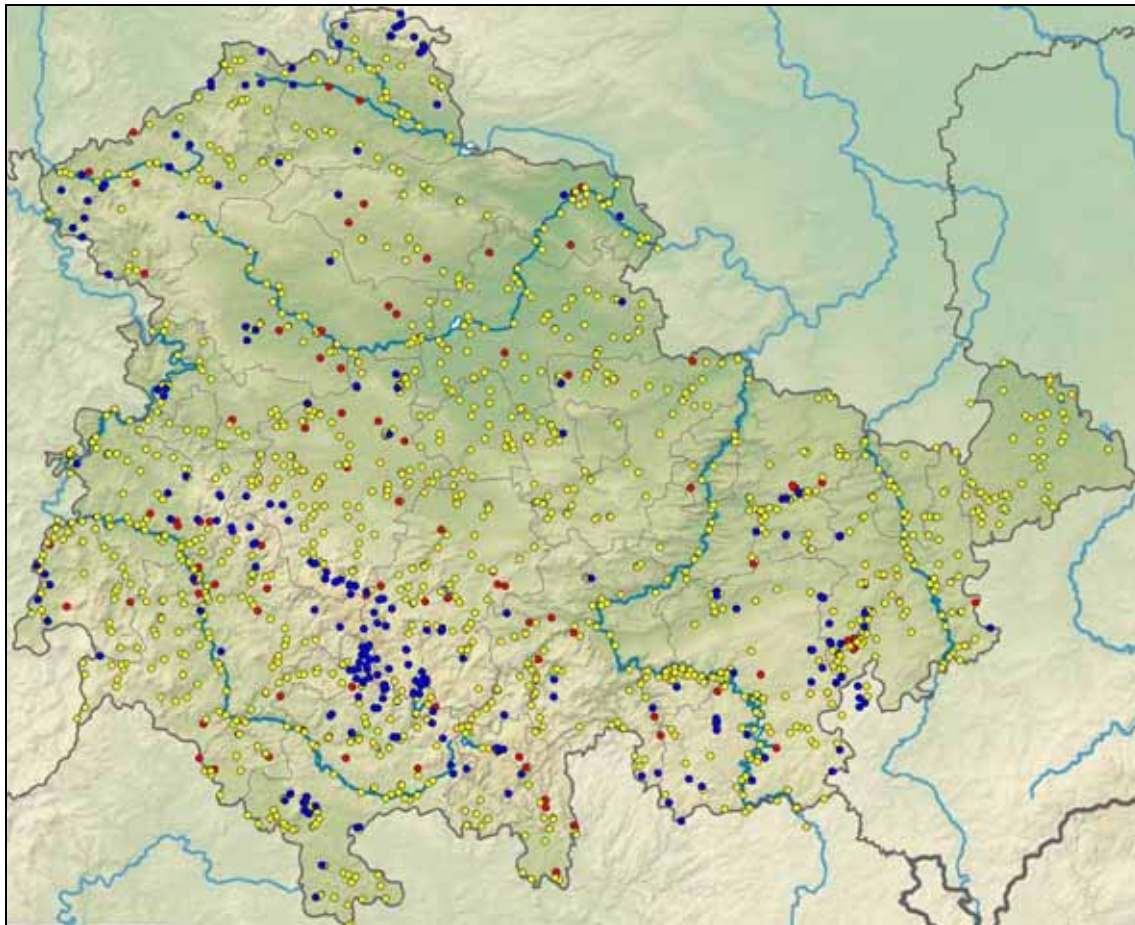


Abbildung 5.18 Datenpräselektion anhand der Landnutzung im Einzugsgebiet und aufgrund der Lage zu Altstandorten und Altlasten. Gelb: bereits ausgeschlossene Messstellen aufgrund der Landnutzung im Einzugsgebiet, rot: aufgrund von Altstandorten und Altlasten zusätzlich ausgeschlossene Messstellen, blau: im Datenpool verbliebene Messstellen

5.4 Datenpräselektion anthropogen beeinflusster Messstellen aufgrund von Einleitungen von Kläranlagen

Standorte von stillgelegten Kläranlagen wurden bereits bei der Datenselektion berücksichtigt (Abschnitt 5.3). Es wurden Messstellen aus der Datenbasis entfernt, die sich im unmittelbaren Abstrom von Einleitungen kommunaler und industrieller Kläranlagen befinden.

5.4.1 Vorgehensweise

PRTR-Register mit Stofffreisetzung in die Gewässer

Zur Berücksichtigung anthropogener Beeinflussungen durch Stoffeinträge in die Gewässer wurde zunächst das PRTR-Register herangezogen. Die Daten wurden von der TLUG zur Verfügung gestellt. Das PRTR ist ein Register großer Industriebetriebe mit erheblichen Schadstoffemissionen in die Luft, in Boden, in Gewässer und (über die Kanalisation) in externe Kläranlagen sowie über entsorgte gefährliche und nicht-gefährliche Abfälle. Für Thüringen liegen Einträge für 7 Großbetriebe im Register vor.

Tabelle 5.2 Einträge von Großemittenten in Thüringen über den Wasserpfad
(Datenquelle: TLUG)

Betrieb	Ort	Schadstoff	RW	HW
AKZO Nobel Functional Chemicals GmbH & Co. KG	Greiz	TOC, Cl	4512950	5610320
GVV mbH BW Bischofferode	Bischofferode	Cl	4390000	5707324
GVV mbH BW Roßleben	Roßleben	Zn, Cl	4462200	5684000
Stadtverwaltung Erfurt / Klärwerk Kühnhausen	Erfurt	As, Ni, Cu, Zn, N, TOC, Cl	4428020	5656565
WISMUT-WBA Ronneburg	Ronneburg	Ni	4512560	5634471
Stahlwerk Thüringen GmbH	Unterwellenborn	As, Ni, Pb, Zn	4460100	5613250
Zellstoff-und Papierfabrik Rosenthal GmbH	Blankenstein	AOX, TOC	4478520	5585780



Abbildung 5.19 Lage der Großemittenten des PRTR-Registers in Thüringen

Kommunale Kläranlagen

Die Lage der kommunalen Kläranlagen in Thüringen wurde als GIS-Shape mit der Datenbank von der TLUG übergeben. Die Datenbank umfasst 547 Einträge und beinhaltet eine Klassifikation der Kläranlagen nach der Einwohneranzahl (Abbildung 5.20).

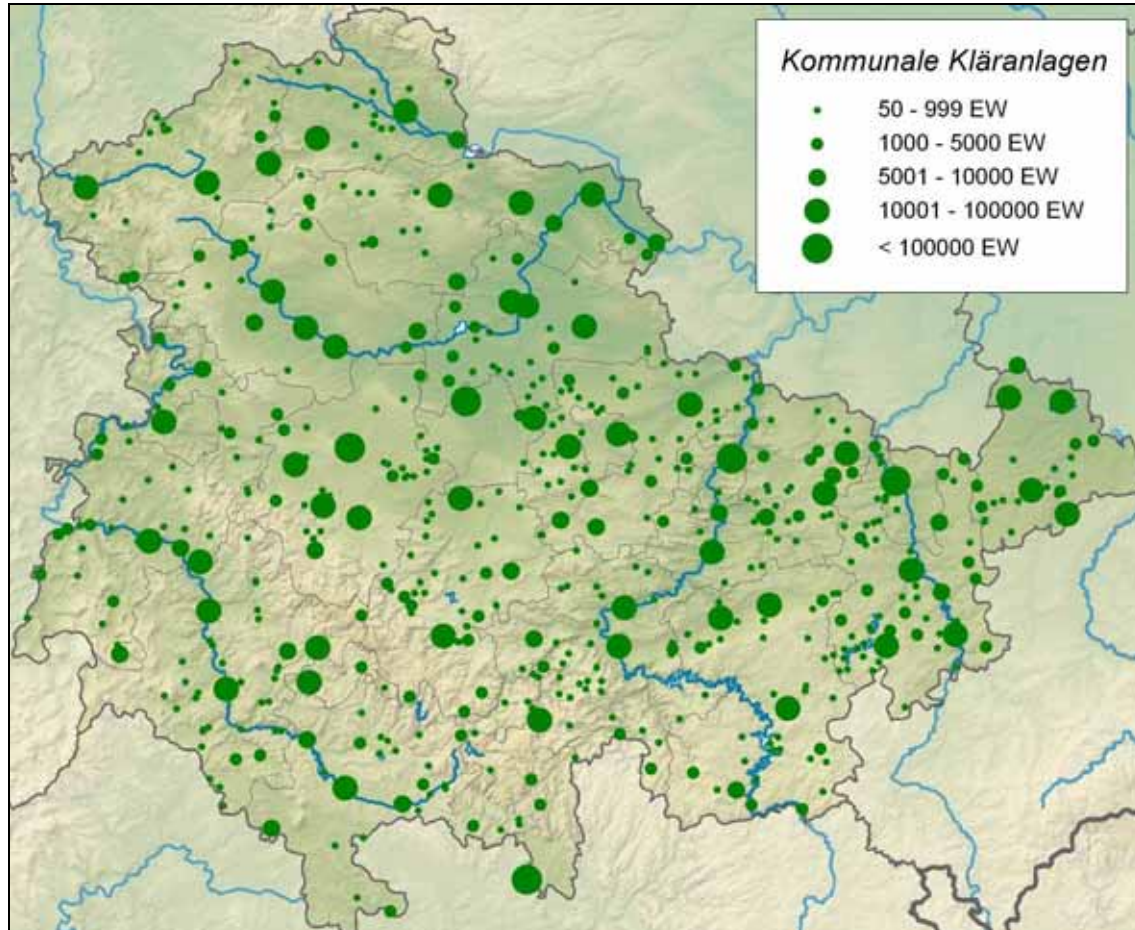


Abbildung 5.20 Lage der Kommunalen Kläranlagen in Thüringen (Datenquelle: TLUG)

5.4.2 Ergebnis

Die Großemittenten des PRTR-Registers liegen meist an den größeren Flüssen. Es befinden sich keine als anthropogen unbeeinflusst eingestufte Messstellen im Abstrom dieser Einleiter.

Aufgrund der durchgeführten Vorauswahl anhand der Topografie wurden Messstellen im Abstrom von Siedlungen bereits als anthropogen beeinflusst eingestuft. Es befinden sich nur noch wenige Messstellen im Abstrom kommunaler Kläranlagen. Dabei handelt es sich ausschließlich um Kläranlagen für <1.000 Einwohner. Die betroffenen Messstellen wurden in der Datenbasis belassen. Die Messstellen liegen in einiger Entfernung im Abstrom der Kläranlagen, im Hinblick auf die resultierende Größe des Einzugsgebietes der Messstellen kann der Einfluss der Kläranlagen als gering eingeschätzt werden.

5.5 Datenpräselektion anthropogen beeinflusster Messstellen aufgrund von Bergbautätigkeit im Einzugsgebiet

Bergbaustandorte wurden bereits bei der Datenpräselektion berücksichtigt, sofern entsprechende Standorte wie Halden, Betriebsflächen und Schächte in der topografischen Karte verzeichnet (Abschnitt 5.2) oder als Altstandorte und Altablagerungen identifiziert sind (Abschnitt 5.3). Weitere Standorte von stillgelegten oder rezenten Bergbauobjekten sollten von der TLUG in Zusammenarbeit mit den betreffenden Fachbehörden an den AN übergeben werden. Danach erfolgt der Ausschluss von Messstellen, die sich im Abstrom von Bergbauanlagen wie Halden, Betriebsflächen, Schächten und Stollen, Tagebauen, Steinbrüchen, aber auch Hüttenstandorten u. ä. befinden. Dabei wird unterschieden zwischen vorindustriellem Altbergbau, der als Bestandteil einer historisch gewachsenen Kulturlandschaft bewertet wird und nicht als Quelle anthropogener Beeinflussung der chemischen Fließgewässerbeschaffenheit, und industriellem Bergbau, von dem eine anthropogene Beeinflussung ausgeht. Zur Unterscheidung wird das Jahr 1750 herangezogen. Wurde der Bergbau vor 1750 stillgelegt, wird er als vorindustrieller Bergbau bewertet, anderenfalls als Quelle anthropogener Beeinflussungen.

5.6 Zusammenfassung der nach der Vorauswahl verbleibenden Daten

Nach der durchgeführten Präselektion anhand der Landnutzung im Einzugsgebiet und des Vorhandenseins von Altstandorten und Altablagerungen verbleiben folgende Anzahlen an Messstellen (vgl. Tabelle 5.3 und Abbildung 5.21):

Tabelle 5.3 Nach Datenpräselektion anhand Landnutzung, Altlasten, Einleiter und Bergbau verbleibende Anzahlen an Messstellen und -punkten der Projektdatenbank, Datenquelle: TLUG, SCHNEIDER et al. 2003

Medium	Alle Messstellen TLUG	Verbleibende Messstellen nach vorläufiger Präselektion (=angeforderte Analysedaten)	Übergebene Analysedaten TLUG	Zusätzl. Daten UBA-Projekt (SCHNEIDER et al. 2003)	Projektdatenbank	nach endgültiger Präselektion anhand Landnutzung im EZG	nach Präselektion anhand Altlasten, Kläranlagen, Bergbau
Wasser	1.718	376	190	8	198	171	108
Sediment			1	0	1	1	0
Schwebst.			11	10	21	10	4

Es wird deutlich, dass eine Ableitung geogener Sedimentgehalte und Feststoffgehalte im Schwebstoff anhand der vorliegenden Daten nicht möglich ist und geogene Konzentrationen in der Wasserphase nur für ausgewählte Auswerteeinheiten abgeleitet werden können (vgl. Abbildung 5.21).



Abbildung 5.21 Lage der nach der Präselektion verbleibenden mit Daten belegten Messstellen der Projektdatenbank (Datenquelle: TLUG, SCHNEIDER et al. 2003)



6 Bewertung der Messstellen anhand der Beschaffenheitsdaten

Die in Abschnitt 5 dargestellte Präselektion erfolgte unabhängig von den an den Messstellen ermittelten chemischen Beschaffenheitsdaten. Letztere können jedoch ebenfalls Hinweise auf anthropogene Beeinflussungen geben. Im folgenden Abschnitt werden anthropogene Beeinflussungen anhand der chemischen Beschaffenheitsdaten ermittelt in Ergänzung an die im Abschnitt 5 erläuterte Datenpräselektion.

6.1 Nachweisbare anthropogene Stoffeinträge

Der anthropogene Einfluss auf die stoffliche Beschaffenheit von Fließgewässern äußert sich in einer Veränderung der geogen bedingten chemischen Signatur. Dabei können einige typische Konzentrationsveränderung zur Identifizierung von anthropogen beeinflussten Messstellen bzw. -punkten heran gezogen werden. Im Folgenden werden hierzu die Nitrat-, Ammonium- und Phosphatgehalte und die Gehalte an organischen Schadstoffen herangezogen. Dabei können lediglich diejenigen Messstellen und -punkte geprüft werden, für welche die genannten Parameter vorliegen.

6.1.1 Vorgehensweise

Im Allgemeinen liegt eine anthropogene Beeinflussung vor, wenn die Nitratkonzentration im Oberflächenwasser den Wert von ca. 5 mg/l bzw. der Nitrat-Stickstoff-Gehalt einen Wert von 1 mg/l übersteigt (C&E 2010). Dabei handelt es sich um eine Größenordnung, die auf Erfahrungen beruht. Auch führt die Überschreitung des Nitrat-Stickstoff-Gehaltes von 1 mg/l zur Einstufung des Gewässers als „gering belastet“ entsprechend der LAWA-Güteklassifikation für Nitrat-Stickstoff.

Höhere Nitratgehalte lassen auf eine anthropogene Beeinflussung durch landwirtschaftliche Nutzungen im Einzugsgebiet schließen. Damit kann eine anthropogene Erhöhung der Gehalte an Schwermetallen und Spurenstoffen verbunden sein (vgl. Anlage 2). Meist betrifft dies die Elemente Kupfer und Zink. Untersuchungen zur Schwermetall- und Spurenstoffproblematik durch landwirtschaftliche Nutzungen zeigten, dass alle in dieser Studie zu betrachtenden Elemente betroffen sein können, so insbesondere auch die prioritären Stoffe Nickel, Cadmium, Blei und Quecksilber oder auch Uran. Allerdings kann nicht auf Einträge konkreter Schadstoffe geschlossen werden, da der Einfluss durch landwirtschaftliche Nutzung vielfältige Ursachen haben kann, die Stoffe über unterschiedliche Emissionspfade in das Gewässer gelangen können und auf diesem Wege in unterschiedlichem Maße zurück gehalten werden. Auch die bisherige zeitliche Entwicklung der Beeinflussung hat unterschiedliche Folgen für Nitratkonzentration und Spurenstoffgehalt.

Aus den genannten Gründen kann auch bei Überschreitung des Nitratgehaltes von 5 mg/l nicht unmittelbar auf anthropogen erhöhte Schwermetall- und Spurenstoffgehalte im Oberflächenwasser oder Gewässersediment geschlossen werden. Allerdings ist bei Messstellen mit sehr hohen Nitratgehalten mit hoher Wahrscheinlichkeit davon auszugehen. Aufgrund der beschriebenen Unsicherheiten wird jede Messstellen unter

Berücksichtigung der Gesamtheit aller Messstellen beurteilt. Bei Überschreitung eines anhand der statistischen Verteilung der Nitratkonzentration abgeleiteten subjektiven Grenzwertes wird die Messstelle als mit hoher Wahrscheinlichkeit anthropogen beeinflusst eingeschätzt und aus der Datenbasis entfernt.

Eine Auswertung der mittleren Nitratkonzentrationen der Messstellen und -punkte zeigt das folgende Histogramm.

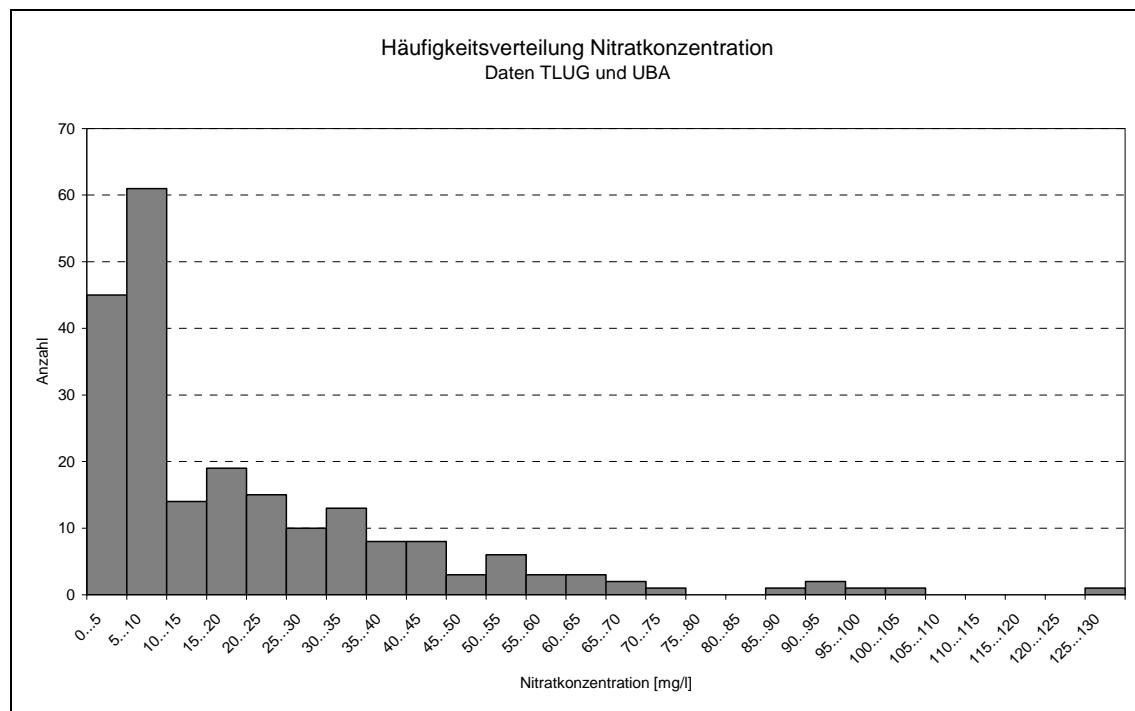


Abbildung 6.1 Häufigkeitsverteilung der mittleren Nitratkonzentrationen an den Messstellen bzw. -punkten

Lediglich 39 von 148 Messstellen mit gemessenem Nitrat- und Nitrat-N-gehalt (26 %) weisen einen mittleren Nitratgehalt von ≤ 5 mg/l auf. Würden alle anderen Messstellen als anthropogen beeinflusst eingestuft und aus der Datenbank entfernt, würde eine zu geringe Anzahl an Daten zur Ableitung geogener Hintergrundwerte verbleiben. Angesichts der insgesamt geringen Anzahl an Daten werden deshalb nur diejenigen Messstellen aus der Datenbasis entfernt, deren mittlere Nitratkonzentration größer ist als 50 mg/l. Dieser Schwellenwert entspricht der Umweltqualitätsnorm zur Beurteilung des chemischen Zustandes und dem Grenzwert der TVO für Nitrat. Ausgeschlossen wurden 13 Messstellen bzw. 12 % der nach der Vorauswahl verbliebenen Messstellen. Mit dieser Vorgehensweise wird in Kauf genommen, dass anthropogen beeinflusste Daten in der Datenbasis verbleiben. Allerdings werden noch weitere Ausschlusskriterien angewandt und auch die Anwendung von Perzentilen bei der Bestimmung der geogenen Hintergrundwerte beinhaltet einen weiteren Ausschluss beeinflusster Daten.

Ein erhöhter Ammoniumgehalt ist oft auf die Einleitung der Abwässer von Wasserbehandlungsanlagen zurückzuführen. Hier wurde als Höchstgrenze für anthropogen nicht bzw. wenig beeinflusste Wässer der Wert von 0,25 mg/l verwendet. Dieser Wert wurde unter Berücksichtigung der Häufigkeitsverteilung der Ammoniumkonzentrationen der bis hierher nicht als anthropogen beeinflusst identifizierten Messstellen angewandt (vgl. Abbildung 6.2). Die mittleren Konzentrationen von 84 % der verbliebenen Messstellen liegen unter diesem Wert. Für den verbleibenden Anteil von 16 % bzw. 16 Messstellen kann ein anthropogener Einfluss vermutet werden, diese Messstellen wurden von der weiteren Auswertung ausgeschlossen.

