

# Bestandsaufnahme und bilanztechnische Abschätzung Wipper

**Abschlussdokumentation** 

9. Dezember 2015



# **Bearbeitung**

Titel Bestandsaufnahme und bilanztechnische Abschätzung Wipper

Auftraggeber Landesbetrieb für Hochwasserschutz und

Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt

Projektleiter Patrick Jacobs

Autor(en) Patrick Jacobs, Kai Diesner und Marcel Görmer

Projektnummer 1231950

Anzahl der Seiten 189 (ohne Anlagen)
Datum 09. Dezember 2015

Unterschrift

Tauw GmbH Michaelkirchstraße 17/18 10179 Berlin Telefon +49 30 28 51 83 0 Faxnr. +49 30 28 51 83 11

Alle Rechte vorbehalten. Veröffentlichungen und Weitergabe an Dritte sind nur in vollständiger, ungekürzter Form zulässig. Veröffentlichung oder Verbreitung von Auszügen, Zusammenfassungen, Wertungen oder sonstigen Bearbeitungen und Umgestaltungen, insbesondere zu Werbezwecken, nur mit vorheriger schriftlicher Zustimmung der Tauw GmbH.



# Inhaltsverzeichnis

Bearbeitung3				
1	Einleitung	9		
2	Methodischer Ansatz	11		
2.1	Schema 1: Bestandsaufnahme bis Definition von Bilanzräumen	11		
2.1.1	Quellenspezifische Analyse	11		
2.1.2	Gewässerbezogene Analyse	13		
2.2	Schema 2: Bilanzraumspezifische Detailbetrachtung	16		
3	Bestandsaufnahme	19		
3.1	Hydrodynamik	19		
3.2	Sedimentdynamik	25		
3.3	Belastungssituation Metalle	30		
3.4	Quellenspezifische Analyse bezüglich der Metalle	57		
3.4.1	Einträge aus bergbaulichen Nutzungen (Halden, Stollen, ehemalige Hüttenstando	rte) 57		
3.4.2	Einträge aus anderen Quellen (Industrie, Klärwerke, Agrarflächen etc.)	73		
3.5	Belastungssituation und Schadstoffquellen im Einzugsgebiet Wipper bezüglich de	s		
	Halbmetalls Selen	91		
4	Zusammenfassende Darstellung der aktuellen Belastungs- und			
	Eintragssituation	95		
4.1	Potentielle Eintragsquellen	95		
4.2	Vergleichende Betrachtung von potentiellen Eintragsquellen und Belastungssituat	ion		
	der Wipper	97		
5	Unterteilung der Wipper in geeignete Bilanzräume	103		
6	Projektspezifische Bilanzierung	106		
6.1	Quellenspezifische Betrachtung Kupfer und Zink	106		
6.1.1	Stollen	106		
6.1.2	Halden	111		
6.1.3	Altstandorte	116		
6.1.4	Einleiter	117		
6.1.5	Diffuser Eintrag	120		
6.1.6	Deponien	123		

6.1.7	Zuflüsse	126
6.2	Bilanzraumspezifische Detailanalyse Kupfer und Zink	128
6.2.1	Bilanzraum (1): Oberlauf vom Quellbereich bis Wippra	129
6.2.2	Bilanzraum (2): Wippra bis Leimbach	133
6.2.3	Bilanzraum (3): Leimbach bis Wiederstedt	137
6.2.4	Bilanzraum (4): Wiederstedt bis Mehringen	143
6.2.5	Bilanzraum (5): Mehringen bis Mündung (Aderstedt)	147
6.3	Detailanalyse der Schwebstoffsituation	152
7	Zusammenfassung und Priorisierung von Schadstoffquellen	158
7.1	Quellen-Priorisierung für Kupfer	158
7.2	Quellen-Priorisierung für Zink	161
7.3	Vergleich mit bundesdeutscher Situation	164
8	Abschließende Defizitanalyse	167
9	Ableitung eines Untersuchungskonzeptes	171
9.1	Erforderliche Untersuchungen	171
9.1.1	Untersuchungen zur Gewässerbilanz	171
9.1.2	Untersuchungen zur weiteren Quellenidentifizierung/-quantifizierung	178
9.1.3	Untersuchungen zum Transportgeschehen	178
9.2	Ergänzende Untersuchungen (optional)	179
9.3	Zeitplan	180
9.4	Kostenschätzung	181
LITERA	ATUR	186





## 1 Einleitung

Mit Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie (2000/60/EG) in nationales Recht geht die Pflicht zur Erreichung des mindestens guten ökologischen Zustands der Oberflächengewässer in der Bundesrepublik bis spätestens 2027 einher (UBA 2015). Wie die aktuelle Situation zeigt, besteht bis zur Umsetzung dieses Ziels noch ein hoher Handlungsbedarf. So konnte beispielsweise für die Elbe abschnittsweise nur ein unbefriedigender Zustand festgestellt werden (UBA 2015). Im Ergebnis des Sedimentmanagementkonzepts der FGG/IKSE wurde festgestellt, dass diese insbesondere durch die Saale stark mit Schadstoffen befrachtet wird. Unter anderem über die Wipper, welche als wichtiges Nebengewässer der Saale Gegenstand der vorliegenden Untersuchung ist, werden dieser nachweislich Schadstoffe in gelöster oder partikulär gebundener Form zugeführt. Es handelt sich hierbei insbesondere um die Schwermetalle Kupfer und Zink, aber auch um das Halbmetall Selen. Durch eine systematische Gewässeranalyse, welche einerseits die Auswertung von Gewässermonitoring-Daten, andererseits die Erfassung und bilanztechnische Abschätzung von potentiellen Eintragsquellen umfasst, sollen Eintrags-Schwerpunkte erkannt und folglich Angriffspunkte für wirkungsvolle Maßnahmen zur nachhaltigen Verbesserung der Gewässerqualität priorisiert werden. Bei dem hier vorliegenden Dokument handelt es sich um den Abschlussbericht zum Projekt Maßnahmen im 2. Bewirtschaftungszeitraum WRRL Schadstoff-/Sedimentmanagementkonzept ST: Nebengewässer Wipper, Gewässersystemanalyse / Schadstoffquellen (15/S/0529/HAL).

Neben der Schlenze und Böse Sieben/Salza entwässert die Wipper das ehemalige Kupferbergbaugebiet Mansfelder Mulde. Relikte dieses mehrere Jahrhunderte andauernden Bergbaus prägen auch heute noch das hydrologische (z.B. durch lange Stollensysteme zur Entwässerung ehemaliger Grubengänge) und morphologische (z.B. durch Halden mit Bergematerial oder Reststoffen aus dem Verhüttungsbetrieb) Bild im Untersuchungsgebiet. Auch wenn ein Haupteintrag über diese Überreste des Bergbaus zu erwarten ist, herrscht weitgehend Unklarheit darüber, welche Quellen für die Befrachtung prioritär und welche von untergeordneter Bedeutung sind. Weiterhin können sich auch aus der heutigen Gewässernutzung heraus (bspw. durch die ortsansässige, metallverarbeitende Industrie) potentielle Schadstoffquellen ergeben, die in nicht unerheblichem Maß zur Gewässerbelastung beitragen könnten. Eine systematische Analyse des Fließgewässers Wipper, die Gegenstand der beauftragten Leistung ist, soll hierüber Aufschluss geben.

Zunächst wird eine generalisierte Methode zur Herangehensweise an die sediment- und schadstoffspezifische Gewässeranalyse und die bilanztechnischen Abschätzungen vorgestellt. Hierfür wurde ein durch die Tauw GmbH eigens im Zuge dieses Projektes entwickeltes, zweiteiliges Schema erarbeitet. Auf Grundlage dieser Methode wird daraufhin, ausgehend von verfügbaren Monitoring-Daten, zunächst eine gewässer- und quellenspezifische Analyse vorgenommen. Im Rahmen der gewässerspezifischen Analyse wird die Wipper in ihrem Verlauf hinsichtlich einer Belastung mit den Schadstoffen Kupfer, Zink und Selen charakterisiert. Hierbei werden ebenso wesentliche Charakteristika der Hydro- und Sedimentdynamik herausgearbeitet, da diesbezügliche Kenntnisse für ein tiefergehendes Verständnis der Schadstoffsituation entscheidend sind. Neben der Befrachtung des Wassers (gelöst und gebunden an Schwebstoffe) sollen auch die Schadstoffinventare in Altsedimenten abgeschätzt und bezüglich ihrer Bedeutung für den Schadstofftransport/-austrag bewertet werden. Nachdem sich hierdurch ein erstes Bild über Abschnitte mit hohem oder geringem Schadstoffeintrag abzeichnet, sollen im Zuge der quellenspezifischen Analyse potentielle Eintragsquellen identifiziert, lokalisiert und zunächst in einem qualitativen Abgleich mit der Belastungssituation in Beziehung gesetzt werden. Hervorgehend aus der zusammenfassenden Darstellung der Belastungs- und Eintragssituation soll die Wipper schließlich in relevante Bilanzräume unterteilt werden, welche als Grundlage für die im Rahmen des zweiten Teils zu erfolgende bilanztechnische Detail-Abschätzung, Priorisierung von Eintragsquellen und Ableitung eines geeigneten Untersuchungs-/ Sanierungskonzeptes dienen soll. Da alle Arbeitsschritte, abgesehen von zwei Begehungen, nur auf der Auswertung von Bestandsdaten aus verschiedenen Quellen beruhen, war das Auftreten von Kenntnisdefiziten vorhergesehen worden, die einer abschließenden und detaillierten Bewertung entgegenstehen würden. Entsprechend wurden diese Defizite im Rahmen der Projektbearbeitung analysiert und in diesem Bericht zusammengestellt. Zur Behebung der Kenntnisdefizite wurde ein Untersuchungskonzept erarbeitet.



### 2 Methodischer Ansatz

Den spezifischen Betrachtungen zum Fließgewässer Wipper werden zunächst Erklärungen zur allgemeinen Vorgehensweise der Gewässersystemanalyse vorangestellt. Hierzu wurde ein durch die Tauw GmbH entwickeltes Schema verwendet, das einen allgemein anwendbaren Ansatz zur Systemanalyse von Oberflächengewässern umfasst. Das Schema besteht aus zwei Teilen, wobei Schema 1 (Anlage 1) die Vorgehensweise bis zur Festlegung der Bilanzräume beschreibt. Die darauf aufbauende bilanzraumspezifische Detailanalyse wird anhand von Schema 2 (Anlage 2) dargestellt. Die jeweiligen methodischen Schritte werden in den folgenden Unterkapiteln beschrieben.

### 2.1 Schema 1: Bestandsaufnahme bis Definition von Bilanzräumen

Bevor mit der eigentlichen bilanztechnischen Analyse begonnen werden kann, sind zunächst alle verfügbaren, dokumentierten Daten zu recherchieren und zu sichten, welche hinsichtlich der Projekt-Zielstellung von Bedeutung sind. Dies umfasst insbesondere Monitoring-Ergebnisse im Gewässerverlauf, allgemeine (z.B. für Analogieschlüsse) und regionale Literatur mit Bezug zum Untersuchungsgebiet oder zu vergleichbaren Standorten, Kartenwerke zur visuellen Sichtung markanter Gewässerbereiche/Auffälligkeiten in der Gewässerstruktur/-morphologie etc. Erfahrungsgemäß lässt die Analyse der Bestandsunterlagen allein keine vollständigen Aussagen zur gegenwärtigen Bedeutsamkeit aller relevanten Quellen zu. Daher ist eine Inaugenscheinnahme markanter Abschnitte (Identifizierung über vorherige Sichtung der Bestandsunterlagen sowie Kartenwerke) vor Ort erforderlich. Weiterhin kann nur durch eine Besichtigung ein genaueres Bild über die Gewässerdynamik, den Schwebstofftransport, bevorzugte Sedimentationsbereiche usw. sowie den aktuellen Zustand der Quellen gewonnen werden.

Aufbauend auf diesen Erkenntnissen ist einerseits eine quellenspezifische, andererseits eine gewässerbezogene Analyse durchzuführen, auf deren Basis eine Definition der Bilanzräume vorzunehmen ist, in deren Verlauf jedoch bereits schon ein Ausschluss sowie eine erste Priorisierung potentieller Schadstoffquellen erfolgt.

### 2.1.1 Quellenspezifische Analyse

Für die quellenspezifische Analyse sind verschiedene Typen an Quellen zu berücksichtigen. Dabei kann sich am Vorschlag des Umweltbundesamtes (UBA 2010) orientiert werden (Abbildung 2.1). Demnach lassen sich folgende Arten von Quellen unterscheiden, deren Systemrelevanz jeweils zunächst in genereller Weise schrittweise zu prüfen ist:

- Direkteinleitungen mit Unterteilung in kommunales Abwasser (Mischwasser, Regenwasser, Zuleitung kommunaler Kläranlagen), Industrieabwasser, sofern relevante Industrie mit Bezug zu untersuchten Schadstoffen im UG ansässig sowie privates (geklärtes sowie ungeklärtes) Abwasser,
- Bergbau mit ggf. weiterer Unterteilung in Stollen-/Schachtsysteme, Halden und sonstige, in Zusammenhang zum Bergbau stehende Altstandorte oder Altablagerungen,
- diffuse Einträge aus landwirtschaftlich genutzten Flächen sowie sonstigen, unbefestigten Arealen,
- sonstige Quellen, wie geogene Einträge, atmosphärische Verlagerung, weitere (Bergbauunabhängige) Altstandorte/Altablagerungen oder Verdachtsflächen, Dränagewasser etc.

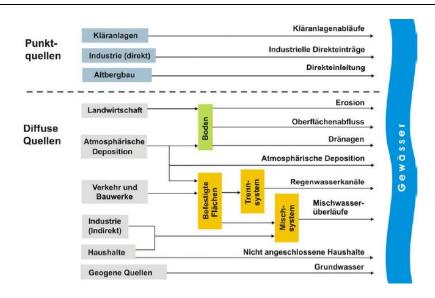


Abbildung 2.1 Potentielle punktuelle und diffuse Schadstoffquellen auf ein Fließgewässer nach UBA (2010)

Bei der individuellen Prüfung der genannten Quellen ist schrittweise vorzugehen. Wird ein Quellentyp als nicht relevant für den Untersuchungsraum bewertet und somit für eine weitere Analyse ausgeschlossen (z.B. keine gegenwärtigen oder früheren Bergbauaktivitäten im UG), kann unmittelbar zur Prüfung des nächsten Quellentyps übergegangen werden. Sofern jedoch eine potentielle Bedeutsamkeit erkannt wird ist zunächst zu prüfen, ob die verfügbaren Daten ausreichend sind um eine Frachtabschätzung zu ermöglichen. Wird dies verneint, sind Defizite herauszuarbeiten und auf dieser Basis tiefergehende Recherchen durchzuführen. Sollte sich herausstellen, dass keine Daten vorhanden sind um die Defizite zu beheben, werden zusätzliche Untersuchungen erforderlich. Je nach Art des Untersuchungsgebietes sind die durch UBA (2010)



erwähnten Quelltypen ggf. näher zu differenzieren (z.B. Differenzierung des Quelltyps "Altbergbau" in Stollen, Halden, Althütten etc.), um genauere Aussagen zu ermöglichen. Ist die Quellenerfassung abgeschlossen, sind überschlägig die jeweiligen Frachten abzuschätzen. Es bietet sich an, bereits an diesem Punkt eine Bezugseinheit für alle nachfolgenden Berechnungen zu definieren. Dies kann beispielsweise die jährlich gemittelte Tagesfracht [kg/d] sein. Insbesondere über Analogiebezüge zu vergleichbaren Standorten, aber auch im Abgleich mit den Ergebnissen der gewässerbezogenen Analyse ist die Plausibilität der abgeschätzten Frachten zu prüfen. Ergeben sich auffällige Diskrepanzen, ist die Datenlage erneut zu prüfen und es sind agf. tiefergehende Untersuchungen durchzuführen. Sofern eine direkte Abschätzung der in das Gewässer vermittelten Fracht nicht möglich ist (z.B. bei diffusen Quellen), sollte eine indirekte Abschätzung über das Frachtpotential (Schadstoffinventar) und dessen Mobilisierbarkeit erfolgen. Während das Inventar nur über spezifische Messungen bewertet werden kann, verlangt die Einschätzung zur Mobilisierbarkeit neben standortspezifischen Kenntnissen (z.B. Versiegelungsgrad, Hangneigung, klimatische Bedingungen etc.), insbesondere fachliches Know-how zum Schadstoffverhalten. Als besonders schwierig stellt sich die getrennte Erfassung des Eintrages gelöster und partikulär gebundener Schadstoffe heraus. So ist insbesondere die Verfrachtung von mobilisierbaren Partikeln spezifisch nur durch konkrete, häufig aufwändige Messungen möglich (z.B. Menge an belastetem, mobilisierbarem Feinmaterial, das von Halden in das Gewässer gelangt). Erforderlich ist diese Zuordnung gelöst / partikulär in erster Linie bezüglich der Konzentrationen mit Bezug zu den geltenden schwebstoffbezogenen Umweltqualitätsnormen. Dennoch kann auch mit dieser Kenntnis nicht abschließend bewertet werden, wie sich das Abschalten der jeweiligen Quelle auf die gelöste oder partikulär gebundene Fracht stromabwärts auswirkt, da die eingetragenen Schadstoffe in komplexer Weise mit den von oberhalb antransportierten partikulären und gelösten Stoffen interagieren. Da hinsichtlich der Gewässeranalyse letztlich Gesamtfrachten entscheidend sind, ist die getrennte Erfassung nach partikulären und gelösten Einträgen bzw. Frachten folglich in der Regel nicht zweckdienlich.

Für eine Bewertung, ob der Beitrag einzelner Quelltypen relevant für die Befrachtung des Fließgewässers ist, wird sich an der Vorgehensweise der Flussgebietsgemeinschaft Elbe orientiert (FGG 2013). Generell ist hierbei zu prüfen, ob die jeweils geschätzten Frachten bzw. Frachtpotentiale der identifizierten Quellen 10% der Gewässer-Gesamtfracht überschreiten. Wurde ein signifikanter Beitrag festgestellt (Fracht/Frachtpotential >10% der Gesamtfracht), so ist eine Berücksichtigung dieser Quellen bei der bilanzraumspezifischen Betrachtung erforderlich. Die Standorte der relevanten Quellen sind bei der Festlegung der Bilanzraumgrenzen zu berücksichtigen.

### 2.1.2 Gewässerbezogene Analyse

Die gewässerbezogene Analyse beginnt zunächst mit der Erfassung der gewässerspezifischen Hydro- und Sedimentdynamik. Hierbei ist das Gewässer in seinen Eigenschaften repräsentativ

und spezifisch abzubilden. Dabei reicht es nicht aus, lediglich Daten aus eng begrenzten Zeiträumen (z.B. einem Monat) auszuwerten. Vielmehr ist zunächst das Abflussregime in zeitlich sowie räumlich möglichst hoher Auflösung über repräsentative Zeiträume zu erfassen, welche auch für die anschließende Fracht- und Schwebstoffcharakterisierung genutzt werden können. Es ist darauf zu achten, dass dabei auch die aktuelle Situation abgebildet wird. Darauf aufbauend sind geeignete Pegel zu identifizieren, über welche der gesamte Gewässerverlauf hinsichtlich Datendichte und Datenaktualität repräsentativ charakterisiert werden kann. In diesem Zusammenhang sind auch die eintretenden Nebengewässer lagespezifisch zu erfassen und anhand ihrer Abflusshöhen zu priorisieren. Dies kann bei der späteren Frachtbilanzierung hilfreich sein.

Ähnlich zur Hydrodynamik ist bei der Analyse der Sedimentdynamik vorzugehen, wobei hier neben der repräsentativ zeitlich und räumlich aufgelösten Entwicklung der Schwebstoffkonzentration auch die Schwebstofffracht ermittelt werden sollte. Einerseits lassen sich so generelle Kenntnisse zur Dynamik der transportierten Sedimentfracht im Gewässer gewinnen. Anderseits können Abschnitte mit besonders hoher Schwebstoff-Auffrachtung identifiziert werden. Sollte sich herausstellen, dass die verfügbaren Daten zur repräsentativen Bewertung der Hydro- und Sedimentbewertung nicht ausreichen, sind ggf. Messprogramme abzuleiten, um die entsprechenden Defizite zu beheben.

Nach diesen Schritten kann mit der messstellenbezogenen Frachtberechnung fortgefahren werden. Hierfür sind zeitgleich erfasste Daten zur Schadstoffkonzentration im Wasser und zum Abfluss erforderlich. Prinzipiell sollten für alle Pegel Frachtberechnungen durchgeführt werden, um ein räumlich hoch aufgelöstes Bild von der Schadstoffsituation im Fließgewässer zu erhalten. Erfahrungsgemäß liegen jedoch nicht für alle Pegel auch ausreichende Daten für die Frachtermittlung vor. In diesem Fall sollten die Pegel so gewählt werden, dass diese den Untersuchungsbereich in repräsentativer Weise abbilden. Je nach Schadstoff und Datenlage, kann sich die berechnete Fracht auf (a) die gelöste, (b) die partikuläre oder (c) die gesamte Fracht beziehen. Aus unserer Sicht ist in den meisten Fällen (insbesondere bei Schwermetallen) die Betrachtung von Gesamtfrachten aussagekräftiger, da diese unabhängig von ggf. kleinräumig auftretenden Änderungen der Bindungsform ist. Bei manchen organischen Schadstoffen hingegen ist der Gelöst-Transport ohnehin unbedeutend und die Nachweismöglichkeit im Wasser gering (FGG 2013). Für die Berechnung der Gesamtfracht, sind die Konzentrationswerte zu verwenden, welche an den unfiltrierten Wasserproben (Gesamtwasserproben) bestimmt wurden. Im Falle der Bestimmung der schwebstoffgebundenen Fracht, sind die entsprechenden Analysenwerte mit den Schwebstofffrachten zu verrechnen. Im Zuge dieser Untersuchung wurde eine Auswertung anhand von Gesamtfrachten vorgenommen (Begründung siehe Kapitel 2.1.1).

Mit Bezug zur Sedimentdynamik sind weiterhin die im Gewässerschlauch vorhandenen Sedimentdepots bedeutend. In diesem Zusammenhang sind einerseits deren Volumina und



Schadstoffinventare, andererseits deren Mobilität bzw. Mobilisierbarkeit zu bestimmen resp. zu bewerten. Ersteres verlangt die Analyse von Daten durchgeführter Peilstangensondierungen und teufenorientierter Schadstoffanalysen. Sollten diesbezüglich aktuelle Daten fehlen, sind Untersuchungsprogramme zu planen und durchzuführen. Die Identifizierung bevorzugter Sedimentationsbereiche ist durch visuelle Analyse von Luftbildern und durch Inaugenscheinnahme der Bedingungen vor Ort durchzuführen. Augenmerk ist hierbei auf natürliche und künstlich geschaffene Stillwasserzonen zu legen. Erstere treten zum Beispiel im Mündungsbereich auf, in denen die Fließgeschwindigkeit oftmals stark reduziert wird. Letztere sind insbesondere oberhalb von Stauanlagen oder zwischen Buhnen anzutreffen. Zur Abschätzung der Mobilisierbarkeit dienen Erkenntnisse vorangegangener Untersuchungen im Analogieschluss (z.B. Universität Stuttgart 2014), eine Berücksichtigung der hydro- und sedimentdynamischen Gewässeranalyse oder auch gewässerspezifische Untersuchungen anhand von Sedimentkästen (siehe bspw. Spittelwasserstudie Tauw GmbH 2013). Es sei allerdings erwähnt, dass die Berechnung der Inventare mit hohen Fehlern behaftet sein kann. So beruht die Volumenbestimmung auf einer Hochrechnung punktuell aufgenommener Mächtigkeiten und oftmals geschätzten Längen und Breiten des Depots. Da weiterhin Schadstoffanalysen in der Regel an der Feinkornfraktion < 63 µm durchgeführt werden, wird bei einer Hochrechnung der Schadstoffgehalte auf die Gesamtfraktion das Inventar ggf. überschätzt. Unterschiede in Konsolidierung und Dichte können bei der Hochrechnung ebenfalls nur bedingt berücksichtigt werden.