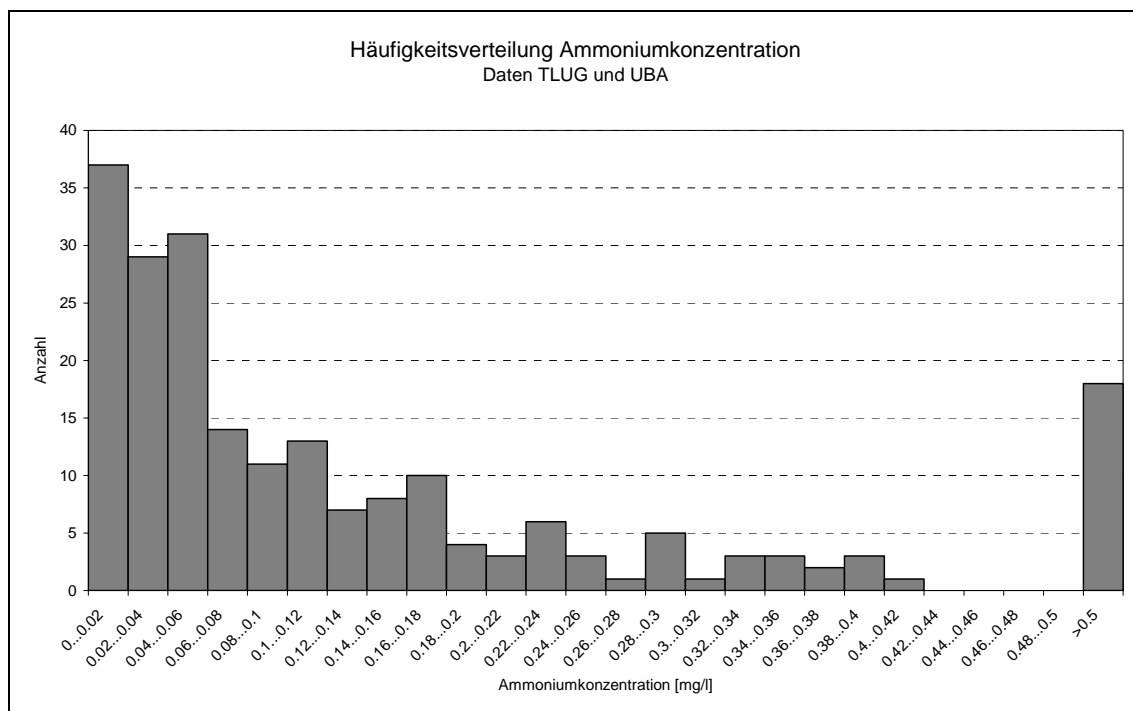


Abbildung 6.2 Häufigkeitsverteilung der mittleren Ammoniumkonzentrationen an den Messstellen bzw. -punkten

Als weiteres Kriterium für eine anthropogene Beeinflussung wurde der Phosphatgehalt im Fließgewässer herangezogen, der oft aufgrund der Einleitung ungeklärter oder geklärter kommunaler Abwässer oder auf den Eintrag phosphathaltiger Düngemittel in der Landwirtschaft zurückgeführt werden kann. Unter Berücksichtigung der Häufigkeitsverteilung (vgl. Abbildung 6.3) und analog zur Vorgehensweise bei der Ermittlung geogener Hintergrundwerte für die Bundesländer Sachsen-Anhalt und Nordrhein-Westfalen wurde hier ein Schwellenwert von 0,1 mg/l für den Orthophosphat-Phosphor-Gehalt verwendet. Messstellen, deren mittlerer Orthophosphat-Phosphor-Gehalt diesen Schwellenwert überschreitet, wurden als möglicherweise anthropogen beeinflusst eingestuft und von der weiteren Auswertung ausgeschlossen. Dabei handelt es sich um 7 % der verbliebenen Messstellen bzw. um 6 Messstellen.

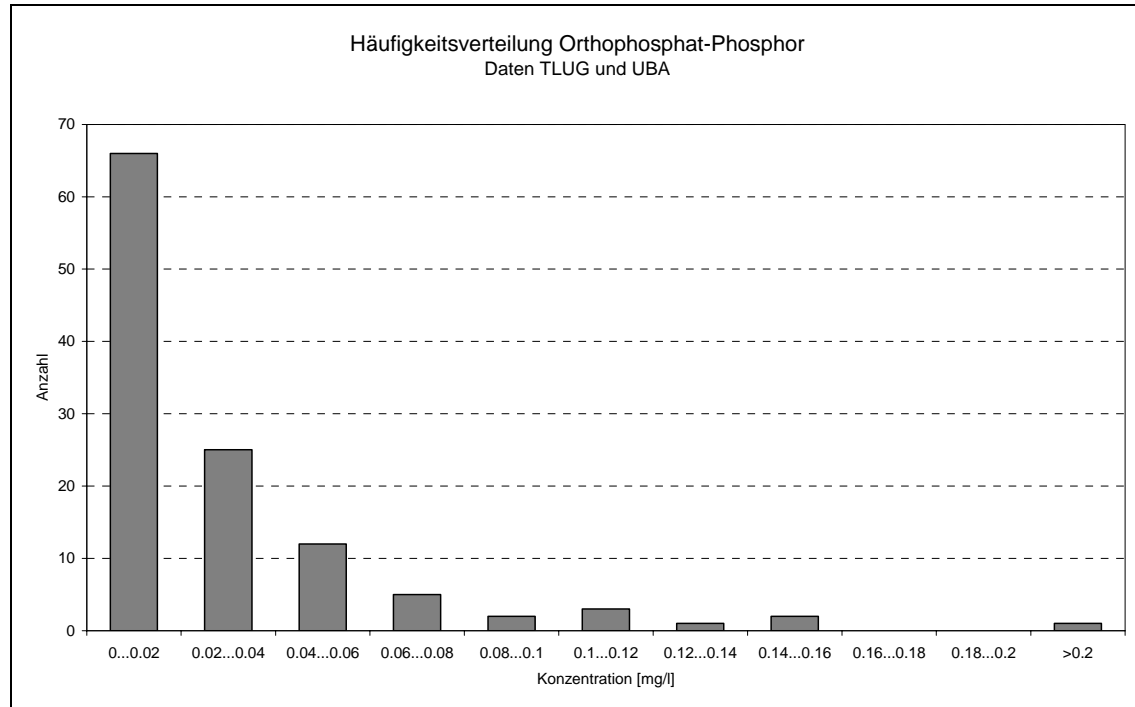


Abbildung 6.3 Häufigkeitsverteilung der mittleren Konzentration an Orthophosphat-Phosphor an den Messstellen bzw. -punkten

Bei der Beurteilung der Gehalte an organischen Schadstoffen wie Pflanzenschutzmittel, Medikamente, industriell angewandte Stoffe, Produkte oder Reststoffe oder sonstige Betriebs- und Hilfsstoffe wie MKW, PCB oder PAK kann die Umweltqualitätsnorm (UQN) für diese Stoffe herangezogen werden. Sie beschreibt eine Konzentration, die in Gewässern mit einem guten chemischen Zustand nicht überschritten werden darf. Konzentrationen, die höher sind als die UQN, sind mit Sicherheit anthropogen bedingt, da die genannten Stoffe in der Natur praktisch nicht frei vorkommen. Der Eintrag der genannten Stoffe in die Gewässer ist oft auf Abwässer der chemischen Industrie zurückzuführen, aber auch auf Anwendungen dieser Stoffe in Verkehr, Gewerbe, im kommunalen Bereich oder in der Landwirtschaft.

Es wurden die in Tabelle 6.1 aufgelisteten Umweltqualitätsnormen zur Identifizierung anthropogener Beeinflussungen herangezogen (Tabelle 6.1). Dabei wurden lediglich diejenigen Stoffe berücksichtigt, die in der Projektdatenbank enthalten sind. Es wurden die Umweltqualitätsnormen nach Anlage 5 der Oberflächengewässerverordnung (OGewV vom 20. Juli 2011) zur Beurteilung des ökologischen Zustands und des ökologischen Potenzials und nach Anlage 7 OGewV zur Beurteilung des chemischen Zustandes anhand der prioritären Stoffe herangezogen.

Tabelle 6.1 Umweltqualitätsnormen, die zur Identifizierung anthropogener Beeinflussungen herangezogen wurden (OGewV vom 20. Juli 2011)

Parameter	Jahresdurchschnitts-UQN nach Anlage 5 OGewV zur Beurteilung des ökologi- schen Zustands und Poten- zials	Jahresdurchschnitts-UQN nach OGewV Anlage 7 zur Beurteilung des chemischen Zustands
1,1,1-Trichlorethan	10 µg/l	
1,1,2-Trichlorethan	10 µg/l	
1,2,3-Trichlorbenzen	0.4 µg/l ¹⁾	
1,2,4-Trichlorbenzen	0.4 µg/l ¹⁾	
1,2-Dichlorethan	10 µg/l	
1,3,5-Trichlorbenzen	0.4 µg/l ¹⁾	
1,4-Dichlorbenzen	10 µg/l	
1-Chlor-2-nitrobenzen	10 µg/l	
1-Chlor-4-nitrobenzen	10 µg/l	
2-Chlor-4-nitrotoluen	1 µg/l	
2-Chloranilin	3 µg/l	
3,4-Dichloranilin	0.5 µg/l	
3-Chloranilin	1 µg/l	
4-Chlor-2-nitrotoluen	10 µg/l	
4-Chloranilin	0.05 µg/l	
1-Dichlormethan		20 µg/l
Hexachlorbutadien		0.1 µg/l
Nitrobenzen	0.1 µg/l	
Trichlorethen		10 µg/l
Trichlormethan		2.5 µg/l
Tetrachlorethen		10 µg/l
Anthracen		0.1 µg/l
Benzo(a)pyren		0.05 µg/l
Benzo(b)fluoranthen		0.03 µg/l ²⁾
Benzo(k)fluoranthen		0.03 µg/l ²⁾
Benzo(g,h,i)perylen		0.002 µg/l ³⁾
Indeno(1,2,3-c,d)-pyren		0.002 µg/l ³⁾
Fluoranthen		0.1 µg/l
Naphthalen		2.4 µg/l
PCB 28	0.0005 µg/l	
PCB 52	0.0005 µg/l	
PCB 101	0.0005 µg/l	
PCB 138	0.0005 µg/l	

Parameter	Jahresdurchschnitts-UQN nach Anlage 5 OGeWV zur Beurteilung des ökologi- schen Zustands und Poten- zials	Jahresdurchschnitts-UQN nach OGeWV Anlage 7 zur Beurteilung des chemischen Zustands
PCB 153	0.0005 µg/l	
PCB 180	0.0005 µg/l	
beta-Endosulfan		0.005 µg/l
Heptachlor	0.1 µg/l	
Heptachlorepoxyd	0.1 µg/l	
Atrazin		0.6 µg/l
Bentazon	0.1 µg/l	
Metazachlor	0.4 µg/l	
Metolachlor	0.2 µg/l	
Simazin		1 µg/l
Trifluralin		0.03 µg/l
2,4,5-T	0.1 µg/l	
2,4-D	0.1 µg/l	
Ametryn	0.5 µg/l	
Chlortoluron	0.4 µg/l	
Diuron		0.2 µg/l
Hexazinon	0.07 µg/l	
Isoproturon		0.3 µg/l
Linuron	0.1 µg/l	
MCPA	0.1 µg/l	
Mecoprop	0.1 µg/l	
Monolinuron	0.1 µg/l	
Prometryn	0.5 µg/l	
Propanil	0.1 µg/l	

1) 1,2,3-Trichlorbenzen+1,3,5-Trichlorbenzen+1,2,4-Trichlorbenzen

2) Benzo(b)fluoranthen + Benzo(k)fluoranthen

3) Benzo(g,h,i)perylen+Indeno(1,2,3-c,d)-pyren

Im Ergebnis wurden insgesamt 10 Messstellen gefunden, an denen die UQN für die berücksichtigten organischen Schadstoffe überschritten wird. Diese Messstellen sind jedoch bereits ausnahmslos anhand der bereits angewandten Kriterien als anthropogen beeinflusst eingestuft worden. Allerdings ist hier zu berücksichtigen, dass geprüft wurde, ob es einzelne Messwerte dieser Parameter gibt, die größer als die UQN sind (und keine Jahresmittelwerte an den Messstellen berechnet wurden). Damit muss keine weitere Messstelle wegen Überschreitungen der UQN für organische Schadstoffe aus der Datenbasis entfernt werden.



6.1.2 Ergebnis

Die Anzahlen der nach dem Ausschluss anhand der chemischen Beschaffenheit verbleibenden Messstellen und -punkte ist in der Tabelle 6.2 und Anlage 3.2 dargestellt.

Tabelle 6.2 Nach Datenpräselektion anhand Landnutzung, Altlasten, Einleiter und Bergbau verbleibende Anzahlen an Datensätzen (Messstellen und -punkte der Projektdatenbank, Datenquelle: TLUG, SCHNEIDER et al. 2003)

Medium	nach Präselektion anhand Altlasten, Kläranlagen, Bergbau (vgl. Tabelle 5.3)	nach Ausschluss anhand NO ₃ -Konzentration	nach Ausschluss anhand NH ₄ -Konzentration	nach Ausschluss anhand o-PO ₃ -Konzentration	nach Ausschluss aufgrund organischer Schadstoffe
Wasser	108	95	79	73	73
Sediment	0	0	0	0	0
Schwebst.	4	3	3	3	3



Abbildung 6.4 Nach Ausschluss von Messstellen mit anthropogenen Stoffeinträgen (NO_3 , NH_4 , PO_4 , organische Schadstoffe) in der Datenbasis verbliebene Messstellen (Datenquelle: TLUG, SCHNEIDER et al. 2003)

6.2 Hohe Gehalte der zu untersuchenden Parameter

Die dargestellte Vorauswahl von Messstellen zur Ableitung der geogenen Hintergrundkonzentrationen an Metallen, Chlorid und Sulfat wurde nicht anhand dieser genannten Parameter durchgeführt, sondern ausschließlich anhand anderer Parameter oder Eigenschaften. Auf diese Auswahl wurde der Schwerpunkt gelegt, da hiermit nicht unmittelbar in die Datenbasis, die eigentlich ausgewertet werden soll, eingegriffen werden muss. Die statistische Verteilung der auszuwertenden Parameter selbst liefert aber weitere Möglichkeiten, anthropogen beeinflusste Daten auszuschließen und unplausible Werte zu löschen.

7 Beurteilung der vorliegenden Datenbasis

7.1 Dichte an nicht wesentlich anthropogen beeinflussten Daten

Bestimmend für die weitere Vorgehensweise ist die Anzahl und Verteilung der nach dem Ausschluss anthropogen beeinflusster Messstellen verbleibenden Daten. Die in den folgenden Tabellen und Abbildungen dargestellte verbleibende Datenbasis verdeutlicht eine sehr ungleiche räumliche Datendichte und wesentliche Unterschiede in der Datendichte zwischen den einzelnen auszuwertenden Parametern.

7.1.1 Gesamte Landesfläche: Anzahlen an Werten und regionale Verteilung

Während für die Stoffkonzentrationen im Wasser eine große Zahl an Analyseergebnissen vorliegt, verbleiben bei den Sedimentgehalten keine als anthropogen nicht beeinflusst interpretierte Daten in der Datenbasis der TLUG. Die Anzahl der Analyseergebnisse für den Schwebstoff ist deutlich geringer als die der Stoffkonzentrationen im Wasser (vgl. Tabelle 7.1 und Tabelle 7.2, s. a. Anlage 4.2.1). Für eine größere Zahl an Stoffen im Wasser sind kaum oder keine als nicht anthropogen beeinflusst bewerteten Daten vorhanden (Datenbasis TLUG). Dies gilt für Silber, Molybdän, Antimon, Selen, Tellur, Titan und Vanadium (Tabelle 7.1). Nur bei einer ausreichend großen Anzahl vorhandener Messwerte (Minimum: ≥ 10 Werte, Optimum: ≥ 30 Werte, Süß 2009) kann das Verfahren nach SCHLEYER und KERNDORFF angewandt oder ähnliche, auf Perzentilen basierende Berechnungen durchgeführt werden. Bei sehr großen Fließgewässerlandschaften wie in Thüringen sollte die statistische Belastbarkeitsgrenze bei 20 Werten liegen.

Tabelle 7.1 Anzahlen an Messstellen und -punkten mit Daten und Anzahlen an Analyseergebnissen, Wasserbeschaffenheit
(Gesamt-Konzentrationen; in Klammern: Konzentrationen gelöst)

Parameter	Anzahl Messstellen	Anzahl Analysen	Parameter	Anzahl Messstellen	Anzahl Analysen
Cr	26 (2)	292 (37)	Ba	11 (0)	109 (0)
Cu	26 (4)	328 (60)	Co	2 (0)	31 (0)
Ni	26 (4)	319 (71)	Mo	0 (0)	6 (0)
Pb	25 (4)	317 (79)	Sb	0 (0)	0 (0)
Cd	25 (4)	319 (73)	Se	0 (0)	0 (0)
Zn	31 (2)	511 (18)	Te	0 (0)	0 (0)
Hg	10 (4)	111 (79)	Ti	0 (0)	0 (0)
Fe	40 (15)	922 (511)	Tl	0 (0)	0 (0)
Mn	37 (10)	1.088 (38)	U	3 (2)	38 (14)
Al	38 (19)	1.019 (594)	V	0 (0)	0 (0)
As	12 (2)	111 (38)	Cl	73	2.867
Ag	0 (0)	0 (0)	SO ₄	73	2.900

Beim Schwebstoffgehalt sind in der verbleibenden Datenbasis der TLUG maximal Daten von 3 als nicht wesentlich anthropogen eingestuftten Messstellen vorhanden mit einer maximalen Anzahl von 16 Analyseergebnissen (Tabelle 7.2).

Tabelle 7.2 Anzahlen an Messstellen und -punkten mit Daten und Anzahlen an Analyseergebnissen, Schwebstoffkonzentrationen

Parameter	Anzahl Messstellen	Anzahl Analysen	Parameter	Anzahl Messstellen	Anzahl Analysen
Cr	3	16	Ba	1	6
Cu	3	16	Co	0	0
Ni	1	6	Mo	1	6
Pb	1	6	Sb	1	6
Cd	1	6	Se	0	0
Zn	3	16	Ti	1	6
Hg	1	6	Tl	0	0
Fe	0	0	U	0	0
Mn	0	0	V	0	0
Al	0	0			
As	3	16			
Ag	0	0			

Die in den folgenden Abbildungen dargestellte Lage der Messstellen mit Analysendaten der einzelnen Parameter (Wasserbeschaffenheit) verdeutlicht die regional sehr unterschiedliche Datendichte. Während für den Thüringer Wald eine größere Anzahl an verbliebenen Analysendaten vorhanden ist, die für einige Parameter eine Ableitung von geogenen Hintergrundwerten erlaubt, ist eine solche Ableitung für die übrigen Regionen, insbesondere für das Thüringer Becken, das Werratal sowie Nord- und Ostthüringen anhand der TLUG-Daten nicht möglich. Hier müssen Analysendaten aus anderen Quellen hinzugezogen oder neu ermittelt werden (z. B. Daten des Hydrochemischen Atlas von Deutschland) oder auf geogene Hintergrundwerte aus den Daten benachbarter bzw. vergleichbarer Gebiete geschlossen werden.