Neben den Sedimentdepots gilt es weiterhin, auch markante Nebenstrukturen, wie Überflutungsflächen oder Alt-/Seitenarme zu erfassen und zu bewerten. Diese können als dauerhafte Sedimentfallen (herabgesetzte Fließgeschwindigkeit führt bei Überflutung zur Sedimentation antransportierter Schwebstoffe), aber auch, insbesondere im Fall ausgeprägter Hochwässer, als Belastungsquellen auftreten (FGG Elbe 2013). So können im Fall von Hochwasser nicht unerhebliche Sedimentmengen mobilisiert werden. Analog zu den Sedimentdepots ist zunächst die generelle Systemrelevanz zu prüfen. Dies bezieht sich auch auf eine Bewertung der Mobilisierbarkeit. Bezüglich der Inventarabschätzung ergeben sich prinzipiell dieselben Fehlerquellen wie bei der Inventarbestimmung der Sedimentdepots.

Die strukturspezifischen Inventare sind, wie auch die Quellen, hinsichtlich ihrer Bedeutsamkeit für das Frachtgeschehen im Fließgewässer zu bewerten. Auch hier ist wiederum Bezug auf den Gesamtaustrag zu nehmen. Diesbezüglich bietet sich beispielsweise an, die über ein Jahr theoretisch mobilisierbare Gesamtschadstoffmenge zu betrachten und mit der im selben Zeitraum im Gewässer transportierten Gesamtmenge in Beziehung zu setzen. Ist das geschätzte, innerhalb eines Jahres mobilisierbare Inventar spezifischer Strukturen geringer als 10% des mittleren, jährlichen Gesamtaustrages aus dem Gewässer, so ist die Bedeutung als vernachlässigbar einzuschätzen. Anderenfalls ist eine Berücksichtigung bei der Bilanzraumfestlegung und Detailbetrachtung erforderlich.

Anhand der messstellenbezogenen Frachten können, im Abgleich mit der Lage und abgeschätzten Bedeutsamkeit quellenspezifischer Einträge, nun die Bilanzräume definiert werden. Dabei werden die Grenzen eines jeweiligen Bezugsraums (Input, Output) durch die Lage von repräsentativen Gewässer-Messstellen definiert. Nur so lassen sich Input und Output genau quantifizieren und die Auffrachtung / Entfrachtung im Bilanzraum bestimmen. Mit der Festlegung der Bilanzräume ist der erste Untersuchungsteil abgeschlossen.

### 2.2 Schema 2: Bilanzraumspezifische Detailbetrachtung

Aufbauend auf der Einteilung der Bilanzräume kann mit der bilanzraumbezogenen Detailbetrachtung begonnen werden. Die Bilanzräume werden hierbei als "black boxes" betrachtet. Nachfolgend wird diesbezüglich das generelle Vorgehen der bilanztechnischen Abschätzungen erläutert. Während in diesem Abschnitt die Vorstellung des allgemeinen methodischen Ansatzes erfolgt, wird die individuelle, projektspezifische Vorgehensweise zur Frachtberechnung und Fehleranalyse ausführlich im Zuge der quellenspezifischen Betrachtung (Kapitel 6.1) beschrieben.

Zunächst ist, wie in Schema 2 (Anlage 2) als erster Schritt aufgeführt, über Differenzbildung von Fracht-Input und -Output die Auffrachtung in den jeweiligen Bilanzräumen zu ermitteln und mit der Gesamtbefrachtung (= Fracht-Output des letzten, stromabwärts gelegenen Bezugsraums) in Beziehung zu setzen. Im Einklang mit der FGG Elbe sind jene Bilanzräume/Teileinzugsgebiete, in welchen die Auffrachtung weniger als 10% zur Gesamtbefrachtung beiträgt, von einer weiteren Detailbetrachtung auszuschließen. Nur wenn dieser Wert überschritten wird, lohnt sich eine genauere quellenspezifische Analyse, da in diesem Fall von einer potentiell hohen Bedeutung einzelner Quellen für die Schadstofflast des Fließgewässers ausgegangen werden kann.

Schema 2 zeigt weiterhin die durch Tauw entwickelte und in diesem Projekt angewendete Vorgehensweise zur nun folgenden Detailbetrachtung der Bilanzräume. Hierbei werden einerseits die für den jeweiligen Raum relevanten Schadstoffquellen gelistet und die jeweiligen Frachten berechnet und angezeigt. Gleiches gilt für eventuell erfassbare Depots oder Senken. Gegebenenfalls sind bei den Stoffstromanalysen bilanzraumspezifische Besonderheiten zu berücksichtigen, die den Frachteintrag beeinflussen (z.B. andere klimatische Verhältnisse, morphologische Besonderheiten etc.).

Die Vorgehensweise zur Frachtberechnung kann je nach Quellentyp variieren. So können beispielsweise Frachten, die über Einleitungen in das Gewässer vermittelt werden, durch eine Multiplikation der Abflusswerte und genehmigten/tatsächlichen Einleitwerten (Daten zum Bsp. aus Wasserbuch oder der Eigen-/Fremdüberwachung) bestimmt werden. Für andere Quellen ist eine ähnliche, direkte Berechnung jedoch nicht möglich. Beispielsweise liegen für diffuse Einträge (z.B. Agrarflächen, Halden) in der Regel keine direkten Messwerte vor. Eine Frachtbestimmung



hat daher vorrangig über Analogieschlüsse oder die Verwendung allgemeiner Literaturdaten zu erfolgen. Hierbei sind wiederum die standortspezifischen Besonderheiten zu berücksichtigen und die allgemeinen Daten ggf. anzupassen. Es gilt dabei stets, den Fehler so gering wie möglich zu halten. So ist insbesondere bei diesen Quellentypen der Unsicherheitsfaktor hoch. Eine individuelle, quellenspezifische Fehlerbetrachtung ist unumgänglich, um den Sanierungserfolg eventuell anzusetzender Maßnahmen abschätzen zu können. Auch über die Größenordnung/Spannweite zu erwartender Einträge aus den entsprechenden Quellen sollte individuell bewertet werden, ob weiterführende Erkundungs-Untersuchungen erforderlich werden, bevor eine abschließende Bewertung zu Handlungsmöglichkeiten erfolgen kann.

Die eigentliche Bilanzrechnung stellt die erfassten, quellenbezogenen Einträge abzüglich der Senken der über die Bilanzgrenzen erfassten Auffrachtung / Entfrachtung im Gewässerschlauch gegenüber. Dies geschieht über eine Differenzrechnung, wobei die Summe der Quellen-/Senkenbezogenen Frachten von der Differenz aus Output und Input (Bilanzraumgrenzen) subtrahiert wird. Im Ergebnis lässt sich die Güte der Analyse überschlägig abschätzen. Generell gilt, dass bei einer positiven Differenz quellenbezogene Einträge möglicherweise unterschätzt wurden oder im Teileinzugsgebiet unerkannte Quellen vorliegen. Eine negative Differenz deutet hingegen darauf hin, dass Einträge möglicherweise überschätzt wurden oder unerkannte Schadstoffsenken existieren. Im Rahmen einer abschließenden Fehlerbetrachtung ist im Bezug zur Höhe dieser Differenz zu verifizieren, für welche Quellen sich potentiell die größten Unsicherheiten ergeben. Zur graphischen Veranschaulichung der Ergebnisse sowie Priorisierung von Quellen wird empfohlen, diese einerseits Bilanzraum-bezogen, andererseits Gesamtfracht-bezogen zu erfassen. Für erstere bietet sich an, die Frachtanteile einzelner Quellen n (Fxon) an den Gesamteinträgen im jeweiligen Bilanzraum X (ΣF<sub>XQ</sub>) zu visualisieren. Für letztere ist eine Darstellung hinsichtlich der Anteile einzelner Quellen aus dem jeweiligen Bilanzraum an der Gesamtfracht des betrachteten Gewässers im Untersuchungsgebiet (entspricht dem Schadstoffaustrag aus dem letzten, stromabwärts liegenden Bilanzraum: Fout) möglich. Sofern bereits eine hohe Schadstofffracht in das Untersuchungsgebiet eingetragen wird (F<sub>IN</sub>), ist als Bezugsbasis die Auffrachtung im Untersuchungsgebiet ( $F_{OUT}$  -  $F_{IN}$ ) zu verwenden. Aus diesen Darstellungen lassen sich prioritäre Quellen sowohl für die jeweiligen Teileinzugsgebiete, aber auch für die Gesamtlast des Gewässers ableiten. Eine abschließende Priorisierung hat unter Berücksichtigung der Bilanzrechnung und Abschätzung der Unsicherheiten erfolgen. Im Falle zu hoher Fehler, die einer eindeutigen Quellen-Bewertung entgegenstehen, sind auch hier entsprechende Defizite zu erfassen, zu priorisieren, im Rahmen erweiterter Recherchen/Untersuchungen auszuräumen und die Detailanalyse/Bilanzierung ggf. zu aktualisieren. Nachfolgend ist zu bewerten, inwiefern Handlungsmöglichkeiten für anzusetzende Sanierungsmaßnahmen möglich und realisierbar sind oder ob ggf. abweichende (im Sinne weniger strenger) Umweltziele gem. EG-WRRL Art. 4 (5) zu verfolgen sind. Durch das erarbeitete Modell der guellbezogenen Eintragsbewertung können die Auswirkungen von

Sanierungsmaßnahmen auf die Schadstoffsituation im jeweiligen Bilanzraum, aber auch hinsichtlich der Gesamtschadstoff-Situation im untersuchten Gewässerabschnitt überschlägig abgeschätzt werden.



### 3 Bestandsaufnahme

Aufbauend auf dem erarbeiteten theoretischen Ansatz, widmen sich die folgenden Kapitel der spezifischen Vorgehensweise und Ergebnisdarstellung bezogen auf das Pilotgebiet Wipper. Im Rahmen einer Bestandsaufnahme soll in diesem Kapitel im ersten Schritt das Fließgewässer Wipper hinsichtlich hydro- und sedimentdynamischer Aspekte untersucht werden. Entsprechende Kenntnisse sind für eine spätere Interpretation der Befrachtung des Fließgewässers unverzichtbar, da eine unmittelbare Abhängigkeit dieser Parameter voneinander besteht. In einem zweiten Schritt soll die Belastungssituation erfasst werden. Dabei wird generell zwischen der im Wasser transportierten Gesamtfracht (gelöst und schwebstoffgebunden) und dem sedimentgebundenen Inventar unterschieden. Ebenso soll die Belastung der Oberböden im Einzugsbereich anteilig mitbetrachtet werden, um im späteren Projektverlauf die Relevanz des erosionsgetriebenen Schadstoffeintrags näherungsweise beurteilen zu können. Nach Abschluss der gewässerspezifischen Analyse beschäftigt sich der darauffolgende Abschnitt schließlich mit Eintragsquellen, wie sie aus der Auswertung der Bestandsunterlagen, aber auch aus der Recherche weiterer Literatur sowie der Betrachtung von Kartenmaterial und Luftbildern zusammengetragen wurden (quellenspezifische Analyse). Generell werden hierbei Quellen im Zusammenhang mit dem Bergbau von weiteren Einträgen unterschieden. Da sich für das Halbmetall Selen eine andere Situation hinsichtlich Datengrundlage und bewertbarer Ergebnisse ergibt, wird dieser Schadstoff gesondert im letzten Teil dieses Kapitels betrachtet.

### 3.1 Hydrodynamik

Die Wipper entspringt im Osten des Harzes, genauer im Unterharz, und mündet nach Passage des Nordöstlichen Harzvorlandes südlich von Bernburg bei Aderstedt in die Saale. Die Niederschlagshöhen im Einzugsgebiet werden im Wesentlichen durch die Höhenzüge des Harzes geprägt und variieren deutlich vom Quellbereich bis zur Mündung. Prinzipiell sind die näher zum Harz gelegenen Gebiete (westlich von Wippra) durch höhere Niederschlagsmengen mit Werten etwas unterhalb des gesamtdeutschen Durchschnitts gekennzeichnet (650 bis 750 mm/a). Weiter östlich hingegen durchzieht die Wipper das Mitteldeutsche Trockengebiet (etwa ab Vatterode) mit Niederschlagshöhen zwischen 450 und 500 mm/a. Dieser Bereich befindet sich im Regenschatten des Harzes und stellt zugleich eines der trockensten Gebiete Deutschlands dar. (HPC, IHU & GFE 2003)

Trotz der in Summe geringen Jahres-Niederschlagsmengen, wird das hydrologische Abflussregime durch häufig vorkommende Starkniederschlagsereignisse geprägt (TRANSMET 2004). Zusammen mit dem deutlich ausgeprägten Relief im westlichen Randbereich des

Mansfelder Landes bis hin zum Unterharz, ergeben sich in diesen Fällen auch für die Wipper hohe Abflussmengen. Dies geht auch aus den gemessenen Abflussdaten hervor. Das Abflussregime der Wipper wurde im Rahmen eines kontinuierlichen Monitorings an verschiedenen Messstellen über die vergangenen Jahre ausführlich erfasst. Wie in Abbildung 3.1 erkennbar, lassen sich ausgeprägte Jahresgänge hinsichtlich des Abflusses am Unterlauf (Messstelle Aderstedt) feststellen. Die Messstelle Aderstedt ist aufgrund der höchsten Datendichte und ihrer Lage am Mündungsbereich als besonders repräsentativ anzusehen. Aus den Datensätzen geht hervor, dass die Wipper jährliche Abflussspitzen bis etwa 10 m³/s aufweist. Nur vereinzelt wurden deutlich höhere Werte bis hin zu 32 m³/s (05/2002) gemessen. Weiterhin lässt sich erkennen, dass im Sommerhalbjahr signifikant geringere Abflussmengen als im Winterhalbjahr zu verzeichnen sind, was nicht zuletzt auf die stärkere Evapotranspiration in diesem Zeitraum zurückzuführen ist.

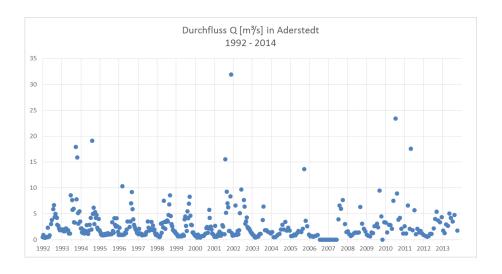


Abbildung 3.1 Entwicklung der Abflussmengen der Wipper am Unterlauf bei Aderstedt



Exemplarisch sind die gemessenen Abflussdaten für das Jahr 2013 in Abbildung 3.2 dargestellt. Es handelt sich hierbei um das letzte Jahr, für welches vollständige, monatliche Abflussdaten vorliegen. Deutlich erkennbar sind hier die Maxima im Frühjahr 2013 (März) mit etwa 5,5 m³/s sowie im Herbst 2013 (November) mit ca. 5 m³/s. Ein weiterer Peak im Juni 2013 ist auf die außergewöhnlichen, tagelangen Niederschläge zurückzuführen, welche zu einem Extremhochwasser in Mitteleuropa führten. Dennoch kann das Jahr 2013 bezüglich der maximalen Abflussmengen als durchschnittlich bezeichnet werden.

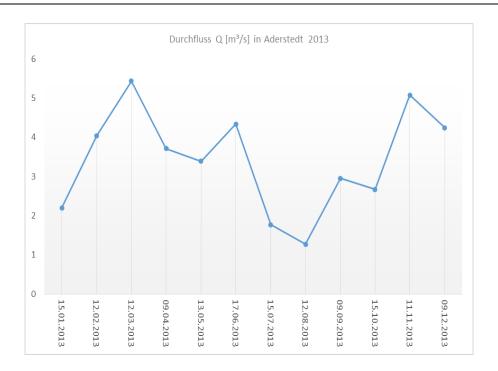


Abbildung 3.2 Jahresgang des Abflusses der Wipper am Unterlauf bei Aderstedt im Jahr 2013

Die sich in den Ganglinien der Wipper widerspiegelnden ausgeprägten Jahresgänge haben vermutlich auch Auswirkung auf die Sedimentdynamik, welche in Kapitel 3.2 näher diskutiert wird. Es ist damit zu rechnen, dass sich Zeiträume mit bevorzugter Sedimentation mit jenen bevorzugter Resuspension / Mobilisierung abwechseln. Im Analogieschluss zu Erkenntnissen, welche in Untersuchungen an der Saale und Nebenflüsse durch Untersuchungen der Universität Stuttgart gewonnen wurden, ist prinzipiell von einer dynamischen, ständigen Umlagerung der Sedimentdepots auszugehen (Universität Stuttgart 2014). Hinsichtlich der Sedimentablagerungen an Stauanlagen (z.B. Wehre) ist jedoch den genannten Untersuchungen zufolge, bedingt durch die geringere Abflussdynamik, nicht von einer nennenswerten Umlagerung bei Normalabflüssen

zu rechnen. So sollte, wenn überhaupt, lediglich bei Hochwasserereignissen eine durchgreifende Umlagerung dieser Depots stattfinden.

Abbildung 3.3 erfasst die durchschnittlichen Abflussmengen der Wipper von 2005 bis 2014 in verschiedenen Abschnitten des Gewässers. Folgende Messstellen wurden in die Auswertung einbezogen:

- Wippra im Oberlauf unterhalb Talsperre und Zufluss der Schmalen Wipper,
- Wiederstedt im Mittellauf oberhalb Hettstedts,
- Groß-Schierstedt im Unterlauf nach Zufluss der Eine,
- Aderstedt kurz vor der Mündung in die Saale.

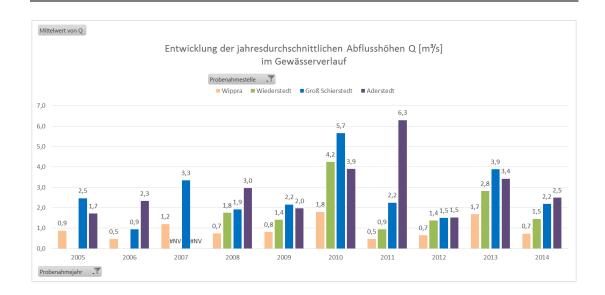


Abbildung 3.3 Entwicklung der durchschnittlichen Jahresabflüsse an verschiedenen Messstellen entlang der Wipper

Aus der Abbildung geht hervor, dass die durchschnittlichen Abflussmengen einerseits starken Schwankungen unterliegen. So sticht beispielsweise das Jahr 2011 heraus, in welchem an der Messstelle Aderstedt mit über 6 m³/s im Vergleich zu den anderen Jahren ein signifikant höherer Durchschnittsabfluss gemessen wurde. Anderseits wird deutlich, dass die Abflussmengen erwartungsgemäß vom Oberlauf bis zur Mündung im Allgemeinen ansteigen. Nichtsdestotrotz kommt es zu teils nicht plausiblen Abweichungen. So wurden etwa im Jahr 2010 an den stromaufwärts gelegenen Messstellen in Groß-Schierstedt und Wiederstedt höhere Abflüsse gemessen als in Aderstedt. Dies ist vor allem auf heterogene Datensätze für die verschiedenen Messstellen zurückzuführen (generell ist die Datendichte am Pegel Aderstedt am höchsten).



Hinsichtlich der das Mansfelder Land oberirdisch entwässernden Fließgewässer (Schlenze, Böse Sieben/Salza, Wipper) weist die Wipper die mit Abstand höchsten Abflussmengen auf (TRANSMET 2003).

Neben den Niederschlagsmengen wird das Abflussgeschehen insbesondere durch die Höhe der Verdunstung und den Zustrom unterirdisch abfließenden Wassers mitbestimmt. Weiterhin ist das Speichervermögen der umliegenden Böden zu berücksichtigen. Jährliche Verdunstungsraten bis 550 mm/a, lokal bis 600 mm/a, tragen zu einer z.T. negativen Wasserbilanz (insbesondere im Bereich des Unterlaufs) bei (PIK 2009). Eine hohe Feldkapazität der überwiegend anzutreffenden Lössböden verursacht u.a. die nur geringe Grundwasserneubildungsrate.

Im Verlauf von der Quelle bis zur Mündung treten zahlreiche Nebengewässer der Wipper zu. Diese sind, in der Reihenfolge ihrer Zutritte in die Wipper, mit ermittelten Abflussdaten im Jahr 2014 in Abbildung 3.4 erfasst. Als Datenquelle wurde das Wasserhaushaltsmodel der Wipper herangezogen. Wie aus der Abbildung hervorgeht, ist die Eine mit ca. 0,7 m³/s hinsichtlich der Abflussmenge der bedeutendste Nebenstrom der Wipper. Sie fließt dieser unmittelbar oberhalb von Groß Schierstedt (allerdings unterhalb des Wehrs und der Messstelle Groß Schierstedt) zu. Es folgen die Wolfsberger Wipper mit ca. 0,3 m³/s und die Schmale Wipper mit knapp 0,2 m³/s, die noch im Oberlauf in die Wipper münden. Im Mittellauf fließen der Wipper lediglich kleinere Bäche mit Abflussmengen von ca. 0,1 m³/s oder geringer zu.

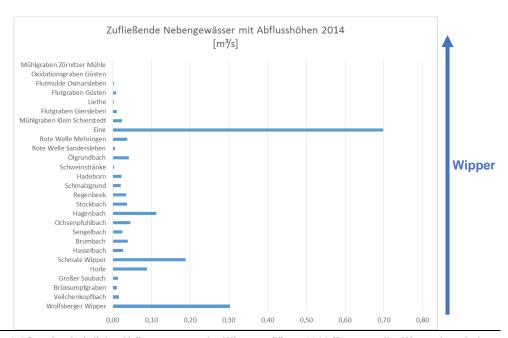


Abbildung 3.4 Durchschnittliche Abflussmengen der Wipperzuflüsse 2014 (Datenquelle: Wasserhaushalt 2014)

Hinsichtlich der Fließgeschwindigkeiten und Fließquerschnitte in den einzelnen Gewässerabschnitten gehen aus den Bestandsunterlagen keine näheren Informationen hervor. Im Bericht zur Bestandsaufnahme der Altsedimente der Firma G.E.O.S. aus dem Jahr 2012 wird allerdings erwähnt, dass die Wipper im Oberlauf typische Charakteristika eines Gebirgsflusses aufweist. Das starke Relief in diesem Bereich sowie der nahezu fehlende Feinanteil im Gewässerbett deuten auf eine erwartungsgemäß hohe Fließgeschwindigkeit in diesem Abschnitt hin. Weiterhin wird erwähnt, dass erst unmittelbar vor Einmündung in die Saale eine gleichmäßig ruhige Strömung erreicht wird (G.E.O.S. 2012).

Allerdings ist das Fließgewässer aufgrund mehrerer Wehre sowie einer Talsperre im Oberlauf anthropogen in seiner Durchgängigkeit unterbrochen. Daraus ergeben sich, beispielsweise unmittelbar oberhalb der Stauanlagen, beruhigte Gewässerabschnitte in denen es bevorzugt zur Sedimentation kommen kann (G.E.O.S. 2012).

Im Zusammenhang mit der ausgeprägten Abflussdynamik variieren auch die Befrachtungssituation sowie die Schadstoffkonzentration der Wipper im Laufe eines Jahres (TRANSMET 2003). Weiterhin beeinflusst die Hydrodynamik unmittelbar auch die Sedimentdynamik. So können insbesondere im Rahmen von Starkregenereignissen zuvor abgelagerte Sedimente im Gewässerschlauch reaktiviert und in Abstrom-Richtung verlagert



werden (TRANSMET 2003). Folglich sind die in diesem Kapitel genannten Punkte bei der nachstehenden Bewertung der Belastungssituation der Wipper zwingend zu berücksichtigen.