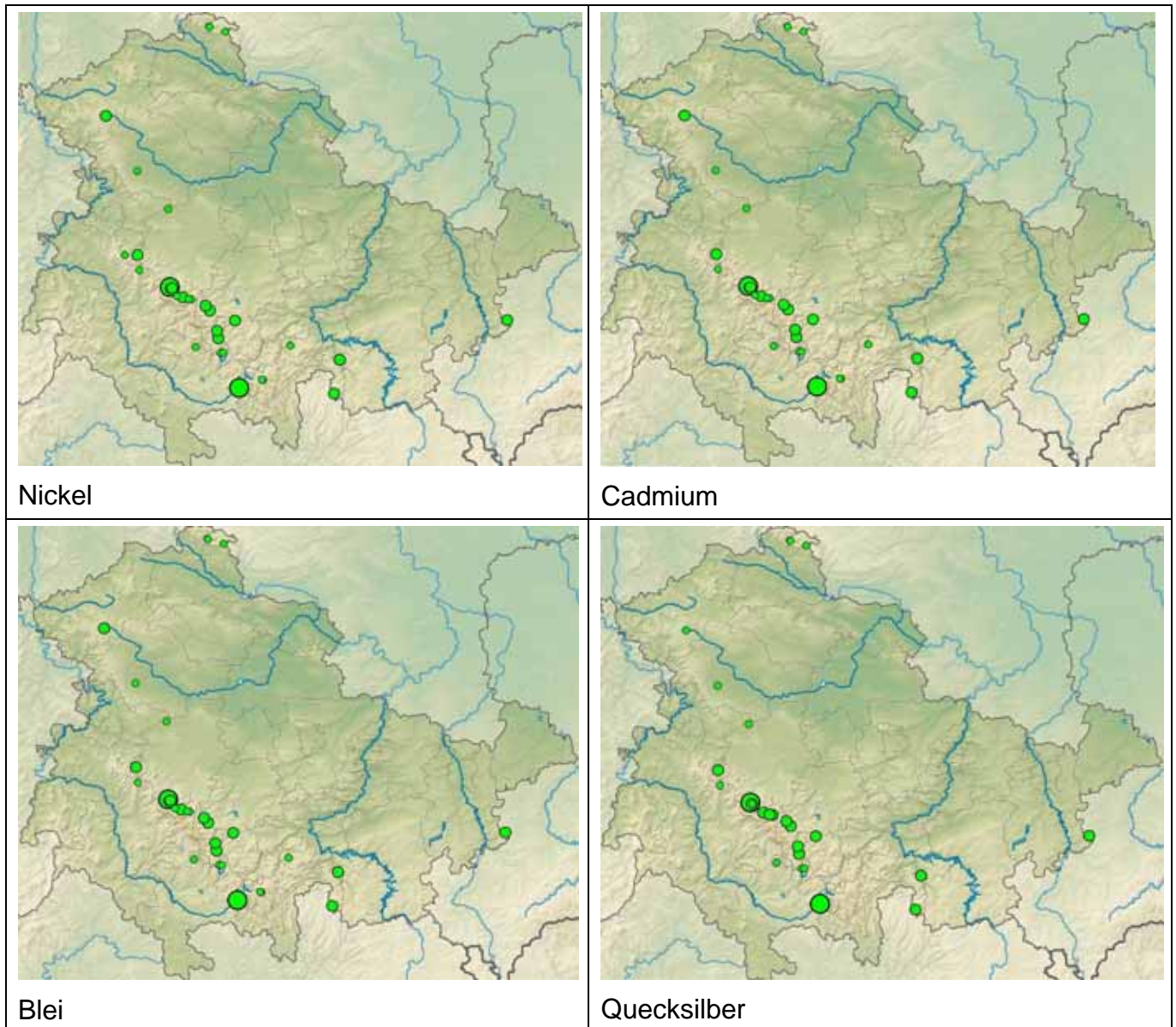


Abbildung 7.1 Darstellung der Lage der Messstellen nach Präselektion und der Anzahl der Analysendaten der Parameter Ni, Cd, Pb, Hg (Wasserbeschaffenheit)

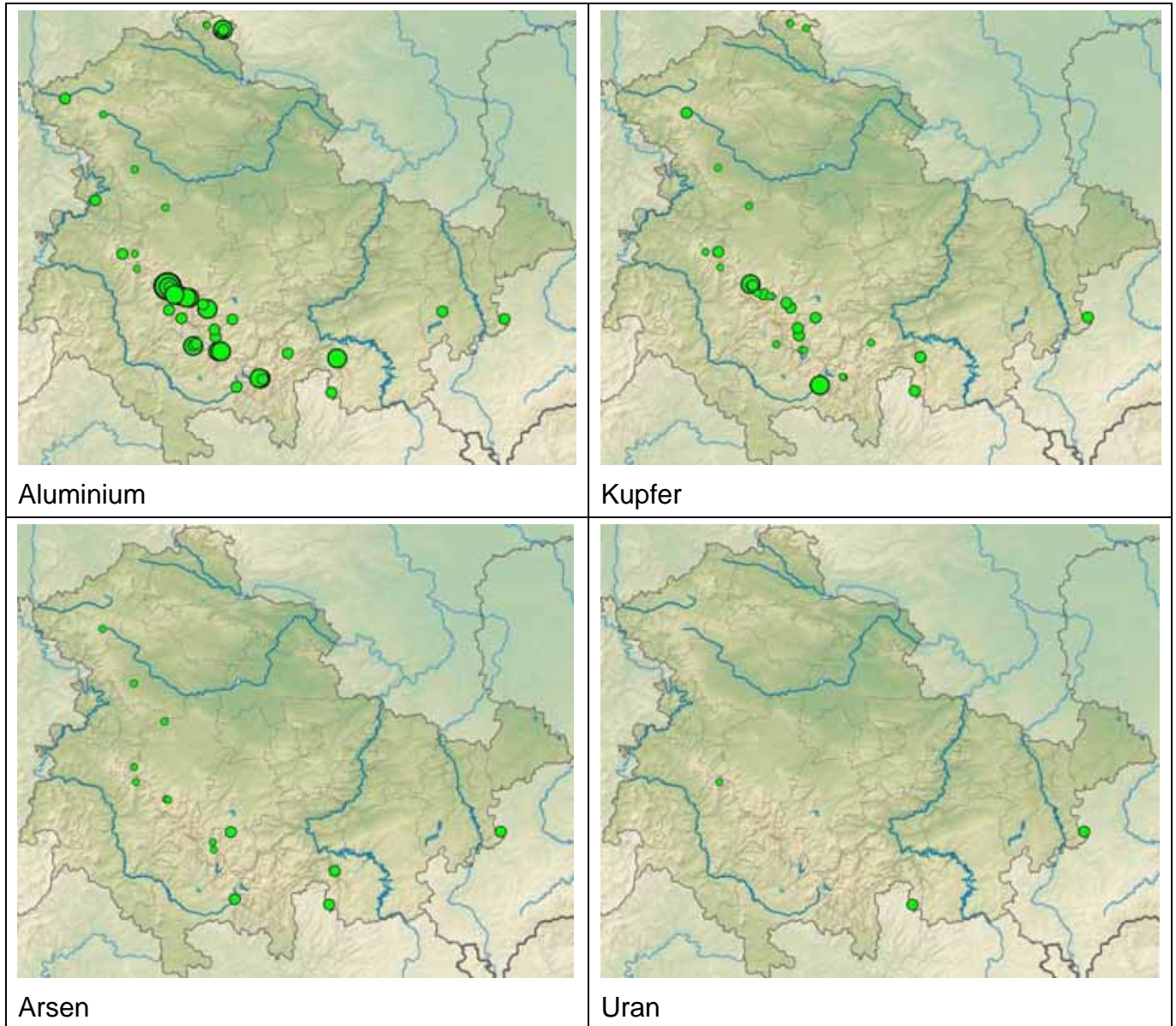


Abbildung 7.2 Darstellung der Lage der Messstellen nach Präselektion und der Anzahl der Analysendaten der Parameter Al, Cu, As, U (Wasserbeschaffenheit)

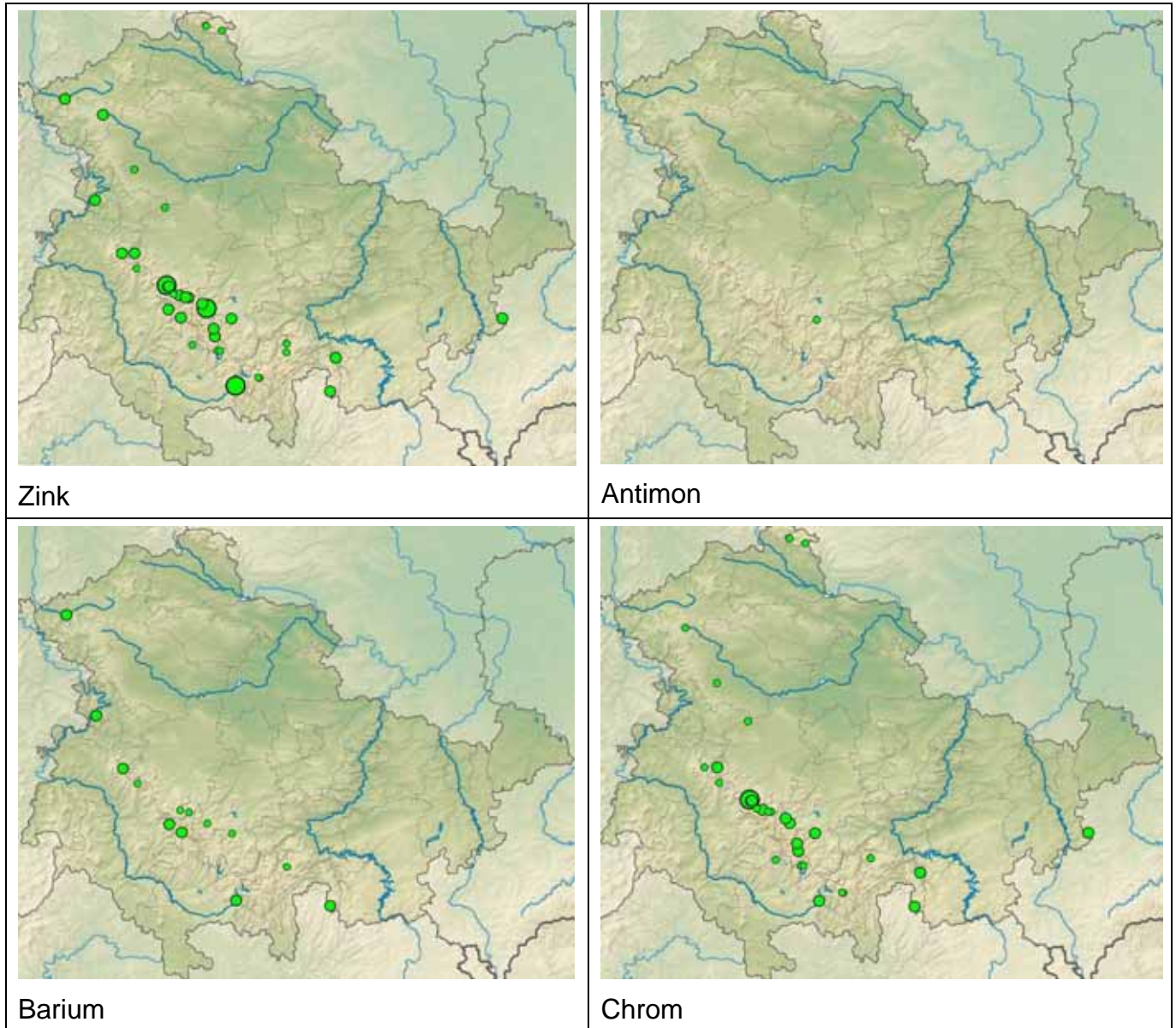


Abbildung 7.3 Darstellung der Lage der Messstellen nach Präselektion und der Anzahl der Analysendaten der Parameter Zn, Sb, Ba, Cr (Wasserbeschaffenheit)

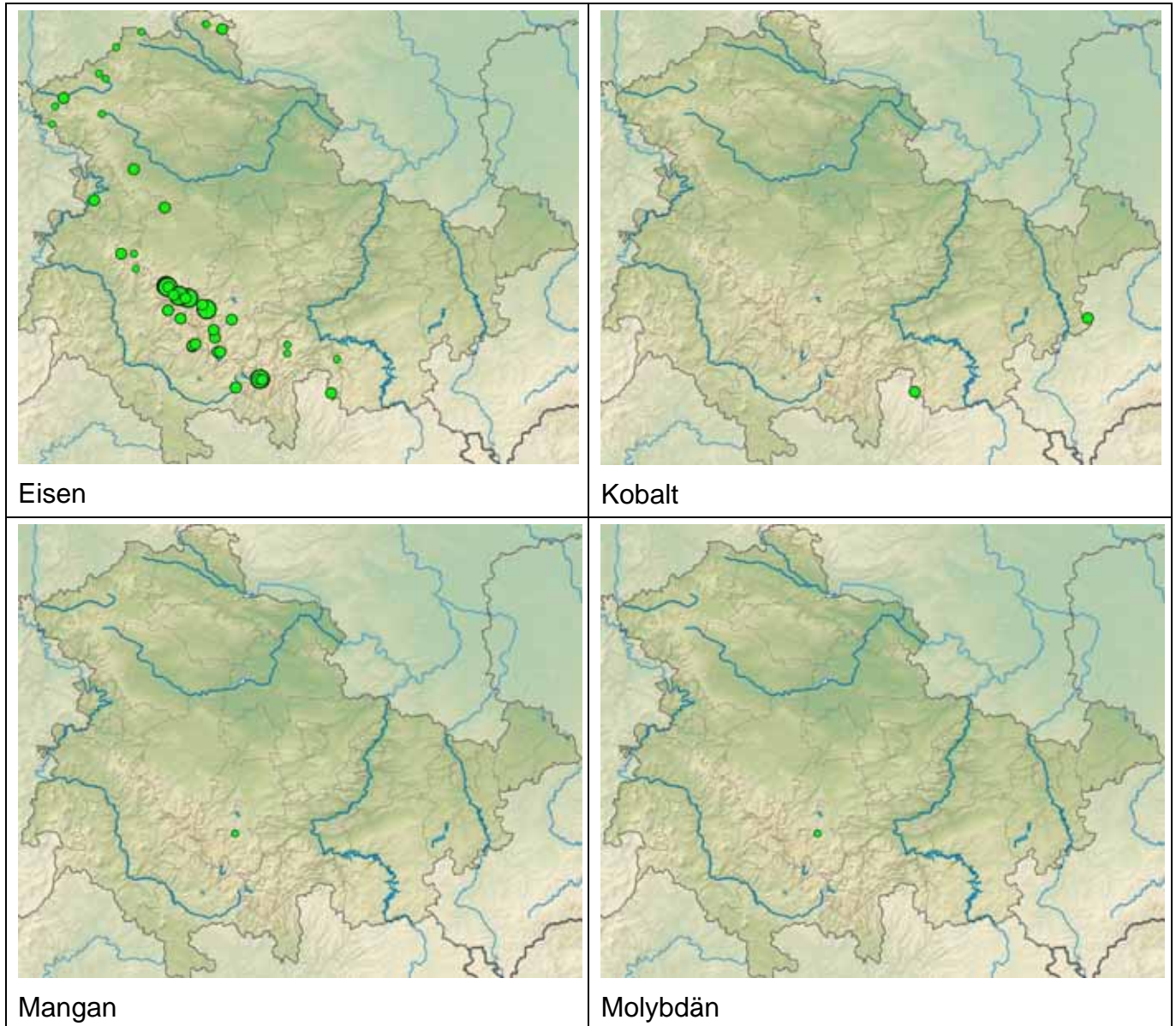


Abbildung 7.4 Darstellung der Lage der Messstellen nach Präselektion und der Anzahl der Analysendaten der Parameter Fe, Co, Mn, Mo (Wasserbeschaffenheit)

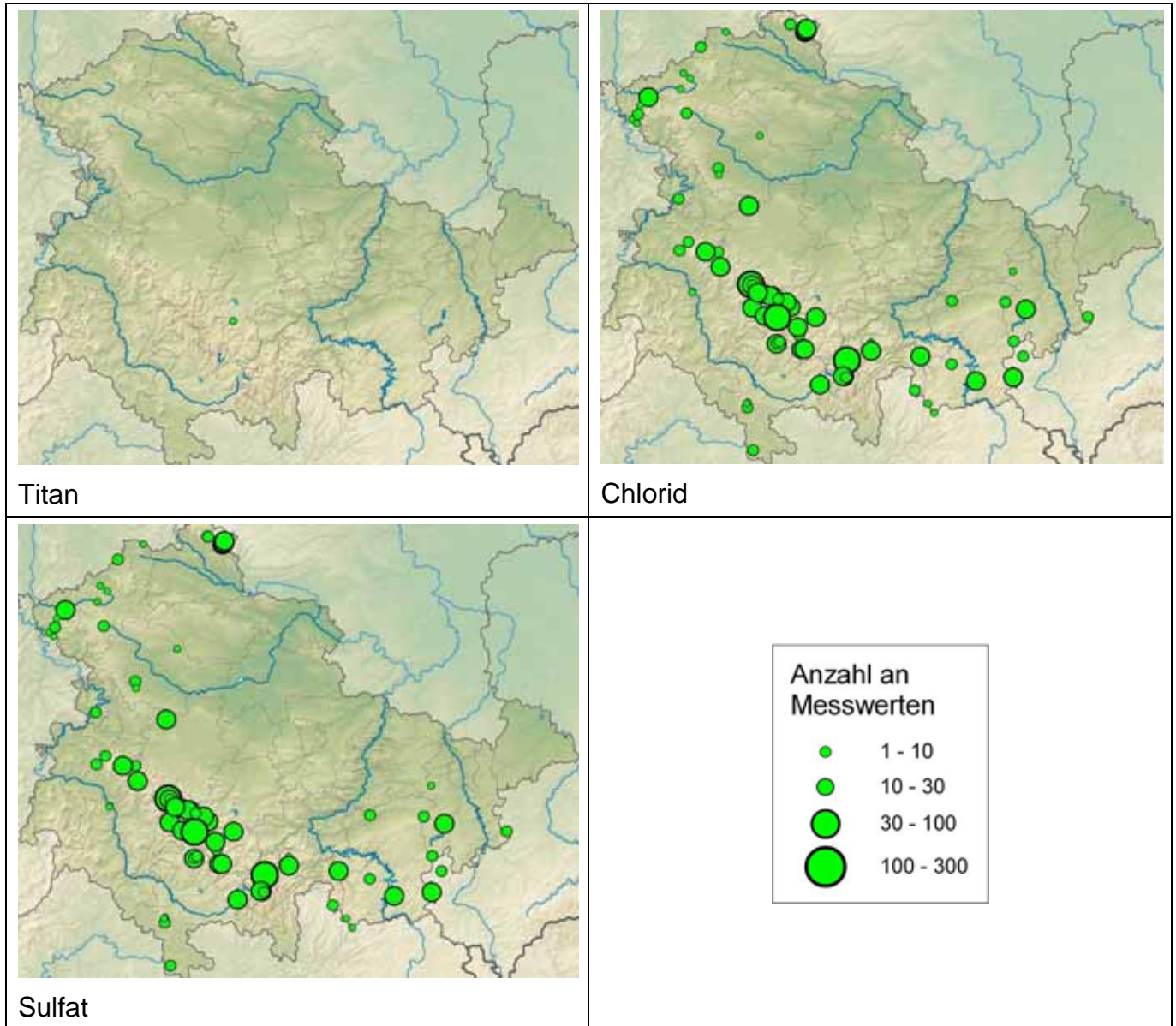


Abbildung 7.5 Darstellung der Lage der Messstellen nach Präselektion und der Anzahl der Analysendaten der Parameter Ti, Cl, SO₄ (Wasserbeschaffenheit). Ag, Se, Te, Tl, V: Anzahl = 0



7.1.2 Fließgewässerlandschaften und Fließgewässertypen

Bei der Ermittlung der geogenen Stoffkonzentration besteht die Notwendigkeit, die Landesfläche in Auswerteeinheiten für die Wasser- und Feststoffbeschaffenheit zu untergliedern. Damit sollen die vielfältigen Einflüsse auf die natürliche chemische Gewässerbeschaffenheit berücksichtigt werden, von denen die geologischen und hydrogeologischen Bedingungen als Wesentlichste zu nennen sind. Weitere regionalspezifische natürliche Einflussfaktoren sind z. B. die klimatischen und die hydrologischen Bedingungen (Abflussbildungsprozesse, Durchflusscharakteristik). In Kenntnis der genannten Einflussfaktoren erweist sich die Einteilung der Landesfläche in Fließgewässerlandschaften und ggf. die Typisierung der Gewässer in Fließgewässertypen als geeignete Basis bei der Ausweisung geogener Hintergrundwerte (s. a. Anlage 2).

7.1.2.1 Fließgewässerlandschaften

Unter einer Gewässerlandschaft versteht man einen Landschaftsraum, der in Bezug auf die gewässerprägenden geologischen und geomorphologischen Bildungen als weitgehend homogen zu bezeichnen ist. Er kann jedoch in Abhängigkeit von der Verbreitung der Böden, der Hydrologie oder der Lage im Längsverlauf eines Gewässers mehrere Gewässertypen enthalten, d. h. die Gewässertypen können innerhalb einer Gewässerlandschaft kleinräumig wechseln.

Fließgewässerlandschaften nach BRIEM (1998)

Ein Bericht zur geomorphologischen Typisierung und vegetationskundlichen Charakterisierung zur Eingrenzung von Fließgewässerformen, -strukturen und der -typologie wurde von BRIEM (1998) vorgelegt (Tabelle 7.3, Abbildung 7.6). Dabei wurden anhand der Geologie und des Reliefs Gebiete mit gleichen geomorphologischen Eigenschaften zusammengefasst und auf die Bundesrepublik Deutschland angewendet. Die Artenhäufigkeit und -zusammensetzung wurden als wesentliche Basiskennwerte zur ökosystemaren Typisierung der Gewässer angewandt, bei den Fischen zusätzlich deren Altersstruktur.

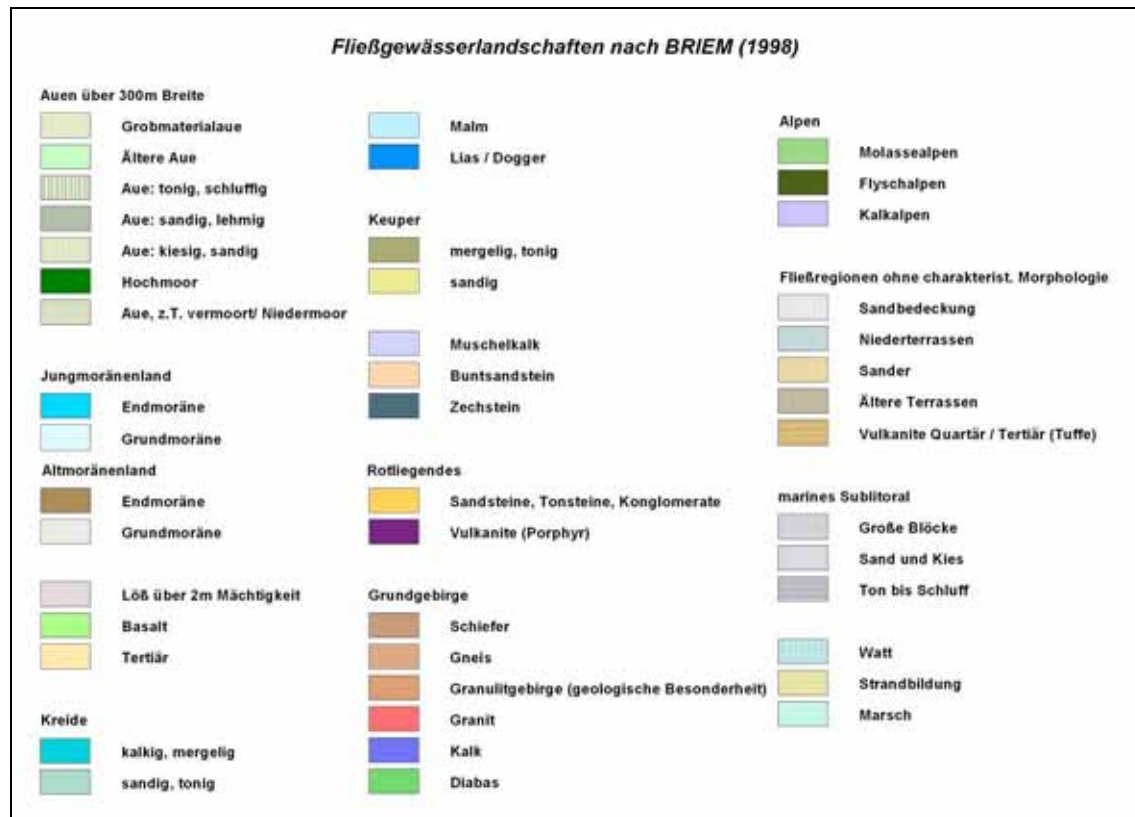
Tabelle 7.3 Fließgewässerlandschaften – Typisierung nach naturräumlichen und geomorphologischen Gesichtspunkten (nach BRIEM 1998)

Naturraum	Gewässerlandschaft	weitere Unterteilung
Küstennahe Sedimente	Grobmaterial,	
	Sand/Kies	
	Schlick	
	Watt	
	aktive Strandbildung (Sanddrift)	
Flach- und Hügelland	Auen größer 300 m Breite	Feinmaterialaue, sandig/kiesige Aue, kiesig/lehmige Aue, Grobmaterialaue, vermoorte Aue
	Hochmoor	
	ältere Auen	
	Marsch	
	Sandbedeckung * (Dünen, Flugdecksand)	
	Jungmoränenland	End-, Grundmoränen, Sander
	Niederterrassen *	
	Altmoränenland	End-, Grundmoränen, Sander
	Lössregionen	
Ältere Terrassen *		
Deckgebirge - Hügel-, Bergland und Mittelgebirge	Basaltische Vulkanite	
	Übrige Vulkanite *	
	Tertiäres Hügelland	
	Kreide	kalkig/ mergelig; sandig/ tonig
	Malmkalke	
	Lias/Dogger	
	Keuper	sandig/ lehmig; mergelig/ tonig
	Muschelkalk	
Buntsandstein		
Grundgebirge - Hügel-, Bergland und Mittelgebirge	Zechstein *	
	Rotliegendes *	Sand/Tonstein; Porphyre
	Schiefer	
	Kalke *	
	Gneis	
	Diabase *	
Alpen	Granit	
	Faltenmolasse	
	Flyschzone	
	Kalkalpen	

* Regionen ohne spezifische Gewässermorphologie, aber mit Bedeutung für Geschiebe, Geschiebeführung und Gewässerchemie



Abbildung 7.6 Fließgewässerlandschaften nach BRIEM (1998) (Legende s. u.)