### 3.2 Sedimentdynamik

Die Sedimentablagerungen im Gewässerschlauch der Wipper wurden im Zuge der Bestandsaufnahme belasteter Altsedimente im Gewässer Wipper, Land Sachsen-Anhalt, im Rahmen des
Sedimentmanagementkonzepts Sachsen-Anhalt systematisch untersucht (G.E.O.S. 2012).
Ausgangspunkt war hierbei die festgestellte Belastung der Sedimente der Wipper durch
Schadstoffe, die im Wesentlichen den Aktivitäten und Altlasten des Kupferschieferbergbaus im
Mansfelder Land zugeordnet werden.

G.E.O.S. (2012) stellten heraus, dass große Sedimentablagerungen, die das gesamte Querprofil des Flusses abdecken, nur im Unterlauf ab etwa Ilberstedt kurz vor der Einmündung in die Saale existieren. Aber auch im Mittellauf wurden durch die Untersuchungen im Rahmen der Bestandsaufnahme teils mächtige Sedimentablagerungen erkannt, die meist Wehren zuzuordnen sind. Als relevanteste Sedimentablagerungen bzgl. der Schadstoffsituation wurden folgende benannt, wobei an fünf der Ablagerungslokalitäten die Schlammvolumina ermittelt wurden:

Bernburg/ Einmündung Saale (GEOS-ID: Wi01)	nicht untersucht
Bernburg (Unterlauf; GEOS-ID: Wi02)	3.600 m³
Wehr Groß Schierstedt (Mittellauf; GEOS-ID: Wi08)	140 m³
Pfeifenmühlenwehr (Ober-/Mittellauf; GEOS-ID: Wi12)	459 m³
Wehr Leimbach (Ober-/Mittellauf; GEOS-ID: Wi13)	68 m³
Ellerwiesenwehr, Mansfeld (Ober-/Mittellauf; GEOS-ID: Wi14)	504 m³
Gesamtschlammvolumen4.774 m³	

Die Lage der untersuchten Altsedimentdepots kann Abbildung 3.5 entnommen werden.

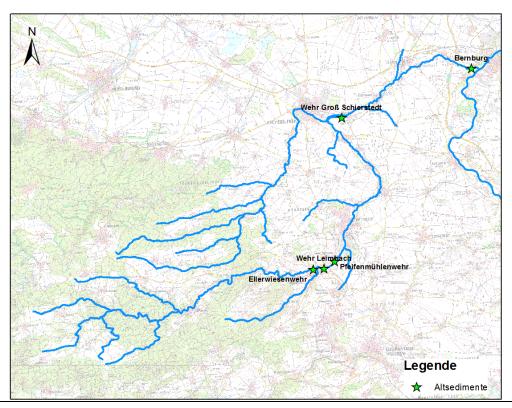


Abbildung 3.5 Untersuchte Altsedimentdepots im Rahmen der Sedimentbestandsaufnahme durch die Fa. G.E.O.S. im Jahr 2012

Die Ergebnisse bestätigen die grundsätzlich große Bedeutung des Unterlaufs für die Sedimentdeposition. Der Gewässerabschnitt Bernburg beinhaltet 75 % des bestimmten Gesamtschlammvolumens, während die einzelnen Abschnitte stromoberhalb teils vernachlässigbar geringe Schlammvolumina aufweisen (Abbildung 3.6). Begründet werden können die Ablagerungen im Mündungsbereich mit einer stark verminderten Fließgeschwindigkeit durch die hereindrückende Saale (G.E.O.S. 2012).



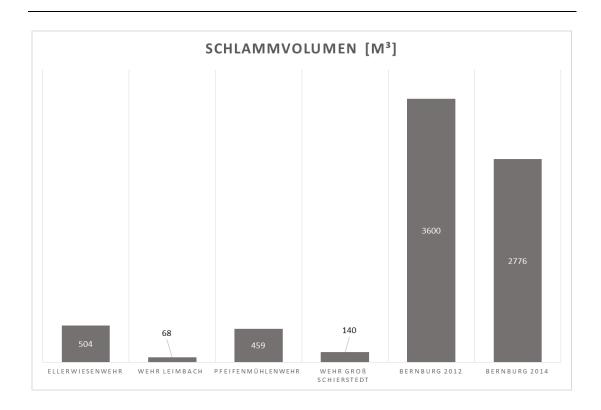


Abbildung 3.6 Schlammvolumen in den im Rahmen der Bestandsaufnahme identifizierten und untersuchten Sedimentdepots in der Wipper nach G.E.O.S. (2012, 2014).

Zur Bewertung der Auswirkungen des Extremhochwassers im Jahr 2013 erfolgte durch G.E.O.S. im Jahr 2014 eine erneute Sedimentaufnahme, wenn auch in geringerem Umfang. Diesbezüglich wurde festgestellt, dass aus der Wipper ein signifikanter Sedimentaustrag in die Saale erfolgte. So wurde gegenüber 2012 am Messpunkt Wi02 (Bernburg) ein etwa 33% geringeres Sedimentvolumen bestimmt. Auch wenn andere Sedimentstandorte in der Wipper nicht erneut untersucht wurden, sind für diese Umlagerungen und Depositionen insbesondere des Feinsedimentteils in Abstrom-Richtung denkbar, wie sie durch G.E.O.S. (2014) in anderen Fließgewässern im Saale-Einzugsgebiet belegt wurden.

Wie bereits im TRANSMET-Bericht erwähnt, können bei hohen Abflussraten Sedimente über weite Strecken verlagert werden (genannt werden Entfernungen bis 15 km). Berücksichtigt man in diesem Zusammenhang die in Kapitel 3.1 erwähnten hydrologischen Besonderheiten im Untersuchungsgebiet wird deutlich, dass bedingt durch häufig vorkommende Starkregenereignisse und die als Folge auftretenden hohen Abflüsse auch regelmäßige Sedimentumlagerungen in der Wipper zu erwarten sind. Dennoch sind Sedimentbecken als

dynamische Speicher zu verstehen, welche sich nach erfolgten Austragsereignissen in Trockenperioden mit nachgeliefertem Sediment wieder füllen.

Da die Dynamik der Sedimentdepots mit dem Schwebstofftransport im Wasserkörper in direkter Beziehung steht, sollen an dieser Stelle auch die Entwicklung der Schwebstofffrachten im zeitlichen und geographischen Verlauf betrachtet werden.

Ein Blick auf die Entwicklung der Schwebstoffkonzentrationen im Gewässerverlauf der Wipper von 2000 bis 2014 (Datenquelle: Analysedaten Wipper; zur Verfügung gestellt durch LHW), wie sie in Abbildung 3.7 graphisch dargestellt ist, zeigt, dass generell erwartungsgemäß eine Zunahme der Schwebstoffkonzentration in der Wipper vom Oberlauf bis zur Mündung erfolgt. Der Schwebstoffgehalt im Gewässer korreliert dabei mit den gemessenen Durchflüssen an den einzelnen Stationen. Beispielsweise wurden im Jahr 2011 an der Messstelle Aderstedt zugleich die höchste Schwebstoffkonzentration als auch der höchste Abflusswert im erfassten Zeitraum gemessen. Im Zusammenhang mit stromabwärts zunehmenden Abflussmengen (siehe Kapitel 3.1), lässt sich in Stromrichtung auch eine Zunahme der Schwebstofffrachten verzeichnen. Die Frachtentwicklung (berechnet als jährlich gemittelte Tagesfrachten in [kg/d]) wird in Abbildung 3.8 angezeigt.



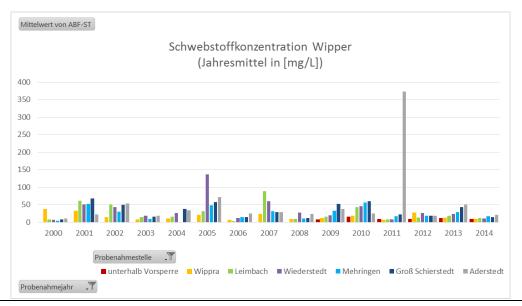


Abbildung 3.7 Entwicklung der mittleren Schwebstoffkonzentration in der Wipper vom Oberlauf bis zur Mündung im Zeitraum von 2000 bis 2014

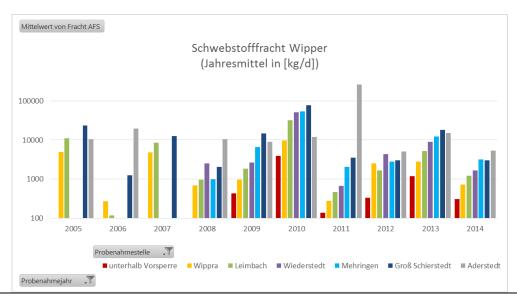


Abbildung 3.8 Entwicklung der mittleren Schwebstofffrachten in der Wipper vom Oberlauf bis zur Mündung im Zeitraum von 2005 bis 2014

Dennoch seien Auffälligkeiten erwähnt, die hinsichtlich der Identifizierung potentieller Eintrags-Hotspots für Schwebstoffe oder der Bedeutung der Deposition bzw. Remobilisierung von Altsedimentdepots von Interesse sein könnten. So wurden beispielsweise 2007 an den Mittellauf-Messstellen in Leimbach und Wiederstedt höhere Schwebstoffkonzentrationen gemessen als im Unterlauf. Dies spiegelt sich nur bedingt in den (unvollständigen) Abflussdaten für das genannte Jahr wider. Potentiell kam es hier zu erhöhten Einträgen zwischen Wippra und Leimbach mit nachfolgenden Ablagerungen im Mittellauf. Aufgrund unvollständiger Abflussdaten ließen sich für das genannte Jahr nur vereinzelt Schwebstofffrachten berechnen, sodass diese Aussage hierüber nicht verifiziert werden kann. Größere Sprünge zu höheren Konzentrationswerten lassen sich teilweise zwischen den Messstellen Wippra und Leimbach (insb. 2002, 2007 und 2010), weiterhin zwischen Leimbach und Wiederstedt (2005, 2008) sowie den Unterlauf-Messstellen Groß Schierstedt und Aderstedt (2011) beobachten. Für die berechneten Frachten trifft dies allerdings nur bedingt zu. Hier zeichnet sich eine generelle Zunahme der Befrachtung im Gewässerverlauf ab. Als Ausnahme lässt sich beispielhaft das Jahr 2012 nennen, in welchem dem Gewässer ein Großteil der Schwebstofffracht bereits im Oberlauf zugeführt wurde, während sich diese im weiteren Verlauf bis zur Mündung kaum änderte. Die hervorzuhebende starke Auffrachtung der Wipper mit Schwebstoffen im Unterlauf im Jahr 2011 könnte auf eine Remobilisierung von Altsedimenten in diesem Bereich hindeuten. Dies korreliert mit den im gleichen Jahr gemessenen hohen Abflüssen. In den beiden vorhergehenden Jahren werden im Unterlauf Entfrachtungen zwischen Groß Schierstedt und Aderstedt angezeigt. Möglicherweise wurden folglich die in diesem Zeitraum deponierten Sedimente im abflussreichen Jahr 2011 wieder mobilisiert. Allerdings ist in abflussreichen Jahren generell auch ein erhöhter Sedimenteintrag in das Fließgewässer zu erwarten (erhöhte Erosion). Dabei sollten Sedimenteinträge im Unterlauf aufgrund des geringeren Geländereliefs jedoch weniger bedeutsam sein. An dieser Stelle sei jedoch erneut auf die teils unplausiblen Abflüsse aufgrund der heterogenen Datenlage hingewiesen. Eventuelle Fehler wirken sich dabei auf die berechneten Frachten aus.

### 3.3 Belastungssituation Metalle

### Allgemeine Vorbemerkungen / Transportprozesse

Prinzipiell sind hinsichtlich der Belastungssituation, wie in Abbildung 3.9 veranschaulicht, die drei Transportformen *gelöst*, *gebunden an Schwebstoffe* sowie als *Bestandteil/mineralische Komponente des Bachsediments* zu unterscheiden (TRANSMET 2003). Dabei muss erwähnt werden, dass sich aufgrund fließender Übergänge in Abhängigkeit der physikalischen, chemischen und/oder biologischen Verhältnisse, die auch kleinräumig z.T. beträchtlich variieren können, diese Spezies nicht immer klar voneinander getrennt erfassen lassen.



Entsprechend den Untersuchungsergebnissen der TRANSMET-Studie erfolgt der Austrag der Schwermetalle aus dem Mansfelder Land überwiegend in gelöster Form (> 90%). Demzufolge ist nur ein Bruchteil an Schwebstoffe gebunden. Dies überrascht dahingehend, dass Schwermetalle im leicht sauren bis leicht alkalischen pH-Bereich (die Spannweite der Messwerte an allen Stationen über den gesamten Monitoring-Zeitraum reicht von min. 6 bis max. 8,6) üblicherweise wenig mobil sind. Nur geringe Vorkommen von Pyrit, aber auch ausgeprägte Karbonatpuffer wirken einer Versauerung, wie sie an anderen Bergbaustandorten üblich ist, entgegen. Als Begründung für die dennoch messbaren hohen Gelöst-Konzentrationen weisen die Autoren der Studie auf weitere Besonderheiten im Untersuchungsgebiet hin, die im Vergleich zu anderen Bergbaustandorten ein anderes Lösungsverhalten bedingen. Genannt werden einerseits die hohen Salzgehalte der Wässer, welche durch Lösungsprozesse aus den im Untersuchungsgebiet anzutreffenden Zechsteinablagerungen herrühren. Salz wirkt dabei nachweislich als Lösungsvermittler. So bilden sich beispielsweise lösliche chloridische Schwermetallkomplexe (TRANSMET 2003). Weiterhin wird auf die Mangan- und Eisenarmut der Gewässer hingewiesen, sodass eine Mitfällung an sich bildenden Mangan- und Eisenhydroxiden nur in geringem Maße erfolgen kann (TRANSMET 2003).

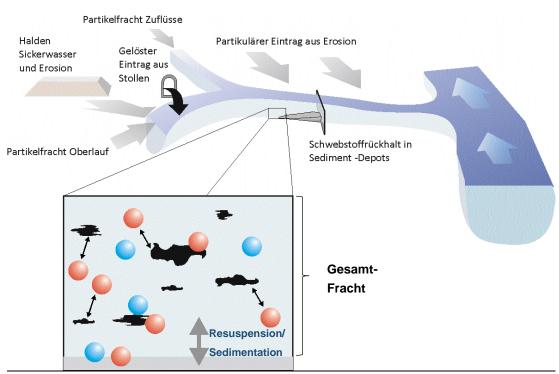


Abbildung 3.9 Schadstofftransportprozesse und Wechselwirkungen

Im Flussgebiet Saale ist die Schlenze der Haupteintragspfad für Zink (Bongartz et al. 2007). Zu den weiteren Nebenflüssen mit relevanten Zn-Konzentrationen zählt jedoch auch die Wipper. Hier steht aber gegenüber der Wirkung auf die nachfolgenden Gewässer, insbesondere den Unterlauf der Saale, der chemische Zustand des Gewässers selbst im Vordergrund.

Die Gesamtbetrachtung hinsichtlich des Austrags von Zn über die Fließgewässer Salza/Böse Sieben, Schlenze und Wipper im Jahr 2003 zeigte, dass 98,5% der Gesamtfracht an Zn in gelöster Form an die Saale abgegeben wird (TRANSMET, S. 58). Für den Austrag über die Wipper ergab sich allerdings ein differenziertes Bild. So zeigte sich für dieses Fließgewässer ein Austrag in gelöster Form in Höhe von ca. 66%, während 34% schwebstoffgebunden transportiert wurde. Der schwebstoffgebundene Transport ist daher – zumindest in Bezug auf Zn – deutlich dominanter als in den anderen Fließgewässern des Mansfelder Landes.

Untersuchungen von Bongartz et al. (2007) haben gezeigt, dass Einträge von Zn, die zunächst in überwiegend gelöster Form stattfinden, mit einer deutlichen zeitlichen Verzögerung einen Gleichgewichtszustand zwischen gelöster und partikelgebundener Phase annehmen. Die Autoren zeigten, dass diese Gleichgewichtseinstellung im Falle der Schlenze etwa 30 Stunden benötigt. Schon Lindenschmidt et al. (2005) stellten heraus, dass das über die Schlenze in die Saale vorwiegend gelöst abgegebene Zn erst nach und nach in eine partikuläre Bindungsform übergeht. Eine korrekte modellhafte Abbildung der Prozesse ist bei den Untersuchungen nicht gelungen, was die Autoren auf die Komplexität der Mechanismen und die lückenhafte Datenlage zurückführen. Erschwert wird die Interpretation auch durch das Sedimentations-/Resuspensionsverhalten bei wechselnden hydraulischen Bedingungen (Hochwasser). Tatsächlich hängt aber die Wechselwirkung von Zn und suspendierten Feststoffen stark von der Beschaffenheit der letzteren ab. So können nach Paulson (2001) höhere organische Anteile der Suspensionsfracht eine erhebliche Erhöhung des Anteils partikulär gebundenen Zinks an der Zink-Gesamtfracht bewirken. Dies weist darauf hin, dass auch Jahresgänge in Zusammenhang mit der biologischen Produktivität für diesen Prozess eine Rolle spielen dürften. Neben der allgemeinen jahreszeitlichen Variabilität der organischen Anteile wurde speziell für die Saale eine Zunahme der organischen Anteile mit dem Fließweg festgestellt (Lindenschmidt et al. 2005a, 2006). Legt man diesen Effekt zugrunde ist folglich auch der Vorgang der Zunahme des feststoffgebundenen Anteils der Zinkfracht zumindest zu einem Teil nicht auf eine Kinetik der Sorption sondern eine Veränderung der Rahmenbedingungen zurückzuführen.

Lindenschmidt et al. (2005) stellen die Bedeutung der Verteilung der Zink-Gesamtkonzentration zwischen gelöstem und partikulärem Anteil für das Transportverhalten heraus. Anhand der Gewässermodellierung wurde gezeigt, dass von einer Senkenfunktion insbesondere der Stauhaltungen ausgegangen werden kann, wo dass an Partikel gebundene Zn durch Sedimentation der Partikel dem System entzogen wird. Dieselben Autoren (Lindenschmidt et al.



2005) haben zur Kalibrierung ihres Modells (WASP5) einen K<sub>d</sub> von 40.000 L/kg angesetzt. Wie in UBA (1994) herausgestellt, liegt bei Schwermetallen in Fließgewässern allerdings in der Regel kein reversibles Verteilungsgleichgewicht zwischen Lösung und Schwebstoffen vor. Vielmehr wirken hier verschiedene Bindungsmechanismen, die z.T. irreversibel sind. Entsprechend ist auch die Verwendung von K<sub>d</sub>-Werten nur bedingt sinnvoll.

Ähnliche Betrachtungen werden auch im Schlüsselstollenbericht Bericht des UFZ (Baborowski und von Tümpling 2012) angestellt. Unklar bleibt hierbei jedoch, welche Rolle die Fällung der Schwermetalle als Hydroxide oder Carbonate besitzt. Zwar geben die Autoren an, den pH-Wert jeweils bei den Messungen z.B. im Schlenze-Längsprofil bestimmt zu haben, näher betrachtet wird dieser Parameter nicht, obwohl es sich um eine elementare Steuergröße handelt, wenn es um die Löslichkeit der Schwermetalle geht.

### Wasser

Die Auswertung der Gewässerüberwachungsdaten wurde auf der Basis der Frachten von Gesamt-Zink und Gesamt-Kupfer durchgeführt. Diese Massenströme sind letztendlich für die Analyse und die Bewertung des Gewässersystems entscheidend, da sie unabhängig von der im Gewässerlauf veränderlichen Speziation bzw. Bindungsform der Metalle sind. Die Frachtwerte ermöglichen im Gegensatz zu Konzentrationsangaben eine belastbare Bilanzierung der Quellen und Senken und eine direkte Korrelation der verschiedenen Gewässerabschnitte.

In den nachfolgenden Abbildungen sind die mittleren Jahresfrachten für Kupfer und Zink in Kilogramm pro Tag dargestellt. Hierzu wurden aus den verfügbaren Daten der Gewässerüberwachung aus den Werten der Schwermetallkonzentrationen und der jeweiligen Abflussmessungen die Frachtwerte bestimmt und die Jahresmittelwerte errechnet. Da die Datensätze für die verschiedenen Messstellen unterschiedlich umfangreich sind, liegen nicht für alle Punkte für alle Jahre im Zeitraum von 1992 bis 2014 Frachtwerte vor. Auch ist der Datenumfang, der jeweils zur Mittelwertbestimmung zur Verfügung stand, unterschiedlich umfangreich. Dennoch werden die so ermittelten Frachtwerte als grundsätzlich aussagekräftig hinsichtlich der Analyse des Frachtgeschehens im Gewässersystem betrachtet.

Für folgende Messstellen (stromaufwärts ausgehend vom Mündungsbereich) war hinsichtlich der Datenlage eine Auswertung möglich:

- Aderstedt: Unterlauf, unmittelbar vor Einmündung in die Saale
- Groß Schierstedt: Unterlauf, unmittelbar unterhalb Einmündung der Eine
- Mehringen; Mittellauf, unmittelbar oberhalb Einmündung der Roten Welle
- Wiederstedt; Mittellauf, unterhalb Hettstedt, unmittelbar unterhalb Einmündung Ölgrundbach
- Unterhalb Stockbach: Mittellauf, unterhalb Einmündung Stockbach und Alte Wipper
- Leimbach: Mittellauf, unterhalb Einmündung Hagenbach
- Wippra: Oberlauf, unterhalb Einmündung Schmale Wipper
- Unterhalb Vorsperre: Oberlauf, oberhalb Einmündung Schmale Wipper
- Oberhalb Talsperre: Oberlauf, oberhalb Talsperre Wippra

Die Lage der genannten Messstellen geht aus Abbildung 3.10 hervor.



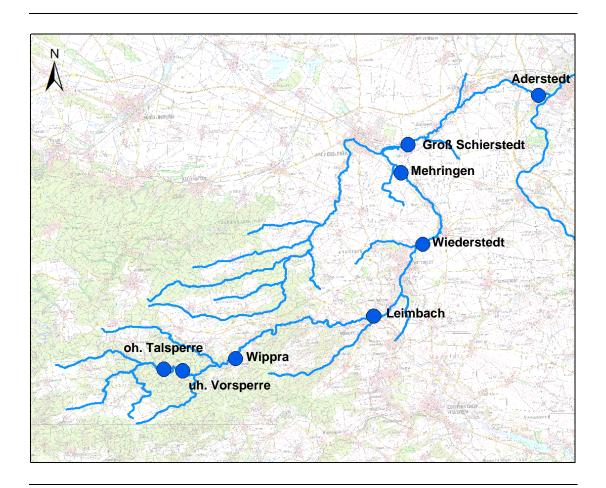


Abbildung 3.10 Ausgewertete Messstellen hinsichtlich der Gewässergüte

Die zeitlichen Entwicklungen der Tagesfrachten für Cu und Zn (berechnet als Jahresmittel in [kg/d]) sind für die genannten Messstellen in Abbildung 3.11 bis Abbildung 3.13 dargestellt. Bereits auf den ersten Blick ist erkennbar, dass, wie oben erwähnt, einerseits nicht für jedes Jahr und jede Messstelle Daten zur Auswertung verfügbar waren, andererseits die Datendichte für verschiedene Messstellen unterschiedlich ausfällt. Dennoch lassen sich aus den Diagrammen folgende wertvolle Informationen gewinnen:

 Hinsichtlich der zeitlichen Entwicklung lassen sich für keine der Messstellen generelle Trends bezüglich einer Zu- oder Abnahme der Zn- und/oder Cu-Frachten erkennen. Vielmehr scheinen die Frachten in hohem Maße mit den mittleren Abflussmengen zu korrelieren. Die in diesem Zusammenhang insbesondere an den Messstellen im Unterlauf, aber auch für jene im Mittel- und Oberlauf ermittelten Frachtspitzen Anfang der 1990er Jahre und in den Jahren 2010/2011 stehen im Zusammenhang mit erhöhten Abflussmengen in den gleichen Zeiträumen. Die annähernd parallele Entwicklung der Frachten mit den Abflussmengen geht deutlicher aus Abbildung 3.14 hervor, in welcher die gemessenen Abflussdaten für das Jahr 2013 an der Messstelle Aderstedt mit berechneten Frachten gegenübergestellt sind. Allerdings wurden die höchsten Frachten im Jahr 2013 im September ermittelt, obwohl in diesem Monat eher mittlere Abflussmengen gemessen wurden. Demgegenüber wurden bei den Abflussspitzen im März oder November geringere Frachten berechnet. Es zeigt sich, dass – wie auch im TRANSMET-Bericht für die Wipper bzgl. Zn bereits herausgestellt wurde – die Entwicklung der Schadstofffrachten in der Wipper von zwei überlagernden Prozessen gesteuert wird: (1) die Erhöhung von Schadstoffeinträgen mit höheren Abflussraten (z.B. durch verstärkte Einträge von Haldenmaterial oder erodiertem Feinboden) und (2) Verdünnungseffekte.

- Mit Ausnahme der Messstelle "Unterhalb Stockbach" übersteigen die Zn-Frachten generell
  die Cu-Frachten. Trotz unvollständiger Datensätze deutet dies auf einen Zustrom mit ggü. Zn
  erhöhten Cu-Frachten oberhalb der Messstelle "Unterhalb Stockbach" hin.
- Die Zn- und Cu-Frachten scheinen generell miteinander zu korrelieren. So liegen bei erhöhten Zn-Frachten i.A. auch erhöhte Cu-Frachten vor und umgekehrt. Auch dieses Phänomen lässt sich insbesondere in Abbildung 3.14 erkennen. Allein daraus lässt sich postulieren, dass bezüglich beider Schwermetalle ähnliche oder gleiche Eintragswege bestehen. Im Zusammenhang mit dem ersten Punkt kann weiterhin angenommen werden, dass, insbesondere bei Starkniederschlagsereignissen, weniger die kontinuierlichen Einträge (bspw. aus Bergbaustollen) für die Befrachtung der Wipper entscheidend sind, sondern andere Schadstoffquellen, die in Abhängigkeit von Niederschlagsereignissen mobilisiert werden. Ob sich diese Aussage auch anhand der Frachtabschätzung für erfassbare Eintragsquellen verifizieren lässt, soll in Kapitel 6 aufgegriffen werden, in welchem die bilanztechnischen Abschätzungen vorgenommen werden.
- Hinsichtlich des Gewässerlaufs nimmt die Befrachtung der Wipper mit Cu und Zn generell zu. Demzufolge ist möglichen Schadstoffsenken gegenüber potentiellen Schadstoffquellen eine geringere Relevanz zuzuordnen. Dies trifft hingegen nicht auf den Oberlauf der Wipper zu. Hier lassen sich nach der Talsperre Wippra geringere Frachten im Wasser feststellen. Das deutet auf eine Senkenfunktion der Talsperre hin. Dennoch sind die Frachten in diesem Gewässerabschnitt generell gering, sodass sich dies nicht sonderlich auf den Mittel- und Unterlauf auswirkt. Eine ähnliche Senkenfunktion wurde für die Böse Sieben im Falle des Süßen Sees beobachtet (vgl. TRANSMET 2003).
- Eine signifikante Auffrachtung der Wipper ist bezüglich der Schadstoffe Zn und Cu erst im Mittellauf, genauer im Raum Hettstedt, zu beobachten. Aufgrund einer unzureichenden Datendichte in diesem Gebiet kann eine detailliertere Eingrenzung von Abschnitten mit hoher Frachtzunahme nicht erfolgen. Dieser Punkt kann als Defizit benannt werden.



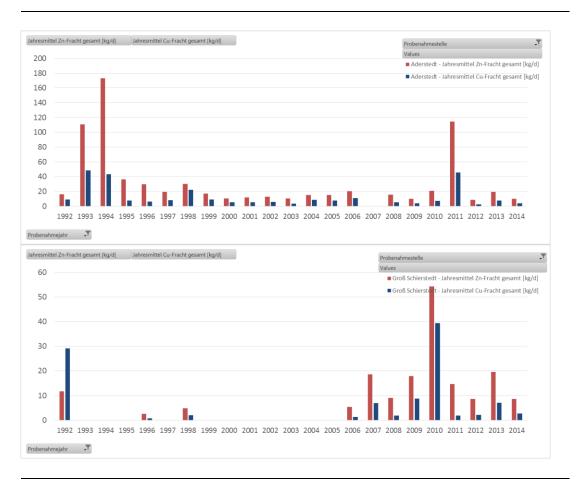


Abbildung 3.11 Frachtentwicklung von Cu und Zn (Jahresmittel in kg/d, gesamt) im Unterlauf der Wipper zwischen 1992 und 2014.



Abbildung 3.12 Frachtentwicklung von Cu und Zn (Jahresmittel in kg/d, gesamt) im Mittellauf der Wipper zwischen 1992 und 2014

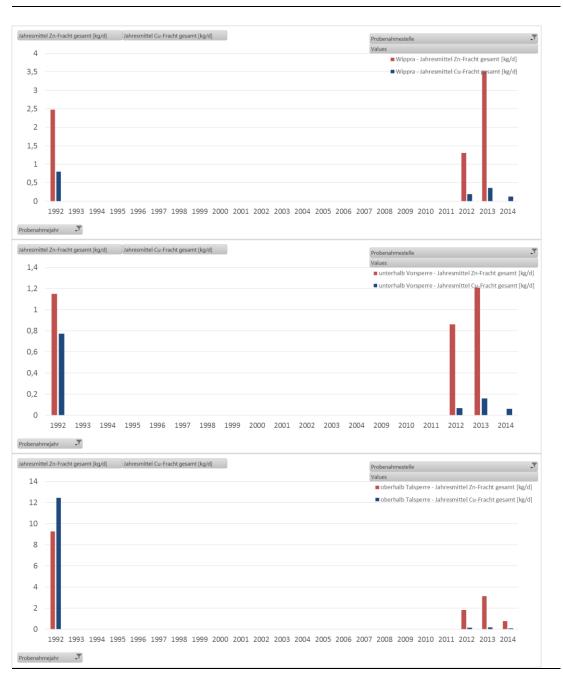


Abbildung 3.13 Frachtentwicklung von Cu und Zn (Jahresmittel in kg/d, gesamt) im Oberlauf der Wipper zwischen 1992 und 2014



Abbildung 3.14 Vergleich der Wipperbefrachtung im Mündungsbereich (Messstelle Aderstedt) mit den gemessenen Abflussmengen im Jahr 2013

Während in Abbildung 3.11 bis Abbildung 3.14 die berechneten Frachtmengen zeitachsenbezogen und individuell für einzelne Messstellen dargestellt sind, visualisiert Abbildung 3.15 die Entwicklung der Frachten im Gewässerverlauf der Wipper für das Bezugsjahr 2013<sup>1</sup>. Hieraus lässt sich deutlicher ableiten, welche Gewässerabschnitte hinsichtlich einer Fracht-Zunahme oder Fracht-Abnahme mit Cu und Zn besonders relevant sind.

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> 2013 wurde als Bezugsjahr gewählt, da für 2014 nur unvollständige Daten vorliegen und dieses Jahr (trotz Starkniederschläge im Mai/Juni in Mitteleuropa, welche sich jedoch nicht wesentlich in den Abflussdaten der Wipper widerspiegeln) bezüglich der Wipper als repräsentativ angesehen wird.



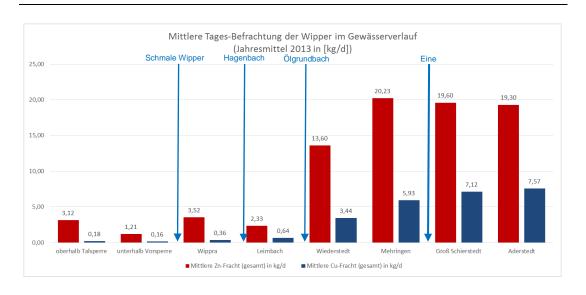


Abbildung 3.15 Frachtentwicklung (gesamt) im Gewässerverlauf der Wipper im Jahr 2013 mit Darstellung der markanten Zuflüsse

Wie bereits der Vergleich der Messstellen-bezogenen Diagramme andeutete, ist der Oberlauf bezüglich der Schwermetallbefrachtung weniger bedeutsam. Trotz fehlender Werte für die Messstellen zwischen Wippra und Leimbach, ändern sich die Frachtwerte für Cu und Zn bis Leimbach allenfalls marginal. Während unterhalb der Talsperre geringere Frachtwerte berechnet wurden als oberhalb, steigen die Werte bis zur Messstelle Wippra etwa wieder auf das ursprüngliche Niveau. Erst im Mittellauf lassen sich deutliche Sprünge in den über das Jahr gemittelten Tagesfrachten für beide Schwermetalle beobachten. So steigt zwischen den Messstellen Leimbach und Wiederstedt die tägliche Zn-Fracht um etwa 11,3 kg (Zunahme von ca. 480% bezogen auf Wert Leimbach), die tägliche Cu-Fracht um ca. 2,8 kg (Zunahme von ca. 440% bezogen auf Wert Leimbach). Zwischen den Messstellen Wiederstedt und Mehringen ist ein weiterer signifikanter Anstieg zu verzeichnen. Hier legen die täglichen Zn-Frachten um weitere ca. 6,6 kg (Zunahme von ca. 285% bezogen auf Wert Leimbach), die Cu-Frachten um etwa 2,5 kg (Zunahme von ca. 390% bezogen auf Wert Leimbach) zu. Im folgenden Verlauf bis zur Mündung in die Saale lassen sich keine nennenswerten Änderungen der Zn-Fracht in der Wipper beobachten. Für Cu hingegen steigt die tägliche Fracht auch unterhalb von Mehringen bis Groß Schierstedt noch etwas an (um ca. 1,2 kg). Anschließend lassen sich jedoch auch für diesen Parameter keine Frachtänderungen im Unterlauf mehr feststellen.

Aus den Daten geht deutlich hervor, dass hauptsächlich im Stadtgebiet Hettstedt, aber auch zwischen Wiederstedt und Mehringen bedeutsame Cu- und Zn-Einträge in das Wasser der

Wipper erfolgen. Damit ist hinsichtlich der Auffrachtung des Fließgewässers Wipper der Mittellauf von entscheidender Bedeutung. Trotz vergleichsweise geringer Frachtwerte im Oberlauf, welche möglicherweise eine geogene Vorbelastung aus dem Unterharz repräsentieren, stellten diese im Jahr 2013 einen Anteil an der im Mündungsbereich berechneten Gesamtfracht von ca. 12,0% (Zn) und 8,5% (Cu).

Die ermittelten Frachtdaten entsprechen in guter Näherung auch den Werten aus dem ÖGP-Bericht, die sich allerdings auf einen begrenzten Zeitraum (1. Halbjahr 2003) beziehen, für den die vorliegenden Datensätze aufgrund fehlender Abflussangaben keine Frachtberechnung erlauben. Zur Ergänzung sind diese, auf mittlere Tagesfrachten umgerechnete, Daten in Abbildung 3.16 grafisch aufbereitet dargestellt. Aufgrund fehlender Angaben ist unklar, ob sich die Daten auf die jeweils gesamte oder lediglich gelöste Fraktion beziehen. Wir gehen davon aus, dass es sich um Gesamtfrachten handelt. Insbesondere zeigen die Daten eine erhöhte Auflösung im Raum Hettstedt, woraus sich detailliertere Hinweise für die Abgrenzung potentieller Schadstoffquellen ergeben könnten.

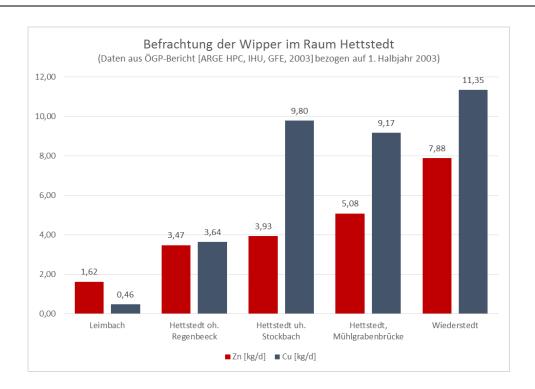


Abbildung 3.16 Befrachtung der Wipper im Raum Hettstedt im 1. Halbjahr 2003 gemäß Daten des ÖGP-Berichtes (HPC, IHU & GFE 2003)

Die Mess- und Berechnungs-Werte bestätigen, dass im Raum Hettstedt zwischen Leimbach und Wiederstedt massive Einträge von Zn und Cu zu verzeichnen sind. Die Cu- und Zn-Frachten steigen hierbei im Gewässerverlauf stetig an.

Eine starke Auffrachtung sowohl mit Zn als auch mit Cu wurde 2003 zwischen den Messstellen in Leimbach und oberhalb des Regenbeecks, aber auch zwischen der Mühlgrabenbrücke und Wiederstedt festgestellt. Dabei lassen sich Unterschiede bzgl. der Frachten beider Schwermetalle an verschiedenen Stellen im Wipperverlauf erkennen. So steigt die Cu-Konzentration (nicht dargestellt) und Fracht auch zwischen den Messstellen "Oberhalb Regenbeeck" und "Unterhalb Stockbach" sehr stark an, während dies bei Zn nicht in demselben Maß zu beobachten ist. Für Zn wiederum lässt sich eine hohe Auffrachtung zwischen "Unterhalb Stockbach" und Wiederstedt erkennen, wobei hier deutlich weniger Cu eingetragen wurde. Es wird deutlich, dass für beide Schwermetalle vermutlich verschiedene Eintragspunkte in Hettstedt hinsichtlich ihrer jeweiligen Relevanz bedeutsam sind bzw. waren. Im Vergleich zu den in Abbildung 3.15 erfassten und berechneten Frachten lässt sich erkennen, dass die Frachtwerte für Cu jene für Zn im 1. Halbjahr

2003 z.T. deutlich übersteigen. Die jüngeren Messungen zeigen nach der Passage Hettstedts eine deutlich geringere Befrachtung mit Cu und geringfügig höhere Werte für Zn. Zwar lassen sich beide Zeitaufnahmen, u.a. aufgrund unterschiedlicher Bezugszeiträume, nur bedingt miteinander vergleichen. Es kann jedoch auch vermutet werden, dass gegenwärtig weniger Cu dem Fließgewässer zugeführt wird als dies in der Vergangenheit der Fall war. Da für die jüngeren Jahre keine detaillierten Monitoring-Daten für den Raum Hettstedt vorliegen, kann kein Vergleich dieser Daten mit aktuelleren Werten vorgenommen werden. Daher kann nicht eindeutig geschlussfolgert werden, ob das Befrachtungsmuster in Hettstedt aus dem ersten Halbjahr 2003 auch die gegenwärtige Eintragssituation widerspiegelt. Dennoch könnten sich hieraus Hinweise auf ggf. auch gegenwärtig bestehende Eintrags-Schwerpunkte in dieser Region hinsichtlich der Schwermetalle Cu und Zn ergeben.

Da die Eine, wie in Kapitel 3.1 dargestellt, hinsichtlich der Abflussmenge der bedeutendste Nebenfluss der Wipper ist, soll auch für dieses Gewässer die Befrachtungssituation im zeitlichen und geografischen Verlauf dargestellt werden. Diesbezüglich erlauben die vorliegenden Datensätze jedoch nur in Ausnahmen die Bestimmung von Kupfer- bzw. Zinkfrachten. Für die meisten der Eine-Messstellen liegen weder Abfluss- noch Konzentrationsdaten vor. Die Messstellen, für die Frachten bestimmt werden können, sind nachfolgend aufgelistet (stromaufwärts ausgehend vom Mündungsbereich). Ihre Lage ist in Abbildung 3.17 erfasst:

- Unterhalb Aschersleben: vor Mündung in Wipper,
- Unterhalb Welbsleben: unterhalb Einmündung Langetalbach,
- Stangerode: unmittelbar unterhalb Einmündung der Leine.



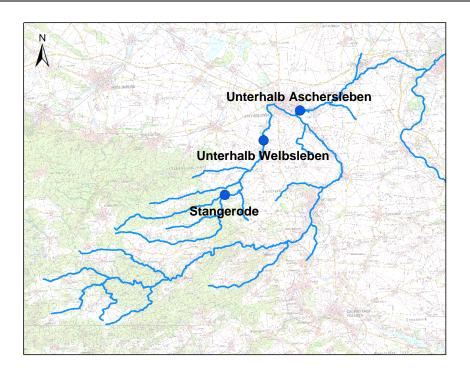


Abbildung 3.17 Lage der ausgewerteten Messstellen der Eine

Eine Frachtberechnung war nur für den Zeitraum von 2012 bis 2014 möglich. Die Ergebnisse sind, wiederum berechnet als Gesamt-Tagesfrachten (Jahresmittel), in Abbildung 3.18 erfasst.



Abbildung 3.18 Berechnete Tages-Gesamtfrachten (Jahresmittel) an Cu und Zn im Verlauf der Eine



Aufgrund von Datenlücken gestaltet sich eine Bewertung der Ergebnisse schwierig. Ähnlich zur Wipper lassen sich jedoch auch für die Eine keine Trends hinsichtlich einer Zu- oder Abnahme der Cu- und Zn-Frachten über den erfassten Zeitraum von 2012 bis 2014 beobachten. Bezüglich der Messstelle "Unterhalb Aschersleben", für welche die höchste Datendichte vorliegt, wurde für das Jahr 2013 eine signifikant höhere Belastung mit Zn im Vergleich zu 2012 und 2014 festgestellt. Dies steht mit deutlich höheren Abflüssen im genannten Jahr (insbesondere im Februar) in Zusammenhang (Daten nicht dargestellt). Generell kann auch eine Zunahme der Frachten stromabwärts belegt werden. Dennoch ist offensichtlich, dass die Eine im Vergleich zur Wipper deutlich geringer mit Cu und Zn befrachtet ist. So zeigt sich im Mittel für die Eine unterhalb Aschersleben, d.h. unmittelbar vor der Einmündung in die Wipper, eine über das Jahr 2013 gemittelte Kupferfracht von ca. 0,3 kg/d und eine über dasselbe Jahr gemittelte Zinkfracht von ca.1,5 kg/d. Demgegenüber ergibt sich für diesen Zeitraum eine mittlere Fracht in der Wipper von 7,1 kg/d (Cu) bzw. 19,6 kg/d (Zn) an der Messstelle Groß Schierstedt<sup>2</sup>. Stellt man die über die Jahre 2012 bis 2014 gemittelten Werte für die gleichen Messstellen gegenüber (siehe Abbildung 3.19), zeigen sich ähnliche Verhältnisse. In diesem Zeitraum wurden durchschnittlich 0,2 kg/d (Cu) bzw. 0,9 kg/d (Zn) aus der Eine an die Wipper abgegeben, während in der Wipper ca. 4,0 kg/d (Cu) und ca. 12,3 kg/d (Zn) im Wasser transportiert wurden. Generell zeigt sich daher, dass der Frachtanteil, der über die Eine in die Wipper vermittelt wird, im Vergleich zur Grundlast der Wipper mit < 10% als eher geringfügig, wenn auch nicht per se als irrelevant, anzusehen ist.



Abbildung 3.19 Gemittelte Tages-Befrachtung (gesamt) der Wipper aus der Eine

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Die Zink-Konzentrationen von Juni 2013 bis April 2014 lagen unterhalb der Bestimmungsgrenze von 10 μg/L. Für die Berechnung wurde in diesen Fällen ein Konzentrationswert entsprechend der halben BG, also 5 μg/L, eingesetzt.

#### Schwebstoffe

Die berechneten schwebstoffgebundenen Schwermetallkonzentrationen im Wasser der Wipper an der Messstelle Aderstedt sind in Abbildung 3.20 für das Jahr 2014³ graphisch dargestellt. Die Konzentrationen wurden durch Multiplikation der gemessenen AFS-Konzentration (Abfiltrierbare Schwebstoffe) mit den Masse-bezogenen Analysewerten der Zentrifugenproben (mg Schwermetall je kg TS) ermittelt. Aufgrund fehlender Abflusswerte konnte eine individuelle Frachtberechnung in kg/d, wie es bei der Darstellung der Belastungssituation der Wasserphase erfolgte, hier nicht durchgeführt werden. Durch Verrechnung der gemittelten Schadstoffkonzentrationen jeweils für Cu und Zn im Jahr 2014 mit dem gemittelten Abfluss im selben Jahr an der Messstelle Aderstedt, konnten in grober Weise zumindest jedoch mittlere Tages-Frachtwerte (Jahresmittel 2014) berechnet werden. Eine Darstellung der Ergebnisse erfolgt in Abbildung 3.21.

Die letztgenannten Abbildungen zeigen, dass auch bezogen auf die schwebstoffgebundene Fraktion mehr Zn als Cu in der Wipper transportiert und an die Saale abgegeben wird. Leicht schwankende Schadstoffgehalte (Zn: 1040 bis 1280 mg/kg TS; Cu: 455 bis 648 mg/kg TS) und insbesondere wechselnde Schwebstoffgehalte im Wasser (Spannweite von 13 bis 24 mg/L) sind ursächlich für die dargestellten Konzentrations-Unterschiede. Für Zn wurden hierbei ggü. Cu generell in etwa doppelt so hohe Konzentrationen berechnet.

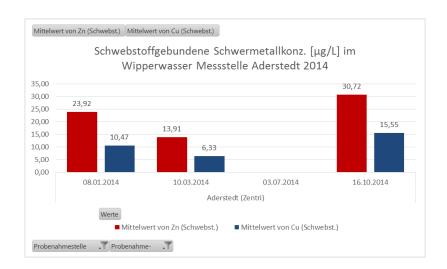


Abbildung 3.20 Entwicklung der schwebstoffgebundenen Schwermetallkonzentration im Wasser der Wipper kurz vor Mündung in die Saale im Untersuchungsjahr 2014

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup> Das Jahr 2013 konnte aufgrund fehlender Daten zur Schwebstoffanalyse hier nicht als Bezugsjahr herangezogen werden.