Überarbeitung in SCHNEIDER et al. (2003)

Anhand der Abbildung 7.6 wird ersichtlich, dass nach BRIEM (1998) eine regional sehr stark zergliederte Einteilung in Fließgewässerlandschaften resultiert, die eine Auswertung von Beschaffenheitsdaten erschwert. In SCHNEIDER et al. (2003) wurden die Fließgewässerlandschaften deshalb für eine bessere Handhabbarkeit bei der Ermittlung natürlicher Hintergrundkonzentrationen aus Analysedaten neu gegliedert. Die Überarbeitung erfolgte unter geologisch-lithologischen Gesichtspunkten entsprechend der Abfolge der Erdzeitalter. Die Grundgliederung wurde hinsichtlich der Einordnung der Fließgewässerlandschaften nach salinarem, silikatischem bzw. karbonatischem Einfluss des Gesteins auf die Gewässer überarbeitet. Alle Moränen- wie auch Terrassenlandschaftstypen wurden nach hydrogeochemischer Beurteilung von Analysedaten dem Quartär zugeordnet. Separat wurden noch die Moore/Moorauen und die Salzlandschaften (Zechstein) berücksichtigt. In einigen Fällen wurden ähnliche Gewässerlandschaften mit gleichartigen Wasser- und Sedimentbeschaffenheiten zusammengefasst. Die überarbeitete Einteilung enthält Tabelle 7.4. Das Ergebnis ist in der Karte in Abbildung 7.7 und Anlage 2.3 dargestellt.

Tabelle 7.4 Gewässerlandschaften nach Briem, Systematik überarbeitet in SCHNEIDER et al. (2003)

Geologische Zuordnung	Gewässerlandschaft	Gewässerlandschaft: Karbonat/Silikat
Quartär	Sandbedeckung/Strand	Silikatisch
	Terrassen	je nach Ausbildung
	Moränen	je nach Ausbildung
	Moore/Moorauen	-
	Sander	Silikatisch
	Auen	Silikatisch
	Löß	Karbonat
	Marsch	Silikatisch
Tertiär	Basalte	Silikatisch
	tertiäre Sedimente	Silikatisch
Kreide	Kreide, kalkig-merglig	Karbonatisch
	Kreide, sandig-tonig	Silikatisch
Jura	Lias / Dogger	Silikatisch
	Malm	Karbonatisch
Trias	Buntsandstein	Silikatisch
	Muschelkalk	Karbonatisch
	Keuper	Silikatisch
Perm	Rotliegendes, Sedimente	Silikatisch
	Rotliegendes, Vulkanite	Silikatisch
	Zechstein	Silikatisch
Grundgebirge	Schiefer	silikatisch (metamorph)
	Gneis	silikatisch (metamorph)
	Granit	silikatisch (sauer)
	Kalkstein	Karbonatisch
Alpen	Kalkalpen	Karbonatisch
	Flyschalpen	silikatisch
	Molassealpen	silikatisch
Metallogene Landschaften	Erzgebirge (Gneis / Schiefer)	silikatisch (metamorph)
	Erzgebirge (Granit)	silikatisch (sauer)
	Harz (Schiefer)	silikatisch (metamorph)
	Rheinisches Schiefergebirge	silikatisch (metamorph)

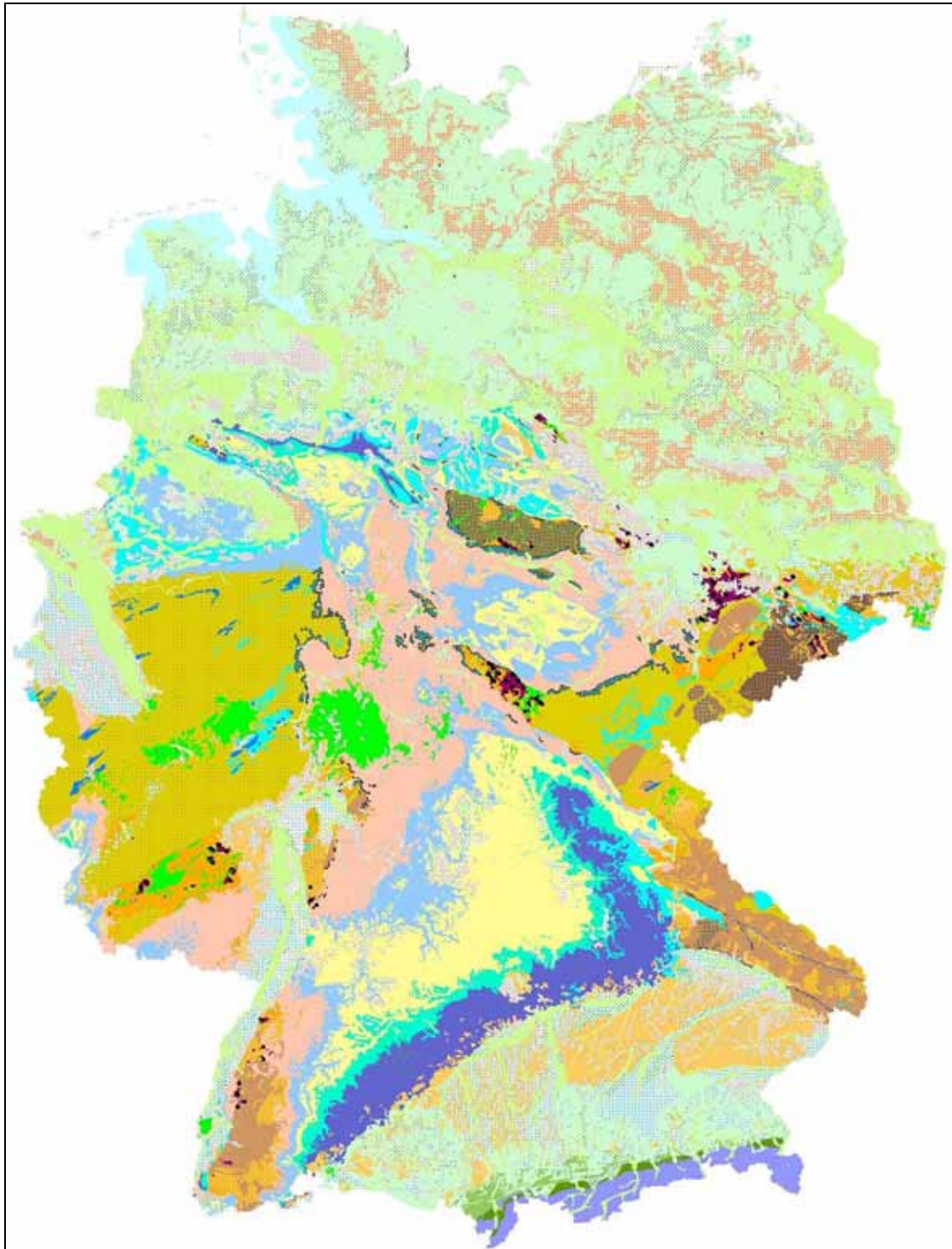
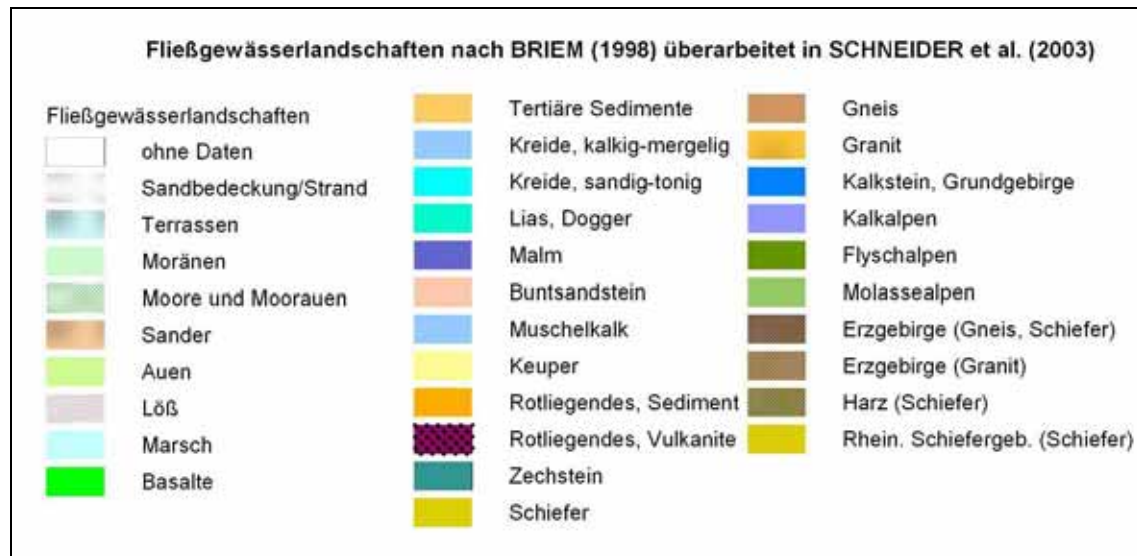


Abbildung 7.7 Fließgewässerlandschaften nach BRIEM (1998), überarbeitet in SCHNEIDER et al. (2003) (Legende s. u.)



Aggregierte Fließgewässerlandschaften (SCHNEIDER et al. 2003)

Die in SCHNEIDER et al. (2003) überarbeiteten Fließgewässerlandschaften nach BRIEM (1998) erwiesen sich hinsichtlich der Ableitung geogener Wasser- und Sedimentbeschaffenheiten noch als zu stark untergliedert, teilweise lässt die kleinflächige Unterteilung keine Zuordnung von Messstellen zu. Zur Vereinfachung der Bewertung des physikalisch-chemischen Gewässerzustands und der Ableitung von Referenzzuständen wurden die Fließgewässerlandschaften nach geologisch-lithologischen und hydrochemischen Gesichtspunkten weiter zusammengefasst. Dabei spielten die geologischen Formationen, die durchströmt werden, die Gehalte an Hauptkat- und Anionen sowie die Schwermetallgehalte besonders für die Integration bzw. Ausgrenzung der metallogenen Landschaften (Harz, Erzgebirge, Rheinisches Schiefergebirge) als Bewertungskriterien die wesentliche Rolle. Die Vorgehensweise bei der Zusammenfassung der Gewässerlandschaften umfasste folgende Schritte bzw. Kriterien (SCHNEIDER et al., 2003):

- Klassifizierung aller Einzellandschaften nach ihrer Gesamtmineralisation (hierbei separieren sich die salinaren Landschaften (Zechstein) und die karbonatisch-dolomitischen Landschaften)
- Charakterisierung aller Landschaften im Piper-Diagramm und in Korrelationsdiagrammen der Hauptan- und kationen, hierbei separieren sich die Landschaften entsprechend ihrer Hauptionenverhältnisse, d.h. karbonatische, sulfatische und chloridische Gewässerlandschaften
- Zusammenfassung von Einzelgewässerlandschaften auf der Grundlage der pH- und Lf-Abhängigkeiten von der Umgebungslithologie durch Gruppenbildung, hierbei separieren sich die Kalklandschaften, metallogenen Landschaften und die Moore
- Klassenweise Zusammenfassung der Gewässerlandschaften nach ähnlichen Metallgehalten, hierbei separieren sich die metallogenen Landschaften und die Moore
- Zusammenfassung der analytischen Daten der Fließgewässer im Rheinischen Schiefergebirge, Erzgebirge und Harz hinsichtlich Granit-, Gneis- und Schieferfor-



mationen (eigentlich silikatische Landschaften) als metallogene (“erzführende”) Landschaften.

Als Zusammenfassung der Gewässerlandschaften unter Berücksichtigung der oben genannten Kriterien bzw. Klassifizierungsverfahren resultierten die folgenden sechs Gruppen („aggregierte Fließgewässerlandschaften“):

- Moore und Moorauen
- saline Landschaften (hier: Zechstein)
- karbonatisch-dolomitische Landschaften (Muschelkalk, kalkige Kreide, Lias & Dogger, Malm, Kalk-, Flysch- und Molassealpen, Grundgebirge Kalk, Tertiär)
- sandig-tonige Landschaften (Auen, Sander, Sandbedeckung, Strandbildung, Terrassen, Moränen, Löß, sandig-tonige Kreide, Keuper)
- silikatische Landschaften (Granit, Gneis, Schiefer, Rotliegendes, Buntsandstein, Diabas/Basalt)
- metallogene Landschaften silikatischer Grundstruktur (Erzgebirge: Gneis, Granit, Schiefer; Harz: Schiefer; Rheinisches Schiefergebirge: Schiefer)

Die aggregierten Fließgewässerlandschaften nach SCHNEIDER et al. (2003) sind in Abbildung 7.8 und Anlage 2.2 dargestellt.

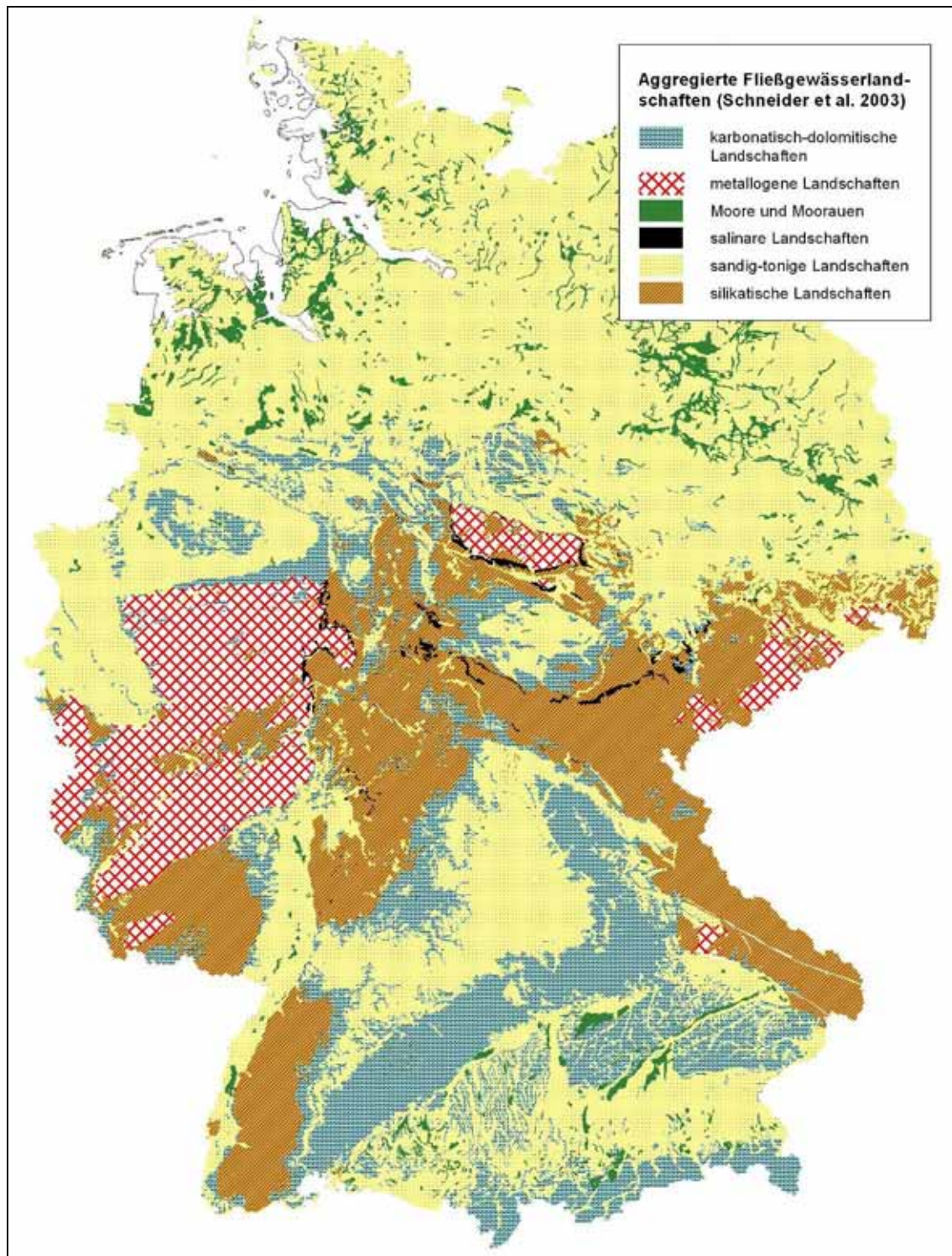


Abbildung 7.8 Aggregierte Fließgewässerlandschaften (SCHNEIDER et al. 2003)

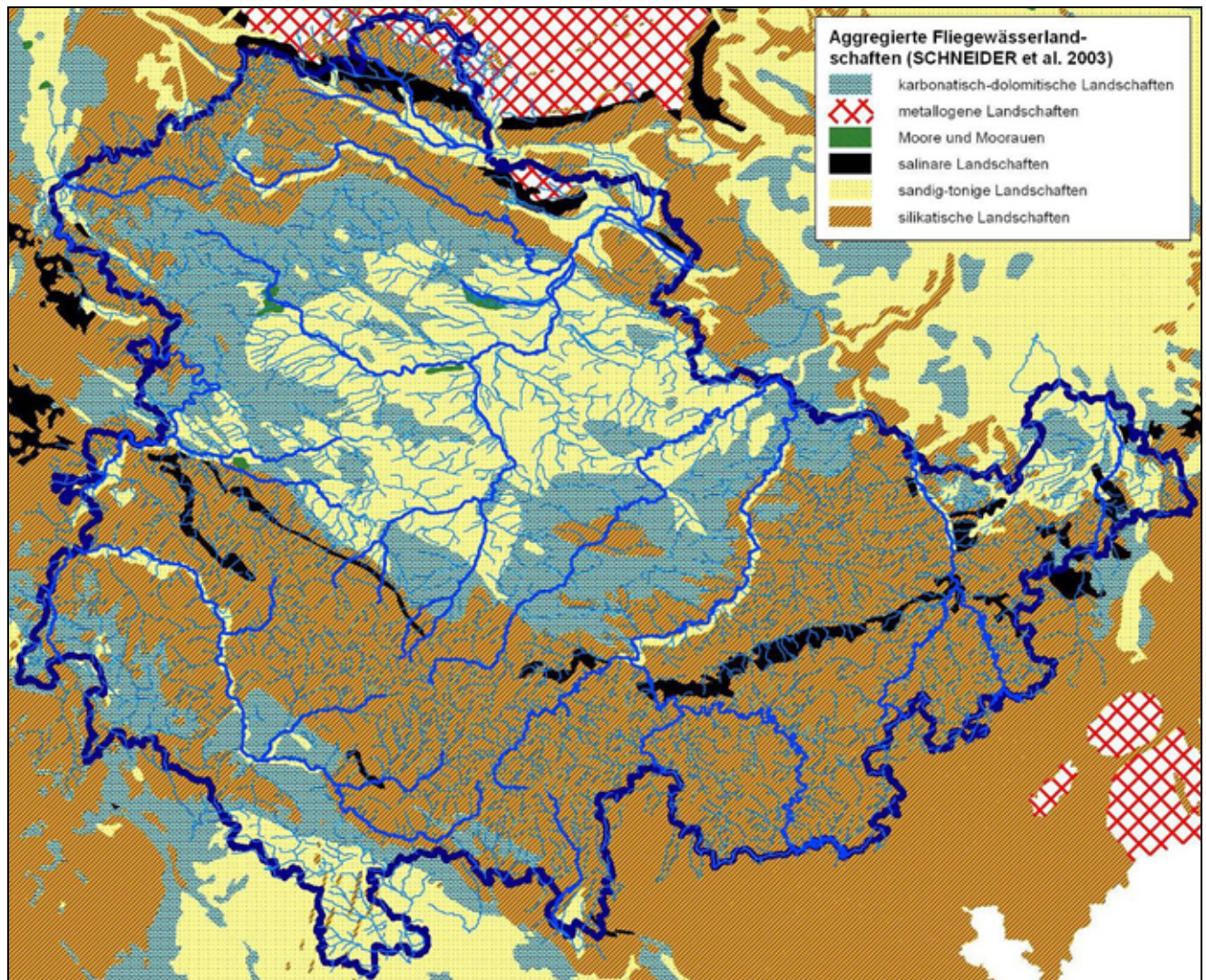


Abbildung 7.9 Aggregierte Fließgewässerlandschaften im Freistaat Thüringen (SCHNEIDER et al. 2003)

Die Flächenanteile der aggregierten Fließgewässerlandschaften enthält Tabelle 7.5. Etwa die Hälfte der Landesfläche ist den silikatischen Landschaften zuzuordnen, die übrige Fläche etwa zu gleichen Teilen den sandig-tonigen Landschaften und den karbonatisch-dolomitischen Landschaften. Die Moore, salinaren Landschaften und metallogenen Landschaften sind nur vergleichsweise kleinflächig verbreitet.