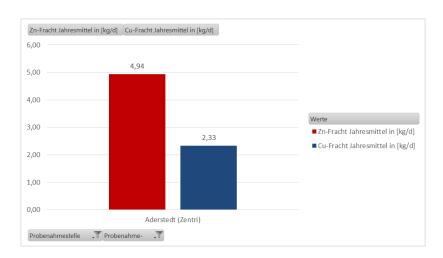


Abbildung 3.21 Mittlere tägliche, schwebstoffgebundene Schadstofffracht in der Wipper an der Messstelle Aderstedt im Jahr 2014

Vergleicht man die mittleren Tages-Frachten mit jenen der Wasserphase im gleichen Jahr und der gleichen Messstelle, lassen sich Rückschlüsse zum Bindungsverhalten und den bevorzugten Transportformen beider Schwermetalle (zumindest im Unterlauf) ziehen. Im Jahr 2014 wurden im Jahresmittel insgesamt etwa 10,0 kg/d Zn und 3,7 kg/d Cu in partikulärer und gelöster Form bei Aderstedt in die Saale abgegeben. Für die schwebstoffgebundene Fraktion wurden ca. 4,9 kg/d Zn und 2,3 kg/d Cu berechnet. In Beziehung zum Gesamtaustrag entspricht dies, wie in Abbildung 3.22 dargestellt, einem schwebstoffgebundenen Anteil in Höhe von ca. 49% (Zn) bzw. 64% (Cu). Die Werte zeigen an, dass im Fall von Zn im Jahr 2014 etwa ein gleich hoher Austrag in partikulärer wie in gelöster Form erfolgte. Cu hingegen zeigte eine stärkere Schwebstoffbindung, wobei fast zwei Drittel der Gesamtfracht über diesen Transportpfad bewegt wurden. Die Werte könnten einerseits das höhere Löslichkeitsverhalten von Zn repräsentieren, andererseits Hinweise auf bevorzugte Eintragsquellen geben. So sind gelöste Einträge insbesondere über Abwässer oder Stollensysteme zu erwarten. Immissionen in partikulärer Form ergeben sich im Wesentlichen über Einträge erodierten Materials, der Mobilisierung von Altsedimenten im Gewässerbett oder aus Ablagerungen in Kanälen. In der TRANSMET-Studie wurde, bezogen auf das hydrologische Jahr 2003, festgestellt, dass etwa 65% des Zinks in der Wipper gelöst transportiert wird. Für Cu liegen diesbezüglich keine Untersuchungsergebnisse vor. Auch wenn der Wert aus dem TRANSMET-Bericht geringfügig abweicht, kann festgehalten werden, dass in der Wipper der schwebstoffgebundene Austrag bezogen auf Zn eine dominantere Rolle spielt als in den anderen Gewässersystemen des Mansfelder Landes (TRANSMET 2004). So kann aus den Daten der TRANSMET-Studie berechnet werden, dass im

Fall der Salza/Böse Sieben ca. 1%, in der Schlenze sogar weniger als 1% in partikulärer Form an die Saale abgegeben werden. Für die Schlenze kann das damit begründet werden, dass die Hauptbefrachtung über den Schlüsselstollen erfolgt, welcher erst kurz vor Eintritt in die Saale in dieses Gewässer mündet. Somit bleibt in diesem Fall kaum Zeit zur Adsorption an im Gewässer suspendierte Partikel (siehe Abschnitt "Allgemeine Vorbemerkungen" dieses Kapitels). Für die Wipper kann aus den Daten geschlussfolgert werden, dass gelöste Einträge in größerer Entfernung zur Mündungsstelle erfolgen, sodass während des Fließweges Zeit für eine Bindung an Schwebstoffe bleibt. Andererseits könnten die Daten auch darauf hindeuten, dass in der Wipper vermehrt schwebstoffgebundene Einträge erfolgen oder die Mobilisierung von Altsedimenten einen signifikanten Beitrag zur Schadstoffbefrachtung leistet. Hinsichtlich der Dominanz bestimmter Eintragsquellen lassen sich hieraus allerdings keine belastbaren Aussagen treffen. So könnte der noch immer hohe Gelöstanteil kurz vor Mündung in die Saale auch auf einen dominanten Anteil gelöster Einträge stromaufwärts hindeuten. Nähere Aussagen hierzu lassen sich erst nach erfolgter bilanztechnischer Abschätzung eingetragener Schadstoffmengen treffen. Daher wird dieser Punkt in Kapitel 6 aufgegriffen und näher diskutiert.

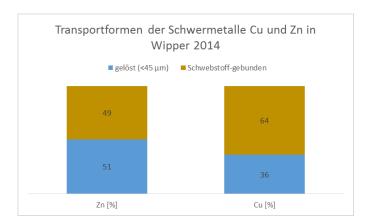


Abbildung 3.22 Transportformen der Schwermetalle Zn und Cu und jeweilige prozentuale Anteile im Jahr 2014, erfasst am Unterlauf der Wipper (Messstelle Aderstedt)



## Sedimente bzw. Altsedimente im Gewässerschlauch

Die folgenden Betrachtungen bezüglich der Sedimentbelastung der Wipper beziehen sich auf die Untersuchungsergebnisse der durch die Firma G.E.O.S. durchgeführten Altsedimentbestandsaufnahme. Die in diesem Rahmen untersuchten Altsedimentstandorte wurden bereits in Kapitel 3.2 genannt und hinsichtlich ihrer Mächtigkeiten / Volumina bewertet. Die Schwermetallbelastung der Schlämme insbesondere mit Kupfer und Zink nimmt vom Oberlauf zum Mittellauf signifikant zu, was auf die Einleitungen aus den bergbaubezogenen Industrien im Bereich Mansfeld/Hettstedt zurückzuführen ist. Ein möglicher Einfluss der Sedimentbeschaffenheit (z.B. Tonmineral- oder Organikanteil), der ebenfalls Einfluss auf die Schwermetallgehalte haben kann, wurde bei dieser Interpretation durch G.E.O.S. (2012) jedoch nicht diskutiert. Die nachfolgenden Darstellungen (Abbildung 3.23, Abbildung 3.24) zeigen die gemittelten Konzentrationen der Sedimentvorkommen entlang der Fließstrecke. Das Maximum der Cu- und Zn-Konzentration im Sediment bei Groß Schierstedt ist ein möglicher Indikator für die Nähe zu den Eintragsherden im Raum Mansfeld-Hettstedt. Da die Eine erst unterhalb der Sedimentstelle einmündet und ohnehin nur wenig Schadstoffe führt, ist diese als Kontaminationsquelle auszuschließen.



Abbildung 3.23 Mittelwerte der Zink-Konzentrationen in den im Rahmen der Bestandsaufnahme identifizierten und untersuchten Sedimentdepots in der Wipper.

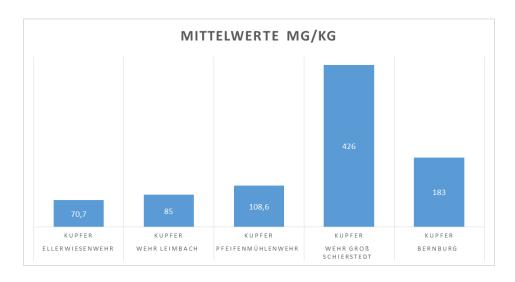


Abbildung 3.24 Mittelwerte der Kupfer-Konzentrationen in den im Rahmen der Bestandsaufnahme identifizierten und untersuchten Sedimentdepots in der Wipper.

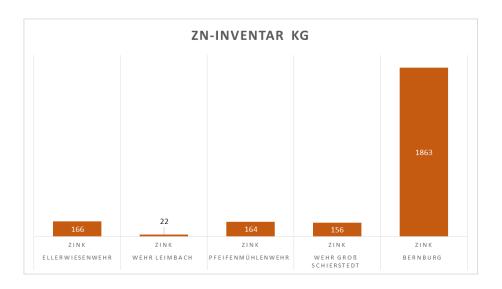


Abbildung 3.25 Gesamtinventar von Zink in den Sedimentdepots der Wipper berechnet aus Konzentrationsdaten und Feinsedimentmächtigkeiten.

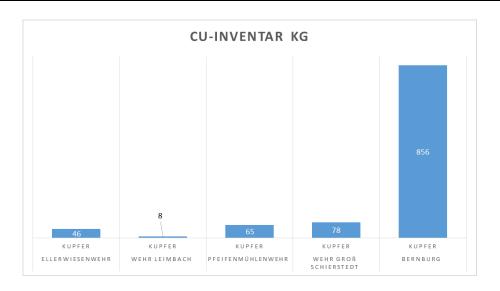


Abbildung 3.26 Gesamtinventar von Kupfer in den Sedimentdepots der Wipper berechnet aus Konzentrationsdaten und Feinsedimentmächtigkeiten.

Die Berechnung der Cu- bzw. Zn-Inventare der verschiedenen untersuchten Sedimentdepots spiegeln insbesondere das große Volumen des Sedimentdepots bei Bernburg im Unterlauf der Wipper wider (Abbildung 3.25, Abbildung 3.26).

Es ist anzunehmen, dass diese Depots keine dauerhaften, statischen Ablagerungen darstellen, sondern Umlagerungsprozessen unterworfen sind. Hierauf weist zum einen hin, dass keine ausgeprägten Unterschiede mit der Tiefe festzustellen sind. Zum anderen wurde in entsprechenden Untersuchungen in der Bode (Universität Stuttgart 2014) festgestellt, dass auch Sedimentablagerungen mit größeren Mächtigkeiten im Rahmen von Sedimentations- und Resuspensionszyklen teilweise durchgreifenden Umlagerungsprozessen unterworfen sind. Entsprechend ist ein ähnliches Verhalten im Analogieschluss auch für die Wippersedimente anzunehmen. Die ausgeprägten Jahresgänge im Abflussregime untermauern diese These (siehe Abschnitt 3.1). Auch die erneute Begutachtung der Sedimentdepots im Mündungsbereich nach dem Hochwasserereignis 2013 durch G.E.O.S. zeigte eine deutliche Volumenabnahme (siehe Abbildung 3.6 in Kapitel 3.2). Mit knapp 5900 kg (Zn) und etwa 3600 kg (Cu) wurden weiterhin nach dem Hochwasser viel höhere Inventarwerte für das Sedimentdepot im Mündungsbereich berechnet. Allerdings sollten hier die hohen Unsicherheiten erwähnt werden, die bei der Hochrechnung der punktuellen Messwerte auf das gesamte Sedimentdepot auftreten. Dadurch lassen sich die Inventare vor und nach dem Hochwasser schlecht miteinander vergleichen. So geben G.E.O.S. (2012) zu bedenken, dass die Analysenergebnisse nur anteilig auf die Sedimentfraktion < 63 µm bezogen sind. Für eine Aussage in Bezug auf das vorrätige Sedimentvolumen des entsprechenden Flussabschnittes seien die einzelnen Schadstoffkonzentrationen auf das gesamte Kornspektrum, unter Beachtung der jeweiligen Stoffdichte zu beziehen, um Rückschlüsse auf das mögliche Gesamtpotential an Schadstoffen schließen zu können. Dies impliziert, dass damit höhere Inventare ermittelt werden könnten. Die Einschätzung teilen wir nicht, da dem Grobkorn aufgrund der geringen spezifischen Oberflächen keine Relevanz als Schadstoffspeicher beizumessen ist. Im Gegenteil wäre ggf. die in die Berechnung des Schadstoffinventars eingehende Sedimentmasse zu reduzieren, um den Grobkornanteil herauszurechnen. Entsprechend sind die ermittelten Cu- und Zn-Inventare als konservativ einzuschätzen.

Die jüngeren Untersuchungen durch die Firma G.E.O.S. spiegeln eine ähnliche Belastungssituation wider, wie sie bereits im Rahmen des TRANSMET-Projekts ermittelt wurde. In letztgenannter Untersuchung beschränkten sich die Sedimentanalysen allerdings lediglich auf den Mittellauf zwischen Biesenrode und Wiederstedt. Weiterhin wurden die Sedimente lediglich hinsichtlich ihres Schwermetallgehalts (Angabe in Klassen-Spannweiten) bewertet, während keine Mächtigkeits-/Volumenbestimmung erfolgte. Daher kann eine ähnliche Inventarabschätzung nicht erfolgen und zum Vergleich herangezogen werden. Bezüglich Zn wurden erst ab der Messstelle zwischen Vatterode und Leimbach/Mansfeld erhöhte Belastungen im Sediment gemessen (570 bis 1140 mg/kg TS). An der folgenden, stromabwärts



liegenden Beprobungsstelle unmittelbar nach Zufluss der Alten Wipper wies das Sediment allerdings wieder eine geringere Belastung (285 bis 570 mg/kg TS) auf. Ein deutlicher Sprung zeigte sich jedoch an der folgenden Messstelle im Norden Hettstedts. Hier wurden Werte zwischen 2280 und 4560 mg/kg TS festgestellt. Mit Werten unter 142,5 mg Zn/kg TS wurden die Wippersedimente stromaufwärts von Vatterode als "praktisch unbelastet" bewertet (TRANSMET 2004, Anhang 1).

Auch die Belastung der Wippersedimente mit Kupfer zeigte ein ähnliches Bild. Neben einer nachweislich höheren Belastung im Raum Vatterode-Leimbach (bis 135 mg/kg TS), wurden vor allem in Hettstedt starke bis übermäßige Belastungen der Sedimente festgestellt. Dabei wurden, im Gegensatz zu Zn, bereits unterhalb der Einmündung der Alten Wipper starke Belastungen im Sediment festgestellt (240 bis 480 mg/TS). Bis zum Beprobungspunkt im Norden Hettstedts nahmen die Konzentrationen auf über 960 mg/kg TS zu.

Schlussfolgernd geht auch aus den Daten der TRANSMET-Studie hervor, dass der wesentliche Eintragsherd im Raum Hettstedt zu verorten ist. Allerdings zeigt sich, dass auch im Bereich Vatterode-Mansfeld Einträge stattfinden bzw. zu früheren Zeitpunkten stattfanden.

Sowohl im Bericht TRANSMET als auch im Gutachten zum Risikogebiet 3 des ÖGP Mansfelder Land (HPC, IHU & GFE 2003) wird auf die geogene Hintergrundbelastung der Gewässer im Raum Mansfelder Land und des Harzes hingewiesen, welche durch die schwermetallführenden Gesteine auch ohne anthropogenen Einfluss hervorgerufen wird. So wurden für die südlich der Wipper verlaufende Böse Sieben und ihre Zuflüsse nachgewiesen, dass das Schneiden des am westlichen Rand der Mansfelder Mulde ausbeißenden Kupferschiefers signifikant zu einer Erhöhung der Schwermetallbelastung in den Sedimenten führt (TRANSMET 2004). Einerseits wurde für die Sedimente der Wipper jedoch lediglich eine geringe geogene Hintergrundbelastung bezüglich Zn und Cu festgestellt (TRANSMET 2004), andererseits wurde u.a. aufgrund der nur geringen, erodierbaren Fläche des anstehenden Kupferschiefers allenfalls nur ein geringer Einfluss auf die Belastung der Oberflächengewässer postuliert (TRANSMET 2004). Daraus lässt sich schlussfolgern, dass die geogene Belastung für die Wipper von untergeordneter Bedeutung ist. Dementgegen stehen Aussagen im G.E.O.S.-Bericht (2012), in welchem geogene Hintergrundbelastungen der Wippersedimente für Kupfer genannt werden. Da sich die für die Bewertung herangezogene Probenahmestelle (Leimbach, Vatterode) allerdings bereits im Einfluss-Bereich des Bergbaus befindet, würden wir diese Aussage relativieren.

## Böden der erosionsgefährdeten Flächen

Sowohl geogen aufgrund der Bodengenese aus natürlich vorbelastetem Ausgangsgestein, aber auch durch anthropogene Tätigkeiten im Zusammenhang mit der Erz-Verhüttung sind die Böden im und um das Mansfelder Revier unterschiedlich stark mit Schwermetallen belastet. Insbesondere kam es während des Betriebs der Aufbereitungsanlagen aber auch danach noch

zur äolischen Verfrachtung von Feinstäuben von den Betriebsgeländen (vor allem über Schornsteine) und Halden.

Daten hinsichtlich der Belastung von Böden im UG gehen aus den Bestandsunterlagen nicht hervor. Daher wurde eine Literaturrecherche durchgeführt um später einen Eintrag über diesen Pfad abschätzen zu können. Unterschieden werden diesbezüglich geogene Hintergrundgehalte der Oberböden, wie sie im Untersuchungsgebiet erwartet werden können, sowie durch anthropogene Tätigkeiten überprägte Böden in Haldennähe und im Umkreis ehemaliger Hüttenstandorte.

Die Bedeutung geogener Ursachen für die Schwermetallbelastung in den Böden des Mansfelder Landes wurde durch Oertel und Frühauf (1999) untersucht. In der Studie werden Gehalte in Oberböden (Ap-Horizont (20 cm Entnahmetiefe) über Kupferschiefer) von ca. 261 mg/kg (Zn) und ca. 252 mg/kg (Cu) angegeben. Hierbei weisen die Autoren jedoch auf deutlich geringere Werte in tieferen Schichten bis maximal etwa 128 mg/kg (Zn) und 98 mg/kg (Cu) hin, was auf eine atmogene Deposition belasteter Stäube im Oberboden des untersuchten Standorts hindeutet (Messstelle befindet sich nahe Helbra und ist damit vermutlich durch Hüttenbetrieb und Halden anthropogen beeinflusst). Es wird deutlich, dass die gegenwärtige Bestimmung geogener Hintergrundgehalte in Oberböden aufgrund anthropogener Überprägung generell schwierig ist. Dennoch zeigen die Werte, dass die geogene Belastung eher als gering einzuschätzen ist.

Insbesondere in Haldennähe und im Umkreis ehemaliger Hüttenstandorte sind höhere Belastungswerte festzustellen. Analysen eines Oberbodens (Ah-Horizont, 30 cm) eines in Hauptwindrichtung nahe der Bleihütte in Hettstedt gelegenen Standorts zeigten Gehalte von ca. 512 mg/kg (Zn) und 255 mg/kg (Cu) (Oertel & Frühauf 1999). Aufgeschüttete Oberböden über Kleinhalden wiesen zwar noch höhere Metallgehalte auf, diese sind jedoch für die vorliegende Betrachtung von untergeordneter Bedeutung. Aus den Werten wird abgeleitet, dass allgemein drei- bis fünffach höhere Konzentrationen in Halden-/Hüttennähe zu erwarten sind.

Die Autoren ziehen den Schluss, dass eine geogene Hintergrundbelastung der Böden im Vergleich zur Belastung durch anthropogene Tätigkeiten von lediglich geringer Bedeutung ist. Gleichzeitig wird von den genannten Autoren, aber beispielsweise auch von Baumbach et al. (2007), ein nur geringer Schwermetallaustrag im Zusammenhang mit der generell niedrigen Schwermetalllöslichkeit sowie Grundwasserneubildungsrate im Untersuchungsgebiet über das Sickerwasser bzw. Grundwasser angenommen. Demgegenüber ist einer Auswaschung von Feinmaterial und einer anschließenden Verlagerung mit oberflächlich abfließenden Wasser ein potentiell höherer Stellenwert zuzuordnen.



Tauw

# 3.4 Quellenspezifische Analyse bezüglich der Metalle

Prinzipiell sollen, angelehnt an die Vorgehensweise des Umweltbundesamtes (UBA 2010), hinsichtlich der späteren Berechnung/Abschätzung von Stoffeinträgen in Fließgewässer verschiedene Quellen berücksichtigt und identifiziert werden (siehe Kapitel 2.1.1). Es werden im vorliegenden Bericht unterschieden:

- Einträge aus bergbaulichen Nutzungen als punktuelle oder diffuse Quellen,
- Kläranlagen als Punktquellen,
- Industrielle Direkteinleiter als Punktquellen,
- Weitere kommunale Einleitungen (Mischwasser, behandeltes,unzureichend behandeltes sowie sonstiges Abwasser) als Punkquellen,
- Regenwasser von versiegelten, urbanen Flächen als punktuelle oder diffuse Quellen und
- Unbefestigte Flächen (z.B. Landwirtschaft) als diffuse Quelle.

Einträge aus dem Altbergbau werden aufgrund ihres besonderen Stellenwertes im Untersuchungsgebiet in einem gesonderten Unterkapitel (Abschnitt 3.4.1) analysiert und weiter differenziert. Die direkte atmosphärische Deposition von Schadstoffen auf die Gewässeroberfläche soll vernachlässigt werden, da nur ein sehr geringer Einfluss über diesen Transferweg im Vergleich zu anderen Quellen erwartet werden kann. Weiterhin wird die geogene Hintergrundbelastung nicht getrennt behandelt, sondern an den entsprechenden Stellen mit bewertet.

Für die Ermittlung der Schadstoffquellen wurden insbesondere die zur Verfügung gestellten Bestandsunterlagen (Gutachten, Analysendaten, Wasserbuch, GIS-Daten) ausgewertet. Weiterhin erfolgte eine Ergänzung der Daten aus eigener Recherchearbeit.

# 3.4.1 Einträge aus bergbaulichen Nutzungen (Halden, Stollen, ehemalige Hüttenstandorte)

Das Land Sachsen-Anhalt blickt, insbesondere im Raum Mansfelder Land mit seinen ausgeprägten Kupferschiefervorkommen, auf eine lange Bergbau-Tradition zurück. Über 800 Jahre aktive Abbauzeit und die anschließende Gewinnung von etwa 30 Metallen und anderen Rohstoffen im Hüttenbetrieb (TRANSMET 2004) hinterlassen auch heute noch deutlich erkennbare Spuren im Landschaftsbild. So wurden im Mansfelder Land über 2.000 Halden mit unterschiedlichem Material, allem voran erzarmes oder erzloses Bergematerial bzw. Abraum, aufgeschüttet. Daneben lassen sich auch Produktionsreste aus den erzverarbeitenden Betrieben, wie Schlacken, Aschen oder Abrissmaterial, in den Haldenkörpern finden (TRANSMET 2004). Weiterhin wurde seinerzeit ein weitverzweigtes Entwässerungssystem angelegt, welches das hydrologische Abflussregime und die Fließverhältnisse im Untersuchungsgebiet irreversibel

verändert hat (HPC, IHU & GFE 2003). Über die Mundlöcher treten die belasteten Grubenwässer wieder zu Tage und tragen so zur Belastung der Oberflächengewässer bei (TRANSMET 2004). Neben den Halden und unterirdisch geschaffenen Wasserwegsamkeiten gehen jedoch auch von den ehemaligen Betriebsflächen (Rohhütten, Schmelzhütten) potentiell Gefahren aus. Zusammenfassend lassen sich, nach Sichtung der durch den AG übermittelten Bestandsunterlagen, für das Einzugsgebiet Wipper folgende direkte, auf die bergbauliche Nutzung zurückzuführende Emissionsquellen anführen, welche im Rahmen dieses Kapitels näher zu spezifizieren sind:

- Halden und Deponien mit abgelagerten Reststoffen aus dem Hütten- und Bergbaubetrieb,
- Entwässerungssysteme, insbesondere Stollengänge mit Abführung salzhaltigen und metallbelasteten Grubenwassers,
- Altstandorte ehemaliger Verhüttungsbetriebe.

Der potentielle Eintrag von belasteten Medien kann dabei über verschiedene Transferpfade erfolgen, welche überblickshaft in Abbildung 3.27 dargestellt sind (HPC, IHU & GFE 2003):

- Direkte Einspülung von Material als Folge erosiv wirkenden Oberflächenabflusses (1),
- Eintritt von kontaminierten Sickerwässern von Altstandorten sowie Halden/Deponien (2) und
- Eintritt von Stollenwässern über Mundlöcher (3).

Prinzipiell wäre weiterhin eine Einwehung von Feinstäuben denkbar. Dieser Transportpfad wurde allerdings als kaum relevant bewertet (Schmidt & Frühauf 1997).

Im Folgenden sollen, hervorgehend aus den zur Verfügung gestellten Unterlagen, die bergbaulichen Emissionsquellen mit Angaben zu Lage, ggf. ermittelten Analyseergebnissen bezüglich der Schwermetalle Kupfer und Zink sowie eine erste Einschätzung der Relevanz für die Belastungssituation der Wipper angeführt werden.



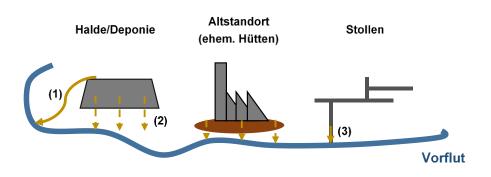


Abbildung 3.27 Direkte, aus der bergbaulichen Nutzung resultierenden Emissionsquellen mit Transferpfaden

## <u>Halden</u>

Wie bereits aus der in Kapitel 3.3 dargestellten Belastungssituation hervorgeht, wurden insbesondere im Rahmen des Projektes TRANSMET als auch in der jüngeren, in den Jahren 2012/2013 durch die Firma G.E.O.S. getätigten Altsedimentbestandsaufnahme für das Gewässer Wipper, eine hohe Schwermetallbelastung der Wipper-Sedimente festgestellt. Als wesentliche Ursache wird der Eintrag von Haldenmaterial mit dem oberflächenwirksamen Abfluss, insbesondere nach Starkregenereignissen, gesehen (TRANSMET 2004). Ein festgestellter Schlackenanteil im Sediment von z.T. über 50% (TRANSMET 2004) belegt dies. Darüber hinaus ließen sich auch alle weiteren Haldenmaterialien im Sediment wiederfinden (TRANSMET 2004).