Tabelle 7.5 Flächenanteile der aggregierten Fließgewässerlandschaften an der Landesfläche des Freistaates Thüringen

Aggregierte Fließgewässerlandschaft	Fläche (km ²)	Flächenanteil (%)
Moore und Moorauen	35	0,2
Salinare Landschaften	530	3,3
Karbonatisch-dolomitische Landschaften	3.480	21,5
Sandig-tonige Landschaften	3.860	23,8
Silikatische Landschaften	8.190	50,5
Metallogene Landschaften	107	0,7

7.1.2.2 Fließgewässertypen

Die EU-Wasserrahmenrichtlinie fordert als Grundlage für die Ausweisung von Wasserkörpern, die Bewertung und das Aufstellen von Maßnahmenprogrammen eine eindeutige Zuordnung der Fließgewässer zu biozönotisch relevanten Fließgewässertypen. Diese fassen charakteristische Eigenschaften von Fließgewässern hinsichtlich biotischer und abiotischer Kriterien zusammen.

Derzeit ist im Zusammenhang mit der Anwendung der Wasserrahmenrichtlinie die Typisierung der Fließgewässer nach LAWA (2003) gebräuchlich. Diese Typisierung geht auf die im Auftrag der LAWA und der ATV-DVWK erarbeitete Karte der Fließgewässerlandschaften Deutschlands nach BRIEM (2002) zurück, die mit den Fließgewässerzonen der WRRL (Bach, kleiner Fluss, großer Fluss, Strom) entsprechend der Einzugsgebietsgrößen verschnitten, durch die Bundesländer validiert und unter Einbeziehung regionaler Kenntnisse korrigiert und ergänzt wurde. Durch POTTGIESSER & SOMMERHÄUSER (2008) wurden die Fließgewässertypen aktualisiert, beschrieben, bewertet und Steckbriefe erarbeitet. Die LAWA-Fließgewässertypen werden zur Typisierung der Fließgewässer in der Anlage 1 der Oberflächengewässerverordnung (OGewV vom 20. Juli 2011) angewandt.

Zur Typisierung erfolgt eine Zuordnung der Fließgewässer in 3 biozönotische Ökoregionen (Alpen, Höhe >800 m; Mittelgebirge und Alpenvorland, Höhe 200 m bis 800 m und höher; Norddeutsches Tiefland, Höhe <200 m). Darüber hinaus wurden von Ökoregionen unabhängige Fließgewässertypen definiert. Innerhalb der Ökoregion werden hinsichtlich hydrologischer Eigenschaften, der Geologie der Einzugsgebiete und der Art des Sohlsubstrates Fließgewässertypen eingeteilt. Die Fließgewässertypen wurden weiter in Subtypen untergliedert. Die Tabelle 7.6 enthält die Systematik der Fließgewässertypen nach LAWA (2003) bzw. POTTGIESSER & SOMMERHÄUSER (2008). Die Abbildung 7.10 zeigt eine Kartendarstellung der Fließgewässertypisierung im Freistaat Thüringen.

Tabelle 7.6: Aufschlüsselung und Bezeichnung der Fließgewässertypen Deutschlands
(LAWA 2003, POTTGIESSER & SOMMERHÄUSER 2008)

Typen der Alpen und des Alpenvorlandes	
Typ 1	Fließgewässer der Alpen
Subtyp 1.1: Bäche der Kalkalpen	
Subtyp 1.2: Kleine Flüsse der Kalkalpen	
Typ 2	Fließgewässer des Alpenvorlandes
Subtyp 2.1: Bäche des Alpenvorlandes	
Subtyp 2.2: Kleine Flüsse des Alpenvorlandes	
Typ 3	Fließgewässer der Jungmoräne des Alpenvorlandes
Subtyp 3.1: Bäche der Jungmoräne des Alpenvorlandes	
Subtyp 3.2: Kleine Flüsse der Jungmoräne des Alpenvorlandes	
Typ 4	Große Flüsse des Alpenvorlandes
Typen des Mittelgebirges	
Typ 5	Grobmaterialreiche, silikatische Mittelgebirgsbäche
Typ 5.1	Feinmaterialreiche, silikatische Mittelgebirgsbäche
Typ 6	Feinmaterialreiche, karbonatische Mittelgebirgsbäche
Subtyp 6_K: Feinmaterialreiche, karbonatische Mittelgebirgsbäche des Keupers	
Typ 7	Grobmaterialreiche, karbonatische Mittelgebirgsbäche
Typ 9	Silikatische, fein- bis grobmaterialreiche Mittelgebirgsflüsse
Typ 9.1	Karbonatische, fein- bis grobmaterialreiche Mittelgebirgsflüsse
Subtyp 9.1_K: Karbonatische, fein- bis grobmaterialreiche Mittelgebirgsflüsse d. Keupers	
Typ 9.2	Große Flüsse des Mittelgebirges
Typ 10	Kiesgeprägte Ströme
Typen des Norddeutschen Tieflandes	
Typ 14	Sandgeprägte Tieflandbäche
Typ 15	Sand- und lehmgeprägte Tieflandflüsse
Typ 15_g	Große sand- und lehmgeprägte Tieflandflüsse
Typ 16	Kiesgeprägte Tieflandbäche
Typ 17	Kiesgeprägte Tieflandflüsse
Typ 18	Löss-lehmgeprägte Tieflandbäche
Typ 20	Sandgeprägte Ströme
Typ 22	Marschengewässer
Potentieller Subtyp 22.1: Gewässer der Marschen	
Potentieller Subtyp 22.2: Flüsse der Marschen	
Potentieller Subtyp 22.3: Ströme der Marschen	
Typ 23	Rückstau- bzw. brackwasserbeeinflusste Ostseezuflüsse
Ökoregion unabhängige Typen	

Typ 11	Organisch geprägte Bäche
Typ 12	Organisch geprägte Flüsse
Typ 19	Kleine Niederungsfließgewässer in Fluss- und Stromtälern
Typ 21	Seeausflussgeprägte Fließgewässer
Subtyp 21_N: Seeausflussgeprägte Fließgewässer des Norddt. Tieflandes (Nord)	
Subtyp 21_S: Seeausflussgeprägte Fließgewässer des Alpenvorlandes (Süd)	

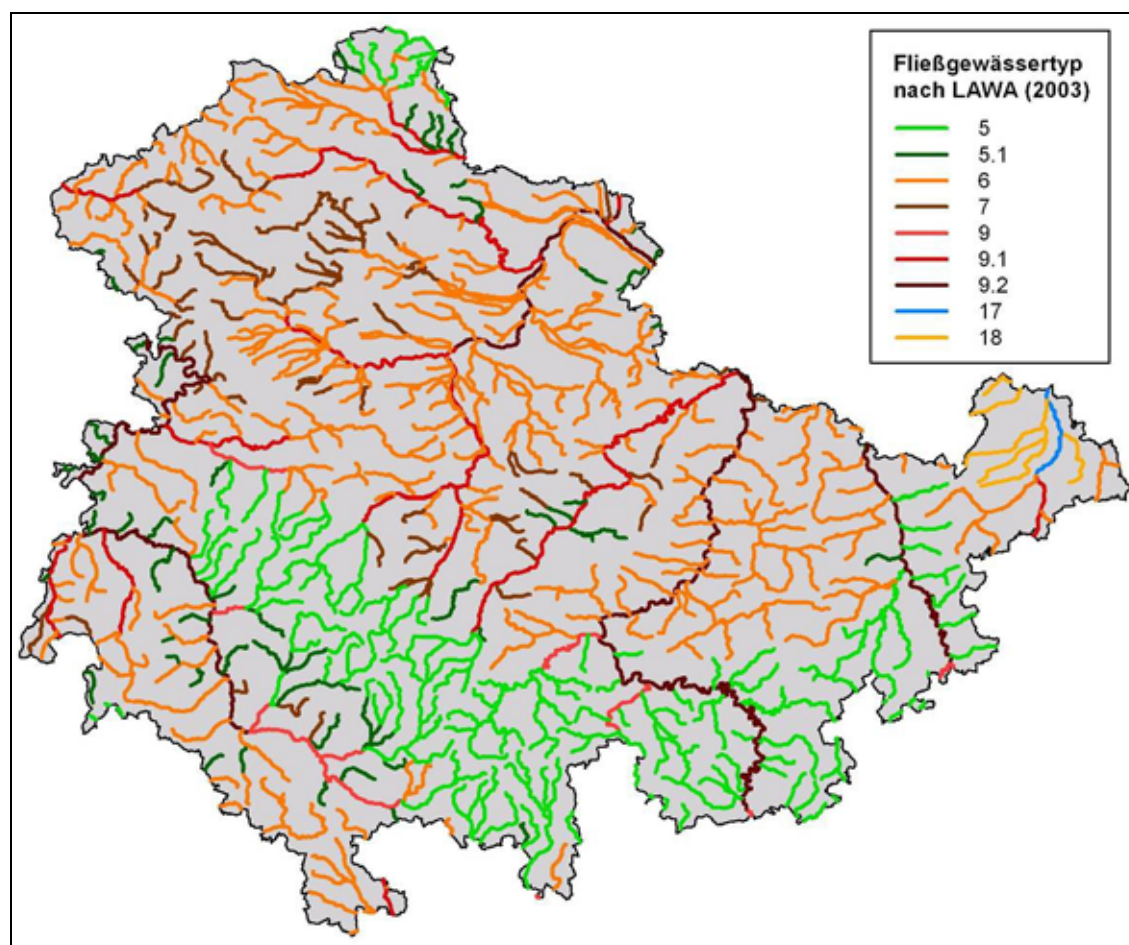


Abbildung 7.10 Fließgewässertypen nach LAWA (2003) und POTTGIESSER & SOMMERHÄUSER (2008)

7.1.3 Datendichte für die Fließgewässerlandschaften

Zur Beurteilung der Datendichte für Auswerteeinheiten wurden zunächst die aggregierten Fließgewässerlandschaften betrachtet. Die Tabelle 7.7 enthält die Anzahlen an Messstellen, die nicht als anthropogen beeinflusst eingestuft wurden, für jede aggregierte Fließgewässerlandschaft. Es wird deutlich, dass die silikatischen Landschaften sowohl den größten Flächenanteil einnehmen als auch die höchste Datendichte aufweisen. Während 54 Messstellen den silikatischen Landschaften zuzuordnen sind, verbleiben nur 19 Messstellen in den übrigen aggregierten Fließgewässerlandschaften.

Diese Ungleichverteilung ist auf die höhere Messstellendichte in den Mittelgebirgsregionen zurückzuführen, die den silikatischen Fließgewässerlandschaften zuzuordnen sind. Diese Gebiete sind vorwiegend dünn besiedelt, weisen wenig Industrie auf und werden vorwiegend forstwirtschaftlich, weniger landwirtschaftlich genutzt.

Tabelle 7.7 Anzahl an Messstellen, die nicht als anthropogen beeinflusst eingestuft wurden, für die aggregierten Fließgewässerlandschaften

Aggregierte Fließgewässerlandschaft	Flächenanteil (%)	Anzahl Messstellen
Moore und Moorauen	0,2	0
Salinare Landschaften	3,3	1
Karbonatisch-dolomitische Landschaften	21,5	4
Sandig-tonige Landschaften	23,8	7
Silikatische Landschaften	50,5	59
Metallogene Landschaften	0,7	7

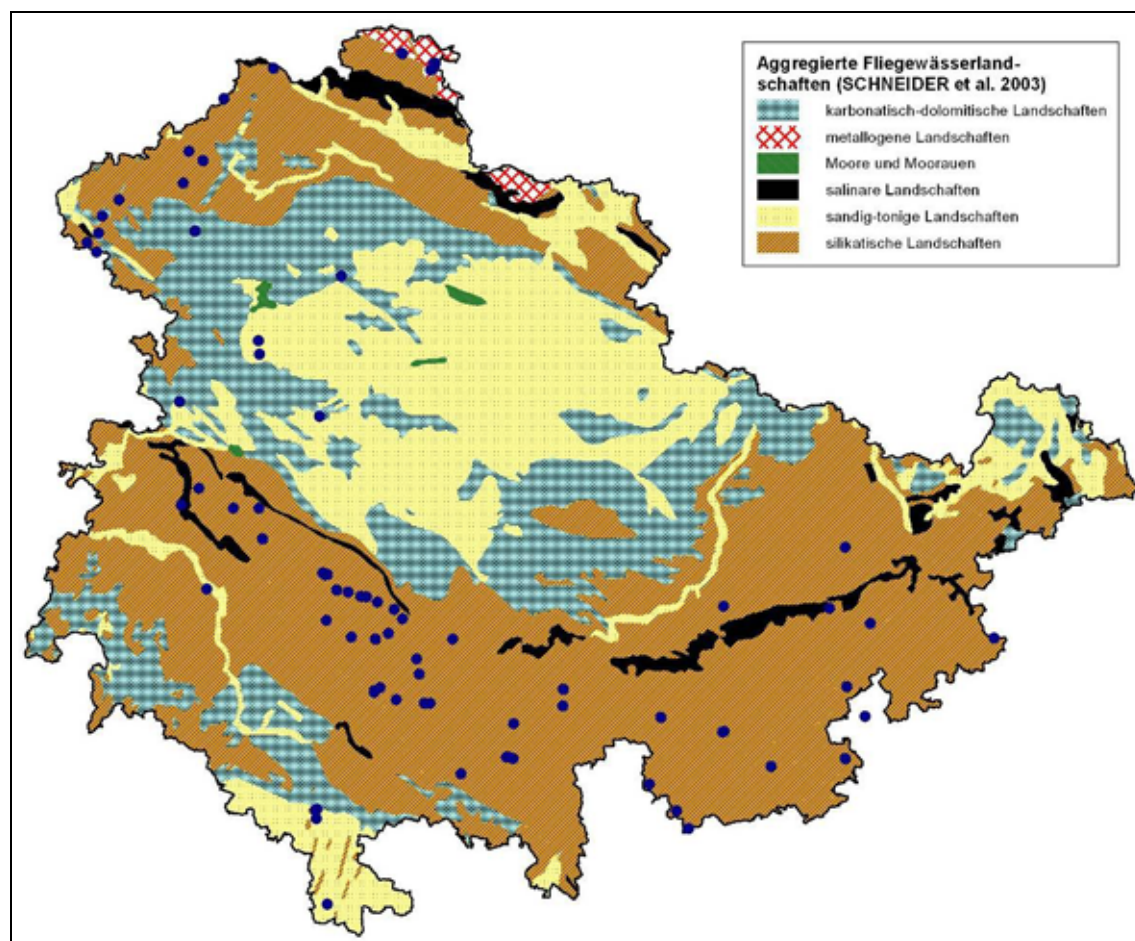


Abbildung 7.11 Lage der nicht als anthropogen beeinflussten Messstellen der Projektdatenbank bezüglich der aggregierten Fließgewässerlandschaften

Die Anzahlen an Messstellen und Analysendaten der zu untersuchenden Parameter sind in Tabelle 7.8 (Wasserbeschaffenheit) und Tabelle 7.9 (Schwebstoffkonzentrationen) gelistet. Für die Sedimente sind im aktuellen Bearbeitungsstand keine geogenen Stoffgehalte vorhanden.

Tabelle 7.8 Anzahlen an anthropogen nicht wesentlich beeinflussten Messstellen und -punkten und Anzahlen an Analysenergebnissen, Wasserbeschaffenheit (Gesamt-Konzentrationen), Daten aus Thüringen, nicht erweiterte Datenbasis.

Parameter	Moore und Moorauen		salinare Landschaften		karbonatisch-dolomitische Landschaften		sandig-tonige Landschaften		silikatische Landschaften		metallogene Landschaften	
	n Mst.	n Werte	n Mst.	n Werte	n Mst	n	n Mst	n	n Mst	n	n Mst	n
Cr	0	0	0	0	1	7	2	2	20	260	3	23
Cu	0	0	0	0	1	12	2	3	20	290	3	23
Ni	0	0	0	0	1	12	2	2	20	282	3	23
Pb	0	0	0	0	1	12	2	2	19	280	3	23
Cd	0	0	0	0	1	12	2	2	19	282	3	23
Zn	0	0	0	0	2	24	2	3	24	461	3	23
Hg	0	0	0	0	1	9	2	2	4	79	3	21
Fe	0	0	0	0	3	20	2	26	32	840	3	36
Mn	0	0	0	0	2	14	2	26	30	1.012	3	36
Al	0	0	0	0	2	14	2	2	27	844	7	159
As	0	0	0	0	1	9	2	2	9	100	0	0
Ag	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ba	0	0	0	0	1	12	0	0	10	97	0	0
Co	0	0	0	0	0	0	0	0	2	31	0	0
Mo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sb	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Se	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ti	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tl	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
U	0	0	0	0	0	0	0	0	3	38	0	0
V	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cl	0	0	1	18	4	54	7	108	54	2.379	7	308
SO ₄	0	0	1	18	4	54	7	107	54	2.413	7	308

Tabelle 7.9 Anzahlen an anthropogen nicht wesentlich beeinflussten Messstellen und
-punkten und Anzahlen an Analyseergebnissen, Schwebstoffkonzentrationen

Parameter	Moore und Moorauen		salinare Landschaften		karbonatisch-dolomitische Landschaften		sandig-tonige Landschaften		silikatische Landschaften		Metallogene Landschaften	
	n Mst.	n Werte	n Mst.	n Werte	n Mst	n	n Mst	n	n Mst	n	n Mst	n
Cr	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	16
Cu	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	16
Ni	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	6
Pb	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	6
Cd	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	6
Zn	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	16
Hg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	6
Fe	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mn	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Al	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
As	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	16
Ag	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ba	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	6
Co	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	6
Sb	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	6
Se	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ti	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	6
Tl	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
U	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cl	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SO ₄	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Für die Berechnung von Perzentilen z. B. im Verfahren nach SCHLEYER und KERN-DORFF (1992) ist eine Mindestanzahl an auswertbaren geogenen Analysenwerten von 10 erforderlich, optimal ist eine Anzahl von ≥ 30 . Damit wird deutlich, dass eine Vielzahl von Parametern nicht auszuwerten sind aufgrund der zu geringen Anzahl an Analyse-daten. Dies gilt insbesondere für bestimmte Auswerteeinheiten (Moore und Moorauen, salinare Landschaften, sandig-tonige Landschaften) und für die Schwebstoffkonzentrationen.

7.2 Ergebnis der Defizitanalyse zur Datenbasis

Zum Bearbeitungsstand des Zwischenberichtes befanden sich in der Projektdatenbank zu wenige Analysendaten für die Ableitung geogener Hintergrundwerte anhand statistischer Methoden. Dieses Defizit zu beseitigen ist das Hauptziel bei der weiteren Bearbeitung. Hierzu müssen weitere Datenquellen genutzt und alternative Ansätze zur statistischen Auswertung geprüft werden.

Weitere Datenquellen sind

- Daten des Geochemischen Atlas von Deutschland 1985 und 2000
- Daten aus RENTZSCH et al. 1987 (Thüringisch-Vogtländisches Schiefergebirge), RENTZSCH et al. 1984 (Harz), RÖLLIG et al. 1990 (Südostdeutschland)
- Ergebnisse der Hintergrundstudie für das Land Sachsen-Anhalt (LHW 2010)
- Analysen von Talsperrensedimenten, die aktuell noch nicht in die Projektdatenbank übernommen wurden
- ggf. Daten von Dritten, wie die Verwaltung des Biosphärenreservates Vessertal, oder aus der Fachliteratur
- die Ergebnisse der Ermittlung geogener Hintergrundwerte in den benachbarten Bundesländern, insbesondere Sachsen-Anhalt.

Die Daten des Geochemischen Atlas von Deutschland 1985 (FAUTH et al. 1985) liegen bereits vor und werden im Zuge der weiteren Bearbeitung integriert. Die Daten des Geochemischen Atlas von Deutschland 2000 (BIRKE et al. 2006) werden integriert, falls sie zur Verfügung gestellt werden können.

Die Unterlagen zur geochemischen Prospektion in Südostdeutschland (RENTZSCH et al. 1984 und 1987, RÖLLIG et al. 1990) liegen bei C&E vor und werden ausgewertet. Allerdings enthalten die Unterlagen keine Analysendaten mit Ausnahme derer des Harzes. Sie können aber wichtige Informationen zum geogenen Hintergrund liefern, einschließlich des Einflusses lokaler Anomalien. Die Analysendaten des Harzes werden derzeit im Rahmen einer Studie für das LHW Sachsen-Anhalt ausgewertet, die Verwendung dieser Daten für Thüringen erfordert eine entsprechende Genehmigung.

Über die Erschließung weiterer Datenquellen hinaus können regionale Datendefizite bei der Ableitung geogener Hintergrundwerte mit verschiedenen Ansätzen überwunden werden. Eine Möglichkeit besteht darin, mehrere Auswerteeinheiten, die sich hinsichtlich ihrer hydrogeologischen Beschaffenheiten nicht wesentlich unterscheiden, zusammenzufassen. Damit werden Hintergrundwerte von Auswerteeinheiten mit ausreichender Datendichte auf ähnliche Auswerteeinheiten übertragen. Bei den Auswerteeinheiten kann es sich um Oberflächenwasserkörper, Planungseinheiten, hydrogeologische Einheiten oder aggregierte bzw. differenzierte Fließgewässerlandschaften handeln.

Ein weiterer Weg besteht darin, die Kriterien für den Ausschluss anthropogen beeinflusster Messwerte für bestimmte Regionen zu entschärfen, so dass eine größere Anzahl an Daten in der Datenbasis verbleibt. Bei dieser Vorgehensweise sind aber entsprechend angepasste Perzentile bei der statistischen Auswertung anzuwenden, was mit dem Nachteil verbunden ist, dass i. d. R. keine vergleichbaren Verfahren bzw. Ansätze in der Fachliteratur belegt sind.

Letztlich wird anhand der ungleichen Verteilung der Datendichte über die Fläche des Freistaates Thüringen und für die verschiedenen auszuwertenden Parameter deutlich, dass der zusätzlichen Erhebung von Daten eine wesentliche Bedeutung zukommt. Die



vorhandenen Daten wurden i. d. R. nicht mit dem Ziel erhoben, den geogenen Hintergrund zu bestimmen, sondern meist war die gegenteilige Zielstellung gegeben, den anthropogenen Einfluss zu ermitteln und die Einhaltung von Grenzwerten zu überprüfen. Bei der zusätzlichen Erhebung von Daten können die Beprobungspunkte entsprechend der aktuellen Zielstellung festgelegt werden, so dass eine Mindestmenge an Analysendaten zur Bestimmung bzw. Abschätzung geogener Hintergrundwerte erhoben wird.

7.3 Einbezug von Daten aus Sachsen-Anhalt

Bei der Erstellung der Hintergrundstudie für das Land Sachsen-Anhalt lagen Messdaten vor, die insbesondere im grenznahen Bereich genutzt werden könnten. Im Rahmen der weiteren Bearbeitung des Projektes wurde vereinbart, diese für die aktuelle Bearbeitung in Thüringen zu nutzen. In einer späteren Stufe sollen dann Datenerhebungen in Thüringen erfolgen um die Datendefizite zu beheben.

Für die aktuelle Auswertung wurde ein Kooperationsvertrag mit dem Land Sachsen-Anhalt mit offizieller Genehmigung zur Verwendung dieser Daten im Rahmen der aktuellen Studie geschlossen. Durch die C&E GmbH erfolgte eine Vorauswahl der geeigneten Messstellen in Sachsen-Anhalt welche unter Berücksichtigung vergleichbarer geologischer Verhältnisse aus dem Grenzbereich nach Thüringen übertragen werden können. Die Orientierung erfolgte dabei an den aggregierten Landschaften. Die Ergebnisse der Auswertung nach der in Kapitel 2 beschriebenen Methodik für den Freistaat Thüringen werden im nachfolgenden Kapitel dargestellt. Insgesamt wurden Daten von 61 Messstellen übertragen.

8 Auswertung der resultierenden Datenbasis aus Thüringen und Sachsen-Anhalt

8.1 Übersicht der resultierenden Messwertanzahlen

Eine Übersicht der resultierenden Messwertanzahlen wird in den Anlagen 4.2.1 bis 4.2.3 gegeben. Die Zusammenfassung der Messwertanzahlen für die Gesamtwasserphase zeigt die folgende Tabelle.

Tabelle 8.1 Übersicht der resultierenden Messwertanzahlen für die Gesamtwasserphase

Parameter	karbonatisch-dolomitische Landschaften		metallogene Landschaften		salinare Landschaften		sandig-tonige Landschaften		silikatische Landschaften	
	n Mst	n Werte	n Mst	n Werte	n Mst	n Werte	n Mst	n Werte	n Mst	N Werte
Cr-gesamt	5	44	22	427	7	37	8	65	29	311
Cu-gesamt	5	50	22	427	7	37	8	66	29	341
Ni-gesamt	5	49	22	405	7	37	8	65	29	333
Pb-gesamt	5	50	22	403	7	37	8	65	28	331
Cd-gesamt	5	50	22	403	7	37	8	65	28	333
Zn-gesamt	6	62	22	445	7	37	8	66	33	512
Hg-gesamt	5	47	16	92	7	37	5	11	12	130
Fe-gesamt	7	59	24	529	7	37	8	95	42	893
Mn-gesamt	6	52	24	436	7	37	8	89	40	1.065
Al-gesamt	6	29	11	192	7	20	2	2	32	859
As-gesamt	5	45	10	41	7	35	5	10	18	148
Ag-gesamt	4	17	7	17	7	24	1	2	8	22
Ba-gesamt	5	33	8	23	7	25	1	3	19	131
Co-gesamt	4	21	7	22	7	25	1	3	10	64
Mo-gesamt	4	18	7	19	7	24	1	3	8	29
Sb-gesamt	4	39	9	40	7	61	1	9	9	57
Se-gesamt	4	21	7	22	7	25	1	3	9	34
Ti-gesamt	4	12	3	12	7	21	1	1	5	15
Tl-gesamt	4	21	7	22	7	25	1	3	8	33
U-gesamt	4	21	7	22	7	25	1	3	11	71
V-gesamt	4	21	7	23	7	25	1	3	8	36
Cl	8	99	34	1.120	9	75	14	211	66	2.461
SO4	8	91	34	1.115	5	60	14	210	66	2.485

Thüringen
und Sach-
sen-Anhalt

8 Messstellen

36 Messstellen

9 Messstellen

15 Messstellen

66 Messstellen

Im Ergebnis wurden 134 Messstellen als potentiell geogen identifiziert, siehe auch Anlage 3.2 (Auflistung der als potentiell geogen identifizieren Messstellen).

8.2 Bestimmungsgrenzen

Wesentlich bei der Beurteilung der vorhandenen Daten auf ihre Verwendbarkeit zum Heranziehen zur statistischen Berechnung sind die Bestimmungsgrenzen der laboranalytischen Methoden. Die Konzentrationswerte der aktuellen Umweltqualitätsnormen der Oberflächengewässerverordnung – OGewV (V. v. 20.07.2011 BGBl. I S. 1429 (Nr. 37); Geltung ab 26.07.2011) liegen z. T. Größenordnungen unter den Bestimmungsgrenzen alter Datenquellen. Folgende Tabelle und Anlage 4.3 zeigen die Anzahl der Analysen im Vergleich mit den vorliegenden Bestimmungsgrenzen.

Tabelle 8.2 Vergleich der Bestimmungsgrenzen

Parameter	Einheit	Probenanzahl: Unterschreitung der Bestimmungsgrenze Thüringen	Probenanzahl: Unterschreitung der Bestimmungsgrenze Sachsen-Anhalt
Cr	µg/l	0,5 (29 + 29) 1,0 (179 + 5) 2,0 (23 + 0)	1,0 (198 + 55) 2,0 (377 + 59)
Cu	µg/l	0,5 (1 + 5) 1,0 (18 + 4) 2,0 (26 + 3)	1,0 (58 + 52) 2,0 (352 + 48)
Ni	µg/l	1,0 (90 + 1) 2,0 (42 + 2)	1,0 (24 + 33) 2,0 (294 + 54)
Pb	µg/l	1,0 (16 + 22) 2,0 (41 + 22)	0,5 (31 + 7) 1,0 (362 + 70) 2,0 (57 + 6)
Cd	µg/l	0,05 (2 + 0) 0,1 (4 + 0)	0,02 (3 + 31) 0,05 (221 + 34) 0,1 (72 + 25) 0,2 (115 + 9)
Zn	µg/l	1,0 (2 + 0) 10 (98 + 10)	1,0 (1 + 31) 10 (395 + 24)
Hg	µg/l	0,1 (27 + 0)	0,01 (7 + 115) 0,02 (49 + 20) 0,04 (2 + 0) 0,05 (119 + 0) 0,1 (17 + 0) 0,2 (7 + 0)
Fe	mg/l	0,001 (1 + 0) 0,002 (4 + 0) 0,005 (1 + 3) 0,01 (41 + 100) 0,05 (9 + 158)	0,03 (0 + 23) 0,05 (156 + 64)
Fe-II	mg/l		0,03 (68) 0,05 (14)
Mn	mg/l	0,005 (8 + 0) 0,01 (179 + 3)	0,005 (1 + 41) 0,01 (160 + 46) 0,02 (25 + 4)
Al	mg/l	0,01 (47 + 26) 0,05 (13 + 2)	0,01 (7 + 154) 0,05 (45 + 45)
As	µg/l	1,0 (37 + 2) 2,0 (18 + 1)	0,5 (105 + 67) 1,0 (10 + 5)

Parameter	Einheit	Probenanzahl: Unter- schreitung der Bestimmungsgrenze Thüringen	Probenanzahl: Unter- schreitung der Bestimmungsgrenze Sachsen-Anhalt
Ag	µg/l		0,02 (4 + 78) 0,1 (70 + 55)
Ba	µg/l		5,0 (0 + 7) 10 (16 + 2)
Co	µg/l	2,5 (2 + 0) 5,0 (1 + 0)	0,2 (63 + 113) 1,0 (29 + 0)
Mo	µg/l		0,3 (4 + 77) 0,5 (0 + 6) 1,0 (59 + 39)
Sb	µg/l		0,5 (102 + 0) 1,0 (33 + 0) 2,0 (68 + 52)
Se	µg/l		0,8 (31 + 65) 1,0 (49 + 38)
Ti	µg/l		5,0 (58 + 129)
Tl	µg/l		0,05 (56 + 156) 0,2 (45 + 0)
U	µg/l	0,1 (16 + 0)	0,05 (5 + 34) 0,5 (20 + 14)
V	µg/l		0,3 (6 + 104) 1,0 (59 + 46) 10 (17 + 0)

Erläuterung:

Erster Wert = Bestimmungsgrenze (Zweiter Wert = Anzahl der Proben mit Konzentrationen in der wässrigen Phase (gesamt) unterhalb Bestimmungsgrenze + Dritter Wert = Anzahl der Proben mit Konzentrationen in der wässrigen Phase (gelöst) unterhalb Bestimmungsgrenze)

8.3 Ergebnisse der statistischen Auswertung der zusammengeführten Datenbasis und Schlussfolgerungen

Folgende Vorgehensweise kam bei der Auswertung der Daten zur Anwendung:

- Anwendung des 84,1% und des 90%-Perzentils auf eine als anthropogen weitgehend unbeeinflusste Datenbasis (nach Datenvorauswahl)
- Anwendung der „aggregierten Fließgewässerlandschaften“ als Bewertungseinheit
- Auswertung der „gesamt“ – Konzentrationen.

Die Ergebnisse der statistischen Auswertung der zusammengeführten Datenbasis bezogen auf die aggregierten Landschaften für das 90% Perzentil ist nachfolgender Tabelle zu entnehmen. Die Ergebnisse für das 84,1 % Perzentil sind Anlage 4.5 zu entnehmen. Die Übertragbarkeit der Daten aus Sachsen-Anhalt wurde anhand von Minimum, arithmetischen Mittelwert und Maximum geprüft.

Aufgrund der verfügbaren Datenlage war es nicht möglich, Hintergrundwerte für Schwebstoff-gebundene Schadstoffe abzuleiten.

Tabelle 8.3 Ergebnisse der statistischen Auswertung (90-Perzentil) der zusammengeführten Datenbasis bezogen auf die aggregierten Landschaften (Cr, Cu, Ni, Pb, Cd, Zn, Hg)

Parameter	Cr-ges	Cu-ges	Ni-ges	Pb-ges	Cd-ges	Zn-ges	Hg-ges
Einheit	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
karbonatisch-dolomitisch	1,00	2,38	1,20	0,50	0,25	17,81	0,05
metallogen	1,00	4,34	5,50	2,98	0,25	24,00	0,10
salinar	1,00	1,00	2,50	1,00	0,22	19,80	0,03
sandig-tonig	1,00	3,10	3,28	0,80	0,10	27,00	0,05
silikatisch	1,50	18,00	23,80	2,50	0,30	45,00	0,05

Im Vergleich zu den anderen Fließgewässerlandschaften erhöhte Gehalte an Kupfer, Nickel und Zink wurden in den silikatischen Landschaften ermittelt.

Tabelle 8.4 Ergebnisse der statistischen Auswertung (90-Perzentil) der zusammengeführten Datenbasis bezogen auf die aggregierten Landschaften (Fe, Mn, Al, As, Ag, Ba, Co)

Parameter	Fe-ges	Mn-ges	Al-ges	As-ges	Ag-ges	Ba-ges	Co-ges
Einheit	mg/l	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
karbonatisch-dolomitisch	0,145	0,028	0,424	0,50	0,05	100	0,50
metallogen	0,664	0,290	0,229	1,60	0,05	75	0,95
salinar	0,035	0,020	0,084	7,66	0,10	110	0,50
sandig-tonig	1,116	0,534	0,116	26,20	0,05	33	0,50
silikatisch	0,131	0,109	0,300	2,50	0,73	240	5,78

kursiv: keine ausreichende statistische Sicherheit (Werteanzahl <10)

Im Vergleich zu den anderen Fließgewässerlandschaften erhöhte Gehalte an Arsen wurden in den sandig-tonigen Landschaften ermittelt, sowie für Cobalt in den silikatischen Landschaften.

Tabelle 8.5 Ergebnisse der statistischen Auswertung (90-Perzentil) der zusammengeführten Datenbasis bezogen auf die aggregierten Landschaften (Mo, Sb, Se, Ti, Tl, U, V, Cl)

Parameter	Mo-ges	Sb-ges	Se-ges	Ti-ges	Tl-ges	U-ges	V-ges	Cl	SO4
Einheit	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	mg/l
karbonatisch-dolomitisch	0,50	1,00	1,00	2,50	0,100	7,10	5,00	85	506
metallogen	0,52	1,00	0,50	2,50	0,100	0,30	5,00	20	56
salinar	7,74	1,00	2,36	2,50	0,100	4,10	0,50	1126	1360
sandig-tonig	2,50	0,60	0,48	2,50	0,100	20,00	4,10	137	619
silikatisch	5,84	1,00	1,40	2,50	0,100	3,60	5,95	28	82

kursiv: keine ausreichende statistische Sicherheit (Werteanzahl <10)

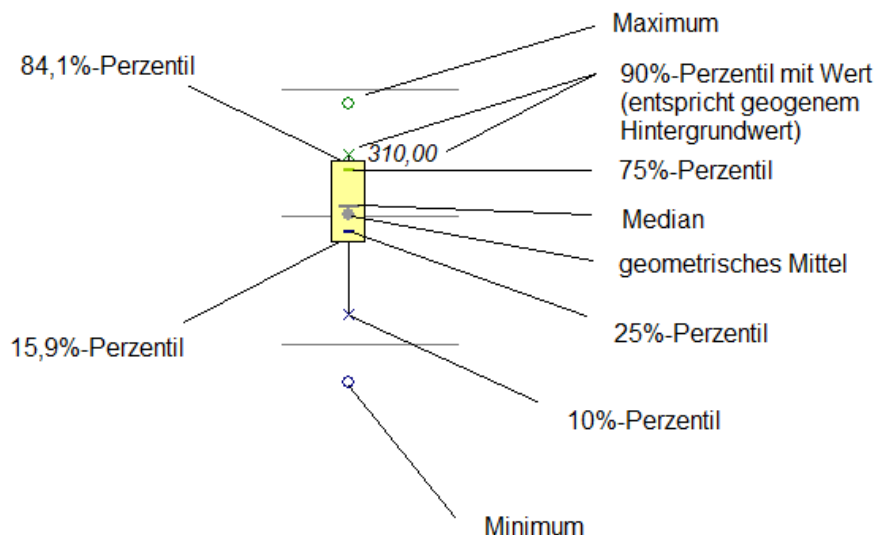
Im Vergleich zu den anderen Fließgewässerlandschaften erhöhte Gehalte an Molybdän wurden in den salinaren Landschaften ermittelt, sowie für Uran in den sandig-

tonigen Landschaften. Die Gehalte an Chlorid und Sulfat sind erwartungsgemäß in den salinaren Landschaften erhöht. Die auffälligen Ergebnisse der Metalloide sind auf das Vorhandensein von Schwerpunktgebieten mit erhöhten Stoffkonzentrationen zurück zu führen, welche die statistischen Kennwerte beeinflussen. Diese Sondergebiete werden im Folgenden gesondert betrachtet.

8.4 Variabilität der Ergebnisse für aggregierte Fließgewässerlandschaften

Die Variabilität der Ergebnisse für die aggregierten Fließgewässerlandschaften kann über Boxplots visualisiert werden. Im Folgenden werden die Darstellungen für die aggregierten Fließgewässerlandschaften gegeben. Die Darstellungen in den Boxplots sind wie folgt zu lesen:

Erläuterung Boxplot



Die Darstellung der Boxplots der Konzentrationen in der Gesamtwasserphase erfolgte jeweils für das ausgewertete Datenkollektiv.

Die Ergebnisse der Visualisierung zeigen, dass die Variabilitäten für die karbonatisch-dolomitischen und silikatischen Landschaften am größten sind.

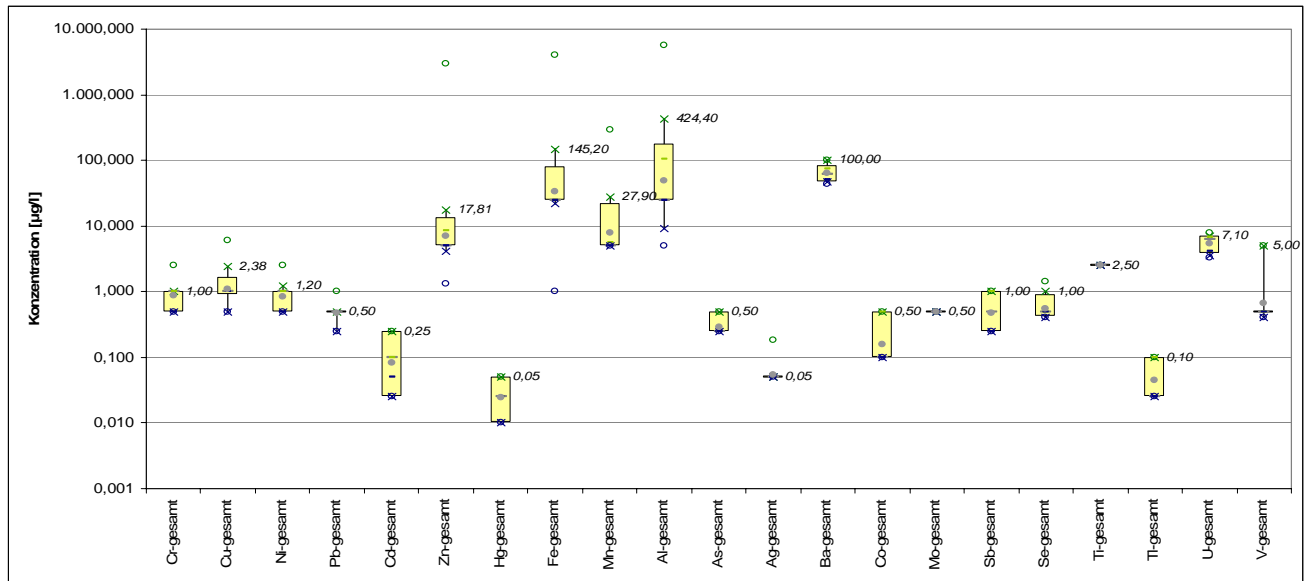


Abbildung 8.1 Aggregierte Fließgewässerlandschaft: karbonatisch-dolomitisch – Boxplots.

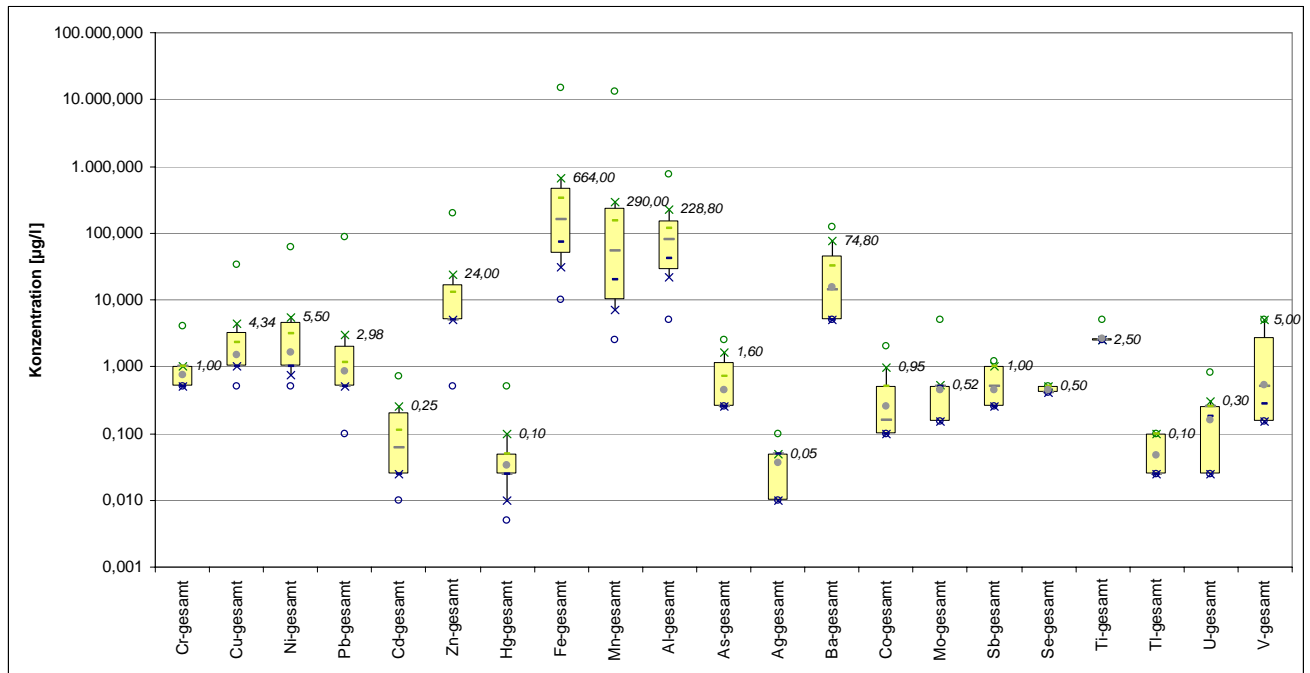


Abbildung 8.2 Aggregierte Fließgewässerlandschaft: metallogen – Boxplots.