Abbildung 3.28 zeigt schematisch die Standorte der erfassten Halden im Untersuchungsgebiet mit (potentieller) Anbindung an das Gewässersystem. Aus dem zur Verfügung gestellten Kartenmaterial wurden jene Halden als relevant aufgenommen, welche sich in unmittelbarer Nähe zum Fließgewässer befinden und von denen daher ein direkter Einfluss auf die Oberflächenwasser-Qualität der Wipper zu erwarten ist.

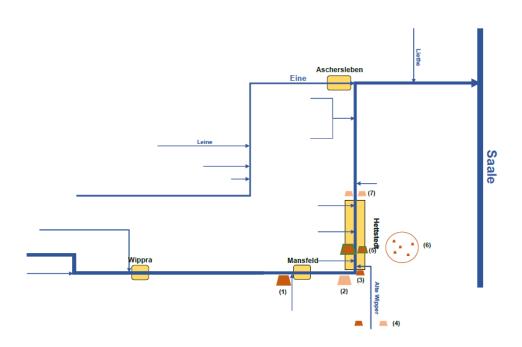


Abbildung 3.28 Haldenstandorte im Einzugsgebiet der Wipper

Während im Kartenmaterial des ÖGP-Berichts (Anlage 10 in HPC, IHU & GFE 2003) zusätzliche Haldenstandorte dargestellt sind, finden lediglich zwei Halden in den ausgehändigten Gutachten gesondert Erwähnung. Es handelt sich hierbei um (1) die Schlackenhalde der Eckhardthütte bei Mansfeld (TRANSMET 2004) sowie (5) die Halde "Lichtlöcherberg" in Hettstedt linksseitig der Wipper (TRANSMET 2004; HPC, IHU & GFE 2003). Sowohl die Größe beider Halden, die Art des aufgehaldeten Materials, als auch ihre Lage unmittelbar am Gewässerrand der Wipper im Bereich der festgestellten, signifikanten Auffrachtung deuten darauf hin, dass es sich hier um potentielle Emissions-Hotspots handelt. Beide Halden befinden sich in unmittelbarer Nähe zu ehemaligen Hüttenstandorten, sodass vermutet werden kann, dass hier insbesondere Reststoffe aus dem Verhüttungsprozess aufgehaldet wurden. So lassen sich auf der Halde "Lichtlöcherberg" insbesondere Fällungsrückstände aus der Kupfer-Verhüttung, Zinkklinker und Bleischlackengranalien finden (HPC, IHU & GFE 2003). Neben der Schlacke, welche im Bereich der genannten Halden in Hettstedt und Mansfeld auch vermehrt im Bachsediment vorzufinden ist (TRANSMET 2004), wurden vermutlich auch andere Materialien im Zusammenhang mit dem



Hüttenbetrieb abgelagert. Zu erwähnen sind diesbezüglich vor allem Aschen, Flugstäube und Abrissmaterialien (TRANSMET 2004). Eine Vorort-Begehung bestätigte, dass auf der Halde Eckhardthütte vor allem Schlacken abgelagert wurden. Durch die Nähe der Halde stellenweise unmittelbar am Gewässerrand und deutlich erkennbare Erosionsrinnen (siehe Fotodokumentation, Anlage 3), ist ein Direkteintrag von verwittertem Schlackenmaterial in die Wipper wahrscheinlich. Weiterhin wurden Austrittsstellen von vermutlichen Haldensickerwässern am Haldenfuß erkannt. Da die Schwermetalle in der Schlacke jedoch stark gebunden vorliegen, ist nicht von einer hohen Lösungsfähigkeit auszugehen. Die Halde Lichtlöcherberg konnte nicht begangen werden, wurde jedoch nachweislich saniert (GSG 2003).

Weiterhin wurden (2) die Halde "Freieslebenschacht" südlich von Hettstedt und (3) die kleineren Lichtlochhalden 25/25S sowie 26/26S aufgrund ihrer Lage am Gewässerverlauf in die schematische Darstellung aufgenommen. Im Rahmen der Vorort-Begehung konnten auffällige Unterschiede im abgelagerten Material der letztgenannten Halden ggü. der Halde Eckhardthütte festgestellt werden. Wie die Fotodokumentation belegt, war vor allem Kupferschiefer auf den Halden "Freieslebenschacht" und Lichtloch 25/25S und 26/26S anzutreffen. Dieser wies einerseits eine unterschiedliche Farbgebung (schwarz und ocker, teilw. grünlich verfärbt; siehe Fotodokumentation, Anlage 3), andererseits einen zum Teil hohen Zerkleinerungsgrad auf. Dadurch wäre ein Austrag in die Wipper prinzipiell leichter möglich als bei der Halde Eckhardthütte. In diesem Zusammenhang sei jedoch erwähnt, dass - im Gegensatz zur Halde Eckhardthütte – Gräben um die Halden gezogen wurden, in denen oberflächlich oder intermediär abfließendes Wasser gesammelt und abgeführt wird. Ob diese Wässer der Wipper punktuell zugeleitet werden, konnte allerdings nicht festgestellt/ausgeschlossen werden. Da sich diese Halden auch nicht in unmittelbarer Nähe zur Wipper befinden, sondern von dieser durch Deiche und/oder begrünte Randstreifen getrennt sind, ist die Wahrscheinlichkeit der direkten Einspülung von Haldenmaterial äußerst gering.

Weiterhin gehen aus dem Kartenmaterial und den ausgehändigten GIS-Dateien des ÖGP-Projektes zwei weitere, kleinere Halden unmittelbar nördlich von Hettstedt beidseitig der Wipper hervor (7). Auch die Alte Wipper, welche der Wipper im Süden Hettstedts zufließt, wird möglicherweise durch zwei Halden (4) beeinflusst. Erwähnung finden alle letztgenannten Halden in den Gutachten jedoch nicht. Dies deutet möglicherweise auf eine geringere Relevanz bezüglich des quantitativen Schadstoffeintrages in die Wipper hin.

Die Betrachtung der Haldenstandorte im Luftbild weist auf Bautätigkeiten (Abtrag) an zwei der erfassten Halden hin. Über den Fortschritt der Tätigkeiten oder sonstige Details in diesem Zusammenhang lassen sich keine Aussagen treffen. Die betreffenden Halden (Freieslebenschacht in Großörner südl. Hettstedts (2)) sowie Halde in Klostermansfeld, rechtsseitig Alte Wipper (4)) wurden daher mit abgeschwächter Farbe symbolisiert. Im Rahmen der Begehung konnten die Bautätigkeiten für die Halde Freieslebenschacht bestätigt werden.

Auch durch die LAF wurde bestätigt, dass diese Halde derzeit zur Schotter- und Baumaterialgewinnung (durch Fa. Martin Wurzel HTS Bau GmbH) genutzt wird (pers. Mittl. Hr. Heise, LAF). Dennoch befinden sich auch an dieser Stelle noch große Mengen an aufgehaldeten Material mit steilen Böschungswinkeln in Gewässernähe. Weiterhin konnten die Halden nördlich von Hettstedt (7) nicht auf Luftbildern erkannt werden. Auch im Rahmen der Vorort-Begehung wurden im entsprechenden Bereich keine Halden entdeckt. Möglicherweise sind diese nicht mehr existent und wurden daher ebenfalls abgeschwächt dargestellt.

Durch ein Gespräch mit Herrn Krienert (Fa. DMT) sowie einer Begutachtung der in diesem Rahmen übergebenen Unterlagen wurde eine weitere Halde in Hettstedt unmittelbar gegenüber der Halde Lichtlöcherberg, rechtsseitig der Wipper ausfindig gemacht und im Schema markiert (Wippergrabenhalde (5), rechts). Aus den Unterlagen geht hervor, dass die Wippergrabenhalde im Rahmen einer ABM-Maßnahme in den Jahren 2002/2003 neu profiliert, mit Boden überdeckt und begrünt wurde. In ähnlicher Weise wurde zuvor bereits auch die Halde "Lichtlöcherberg" einer Sanierung unterzogen (GSG 2003). Es ist davon auszugehen, dass von diesen Halden daher ein potentiell geringerer Eintrag an Schadstoffen über den Sickerwasserpfad zu erwarten ist. Die genannten Halden sind mit grüner Umrandung im Schema dargestellt. In diesem Zusammenhang muss allerdings hervorgehoben werden, dass alle genannten Sanierungsmaßnahmen im Zuge des ÖGP-Projekts der Unterbindung einer Schadstoffverlagerung mit dem Luftpfad und nicht mit dem Wasserpfad galten. Folglich handelt es sich bei den Abdeckungen auch nicht um Wasserhaushaltsschichten, sondern lediglich um aufgetragene Bodenschichten mit vergleichsweise geringer Mächtigkeit (pers. Mittl. Hr. Heise, LAF). Dementsprechend ist auch von einer gegenwärtigen Infiltration von Niederschlagswasser bei ausgeprägten Regenereignissen in die entsprechenden Haldenkörper auszugehen. Hinzukommt, dass - wie im Zuge einer Begehung festgestellt - die Böschungsbereiche der sanierten Halden weitgehend freiliegen, sodass, in Zusammenhang mit großen Böschungswinkeln, ein ereignisbezogener Abtrag von Material und nachfolgender Eintrag in die Wipper postuliert werden kann.

Es wird darauf hingewiesen, dass eine Erfassung aller Halden und Deponien (im gesamten Mansfelder Land wurden über die Jahre hinweg mehr als 2000 Halden angelegt; TRANSMET 2004) im Untersuchungsgebiet aufgrund der Vielzahl und Verstreuung nicht erfolgen kann und dies auch im Hinblick auf zukünftig potentiell durchzuführende, effiziente Sanierungs-/Sicherungsmaßnahmen wenig zweckdienlich ist. Nichtsdestotrotz können insbesondere an den Bächen und Flüssen gelegene Kleinhalden in Summe zu einem nicht unbeträchtlichen Anteil der belasteten Sedimentfracht beitragen (TRANSMET 2004). Wie in Schmidt und Frühauf (1997) herausgestellt, sind Kleinhalden im Vergleich zu anderen Haldentypen bzgl. des sickerwassergebundenen Schwermetallaustrags besonders bedeutsam. Bei der Passage von Niederschlagswasser durch den Haldenkörper wurde eine Anreicherung bzgl. Cu bis Faktor 22,



bzgl. Zn bis Faktor 8 ermittelt. Das liegt den Autoren nach im Wesentlichen darin begründet, dass Halden dieses Typs während der frühzeitigen Förderperiode angelegt wurden und dementsprechend einen hohen Verwitterungsgrad mit folglich hohem Feinanteil aufweisen. Sowohl in dem zur Verfügung gestellten Kartenmaterial (Anlage 10 in HPC, IHU & GFE 2003) als auch im Satellitenbild fallen in diesem Zusammenhang insbesondere östlich Hettstedts zahlreiche Kleinhalden (6) auf. Ohne diese individuell zu erfassen, wurden sie als potentieller Quellbereich aufgenommen, von dem ein diffuser Schadstoffeintrag in die Wipper prinzipiell möglich ist. In Schmidt und Frühauf (1997) wird darauf hingewiesen, dass Kleinhalden allein im Kreis Hettstedt eine Fläche von etwa 1800 ha beanspruchen.

Bei den in Abbildung 3.28 erfassten Halden handelt es sich im Wesentlichen um Flachhalden. Diese wurden nach Schmidt und Frühauf (1997) Ende des 19. bis zur ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts angelegt und weisen daher ein größeres Alter als die Spitzkegelhalden, jedoch ein geringeres Alter als die Kleinhalden auf. Daher lässt sich ein höherer Verwitterungsgrad erwarten, der sich in einer stärkeren Metallanreicherung des Sickerwassers (Cu bis ca, 7-fach, Zn bis ca. 3-fach) widerspiegelt (Schmidt und Frühauf 1997). Auch im ÖGP-Bericht wird erwähnt, dass Haldensickerwässer stark mit Zn, aber teilweise auch mit Cu belastet sein können. Die Autoren weisen darauf hin, dass hierdurch die Vorfluter direkt oder indirekt über Grundwasser aus dem Lockergesteins-GWL befrachtet werden können. Eine Belastung des Festgesteins-GWL wurde hingegen nicht festgestellt. Nichtsdestotrotz ist nach Schmidt und Frühauf (1997) von einer geringeren Befrachtung im Vergleich zu den Kleinhalden auszugehen. Insbesondere von den sanierten Halden mit Abdeckung sollte der Sickerwasserpfad weniger relevant, jedoch nicht gänzlich unbedeutend sein.

Auffällig an der räumlichen Verteilung der Haldenstandorte ist, dass sich diese nahe der Wipper auf den Bereich Mansfeld-Hettstedt-Sandersleben konzentrieren. Das liegt darin begründet, dass sich die Abbautätigkeiten (Erstreckung des Grubengebäudes Mansfelder Mulde) auf diesen Bereich der Wipper beschränken (siehe Anlage 10 in HPC, IHU & GFE 2003).

Neben dem wassergebunden Schwermetallaustrag aus den Halden im UG wäre weiterhin eine äolische Sedimentverlagerung denkbar. Hierdurch könnten sich sekundäre Schadstoffquellen in den umliegenden Oberböden gebildet haben, von denen potentiell eine Gefahr auch hinsichtlich des Schadstoffeintrages in die Wipper ausgeht. Trotz teils hoher gemessener Schadstoffgehalte in den Oberböden in unmittelbarer Haldennähe oder Verhüttungseinrichtungen, weisen Schmidt und Frühauf (1997) jedoch auf eine, gegenüber dem wassergebundenen Schadstoffaustrag, marginale Bedeutung dieses Transportpfades hin.

## Altstandorte

Insbesondere in Hettstedt, aber auch im Raum Vatterode-Mansfeld befanden sich mehrere Hütten, in denen schrittweise die Metalle aus dem geförderten Roherz gewonnen wurden. Durch den Umgang mit schwermetallhaltigem Material auf den Hüttenstandorten sowie der mit dem Betrieb einhergehenden Erzeugung verschiedenartiger, belasteter Reststoffe, geht von diesen Grundstücken eine potentielle Gefahr zur Austragung von Schwermetallen mit dem Sicker- und ggf. auch Oberflächenwasser aus. Die aus den zur Verfügung gestellten Unterlagen erfassten Altstandorte wurden gleichermaßen in einer schematischen Übersicht dargestellt (Abbildung 3.29). Ihre Lage wurde über Eigenrecherche und die Auswertung von Luft-/Satellitenbildern grob erfasst.

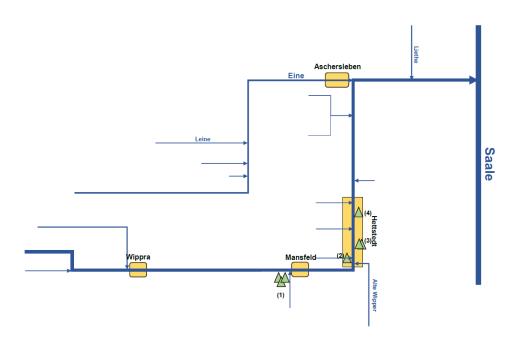


Abbildung 3.29 Altstandorte im Einzugsgebiet der Wipper

Bezüglich des Raums Vatterode-Mansfeld finden in den Gutachten drei historische Hüttenbetriebe (1) mit einer Kern-Betriebszeit vom 15. bis zum 19. Jahrhundert Erwähnung



(HPC, IHU & GFE 2003). Diese dienten im Wesentlichen der Gewinnung von Kupferstein als Schmelzprodukt (Rohhütten). Besondere Bedeutsamkeit kam im 19. Jahrhundert hierbei der Eckhardthütte zu, welche in diesem Zeitraum zur Großhütte ausgebaut wurde. Die genaue Lage der Hütten lässt sich heute schwer identifizieren. So geben Luftbilder keine Hinweise mehr auf diese Altstandorte. Der Straßenname "Hüttenstraße" südöstlich der Halde Eckhardthütte und linksseitig des Hagenbachs deutet jedoch auf den ehemaligen Standort hin. Es kann auch vermutet werden, dass sich die Hütten in unmittelbarer Nähe zur genannten Halde befanden.

In Hettstedt befanden sich neben Rohhütten vor allem hydro- und pyrometallurgische Schmelzhütten bzw. Feinhütten, in welchen die Gewinnung und Trennung der Rohstoffe aus dem in den Rohhütten erzeugten Kupferstein bis Ende des 20. Jahrhunderts erfolgte (TRANSMET 2004). Gesonderte Erwähnung in den Gutachten finden dabei (3) die Bleihütte (HPC, IHU & GFE 2003), (4) die Saigerhütte, die Kupferkammerhütte (gleicher Standort wie Bleihütte) sowie (2) die Kupfer-Silberhütte (TRANSMET 2004), weshalb diese vier Altstandorte in das Schema als potentielle Schadstoffquellen aufgenommen wurden. Im Rahmen der Begutachtung des Risikogebietes 3 durch die ARGE HPC, IHU und GFE im Jahr 2003, wurde im erfassten Teil des Einzugsgebiets Wipper lediglich die Bleihütte in Hettstedt als relevante, punktuelle Schadstoffquelle für das Grundwasser im Sinne der EU-WRRL ausgewiesen. Im Gutachten wird der betreffende Bereich mit einer Gesamtfläche von 13 ha in die Betriebseinheiten Lichtlöcherberghalde und Zinkvitrioanlage unterteilt. Auch im Rahmen eines Gesprächs mit Herrn Krienert (Fa. DMT), der sich langjährig mit Sanierungsaufgaben im Mansfelder Land beschäftigte, sind vom Standort Bleihütte die Hauptemissionen in die Wipper im Raum Hettstedt zu erwarten gewesen. Allerdings wurde dieser Standort zwischen 2006 und 2009 auf einer Gesamtfläche von 17 ha umfangreich saniert (BGI 2009). Die Sanierungs- und Sicherungsmaßnahmen umfassten insbesondere die Abdeckung des gesamten Areals mit einer Wasserhaushaltsschicht, das Herstellen einer geordneten Oberflächenentwässerung und Sammlung des Wassers in Regenrückhaltebecken sowie Standsicherheitsmaßnahmen an Böschungen. Dies muss bei der Bewertung der Immissionsquellen in die Wipper berücksichtigt werden. Überschüssiges Oberflächenwasser aus den Regenrückhaltebecken wird in den Wipperstollen eingeleitet. Daraus ergibt sich eine potentielle, direkte Anbindung über den Wasserpfad im Falle von Starkregenereignissen. Im Rahmen der Vorort-Begehung konnte das Gelände der Bleihütte nicht begangen werden. Gleiches trifft für die Saigerhütte zu. Diese wurde jedoch offensichtlich, im Gegensatz zur Bleihütte, nicht saniert. Daher gehen von diesem Areal möglicherweise noch Gefahren hinsichtlich einer Auffrachtung der Wipper mit Schwermetallen aus. Einleitstellen, die auf die Fassung von Wasser aus diesem Grundstück hindeuten, wurden allerdings nicht entdeckt. Jedoch war die Wipper im genannten Bereich nur begrenzt zugänglich. Die ehemalige Kupfer-Silber-Hütte befand sich vermutlich auf dem heutigen Betriebsgelände der MKM Mansfelder Kupfer und Messing GmbH.

Mit dem Hüttenbetrieb gingen massive Umweltbelastungen einher, die sich beispielsweise in sichtbaren Vegetationsschäden widerspiegelten (TRANSMET 2004). Neben einer direkten Einspülung von Metallschlämmen in die Wipper, kam es während der Betriebsphase insbesondere zu einer Windverfrachtung von Stäuben aus Gichtgasen und z.T. ungesichert abgelagerten Schlämmen (HPC, IHU & GFE 2003). Dadurch könnten sich rund um die Hütten, z.B. durch die kontinuierliche Ablagerung schwermetallbelasteter Stäube, sekundäre Schadstoff-Herde mit mobilisierbarem Restpotential gebildet haben, aus welchen möglicherweise weiterhin Schwermetalle diffus in die Wipper eingetragen werden (HPC, IHU & GFE 2003). Besonders hervorzuheben sind in diesem Zusammenhang sogenannte Theisenschlämme, die als Abprodukte aus der Gaswäsche hervorgingen und bis 1993 an verschiedenen Stellen zwischengelagert wurden. Ihre Feinkörnigkeit ermöglichte eine leichte Verlagerung mit Wind und Wasser. Daher sind Gaswäscheareale als potentielle Quellbereiche besonders relevant. In den Unterlagen werden jedoch lediglich Gaswäscheanlagen in Helbra und Eisleben erwähnt, welche sich beide nicht im Einzugsgebiet der Wipper befinden. Dennoch wurde Theisenschlamm als metallreicher Sekundär-Rohstoff in der Bleihütte Hettstedt zur Metallgewinnung genutzt. Dadurch bestand auch hier potentiell die Gefahr zur Ausspülung/Verwehung des feinkörnigen Materials von Lagerplätzen.

Mit Einstellung des Betriebs der Bleihütte wurden Theisenschlämme an verschiedenen Stellen (Schlammteiche, Notbecken etc.) zwischendeponiert (HPC, IHU & GFE 2003), über deren Standorte keine genauen Aussagen gemacht werden.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass auch die mit dem Bergbaubetrieb in Verbindung stehenden Altstandorte in einem räumlich begrenzten Abschnitt im Mittellauf der Wipper auffindbar sind. Dabei lassen sich prinzipiell die Gebiete Vatterode-Mansfeld mit ehemaligen, historischen Rohhütten (Betriebszeit bis Beginn 20. Jahrhundert) sowie das gesamte Stadtgebiet Hettstedt mit sowohl betriebenen Roh- als auch Feinhütten (Betriebszeit bis Ende des 20. Jahrhunderts) unterscheiden. Damit überlagern sich in diesen beiden Gebieten Altstandorte sowie Altablagerungen, wodurch sich lokal begrenzte Bereiche mit potentiell hohen Einträgen über den Sickerwasserpfad, aber auch über oberflächlich abfließendes Wasser abzeichnen. Während das Areal der Bleihütte umfangreich saniert wurde und die Hüttenstandorte in/bei Mansfeld sowie die Kupfer-Silber-Hütte scheinbar überbaut wurden, besteht das Areal der Saigerhütte als brache Fläche fort. Dieser Altstandort ist somit von potentiell hoher Relevanz.

## Stollen

Als weitere punktuelle Eintragsquellen mit Bezug zum Bergbau lassen sich Mundlöcher von seinerzeit zur Entwässerung der Grubengebäude angelegte Stollen identifizieren. Diese wurden schematisch in Abbildung 3.30 erfasst. Die Zuordnung der eingezeichneten Punkte und weitere Angaben hinsichtlich gemessener Konzentrationsspannen für Cu und Zn im Stollenwasser, ggf.



ermittelter Schüttungshöhen sowie sonstige Besonderheiten gehen aus Tabelle 3.1 am Ende dieses Abschnitts hervor. Die Tabelle zeigt, dass für viele Stollen Daten vorliegen, die eine spätere Frachtabschätzung ermöglichen. Dennoch fehlen bei manchen Stollen Abflussdaten und/oder Messwerte zu Schadstoffkonzentrationen, wodurch die Berechnung von Frachten nicht möglich ist. Dies stellt ein Defizit für die spätere Frachtbilanzierung dar.

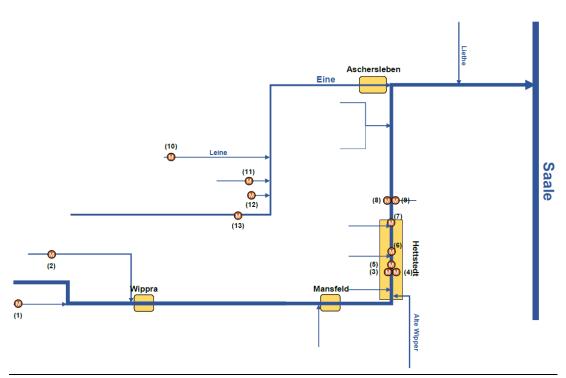


Abbildung 3.30 Mundlöcher der Stollen im Einzugsgebiet der Wipper

Da mehrere Stollen in die Wipper direkt oder indirekt über ihr zufließende Nebengewässer entwässern, kann vermutet werden, dass Grubenwässer wesentlich zur Belastung beitragen. Wie bereits 2004 im Rahmen der Studie TRANSMET festgestellt wurde, erfolgt die wesentliche Schadstoffbelastung der Saale über die Zufuhr von Stollenwässern (TRANSMET 2004). Der etwa 31 km lange Schlüsselstollen, welcher halbkreisförmig um die Mansfelder Mulde angelegt wurde und dabei auch Hettstedt passiert, wurde als besonders relevante Austragsquelle von Schwermetallen und Salz in die Saale identifiziert (TRANSMET 2004; HPC, IHU & GFE 2003). Dieser entwässert in die weiter südlich verlaufende Schlenze. Hohe Schadstofffrachten werden über das Mundloch nachweislich in diese abgegeben, welche letztlich in die Saale eingetragen werden. Auch wenn hinsichtlich Stollenlänge und Befrachtung vermutlich weniger bedeutsam,

werden auch der Wipper Grubenwässer über zahlreiche Mundlöcher zugeleitet, sodass sich auch für dieses Fließgewässer relevante Schadstoffeinträge über diesen Transferpfad ergeben.

Generell unterscheiden sich Stollen von den anderen im Rahmen dieses Kapitels diskutierten Punktquellen dahingehend, dass diese kontinuierlich Schadstoffe an das Fließgewässer abgeben. Diesbezüglich ist, unabhängig von den Niederschlags-/Abflussbedingungen mit einer durchgehenden Schadstoffnachlieferung, auch während längeren Trockenperioden, zu rechnen. Weiterhin werden über die Stollen Schwermetalle hauptsächlich in gelöster Form an das Fließgewässer abgegeben, während der Schwebstoffanteil gering ist (TRANSMET 2004). Der signifikante Einfluss der Stollenwässer auf den Gewässerzustand der Wipper schlägt sich insbesondere in einer Erhöhung der Gelöst-Konzentrationen der Schwermetalle Cu und Zn in der Wipper im Verlauf durch Hettstedt nieder (HPC, IHU & GFE 2003). Die Auswertung der Bestandsunterlagen ergab, dass im Stadtgebiet Hettstedt/Wiederstedt fünf Stollen in die Wipper oder ihr unmittelbar zufließende Bäche/Gräben entwässern. Im Vergleich zu den anderen Stollen im Einzugsgebiet, zeichnen sich diese (mit Ausnahme des Wipperstollens sowie des Jakobstollens, für welche keine Daten vorlagen) zugleich durch die höchsten Konzentrationen an Zn und Cu aus (siehe Tabelle 3.1). Somit ist diesen ein besonderer Stellenwert im Hinblick auf die Belastung der Wipper zuzuordnen. Gesondert erwähnt wird der Wiederstedter Stollen, welcher den nordwestlichen Randbereich des ehemaligen Abbaugebietes entwässert und dessen Grubenwässer über einen kleinen Bach der Wipper zugeführt werden. Der Stollen führt vergleichsweise hohe Wassermengen mit einer relativ hohen Belastung mit den Schwermetallen Cu und Zn (HPC, IHU & GFE 2003). Das Mundloch wurde im Jahr 2013 saniert. Im Rahmen der Vorort-Begehung wurde noch immer der Austritt klaren Wassers beobachtet. Rechnet man überschlägig die Frachten für diesen Stollen hoch, wird bereits an dieser Stelle die Bedeutung von Stollen als Eintragsquellen für Schwermetalle in die Wipper deutlich. Nimmt man jeweils die mittleren Konzentrationswerte an, lassen sich tägliche Frachten in Höhe von ca. 0,2 kg/d (Cu) und 7,3 kg/d (Zn) quantifizieren. Verglichen mit der mittleren Tages-Gesamtfracht im Mündungsbereich der Wipper im Jahr 2013 (19,3 kg/d), sind somit knapp 40% allein durch Zutritt von Wässern aus dem Wiederstedter Stollen erklärbar. Eine genauere Quantifizierung und Interpretation, auch unter Einbezug der anderen Stollen, erfolgt im Rahmen der bilanztechnischen Abschätzung (Kapitel 6.1.1).

Der Wipperstollen findet im Sanierungsbericht der Firma BGI Erwähnung (BGI 2009). Dessen Mundloch wurde im Rahmen der Sanierungsmaßnahmen gesichert. Im Gutachten wird erwähnt, dass der Stollen neben angeschlossenen Regenüberlaufbecken des sanierten Geländes weitere Zuflüsse hat, über deren Lage keine Aussagen gemacht werden können. Daten zu Schüttung und Wasserqualität des austretenden Wassers liegen nicht vor. Auch konnte im Rahmen der Begehung das Mundloch dieses Stollens nicht ausfindig gemacht werden. Möglicherweise befindet sich dieses unmittelbar unter der Brücke der B86 rechtsseitig der Wipper (siehe Fotodokumentation, Anlage 3). Die fehlenden Messwerte bezüglich Abflussmengen und



Stollenwasserkonzentrationen stellen ein Defizit für die Abschätzung der Stollen-Einträge dar. Das Mundloch des Jakobstollens ist verbrochen. Allerdings wird zeitweise die Bildung einer kleinen, offenen Wasserfläche im bebauten Bestand, ggü. der Halde Lichtlöcherberg beobachtet, was mit dem Jakobstollen in Verbindung gebracht wird (pers. Mittl. Hr. John, LHW). Auch das Mundloch des Hoheiter Stollens ist der gleichen Quelle nach verbrochen, wodurch vermutlich keine oberirdische Entwässerung mehr erfolgt.

Der Jakob-Adolph-Stollen wurde 2007 saniert und entwässert über eine Rohrleitung in einen Graben, welcher sein Wasser etwas unterhalb an die Wipper abgibt (pers. Mittl. Hr. John, LHW).

Nördlich von Hettstedt verlaufen zwei weitere Stollen (Rotheweller und Todthügler St.), zu dessen Lage, Wasserführung und Mündungsbereichen keine näheren Informationen verfügbar sind. Diese führen bis nach Sandersleben, sind jedoch vermutlich verbrochen oder nicht mehr wasserführend. Im Falle eine Verbruchs besteht jedoch die Gefahr, dass das Grubenwasser an anderer Stelle zutage tritt und der Wipper zugeführt wird. Bei einer Vorort-Begehung konnten keine Austrittsstellen erkannt werden. Auch dieses Kenntnisdefizit muss bei der Bewertung der Eintragssituation berücksichtigt werden.

Im Gegensatz zu den Halden und Altstandorten lassen sich bezüglich der Einleitung von Grubenwässern im Einzugsgebiet der Wipper noch weitere Stollen außerhalb des Gebietes Mansfeld-Hettstedt feststellen. Dies betrifft vor allem die Eine, die bei Aschersleben in die Wipper mündet. Im Rahmen der Sichtung der Bestandsunterlagen konnten vier Stollen im Einzugsbereich der Eine recherchiert werden. Die Stollen wurden zur Wasserhaltung des Tilkeroder Bergbaureviers angelegt, in welchem bis etwa Mitte des 20. Jahrhunderts Eisenerz gefördert wurde. Zwar enthielten die geförderten Erze auch geringe Mengen an Kupfer (Harzlife 2015), im Gegensatz zum Kupferschieferrevier des Mansfelder Landes ist jedoch mit deutlich geringeren Kupfer-Konzentrationen zu rechnen. Dies spiegelt sich auch in den geringen Konzentrationen von Cu und Zn in den Stollenwässern wider. Auch wenn für den Leinestollen keine Messwerte vorliegen, kann davon ausgegangen werden, dass die geführten Wässer ähnlich geringe Konzentrationen aufweisen. Daher tragen die Stollen nur unwesentlich zur Belastung der Eine und schließlich der Wipper bezüglich der Schwermetalle Zn und Cu bei.

Wie aus Abbildung 3.30 ersichtlich, wird die Wipper bereits im Oberlauf potentiell durch Bergbauwässer beeinflusst. Zu nennen sind diesbezüglich eingeleitete Wässer aus der Antimongrube (Nr. (1)) in die Wolfsberger Wipper, welche noch oberhalb Wippra in die Wipper entwässert. Die chemischen Untersuchungen des Grubenwassers zwischen 2000 bis 2004 zeigten bezüglich Kupfer keine relevanten Konzentrationen. Hinsichtlich Zink wurden Werte bis 56 µg/L gemessen. Diese liegen deutlich unterhalb der Zn-Konzentrationen, wie sie beispielsweise für Stollenwässer im Raum Hettstedt ermittelt wurden. Es kann davon ausgegangen werden, dass der Beitrag dieses Stollens für die Befrachtung der Wipper lediglich eine untergeordnete Rolle spielt.

Im Kartenanhang der Ausschreibungsunterlagen ist die Stahlquelle Neudorf als weiterer Stollen aufgeführt, wobei für diesen keine näheren Informationen aus den Bestandsunterlagen hervorgehen.



Tabelle 3.1 Bekannte Stollen im Einzugsgebiet Wipper mit Angaben zu gemessenen Konzentrationsbereichen für Kupfer und Zink (aus: Analysendaten Stollen 2000-2004, LHW)

Nr.	Stollen	Lage	Konz. Cu [µg/L]	Konz. Zn [μg/L]	Abfluss [l/s]	Anmerkungen	Relevanz
(1)	Antimongrube	bei Wolfsberg	< 2,0 - 2,1	25-56	3,9	Entwässerung in	*
			(2000-2004)	(2000-2004)		Wolfsberger	
						Wipper;	
						Mundloch als	
						Rohr in Wipper	
(2)	Stahlquelle	Neudorf	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	*
	Neudorf	(Harzgerode)					
(3)	Jakobstollen	Hettstedt	Keine	Keine	k.A.	Mundloch	*
			Messwerte	Messwerte		verbrochen, aber	
						zeitweise visuell	
						sichtbare	
						Wasserfläche im	
						bebauten Gebiet	
						westlich Halde	
						Lichtlöcherberg	
(4)	Wipperstollen	Hettstedt	k. A.	k. A.	k. A.	Verzweigtes	**
						Stollensystem mit	
						mehreren	
						Zuflüssen,	
						Regenüberlauf	
						Bleihüttengelände	
						wird zugeführt	
(5)	Hoheiter	Hettstedt	203	570	k. A.	Mundloch	*
			(03/2000)	(03/2000)		verbrochen, vmtl.	
						keine	
						oberirdische	
						Entwässerung	
						mehr	

Nr.	Stollen	Lage	Konz. Cu	Konz. Zn	Abfluss	Anmerkungen	Relevanz
			[µg/L]	[µg/L]	[l/s]		
(6)	Jakob-Adolph	Hettstedt	27,8 – 75,3	705 – 1.520	4,5	Mundloch 2007	***
			(2000-2004)	(2000-2004)		saniert und	
						verrohrt	
						(Stahlrohr);	
						Entwässerung	
						über	
						Vorflutgraben in	
						Wipper mit 100-	
						700 m³/d	
(7)	Wiederstedter	Wiederstedt	71,4 – 84,7	2.620-3.020	30,1	Über kleinen	***
			(2000-2004)	(2000-2004)		Bach in Wipper;	
						gemauertes	
						Häuschen; hohe	
						Schüttung	
(8)	Rotheweller	Sandersleben	Keine	Keine	k. A.	Verbrochen, vmtl.	*
			Messwerte	Messwerte		kein	
						Wasseraustritt,	
						genaue Lage	
						unbekannt	
(9)	Todthügler	Sandersleben	Keine	Keine	k. A.	trocken	*
			Messwerte	Messwerte			
(10)	Leinestollen	Zw. Pansfelde	Keine	Keine	k. A.	Einleitung in	*
		und	Messwerte	Messwerte		Leine	
		Molmerswende					
(11)	Neuer	Tilkerode	< 2	< 10	1,5	Keramikrohr aus	*
, ,	Eskeborner		(2001-2006)	(2001-2006)		Berghang	
(12)	Alter	Tilkerode	< 2 – 2	12 – 16	1,4	Altes Mundloch	*
( )	Eskeborner		(2001)	(2001)	,	verfallen;	
			( )	( )		Wasseraustritt	
						aus Keramikrohr	
						50 m unterhalb	
(13)	Tilkeröder	Abberode	< 2	< 10 – 11	3,0	vmtl. kein	*
		, ,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,	~ <del>~</del>	~ 10 - 11	5,0	TITILL NOTE	



Nr.	Stollen	Lage	Konz. Cu	Konz. Zn	Abfluss	Anmerkungen	Relevanz
			[µg/L]	[µg/L]	[l/s]		
-	Hundeköpfer	südl. Großörner	Keine	Keine	k.A.	Mundloch	*
			Messwerte	Messwerte		ehemals in	
						Hüttengraben;	
						verbrochen; Lage	
						unbekannt	

Die oben genannte Einschätzung bezüglich der Relevanz einzelner Stollen für die Belastung des Fließgewässers Wipper bezieht sich lediglich auf die Daten aus den zur Verfügung gestellten Bestandsunterlagen. Da der Datenbestand größtenteils keine hohe Aktualität aufweist, können Änderungen hinsichtlich der Schadstoffkonzentrationen und Abflussmengen bis zum heutigen Zeitpunkt nicht ausgeschlossen werden. Nichtsdestotrotz zeichnet sich bezüglich der Einleitung von Stollenwässern ab, dass die größte Befrachtung der Wipper mit Zn und Cu in Hettstedt zu erwarten ist. Im Gegensatz zu Altstandorten und Halden konnten in und um Mansfeld keine Einleitungen aus Stollenwässern recherchiert werden.

#### 3.4.2 Einträge aus anderen Quellen (Industrie, Klärwerke, Agrarflächen etc.)

Neben den im vorhergehenden Kapitel erfassten potentiellen Eintragsquellen mit Bezug zum Bergbau, soll sich dieses Kapitel weiteren Quellen widmen, aus denen die Schwermetalle Cu und Zn dem Gewässer zugeführt werden könnten. Denkbar sind Einleitungen aus kommunalen Kläranlagen, Einleitungen weiterer behandelter oder unzureichend behandelter Abwässer, ehemalige Hausmüllkippen oder Deponien sowie von Industriegrundstücken ausgehende Belastungen

(TRANSMET 2004). Weiterhin sind im Bericht zum Projekt TRANSMET durch Hausbrand freigesetzte Metalle erwähnt, welche sich im Umfeld von Wohngebieten absetzten und hier als potentielle Quellbereiche auftreten. In diesem Zusammenhang und insbesondere aufgrund potentiell verwehten Haldenmaterials oder Feinstäube von Hüttenstandorten kommen ebenfalls durch Bodenerosion eingetragene, möglicherweise belastete Sedimente als diffuse Eintragsquelle in Frage.

Vorweg sei erwähnt, dass in den zur Verfügung gestellten Gutachten andere Belastungsquellen, die nicht in direktem Zusammenhang mit dem Bergbau stehen, kaum Erwähnung finden. So werden mögliche weitere Quellbereiche zwar genannt, jedoch nur sporadisch näher erläutert oder lokalisiert. Daher galt es, im Rahmen der Auswertung der GIS-Daten, des Wasserbuchs und einer Eigenrecherche insbesondere Kenntnislücken hinsichtlich derartiger Eintragsquellen zu schließen.

Mit Ausnahme der landwirtschaftlich genutzten Flächen konnten Daten zu Einleitungen in das Fließgewässer Wipper sowie ihr zufließende Nebengewässer aus dem zur Verfügung gestellten Wasserbuch ermittelt und gemeindebezogen näherungsweise quantifiziert werden (Abbildung 3.31). Hierbei wurde eine Neueinteilung der erfassten Abwässer in allgemeines Industrieabwasser (Industrie), Kupfer-Industrieabwasser (Cu-Industrie), behandeltes Abwasser der Kommunen oder Privathaushalte ohne Zentral-Kläranlage (AW beh.), unzureichend behandeltes Abwasser der Kommunen oder Privathaushalte (AW unbeh.), Mischwasser (MW), Abwasser aus Zentralkläranlagen (ZKA) und sonstiges, nicht näher zuordenbares Abwasser (Sonstiges) vorgenommen. Diese Unterscheidung wurde bereits im Hinblick auf später ggf. berechenbare Frachten getroffen. So können für Kläranlagen, aus denen generell hohe Wassermengen in Fließgewässer gelangen, allgemeine Ablaufkonzentrationen für Schwermetalle angesetzt werden. Auch hier konnten daher Daten für eine spätere Frachtabschätzung zusammengetragen werden. Weiterhin ist von Industrieeinleitern, insbesondere von Industrien der Kupferverarbeitung, mit

erhöhten Schwermetalleinträgen zu rechnen. Eine Unterscheidung bezüglich der Abwassertypen behandelt, nicht ausreichend behandelt und Mischwasser wurde als wichtig erachtet, da einerseits Regenwasser hier z.T. miterfasst wird, andererseits mit nicht ausreichend behandeltem Abwasser Schadstoffe in konzentrierter

Form punktuell in das Gewässer gelangen könnten. Ohne spezifische Messwerte dürfte eine spätere Ermittlung der Befrachtung der Wipper über diese Wege allerdings kaum möglich sein. Zur Bestimmung der Einleitmengen wurde auf die im Wasserbuch vermerkten maximalen Jahreseinleitmengen zurückgegriffen. Sofern hierzu keine Angabe gemacht wurde, wurden die maximal genehmigten Tageseinleitmengen hochgerechnet. Da davon ausgegangen werden kann, dass nicht für jeden Jahrestag die Maximalwerte erreicht werden, ist die Abschätzung folglich als konservativ zu beurteilen. Für vereinzelte Daten lagen wiederum lediglich maximale Einleitmengen in der Einheit [I/s] vor. Diese konnten nicht berücksichtigt werden, da eine Hochrechnung zu einer massiven Überschätzung führen würden.

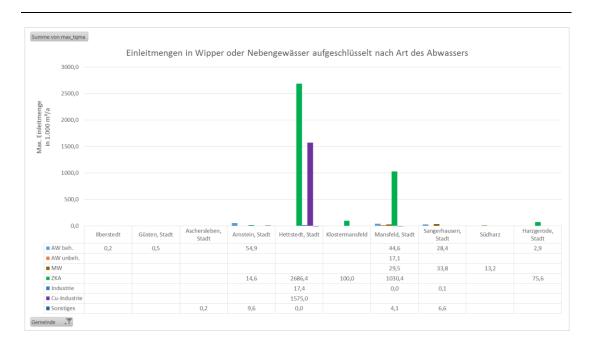


Abbildung 3.31 Quantifizierung von Einleitmengen verschiedener Gemeinden mit Differenzierung des Abwassertyps (ausgenommen Eine; Datengrundlage: Wasserbuch Wipper)

Aus der Abbildung 3.31 geht klar hervor, dass die größten Wassermengen über die kommunalen Zentral-Kläranlagen in die Wipper geleitet werden. Weiterhin fällt auf, dass auch erhebliche Mengen an Abwasser der Cu-Industrie in die Wipper gelangen. Vergleichsweise spielen alle weiteren Einträge nur eine unerhebliche Rolle. In den folgenden Punkten sollen – aufbauend auf dieser Erhebung – die verschiedenen Einleiter näher charakterisiert werden.

#### Kommunale Kläranlagen

Aufgrund generell hoher Einleitmengen stellen Kläranlagen wichtige Direkteinleiter in Fließgewässer dar. Allein aus diesen Mengen können sich, trotz geringer Ablauf-Konzentrationen, relevante Frachtzuführungen ergeben. Der Wipper werden jährlich etwa 3,9 Mio. m³ gereinigtes Wasser aus zentralen Klärwerken zugeführt. Dies entspricht etwa 68% der erfassten Gesamtmenge, die in das Gewässer Wipper (inkl. Nebengewässer) eingeleitet werden.

Einleitstellen gereinigten Abwassers aus Zentralkläranlagen (ZKA) konnten durch eine Aufarbeitung der Wasserbucheinträge lokalisiert werden und sind in Abbildung 3.32 dargestellt.

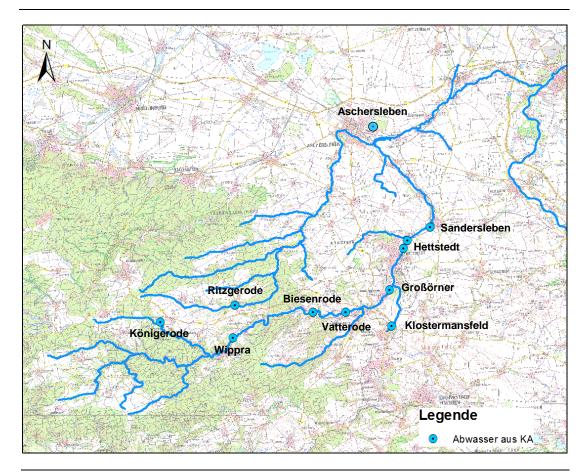


Abbildung 3.32 Lage der Einleitstellen aus Zentralkläranlagen in die Wipper oder ihr zufließende Nebengewässer (Datengrundlage: Wasserbuch, ergänzt durch ZKA Aschersleben)



Der Abwasserzweckverband Wipper-Schlenze betreibt insgesamt fünf Kläranlagen, von denen vier hinsichtlich eines potentiellen Einflusses auf die Wipper bedeutsam sind. Folgende Standorte wurden identifiziert:

- Östlich von Biesenrode, linksseitig der Wipper,
- Östlich von Vatterode, rechtsseitig der Wipper,
- Nördlich von Klostermansfeld, rechtsseitig der Alten Wipper,
- Im Norden Hettstedts, linksseitig der Wipper.

Die genannten vier Anlagen reinigen Abwasser von insgesamt etwa 35.000 angeschlossenen Einwohnern. Zudem wird im Wasserbuch die Kläranlage Sandersleben mit Einleitung in die Rote Welle geführt.

Weiterhin ergab eine Eigenrecherche, dass die Abwässer von ca. 28.000 Einwohnern in der Kläranlage östlich von Aschersleben (linksseitig der Eine) behandelt werden. Einleitungen dieser Anlage sind im Wasserbuch der Wipper nicht gelistet. Eine vereinfachte Hochrechnung (Ansatz: 120 L Wasserverbrauch pro Einw. und Tag) ergibt eine jährliche Einleitmenge in Höhe von ca. 1,2 Mio. m³ in die Eine. Durch den Wasserverband Südharz werden kleinere Kläranlagen bei Wippra (Friesdorf), Hayn und Wolfsberg (Teichkläranlage) betrieben. Der Zweckverband Wasserversorgung und Abwasserentsorgung Ostharz betreibt im Einzugsgebiet Anlagen in Königerode, Harzgerode und Schielo, wobei lediglich erstere im Wasserbuch der Wipper geführt ist. Einleitungen von im Wasserbuch gelisteten Kleinkläranlagen (hierunter wird auch die Teichkläranlage Wolfsberg gezählt) werden unter dem Punkt "behandeltes Abwasser" erfasst. Die im Wasserbuch weiterhin geführten Klärwerke in Großörner, Sandersleben sowie eine zweite Anlage südlich der Zentralkläranlage Hettstedts konnten im Luftbild nicht gefunden werden. Außerdem sind für die Kläranlagen Großörner und Ritzgerode keine Angaben zu Einleitmengen im Wasserbuch hinterlegt. Es wird daher davon ausgegangen, dass diese Anlagen nicht mehr betrieben werden.