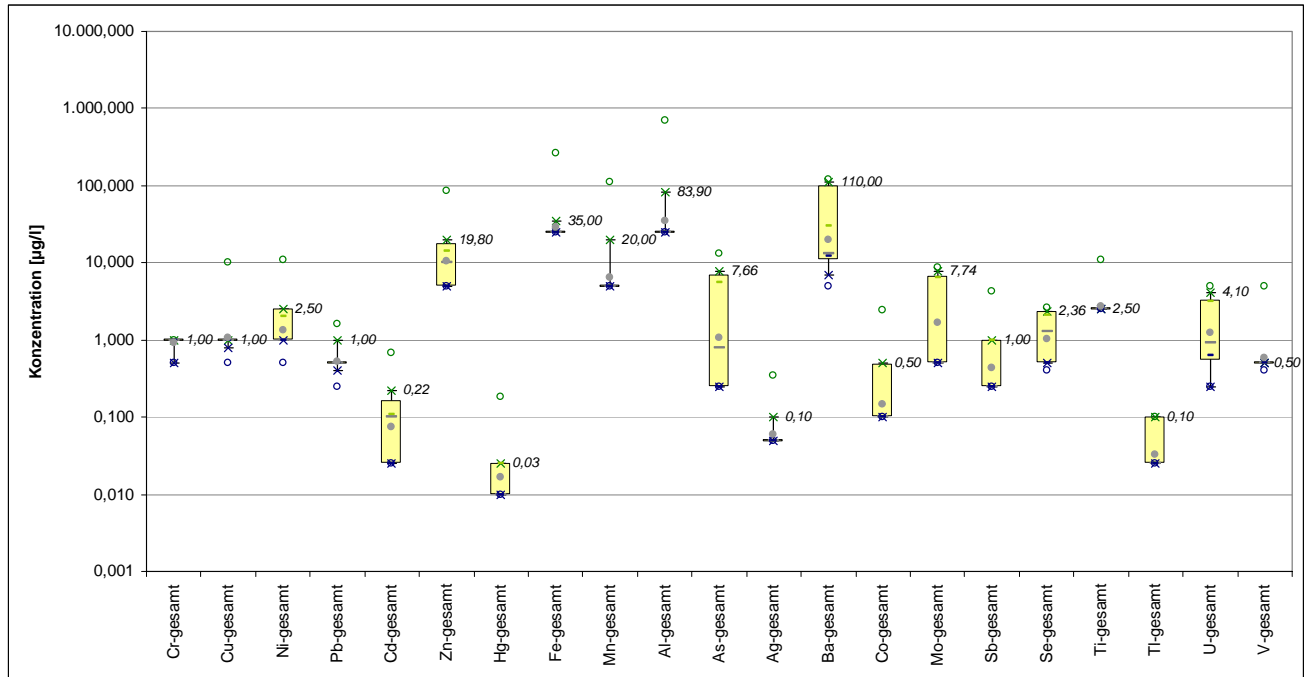


Abbildung 8.3 Aggregierte Fließgewässerlandschaft: salinar – Boxplots.

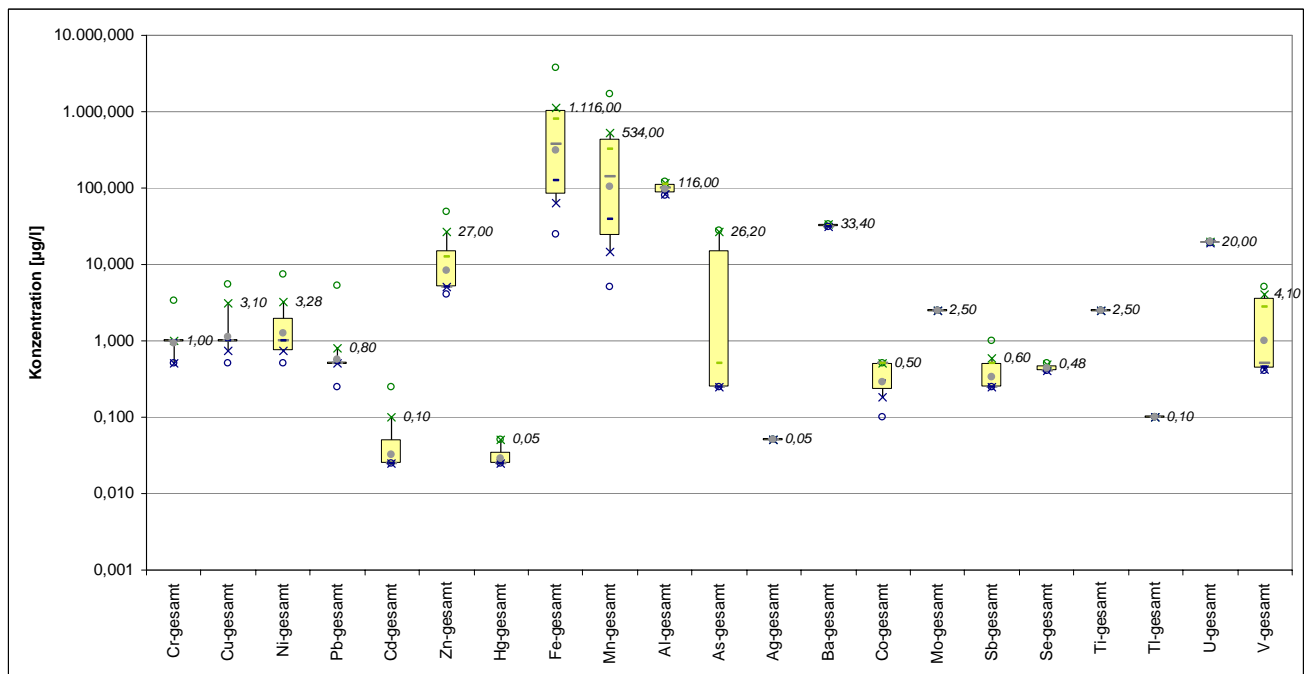


Abbildung 8.4 Aggregierte Fließgewässerlandschaft: sandig-tonig – Boxplots.

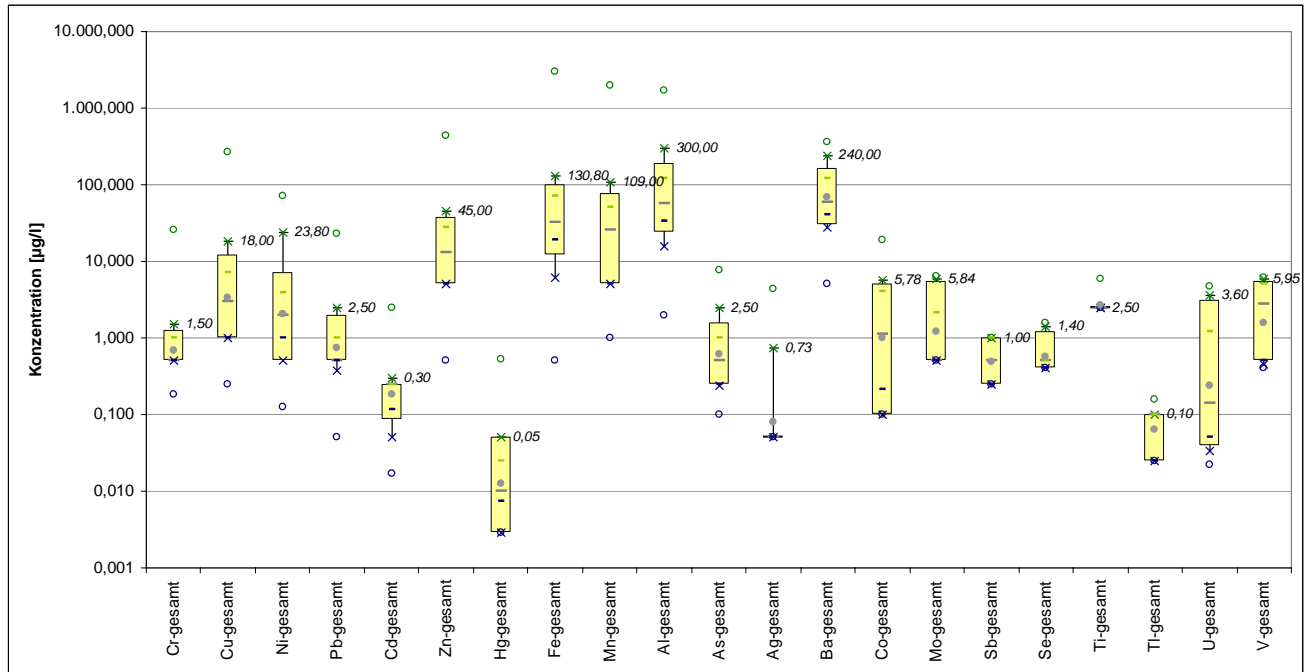


Abbildung 8.5 Aggregierte Fließgewässerlandschaft: silikatisch – Boxplots.

8.5 Ausweisung von Schwerpunktgebieten zur weiteren Untersuchung

Im Rahmen der Projektbearbeitung lassen sich fünf Schwerpunktgebiete ausweisen:

Tabelle 8.6: Schwerpunktgebiete

Sondergebiet	Bereich	OWK	Fläche [km ²]
SG1	Greiz / Gera	Aubach-Krebsbach, Pöltzschbach-Fuchsbach, Wipse-Gessenbach, Sprotte	273,28
SG2	Lehesten / Wurzbach / Leutenberg	Sormitz, Obere Loquitz, Untere Loquitz	313,87
SG3	Ilmenau	Obere Ilm	74,17
SG4	Sophienau	Obere Werra	43,46
SG5	Bad Liebenstein / Schmalkalden / Zella-Mehlis	Truse-Schweina, Schmalkalde, Schwarza-Untere Hasel	462,61

Die Sondergebiete sind in Anlage 4.8 grafisch dargestellt.

SG 1: das Gebiet von Greiz und Gera ist möglicherweise durch Einflüsse des früheren Uranerzbergbaues beeinflusst, beispielsweise da in den Gewässern Wipse-Gessenbach und Sprotte Austrittswässer des Flutungsgeschehens abgeleitet werden. Der geologische Untergrund wird durch Tonschiefer geprägt, die eine hohe Sorpti-



onskapazität hinsichtlich Metalloiden haben. Die sandig-tonigen Landschaften zeigen nach den obigen Ergebnissen erhöhte Konzentrationen an Uran.

SG 2: das Gebiet von Lehesten / Wurzbach / Leutenberg ist ein devonisch geprägtes Gebiet, in dem früher Dachschieferbergbau betrieben wurde. Metalloide können als Begleitminerale im Dachschiefer auftreten.

SG 3: das Gebiet von Ilmenau ist geologisch ein durch Unterrotliegendes und Buntsandstein geprägtes Gebiet, in dem historisch Fluorit, Steinkohle, Kupfer, Silber und Mangan abgebaut wurden.

SG 4: das Gebiet von Sophienau ist geologisch der Werra-Folge mit Werra-Anhydrit , Zechsteinkalk und Kupferschiefer zuzuordnen. Erhöhte Konzentrationen an Metalloiden und Salzen sind diesen Schichten zuzuordnen.

SG 5: das Gebiet von Bad Liebenstein / Schmalkalden / Zella-Mehlis ist geologisch dem Buntsandstein zuzuordnen. Im Gebiet von Bad Liebenstein befand sich mittelalterlicher Eisen-Bergbau, der bis 1750 eingestellt wurde. Auch die Gebiete um Schmalkalden und Zella-Mehlis wurden durch mittelalterlichen Bergbau beeinflusst.

Die geochemischen Daten der Schwerpunktgebiete sind offensichtlich durch diese historische Überprägung nach wie vor beeinflusst, wobei der historischen bergbaulichen Überprägung in der Regel eine geogene (geologisch bedingte) Erhöhung der Stoffkonzentrationen zu Grunde liegt. Diese Gebiete sollen in der weiteren Bearbeitung einer detaillierten Untersuchung und Bewertung unterzogen werden. Hierfür ist die Realisierung eines entsprechenden Monitoringkonzeptes (Ergänzungsmessnetz) vorzusehen.

Zur Behebung der Defizite an belastbaren Messergebnissen und repräsentativen Messstellen wird ein ergänzendes Untersuchungsprogramm empfohlen. Hierfür sollten Probenahmen an repräsentativ ausgewählten Messstellen mit gleichzeitigen Durchflussmessungen erfolgen. Für die Bewertung ist außerdem die Kenntnis der meteorologischen Verhältnisse über den gesamten Untersuchungszeitraum erforderlich (Beschaffung und Auswertung der Wetterdaten). Für das Ergänzungsmessnetz werden für die Fragestellungen als repräsentativ angesehene Messstellen mit je einer Messstellenalternative vorgesehen, die im Fall von widrigen Umständen wie Nichterreichbarkeiten beprobt werden könnten.

Tabelle 8.7: Schwerpunktgebiete, Anzahl empfohlener Messstellen

Sondergebiet	OWK	Anzahl empfohlener Messstellen	Fläche [km ²]
SG1	Aubach-Krebsbach, Pöltzschbach-Fuchsbach, Wipse-Gessenbach, Sprotte	7	273,28
SG2	Sormitz, Obere Loquitz, Untere Loquitz	6	313,87
SG3	Obere Ilm	3	74,17
SG4	Obere Werra	2	43,46
SG5	Truse-Schweina, Schmalkalde, Schwarza-Untere Hasel	12	462,61

Im Wesentlichen sollten die auszuwählenden ca. 30 Messstellen den folgenden Kriterien genügen:

- jeder Wasserkörper wird durch (mindestens) eine Messstelle repräsentiert, große Wasserkörper durch mehrere Messstellen.
- die Messstellen werden so gewählt, dass sie in Gebieten liegen, die für die vorherrschende geologische Einheit der Umgebung des Wasserkörpers repräsentativ sind.
- die Lage der Messstellen soll so gewählt sein, dass sie in Gebieten ohne anthropogenen Einfluss liegen, bevorzugt an Quellen und Oberläufen. Dies sollte durch die Analytik ausgewählter Hauptan- und Kationen untersetzt werden.

Um belastbare Analysenergebnisse zu bekommen, die statistisch abgesichert sind, sollten mindestens sechs Einzelergebnisse pro Messstelle und Parameter angesetzt werden. Von Wasserkörpern mit weniger als 10 Daten ist keine Auswertung mittels Perzentilen möglich (SCHLEYER & KERNDORFF 1992). Für die Schwerpunktgebiete sollte nach Vorliegen der entsprechenden Monitoringdaten im nächsten Schritt ein regional gültiger geogener Hintergrundwert losgelöst von der Betrachtungsebene der aggregierten Fließgewässerlandschaften abgeleitet werden.

9 Ergänzungsmessnetz

9.1 Kriterien zur Messstellenauswahl

Folgende Kriterien sind bei der Auswahl zusätzlicher Probenahmepunkte zu beachten:

Kriterien bei der Auswahl zusätzlicher Probenahmepunkte

- Landnutzung im Einzugsgebiet
 - Ausschluss: geschlossene Bebauungen
 - relevante Siedlungsdichte bei Streusiedlungen
 - hoher Anteil an intensiv landwirtschaftlich genutzten Flächen
 - Industrie- und Gewerbegebiete, Agrarbetriebe
 - hohe Verkehrsdichte, Verkehrsflächen (Straßen, Autobahnen, Bahnlinien, Bahnhöfe, Flugplätze), Sportplätze, Schießstände, Fischzuchtanlagen, Freibäder



- Einleitungen: kommunale Abwässer, industrielle Einleiter
- Deponien, Altablagerungen, Altstandorte
- Altablagerungen: Aufschüttungen, Absetzbecken, Oxidationsteiche, Silagelager, Reststoffdeponien, Abraumhalden, Müllkippen, Bahndämme
- Altstandorte: alte Fabrikgelände und Gewerbeflächen, Verkehrsbetriebe, Bahnhöfe, Verkehrsflächen, stillgelegte Kraftwerke, Umspannwerke, stillgelegte Tankstellen und Tanklager, Werkstätten, LPG-Betriebsflächen, Ställe und Mastanlagen, Agrarflugplätze, Gärtnereien, Abwasserentsorgungsanlagen (Kläranlagen, Klärbecken), Ziegeleien, Schießstände, Truppenübungsplätze, Lagerplätze
- Bergbau im Einzugsgebiet (Tagebaue, Steinbrüche, Kiesgruben, Torfstiche, Bergwerke, Hüttenbetriebe)

Kriterien zum nachträglichen Ausschluss anthropogen beeinflusster Daten

- hoher Nitratgehalt: Stoffeinträge aus der Landwirtschaft
- hoher Ammoniumgehalt: Abwässer, Düngemittel
- hoher Phosphatgehalt: kommunale Abwässer, Stoffeinträge aus der Landwirtschaft
- Gehalt an organischen Schadstoffen: Pflanzenschutzmittel, Medikamente, Betriebs- und Hilfsstoffe.

9.2 Analysenprogramm

Folgende Parameter sollten untersucht werden:

Metalloide:

Aluminium, Antimon, Arsen, Barium, Beryllium, Bor, Blei, Cadmium, Calcium, Chrom, Eisen, Kobalt, Kupfer, Mangan, Molybdän, Nickel, Quecksilber, Selen, Silber, Tellur, Thallium, Titan, Uran, Vanadium, Wismut, Wolfram, Zink, und Zinn.

Ionen:

Ammonium, Nitrit, Nitrat, Chlorid, Sulfat, Sulfid.

Folgende Probenbehandlung wird vorgeschlagen:

SM gel. (außer Sn, Sb, Hg):

- Geeignete Gefäße (Einweg-Material) mit verdünnter HNO₃ (suprapur) und anschließend mit Reinstwasser spülen
- Vor-Ort-Filtration mit Einzelspritze und Membranfilter Minisart „high flow“ PES, 0,45 µm, 26 mm Durchmesser direkt in Sarstedt-Röhrchen, Stabilisierung mit 0,5 ml konz. HNO₃ (suprapur) je 50 ml Probe

Hg gelöst:

- Probenahme-Flaschen (Duranglas) mit 10% iger HNO₃ reinigen (am besten über Nacht), danach gründlich mit Reinstwasser spülen.
- Vorlage von 0,5 ml Stabilisierungslösung (K₂Cr₂O₇/ HNO₃) je 50 ml Probe in die Flasche. Herstellung: 5,0 mg K₂Cr₂O₇ in 36 ml konz. HNO₃ (suprapur) lösen und mit Reinstwasser auf 100 ml auffüllen.
- Filtration (gleiche Filter wie oben) direkt in die Probenahme-Flasche

SM ges. (außer Hg):

- Probenahme-Flaschen (HDPE) mit 10% iger HNO₃ reinigen (am besten über Nacht), danach gründlich mit Reinstwasser spülen.

- 1 ml konz. HNO₃ (suprapur) je 100 ml Probe zur Stabilisierung in den Probenahme-Flaschen vorlegen.
- Proben abfüllen, gut schütteln und mindestens 12 Stunden absetzen lassen.
- Zur Messung Proben dekantieren.

Hg ges.:

- Probenahme-Flaschen (Duranglas-Flasche) mit 10% iger HNO₃ reinigen (am besten über Nacht), danach gründlich mit Reinstwasser spülen.
- Stabilisierung 1/100 wie Hg gelöst
- Die homogenisierte Probe wird gemessen.

9.3 Bestimmungsgrenzen

Die Analysenverfahren müssen so ausgewählt werden, dass die Bestimmungsgrenzen unterhalb der UQN der OGewV von 2011 liegen.

10 Zusammenfassung

Aufgabenstellung

Ziel der vorliegenden Studie war eine gewässerspezifische Ermittlung der geogenen Hintergrundbelastungen durch Metalle und anorganische Stoffe zur Begründung von Umweltqualitätsnormen für die Oberflächenwasserkörper des Freistaates Thüringen. Dabei sind, unter Berücksichtigung vorhandener Informationen und ggf. zusätzlich zu untersuchender Proben, Oberflächenwasserkörper mit natürlicherweise erhöhten Gehalten an den in Tabelle 1.4 genannten Stoffen in der Wasserphase oder im Sediment/Schwebstoff zu identifizieren und für diese Wasserkörper die natürlichen Hintergrundkonzentrationen in der Wasserphase sowie im Sediment/Schwebstoff abzuleiten.

Tabelle 10.1 Übersicht der zu betrachtenden Parameter

Bearbeitung	Prioritäre Stoffe	Nicht-prioritäre Stoffe
Phase I	Ni, Cd	Al, Cl, SO ₄ , Ag, Cu, As, U, Zn
Phase II	Pb, Hg	Sb, Ba, Cr, Fe, Co, Mn, Mo, Se, Te, Tl, Ti, V

Somit werden belastbare Grundlagen für die Inanspruchnahme von Ausnahmeregelungen nach Artikel 4 WRRL im Falle von geogen erhöhten Schwermetallgehalten in den Gewässern geschaffen. Die zu erstellende Leistung stellt damit eine wesentliche Grundlage für den abzuleitenden Handlungsbedarf einschließlich erforderlicher Maßnahmen zur Erreichung eines guten Zustandes der Oberflächengewässer dar. Weiterhin bilden die Ergebnisse eine wichtige fachliche Grundlage bei der Beurteilung der Auswirkungen von Gewässerbenutzungen auf die Beschaffenheit der Gewässer.

Datenbasis

Als Grundlagendatenbasis wurden Messwerte folgender Datenquellen ausgewertet: TLUG-Datenbasis. Zunächst wurden die Stammdaten von 460 Messstellen des Monitoringmessnetzes zur Überprüfung der Ziele der WRRL und die Stammdaten von 1258



weiteren Probenahmepunkten in Oberflächengewässern (insgesamt 1718 Messstellen und punkte) übergeben. Das Monitoringmessnetz umfasst folgende Typen von Messstellen, die im Rahmen der Bearbeitung berücksichtigt wurden:

- Messstellen zur Überblicksüberwachung: ausgerichtet auf überregionale Umwelt- bzw. Bewirtschaftungsziele
7 Messstellen (Werra Meiningen, Werra Gerstungen, Weiße Elster Gera u.h., Saale Rudolstadt, Saale Camburg-Stöben, Unstrut Wundersleben, Unstrut Oldisleben)
- Messstellen zur operativen Überwachung: Überprüfung der Einhaltung von Umweltzielen der WRRL in den einzelnen Wasserkörpern
374 Messstellen einschließlich der 7 Messstellen zur Überblicksüberwachung
- Messstellen zur Überwachung zu Ermittlungszwecken:
161 Messstellen, davon 86 Messstellen, die nicht der operativen Überwachung dienen (ausschließlich zur Überwachung zu Ermittlungszwecken).

Datenbasis aus Schneider et al (2003), die im Rahmen des UBA-Vorhabens „Referenzbedingungen und Qualitätsziele“ zusammen getragen wurden. Die Daten gehen auf folgende Quellen zurück:

- Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie: Zeitreihen der Wasserbeschaffenheit mit Datumsbezug
- Die Belastung der Elbe - Teil 2. Hintergrundbelastungen der deutschen Nebenflüsse. FZ Karlsruhe GmbH (Forschungszentrum Karlsruhe 2000): Schwebstoffdaten als Einzelanalyse pro Messstelle ohne Datumsbezug
- Kurzberichte Wasserqualität 1998, Talsperren, Speicher und Rückhaltebecken der Thüringer TSV: Einzelanalysen von Freiwasserproben
- Biosphärenreservat Vessertal/ Naturpark Thüringerwald: Zeitreihen der Wasserbeschaffenheit der Vesser an 8 Messstellen, 423 Datensätze.

Diese Daten wurden der Prüfung hinsichtlich anthropogener Einflüsse unterzogen. Zum Bearbeitungsstand des Zwischenberichtes befanden sich in der Projektdatenbank zu wenige Analysendaten für die Ableitung geogener Hintergrundwerte anhand statistischer Methoden. Bei der Erstellung der Hintergrundstudie für das Land Sachsen-Anhalt lagen Messdaten vor, die insbesondere im grenznahen Bereich zur Übertragung nach Thüringen genutzt werden könnten. Im Rahmen der weiteren Bearbeitung des Projektes wurde vereinbart, diese für die aktuelle Bearbeitung in Thüringen zu nutzen. In einer späteren Stufe sollen dann zusätzliche Datenerhebungen in Thüringen erfolgen um die Datendefizite zu beheben. Durch die C&E GmbH erfolgte eine Vorauswahl der geeigneten Messstellen in Sachsen-Anhalt welche unter Berücksichtigung vergleichbarer geologischer Verhältnisse aus dem Grenzbereich nach Thüringen übertragen werden können. Die Orientierung erfolgte dabei an den aggregierten Landschaften. Insgesamt wurden Daten von 76 Messstellen übertragen. Insgesamt wurden 134 Messstellen genutzt. Letztlich kamen in der statistischen Auswertung nur die Daten der Gesamtwasserphase zur Anwendung, weil es für die gelösten Konzentrationen im Freistaat Thüringen nur sehr wenige Werte gibt und die Werte von Sachsen-Anhalt teilweise größer sind als die Gesamtkonzentrationen.

Methodische Vorgehensweise

Die Anwendung von Perzentilen bei der Auswertung von Grundwasserdaten geht u. a. auf die Arbeit von SCHLEYER&KERNDORFF (1992) zurück. Hier wurden geogene Hintergrundkonzentrationen im Grundwasser anhand des 84.1%-Perzentils (Summe aus Mittelwert und Standardabweichung) berechnet. Zur Anwendung kamen Analysen von Grundwässern, die aufgrund ihrer Geschützttheit zur Trinkwassergewinnung dienen und keine wesentliche anthropogene Beeinflussung erfahren haben.

Oberflächengewässer sind im Gegensatz zu Grundwasser wenig gegen anthropogene Beeinflussung geschützt. Beeinflussungen haben bereits in der Vergangenheit in vielfacher Weise stattgefunden. Sollen geogene Hintergrundkonzentrationen für Fließgewässer ermittelt werden, besteht vor der statistischen Auswertung von Analysendaten die Notwendigkeit, anthropogen beeinflusste Konzentrationen soweit wie möglich vor der statistischen Auswertung auszuschließen.

Da die chemische Beschaffenheit nicht nur durch Punktquellen beeinflusst wird, deren Einfluss auf Messdaten i. d. R. gut berücksichtigt werden kann, sondern zusätzlich durch flächenhafte Stoffeinträge, besteht keine Möglichkeit, geogene Konzentrationen zu messen. Jeder gemessene Stoffgehalt setzt sich aus einem – nach Ausschluss der Beeinflussung durch Punktquellen – möglichst hohen geogenen Anteil und einem möglichst geringen anthropogenen Anteil zusammen.

Letzterer kann in einem zweiten Schritt der Eliminierung anthropogener Einflüsse durch die Anwendung von Perzentilen bei der statistischen Auswertung reduziert werden. Dabei trennt der Perzentilwert einen kleinen Teil der verbliebenen Daten, für den ein anthropogener Einfluss als wahrscheinlich angenommen wird, vom größeren restlichen Teil der verbliebenen Daten. Für letzteren wird nach dem Ausschluss der Beeinflussung durch Punktquellen und dem zusätzlichen rechnerischen Ausschluss ein Erwartungswert in Form eines Mittelwertes berechnet. Dieser beschreibt die mittlere geogene Hintergrundkonzentration.

Für die Fließgewässer im Freistaat Thüringen wurde folgende methodische Vorgehensweise angewandt:

1. Präselektion - Ausschluss anthropogen beeinflusster Mess- und Analysedaten auf der Grundlage von Informationen zu anthropogenen Beeinflussungen, i. d. R. zu Punktquellen durch Bergbau, Hüttenindustrie, Altlasten und Altstandorte, Einleiter und beeinflussender Landnutzung (Siedlung, Gewerbe, Industrie, Verkehr)
2. Berechnung des 84,1% und des 90%-Perzentils zur Trennung verbliebener anthropogen beeinflusster Stoffgehalte von der verbleibenden Datenbasis (nach Datenvorauswahl)
3. Anwendung der „aggregierten Fließgewässerlandschaften“ als Bewertungseinheit
4. Auswertung der „gesamt“ – Konzentrationen.

Ergebnisse

Die Zusammenfassung der Ergebnisse der statistischen Auswertung der zusammengeführten Datenbasis bezogen auf die aggregierten Landschaften für das 90% Perzentil ist nachfolgender Tabelle zu entnehmen. Kursiv dargestellt sind auffällige Ergebnisse, die auf das Vorhandensein von regional besonders erhöhten Stoffkonzentrationen

innerhalb der aggregierten Landschaften zurück zu führen sind, welche die statistischen Kennwerte beeinflussen.

In den Anlagen 4.6.1 und 4.6.2 ist das Ergebnis der Übertragung der Hintergrundwerte von den aggregierten Fließgewässerlandschaften auf die OWK dargestellt. Aufgrund der verfügbaren Datenlage war es nicht möglich, Hintergrundwerte für Schwebstoff-gebundene Schadstoffe abzuleiten.

Tabelle 10.2 Ergebnisse der statistischen Auswertung (90-Perzentil) der zusammengeführten Datenbasis bezogen auf die aggregierten Landschaften (Fe, Mn, Al, As, Ag, Ba, Co)

Parameter	Einheit	Karbonat- tisch- dolomitisch	metallogen	salinar	sandig- tonig	silikatisch	Moore
Cr-gesamt	µg/l	1,00	1,00	1,00	1,00	1,50	1,00
Cu-gesamt	µg/l	2,38	4,34	1,00	3,10	18,00	2,89
Ni-gesamt	µg/l	1,20	5,50	2,50	3,28	23,80	2,05
Pb-gesamt	µg/l	0,50	2,98	1,00	0,80	2,50	0,51
Cd-gesamt	µg/l	0,25	0,25	0,22	0,10	0,30	0,05
Zn-gesamt	µg/l	17,81	24,00	19,80	27,00	45,00	15,00
Hg-gesamt	µg/l	0,05	0,10	0,03	0,05	0,05	0,05
Fe-gesamt	mg/l	0,145	0,664	0,035	1,116	0,131	1,690
Mn-gesamt	mg/l	0,028	0,290	0,020	0,534	0,109	0,408
Al-gesamt	mg/l	0,424	0,229	0,084	0,116	0,300	0,074
As-gesamt	µg/l	0,50	1,60	7,66	26,20	2,50	2,49
Ag-gesamt	µg/l	0,05	0,05	0,10	0,05	0,73	0,16
Ba-gesamt	µg/l	100	75	110	33	240	178
Co-gesamt	µg/l	0,50	0,95	0,50	0,50	5,78	1,51
Mo-gesamt	µg/l	0,50	0,52	7,74	2,50	5,84	1,55
Sb-gesamt	µg/l	1,00	1,00	1,00	0,60	1,00	1,00
Se-gesamt	µg/l	1,00	0,50	2,36	0,48	1,40	1,45
Ti-gesamt	µg/l	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	12,60
Tl-gesamt	µg/l	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,025
U-gesamt	µg/l	7,10	0,30	4,10	20,00	3,60	0,62
V-gesamt	µg/l	5,00	5,00	0,50	4,10	5,95	0,50
Cl	mg/l	85	20	1126	137	28	65
SO4	mg/l	506	56	1360	619	82	150

Die auffälligen Ergebnisse der Metalloide sind auf das Vorhandensein von Schwerpunktgebieten mit erhöhten Stoffkonzentrationen zurück zu führen, welche die statistischen Kennwerte beeinflussen. Zur Verbesserung der Datengrundlage und besseren Abbildung von regionalen Besonderheiten werden in Thüringen fünf Schwerpunktgebiete ausgewiesen. In diesen Regionen und darin befindlichen Oberflächenwasserkörpern wurden in der Vergangenheit Überschreitungen von UQN registriert.

Weiteres Vorgehen und Ausblick

Die geochemischen Daten der Schwerpunktgebiete sind offensichtlich durch diese historische Überprägung nach wie vor beeinflusst, wobei der historischen bergbaulichen Überprägung in der Regel eine geogene (geologisch bedingte) Erhöhung der Stoffkon-



zentrationen zu Grunde liegt. Diese Gebiete sollen in der weiteren Bearbeitung einer detaillierten Untersuchung und Bewertung unterzogen werden. Hierfür ist die Realisierung eines entsprechenden Monitoringkonzeptes (Ergänzungsmessnetz) vorzusehen.

Zur Behebung der Defizite an belastbaren Messergebnissen und repräsentativen Messstellen wird ein ergänzendes Untersuchungsprogramm empfohlen. Hierfür sollten Probenahmen an repräsentativ ausgewählten Messstellen mit gleichzeitigen Durchflussmessungen erfolgen. Für die Bewertung ist außerdem die Kenntnis der meteorologischen Verhältnisse über den gesamten Untersuchungszeitraum erforderlich (Beschaffung und Auswertung der Wetterdaten). Für das Ergänzungsmessnetz werden für die Fragestellungen als repräsentativ angesehene Messstellen mit je einer Messstellenalternative vorgesehen, die im Fall von widrigen Umständen wie Nichterreichbarkeiten beprobt werden könnten.

Tabelle 10.3: Schwerpunktgebiete, Anzahl empfohlener Messstellen

Ge- biet	Bereich	OWK	Anzahl empfoh- le- ner Messstellen	Fläche [km ²]
SG1	Greiz / Gera	Aubach-Krebsbach, Pöltzschbach-Fuchsbach, Wipse-Gessenbach, Sprotte	7	273,28
SG2	Lehesten / Wurzbach / Leutenberg	Sormitz, Obere Loquitz, Untere Loquitz	6	313,87
SG3	Ilmenau	Obere Ilm	3	74,17
SG4	Sophienau	Obere Werra	2	43,46
SG5	Bad Liebenstein / Schmalkalden / Zella-Mehlis	Truse-Schweina, Schmal- kalde, Schwarza-Untere Hasel	12	462,61

Im Wesentlichen sollten die auszuwählenden ca. 30 Messstellen den folgenden Kriterien genügen:

- jeder Wasserkörper wird durch (mindestens) eine Messstelle repräsentiert, große Wasserkörper durch mehrere Messstellen.
- die Messstellen werden so gewählt, dass sie in Gebieten liegen, die für die vorherrschende geologische Einheit der Umgebung des Wasserkörpers repräsentativ sind.
- die Lage der Messstellen soll so gewählt sein, dass sie in Gebieten ohne anthropogenen Einfluss liegen, bevorzugt an Quellen und Oberläufen. Dies sollte durch die Analytik ausgewählter Hauptan- und Kationen untersucht werden.

Um belastbare Analysenergebnisse zu bekommen, die statistisch abgesichert sind, sollten mindestens sechs Einzelergebnisse pro Messstelle und Parameter angesetzt werden. Von Wasserkörpern mit weniger als 10 Daten ist keine Auswertung mittels Perzentilen möglich (SCHLEYER & KERNDORFF 1992).

Für die Schwerpunktgebiete sollte nach Vorliegen der entsprechenden Monitoringdaten im nächsten Schritt ein regional gültiger geogener Hintergrundwert losgelöst von der Betrachtungsebene der aggregierten Fließgewässerlandschaften abgeleitet werden.

11 Literatur

Bergmannsverein „Otto Ludwig Krug von Nidda“ e.V. Erfurt (2011): Internetpräsenz mit Informationen zum historischen und rezenten Bergbau in Thüringen (www.bergmannsverein-erfurt.de, abgerufen am 30.11.2011)

BIRKE, M., RAUCH, U., RASCHKA, H. (2008): Geochemischer Atlas von Deutschland. Berichte der Geologischen Bundesanstalt, Band 77 (2008), S. 13-15

BIRKE, M., RAUCH, U., RASCHKA, H., WEHNER, H., KRINGEL, R., GÄBLER, H.-E., KRIETE, C., SIEWERS, U., KANTOR, W. (2006): Geochemischer Atlas Bundesrepublik Deutschland. Verteilung anorganischer und organischer Parameter in Oberflächenwässern und Bachsedimenten. BGR Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover, Berlin 2006. 594 S.

BIRKE, M., RAUCH, U. (1995): Regionale geochemische Antimonprospektion im Ostteil des Thüringisch-Vogtländischen Schiefergebirges. BGR, Hannover (unveröff.). Zitiert in: BIRKE et al. (2006)

BRIEM, E. (2003): Gewässerlandschaften der Bundesrepublik Deutschland. – Mappe mit Textband, Steckbriefe, Kurzfassung, 4 Karten. ATV-DVWK Arbeitsbericht, Hennef

C&E Consulting und Engineering GmbH (2010): Ermittlung geogener Hintergrundbelastungen durch Schwermetalle in Oberflächengewässern des Landes Sachsen-Anhalt. Im Auftrag des Landesbetriebes für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt. Chemnitz, 2010

DEHNER, U. (2000): Ermittlung geogener Hintergrundwerte umweltrelevanter Spurenelemente im Flussgebiet der unteren Saale auf der Basis stratigraphisch bodenkundlich orientierter Untersuchungen. – Hallesches Jahrbuch für Geowissenschaften, Reihe B: Geologie, Paläontologie, Mineralogie, Beiheft 11, Halle (Saale).

FAUTH, H., HINDEL, R., SIEWERS, U., ZINNER, J. (1985): Geochemischer Atlas der Bundesrepublik Deutschland. Schweizerbart, Stuttgart

Forschungszentrum Karlsruhe, Technik und Umwelt (2000): Die Belastung der Elbe - Teil 2: Hintergrundbelastungen der deutschen Nebenflüsse. Forschungszentrum Karlsruhe GmbH, Karlsruhe, 2000, 192 S.

GREIF, A. & KLEMM, W. (2005): Abschlussbericht zum Forschungs- und Entwicklungsvorhaben „Ableitung von Referenzwerten geogener Hintergrundbelastungen für Schwermetalle in der Wasserphase sowie im schwebstoffbürtigen Sediment sächsischer Fließgewässer“. – TU Bergakademie Freiberg, Institut für Mineralogie; Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie.

HANISCH, C.; ZERLING, L.; JUNGE, F.W. & CZEGKA, W. (2005): Verlagerung, Verdünnung und Austrag von schwermetallbelasteten Flusssedimenten im Einzugsgebiet der Saale – Ein Beitrag zur Abwägung von Gefährdungspotential und Selbstreinigungsvermögen unserer Fließgewässer. - Abhandlungen der Sächsischen Akademie der Wissenschaften zu Leipzig, Mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse, Band 64, Heft 1, Leipzig.

HELLMANN, H. (1999): Qualitative Hydrologie – Wasserbeschaffenheit und Stoffflüsse. – Band 2. – Berlin, Stuttgart.

KUNKEL, R.; VOIGT, H.-J.; WENDLAND, F.; HANNAPPEL, S. (2004): Die natürliche, ubiquitär überprägte Grundwasserbeschaffenheit in Deutschland. – Schriften des Forschungszentrums Jülich (Hrsg.), Reihe Umwelt, Band 47, Jülich.

LANUV Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (2011): Natürliche Hintergrundbelastung von Oberflächengewässern in Nordrhein-Westfalen mit Schwermetallen. Erstellt von C&E Consulting und Engineering GmbH, Chemnitz, Januar 2011

LAWA Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (2003): Abschließende Arbeiten zur Fließgewässertypisierung entsprechend den Anforderungen der EU-WRRL. Endbericht, Essen, 2004. 17 S.

LHW (2010): Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft des Landes Sachsen-Anhalt, C&E GmbH, IFUA GmbH - Ermittlung geogener Hintergrundbelastungen durch Schwermetalle in Oberflächengewässern des Landes Sachsen-Anhalt. Bitterfeld/Chemnitz, Januar 2010

LUA BB (1996): Basisbericht zur Grundwassergüte des Landes Brandenburg. – Fachbeiträge des Landesumweltamtes Brandenburg, Titelreihe Nr. 15, Hrsg.: Landesumweltamt Brandenburg (LUA), Potsdam

MATSCHULLAT, J., HEINRICHS, H., SCHNEIDER, J., ULRICH, B. (Hrsg., 1994): Gefahr für Ökosysteme und Wasserqualität. Ergebnisse interdisziplinärer Forschung im Harz. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1994

MÜLLER, G. (1979): Schwermetalle in den Sedimenten des Rheins – Veränderungen seit 1971. – In: Umschau, 79, S.778-789

MÜLLER, A.; ZERLING, L.; HANISCH, C. (2003): Geogene Schwermetallgehalte in Auen-sedimenten und –böden des Einzugsgebiets des Saale – Ein Beitrag zur ökologischen Bewertung von Schwermetallbelastungen in Gewässersystemen. – Abhandlungen der Sächsischen Akademie der Wissenschaften zu Leipzig, Mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse, Band 59, Heft 6, Leipzig.



MÜLLER, A.; HANISCH, C.; ZERLING, L.; LOHSE, M. & WALTHER, A. (1998): Schwermetalle im Gewässersystem der Weißen Elster – Natürliche und anthropogene Elementverteilung im Sediment, im Schwebstoff und in der gelösten Phase. - Abhandlungen der Sächsischen Akademie der Wissenschaften zu Leipzig, Mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse, Band 58, Heft 6, Leipzig.

PRANGE, A., et al. (1997): Abschlussbericht zum BMBF-Forschungsvorhaben „Erfassung und Beurteilung der Belastung der Elbe mit Schadstoffen“. Teilprojekt 2: Schwermetalle – Schwermetallspezies. Band 1: Zusammenfassende Aus- und Bewertung der Längsprofiluntersuchungen in der Elbe. – GKSS Forschungszentrum, Geesthacht.

RENTZSCH, J., BIRKE, M., RAUCH, U. (1990): Zusammenfassende Auswertung der geochemischen Prospektion. In: RÖLLIG, G. u. a.: Vergleichende Bewertung der Rohstoffführung in den Grundgebirgseinheiten im Südteil der DDR. Zentrales Geologisches Institut, Berlin.

RENTZSCH, J., BIRKE, M., SCHULZE, W., PILLATZKE, L., MÜLLER, H., EICHBERG, M., WAGENKNECHT, R. (1984): Regionale geochemische Prospektion Harz. Zentrales Geologisches Institut, Berlin.

RENTZSCH, J., SCHULZE, W., BIRKE, M., SCHREITER, E., WAGENKNECHT, R. (1987): Regionale geochemische Prospektion Thüringisch-Vogtländisches Schiefergebirge. Zentrales Geologisches Institut, Berlin (unveröff.)

RÖLLIG, G. et al. (1990): Vergleichende Bewertung der Rohstoffführung in den Grundgebirgseinheiten im Südteil der DDR. Zentrales Geologisches Institut, Berlin. Bericht.

RÖSLER, H. J. & LANGE, H. (1965): Geochemische Tabellen. – Dt. Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig

RÖSLER, H. J. & LANGE, H. (1975): Geochemische Tabellen. 2. stark überarbeitete und erweiterte Auflage. – Dt. Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig

SCHLEYER, R. & KERNDORFF, H. (1992): Die Grundwasserqualität westdeutscher Trinkwasserressourcen – Eine Bestandsaufnahme für den vorbeugenden Grundwasserschutz sowie zur Erkennung von Grundwasserverunreinigungen. – Weinheim.

SCHNEIDER, P., NEITZEL, P. L., SCHAFFRATH, M., SCHLUMPRECHT, H. (2003): Leitbildorientierte physikalisch-chemische Gewässerbewertung – Referenzbedingungen und Qualitätsziele. UBA Texte 15/03, Forschungsbericht 200 24 226, Umweltbundesamt (Hrsg.), Berlin.

SCHRAMM, H., POHL, A., WUNDERLICH, R., BISCHOFF, R. (1997): Atlas der Schwermetallgehalte Thüringer Böden 1:400000. Hintergrundwerte für Schwermetalle und Arsen in Oberböden und bodenbildenden Substraten typischer Bodengesellschaften. Thüringer Landesanstalt für Geologie, Weimar, S. 58. Zitiert in: BIRKE et al. (2006)



SCHULZE, W., RENTZSCH, J., WAGENKNECHT, R. (1986): Regionale geochemische Prospektion Thüringer Wald. Zentrales Geologisches Institut, Berlin 1986

SÜß, A. (2009): Testung verschiedener methodischer Ansätze zur Ermittlung geogener Hintergrundwerte für Schwermetallgehalte in den Fließgewässern Sachsen-Anhalts. Unveröffentlichte Diplomarbeit, Chemnitz / Zittau

TMLFUN Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Forsten, Umwelt und Naturschutz (2011): Waldzustandsbericht 2011. Erfurt, Oktober 2011

TUREKIAN, K.K. & WEDEPOHL K.H. (1961): Distribution of the elements in some major units of the Earth's crust. – In: Geological Society of America Bulletin, Vol. 72, p. 175-192

UMWELTBUNDESAMT UBA (2012): Interaktiver Kartendienst: Luftverschmutzung in Deutschland 2001-2010. <http://www.umweltbundesamt.de> (abgerufen am 20.01.2012)