Hinsichtlich einer späteren Frachtabschätzung sind die Schwermetallkonzentrationen im Kläranlagenablauf relevant. Im Rahmen des Projekts zur Stoffeintragsmodellierung (Fuchs et al., 2014) wurden diesbezüglich bundeslandspezifische Daten zusammengetragen bzw. abgeleitet. Für Sachsen-Anhalt werden Konzentrationswerte von 4,99 µg/L (Cu) und 29,7 µg/L (Zn) angegeben. Aus diesen Werten und den oben genannten Einleitmengen lassen sich im Rahmen der bilanztechnischen Abschätzung Schwermetalleinträge von Cu und Zn aus Zentralkläranlagen näherungsweise erfassen. Eine erste Hochrechnung zeigt jedoch, dass überschlägig lediglich ca. 0,3 kg/d (Zn) bzw. 0,05 kg/d (Cu) aus diesen Quellen erwartet werden können. Daher ist Zentralkläranlagen für die Befrachtung der Wipper wohl eher eine untergeordnete Bedeutung beizumessen. Eine genauere Betrachtung erfolgt im Rahmen von Kapitel 6.1.4.

#### Industrielle Direkteinleiter

Als wichtiger Industrieller Direkteinleiter ging aus der Auswertung der Wasserbuch-Daten die Mansfelder Kupfer und Messing GmbH (MKM) hervor. Da bei diesem Einleiter betriebsbedingt (Metallverarbeitung) bereits Einträge von Schwermetallen zu erwarten sind und es sich zugleich um einen Großbetrieb mit hohem Abwasseraufkommen (ca. 1,6 Mio. m³ pro Jahr; Angaben aus Wasserbuch) handelt, kann diesem ein besonders hoher Stellenwert zugeordnet werden. Es handelt sich hierbei um mechanisch behandeltes Abwasser aus der Produktion sowie sonstiges, mechanisch-biologisch behandeltes Abwasser. Einleitungen dieses betrieblich gereinigten Abwassers erfolgen nach Angaben aus dem Wasserbuch über Einleitstellen in den Regenbeek (Alte Wipper) sowie etwas nördlicher direkt in die Wipper. Allerdings wird gegenwärtig das gesamte Abwasser der MKM GmbH der betriebseigenen Kläranlage zugeleitet, hier aufbereitet und über lediglich einen gefassten Auslass (Rohr) der Wipper temporär (5 mal gem. Angabe Eigenüberwachung MKM GmbH) zugeleitet (pers. Mittl. Hr. John, LHW). Auch im Rahmen von in der Vergangenheit getätigten Probenahmen in Hettstedt wurden bereits industrielle Einleitungen im Stadtgebiet vermutet (Anlage 15 in TRANSMET 2004). Während der Begehung wurde sowohl die gegenwärtig genutzte als auch die ehemalige Einleitstelle der Betriebskläranlage in die Wipper entdeckt und dokumentiert (siehe Fotodokumentation, Anlage 3). Zum Zeitpunkt der Begehung im August wurde aktiv Wasser in die Wipper eingeleitet. Es wurde festgestellt, dass das Abwasser eine längere, schaumig-weiße Fahne in der Wipper, ausgehend vom Eintrittspunkt, bildete. Weiter südlich wurde im Luftbild eine weitere wasserbauliche Anlage ausfindig gemacht. Hierbei handelt es sich um eine Pumpstation (Umlaufwasser MKM), wobei an diesem Standort keine Einleitung von Abwasser der MKM GmbH erfolgt (pers. Mittl. Hr. John, LHW). Als Ergebnis einer Anfrage an das Landesverwaltungsamt (LVwA) wurde durch dieses die 2014 durch die MKM GmbH eingeleitete Frachten für Cu übermittelt. Dieser Angabe zufolge wurden lediglich 5 kg im genannten Jahr und folglich deutlich weniger als 0,1 kg pro Tag dieses Schwermetalls in die Wipper geleitet. Demnach würde diese Quelle als bedeutender Emittent ausscheiden. Allerdings sei auf die hohen erlaubten Frachten gem. der wasserrechtlichen Erlaubnis in Höhe von ca. 16,4 kg/d Cu verwiesen. Es kann nicht sicher ausgeschlossen werden, dass in anderen Jahren deutlich höhere Frachten in die Wipper vermittelt wurden. Für Zn liegen keine ähnlich detaillierten Angaben vor.

Weiterhin sind im Wasserbuch genehmigte Einleitungen der Mansfelder Aluminiumwerk GmbH genannt. Das Abwasser wird auch hier einer zentralen Kläranlage im Bereich der Hüttenstraße zugeführt, aus welcher wiederum das gereinigte Abwasser in einen Mühlgraben im südlichen Teil Hettstedts, der wiederum im Mündungsbereich zur Wipper verrohrt ist, eingeleitet wird (pers. Mittl. Hr. John, LHW). Allerdings fehlen einerseits Angaben hinsichtlich maximal zulässiger Cu- und Zn-Konzentrationen. Andererseits sind die Einleitmengen mit ca. 17.000 m³ pro Jahr vergleichsweise unbedeutsam. Gleiches gilt für eine Brauerei in Wippra mit lediglich 60 m³ pro Jahr Einleitvolumen. Die Lage der im Wasserbuch geführten Einleitstellen ist Abbildung 3.33 zu entnehmen.



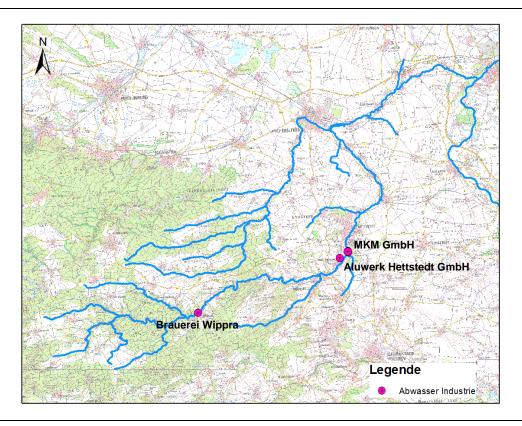


Abbildung 3.33 Lage der Einleitstellen industrieller Direkteinleiter

Auch wenn im Wasserbuch keine weiteren industriellen Einleiter mit Angaben zu genehmigten Cu- und Zn-Einträgen vermerkt sind, wurden im Rahmen einer eigenen Recherche weitere Industrieflächen erfasst. Hierbei wurden digitale Kartenwerke hinsichtlich vermerkter Industrieflächen analysiert. Außerdem wurden Einträge im European Pollutant Release and Transfer Register (E-PRTR) berücksichtigt.

In Fließrichtung wurden die in Tabelle 3.2 aufgeführten Industrien recherchiert.

Tabelle 3.2 Industrieflächen im Untersuchungsgebiet Wipper

Ort	Name	Branche	Quelle	
Popperode	Kunststoff und Stahlbau	Kunststoff, Stahlbau	Digitale Karten	
	GmbH			
Klostermansfeld	GOSAG Stahl- und	Stahlbau, Maschinenbau	Digitale Karten	
	Anlagenbau GmbH			
	Landwirtschaft	Agrar	E-PRTR	
	Klostermansfeld GmbH			
Hettstedt	Mansfelder Kupfer und	Metallverarbeitung	Digitale Karten, E-PRTR	
	Messing GmbH			
	Mansfelder Aluminiumwerk	Metallverarbeitung	Digitale Karten, E-PRTR	
	GmbH			
	Ehem. Maschinenbetrieb	Maschinenbau	Hinweis durch LAF	
	Hettstedt			
Wiederstedt	Agrargenossenschaft	Agrar	Digitale Karten	
	Wiederstedt eG			
Sandersleben	Anlagenbau Sandersleben	Stahlbau	Digitale Karten	
	GmbH			
Aschersleben	Fehr Umwelt Ost GmbH	Entsorgung	E-PRTR	
	Clopay Advanced Printing	Kunststoff	E-PRTR	
Klein Schierstedt	Schokoladenwerk	Lebensmittel	Digitale Karten	
Amesdorf	Agrargenossenschaft eG	Agrar	Digitale Karten	
Ilberstedt	Galvano Ilberstedt GmbH	Metallverarbeitung,	Hinweis durch LAF	
		Oberflächenveredelung		

Für keine der tabellarisch aufgeführten Industriestandorte sind Abgaben von den Schwermetallen Cu und Zn an die Umweltkompartimente Boden, Luft und Wasser im E-PRTR vermerkt. Es wird daher davon ausgegangen, dass auch der Eintrag dieser Schadstoffe von geringer Bedeutung für die Belastung der Wipper ist, zumal eine Abwasserabgabe an Oberflächengewässer ohnehin der behördlichen Genehmigung bedarf. Einträge im Wasserbuch sind lediglich für die Mansfelder Kupfer und Messing GmbH und die Mansfelder Aluminiumwerk GmbH zu finden, wie bereits oben erwähnt. Es wird angenommen, dass die Abwässer der anderen Betriebe über die jeweiligen



Klärwerke gereinigt und folglich über diese erfasst werden. Eine gesonderte, lagegenaue Erfassung dieser Industriestandorte ist folglich nicht zweckdienlich.

Durch die Landesanstalt für Altlastenfreistellung Sachsen-Anhalt (LAF) wurde weiterhin auf den ehemaligen VEB Galvano Ilberstedt hingewiesen (pers. Mittl. Hr. Heise, LAF). In diesem Zusammenhang wurde erwähnt, dass an diesem Standort eine Oberflächenbehandlung/veredelung von Metallen erfolgte und schwermetallhaltige Rückstände bis 1980 unbehandelt in die Wipper geleitet wurden. Erhöhte Belastungen des Grundwassers durch Schwermetalle, darunter auch Zn und Cu, wurden Ende der 1990er Jahre festgestellt. Von dem Gelände, welches aus zwei getrennten Betriebsbereichen besteht (Produktion und Abwasserbehandlungsanlage, welche ab 1980 betrieben wurde), könnten somit hohe Mengen an Schwermetallen in die Wipper eingetragen worden sein. Aus unserer Sicht hat dieser Standort gegenwärtig allerdings nur eine geringe Bedeutung für die Befrachtung der Wipper. So zeigen die Analysedaten nur in vereinzelten Pegeln erhöhte Belastungen (bei Cu stets unterhalb des C-Wertes der Holland-Liste, bei Zn in einem Fall eine Überschreitung des C-Wertes der Holland-Liste). Auch konnte durch die Auswertung keine weitere Frachtzunahme mit Cu und Zn in diesem Abschnitt festgestellt werden. Um diesen Standort als Gefahrenquelle jedoch auszuschließen, wären neuere Grundwasseranalysen oder lokale Untersuchungen im Gewässerschlauch erforderlich.

#### Sonstige kommunale Abwasser-Einleitungen

Im Gegensatz zu den bereits genannten Einleitern, spielen weitere Abwässer hinsichtlich der Einleitmenge eine kaum erwähnenswerte Rolle für die Beladung der Wipper. Etwa 131.000 m³ dezentral behandeltes Abwasser (z.B. durch Kleinkläranlagen) werden jährlich in die Wipper eingeleitet. Etwa 77.000 m³ Mischwasser gelangen im Oberlauf und oberen Mittellauf in die Wipper, wobei unterhalb keine derartigen Einträge bekannt sind. Unzureichend behandeltes Abwasser wird der Wipper ausschließlich in der Gemeinde Mansfeld, genauer im Ortsteil Großörner, in einer Menge von etwa 17.000 m³ zugeführt.

Der Geruch von Waschmittel am Probenahmepunkt an der ehem. Saigerhütte in Hettstedt sowie Vermutungen zu Grauwasserzuflüssen in der Ortslage Vatterode (Anlage 14 und 15 in TRANSMET 2004) deuten zusätzlich auf weitere Einleitungen kommunalen, nicht ausreichend behandelten Abwassers hin. Ebenso wurde am Mundloch des Hoheiter Stollens, welches mittlerweile verbrochen ist (pers. Mittl. Hr. John, LHW) in Vergangenheit der Austritt milchiggrünen Wassers beobachtet. Es ist jedoch unklar, wo genau diese Einleitstellen verortet werden können und ob diese überhaupt weiterhin bestehen.

#### Diffuse Einträge unbefestigter Flächen

Von unbefestigten Flächen können über verschiedene Transportpfade Schadstoffe diffus dem Fließgewässer zugeführt werden. Prinzipiell lassen sich die Wege

- Abtrag durch Erosion
- · Austrag mit Oberflächenabfluss und
- Austrag mit Sickerwasser über Drainagegräben. unterscheiden.

Zur Qualifizierung und nachfolgenden Quantifizierung entsprechender Einträge werden zunächst Informationen zu vorhandenen Ackerflächen im Untersuchungsgebiet benötigt, welche den größten Anteil an unbefestigten Flächen im UG stellen. Diese Daten konnten den zur Verfügung gestellten GIS-Daten der Oberflächenwasserkörper (OWK) Wipper und Eine entnommen werden. Weiterhin wurden im Jahr 2007 im Auftrag des LHW durch die geoflux GbR auf Grundlage der Allgemeinen Bodenabtrags-Gleichung (ABAG) OWK-bezogene Sedimenteinträge berechnet, die einen ersten Überblick über die Bedeutsamkeit der erosionsbedingten Befrachtung der Wipper geben können. Die erhobenen Daten können als geeignete Grundlage zur überschlägigen Abschätzung des diffusen Eintrags ggf. belasteten Bodenmaterials herangezogen werden. Aus dem Gutachten selbst lassen sich jedoch allenfalls allgemeine Kenntnisse gewinnen. Die relevanten Informationen für die Wipper und Eine sind OWK-bezogen als diffuse Eintragsbereiche unterschiedlicher Relevanz (Farbkennzeichnung) in Abbildung 3.34 dargestellt. Abbildung 3.35 zeigt in Form eines Diagramms Zusammenhänge zwischen Ackerflächen und ermittelten Einträgen für die OWK-bezogenen Gewässerabschnitte.

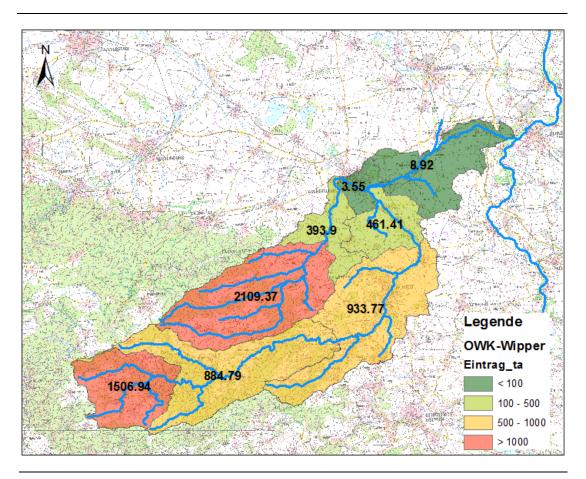


Abbildung 3.34 OWK-bezogene Sedimenteinträge in Tonnen pro Jahr (Datenquelle: Geoflux 2007)

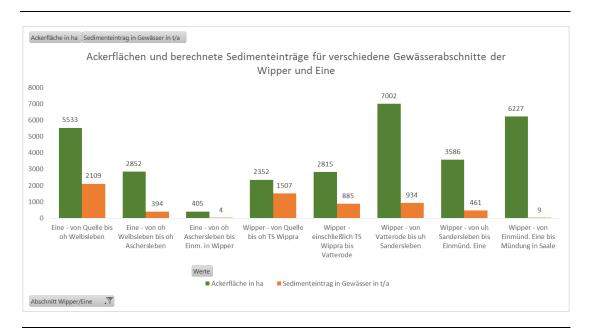


Abbildung 3.35 Größe der Ackerflächen im UG und Höhe berechneter, abschnittsbezogener Sedimenteinträge (Daten aus Projekt Geoflux)

Wie aus obigen Abbildungen hervorgeht, können mitunter beachtliche Sedimenteinträge in die Wipper verzeichnet werden. In Summe werden im Einzugsgebiet Wipper ca. 6.300 t Sediment jährlich (ca. 17,3 t/d) in die Gewässer eingespült. Knapp 40% von dieser Menge gelangen zunächst in die Eine, 60% in die Wipper. Es ist weiterhin erkennbar, dass sich die flächenmäßig größten Agrargebiete im Bereich des Mittel-und Unterlaufs der Wipper befinden. Dennoch werden dem Gewässer die höchsten Sedimentmengen im Oberlauf zugeführt, während beispielsweise im Unterlauf (Einmündung Eine bis Mündung in Saale) nur noch marginale Einträge zu verzeichnen sind. Ein ähnliches Bild zeichnet sich für die Eine ab. Auch bei diesem Fließgewässer erfolgt die stärkste Sedimentbefrachtung im Oberlauf, wobei sich jedoch hier auch die größten Agrarflächen befinden. Allgemein können hohe Sedimentbefrachtungen in den Oberläufen mit hohen Reliefenergien (Unterharz) begründet werden.

Wie im Geoflux-Bericht dargestellt, gelangt von Böden erodiertes Material üblicherweise über bevorzugte Fließpfade bzw. Erosionsrinnen in die Fließgewässer. In diesem Zusammenhang wurden Übertrittsbereiche im Rahmen des genannten Projekts modelliert. Allerdings standen, bis auf grobe Abbildungen im Gutachten selbst (Ergebnisdarstellung für Sachsen-Anhalt gesamt, siehe Abbildung 3.36), diesbezüglich keine genaueren Daten zur Verfügung, aus denen die Identifizierung konkreter Übertrittsbereiche für die Wipper hätten lagegenau identifiziert werden



können. Dies würde, bei Verfügbarkeit der Daten, ein näheres Daten-Processing in GIS erfordern. Aus Abbildung 3.36, in welcher der Mittel- und Unterlauf der Wipper grob eingezeichnet wurde, geht hervor, dass westlich von Hettstedt und nördlich von Vatterode-Mansfeld Übertrittsbereiche mit hohen Sedimenteinträgen bis zu 100 t pro Jahr in die Wipper oder ihr zufließende Nebengewässer festzustellen sind. Durch die geographische Nähe zu Gebieten mit in der Vergangenheit ausgeprägter Metallurgie-Industrie, sind auch erhöhte punktuelle Einträge von möglicherweise belastetem Sediment prinzipiell denkbar.

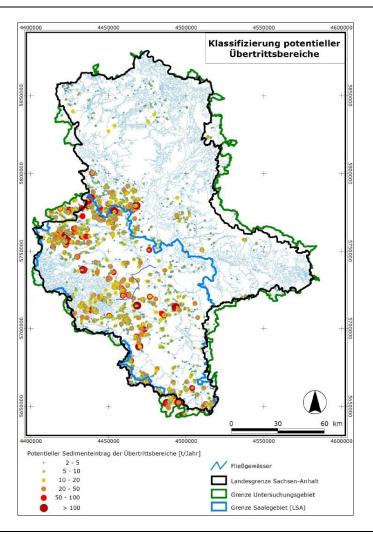


Abbildung 3.36 Potentieller Sedimenteintrag in die Wipper über modellierte Übertrittsbereiche (Geoflux 2007, verändert)

Eine Abschätzung von Zn- und Cu-Einträgen über erodiertes Bodenmaterial verlangt weiterhin Kenntnis über die Schwermetallgehalte in den Oberböden, wie sie bereits in Kapitel 3.3 erfasst wurden. Neben der bergbaulich bedingten Vorbelastung der Oberböden im Einzugsgebiet der Wipper (insbesondere im Mittellauf), ergeben sich allerdings auch aus der landwirtschaftlichen Nutzung heraus Eintragsformen für Schwermetalle, welche über oben genannte Wege prinzipiell der Wipper zugeführt werden könnten. So treten Cu und Zn beispielsweise als Bestandteil von Mineral- und Wirtschaftsdüngern auf. Die in Fuchs et al. (2014) diesbezüglich angegebenen Konzentrationen reichen beispielsweise bis 225 mg/kg TS (Cu) und 864 mg/kg TS (Zn) für Schweinegülle. Erhöhte Konzentrationen können auch im Klärschlamm vermutet werden. Ohne Kenntnisse hinsichtlich der landwirtschaftlichen Praktiken im Untersuchungsgebiet (Düngemenge, Düngemittel etc.) sind Aussagen zur Befrachtung der Wipper über diese Quelle allerdings kaum möglich.

Legt man für eine erste Hochrechnung die geogenen Hintergrundkonzentrationen zugrunde (ca. 130 mg/kg Zn und 100 mg/kg Cu), lassen sich Tagesfrachten von ca. 2,2 kg (Zn) bzw. 1,7 kg (Cu) berechnen, die insgesamt in die Wipper eingetragen werden. Hieraus wird deutlich, dass dem erosiv bedingten Schwermetalleintrag eine nicht unwesentliche Bedeutung als diffuse Schadstoffquelle beizumessen ist. Zwar liegen die genannten Konzentrationen unterhalb der geltenden Umweltqualitätsnormen für Schwebstoffe nach OGewV Anhang 5 (160 mg/kg Cu und 800 mg/kg Zn). Allerdings können sich an diese Partikel stromabwärts potentiell Schwermetalle anlagern. Außerdem ist im Bereich des Mansfelder Reviers mit potentiell höheren Belastungen der Böden zu rechnen (siehe Kapitel 3.3). Eine genauere Analyse erfolgt im Rahmen der bilanztechnischen Abschätzung in Kapitel 6.

Weiterhin sollen Sickerwässer, die in Drainagegräben gefasst und der Wipper punktuell zugeführt werden, berücksichtigt werden. Kenntnisse zur genauen Lage der Gräben sowie insbesondere der Schwermetallkonzentration im hier gefassten Sickerwasser liegen nicht vor. Der Anteil der drainierten Ackerfläche an der Gesamtfläche im Einzugsgebiet Wipper liegt in der Größenordnung von 5 bis 15% (grobe Abschätzung aus Kartenmaterial in UBA 2010). Im Jahr 2014 wurden der Wipper im gesamten Verlauf (einschließlich aller Nebengewässer) ca. 1,7 Mio. m³ Drainagewasser zugeführt (Datenquelle: Wasserhaushalt 2014). Mittlere Schwermetallkonzentrationen werden in Fuchs et al. (2014) mit 4 µg/L (Cu) bzw. 19 µg/L (Zn) angegeben. Diese Werte belegen, dass, wie auch von Schmidt und Frühauf (1997) angeführt, die Schwermetalle zu einem hohen Grad immobilisiert vorliegen und somit eine Lösung allenfalls eingeschränkt möglich ist. Diesbezüglich positiven Beitrag leisten insbesondere die vorherrschend günstigen Bodeneigenschaften (hohe Sorptionsleistungen, gute Puffereigenschaften) im Untersuchungsgebiet. Unter Annahme oben genannter Konzentrationswerte ist der zu erwartende Schwermetalleintrag über Drainagewasser mit etwa



0,09 kg/d (Zn) und 0,02 kg/d (Cu) sehr gering. Daher kann auf eine Berücksichtigung dieses Pfades im Laufe der detaillierteren bilanztechnischen Abschätzung verzichtet werden.

#### Kanalisationssysteme/befestigte urbane Flächen

Für die Akkumulation von Schwermetallen auf versiegelten Flächen sind verschiedene Quellen ursächlich. Nach UBA (2010) sind insbesondere atmosphärische Deposition, Abrieb auf Straßen, Korrosion von metallischen Oberflächen und andere Verunreinigungen als Hauptquellen zu nennen. Im Untersuchungsgebiet sind weiterhin Abflüsse von Industriegrundstücken mit Metallverarbeitung, ehemalige Hüttenstandorte, Halden und Deponien besonders relevant.

Über Kanalisationssysteme (Regenwasser, Mischwasser) sind prinzipiell zwei Eintragspfade denkbar:

- Zufuhr belasteten Wassers,
- Zufuhr belasteten, zuvor abgelagerten Sediments.

Während beispielsweise Einleitungen aus Kläranlagen oder Stollen vergleichsweise regelmäßig erfolgen, sind Zuleitungen aus Regen-/Mischwasserkanälen direkt an Niederschlagsereignisse gebunden. Daher ist bei höheren Niederschlagsmengen prinzipiell auch mit höheren Befrachtungen zu rechnen. Allerdings sind diese insbesondere bei eintretenden Niederschlägen nach längerer Trockenphase erhöht und nehmen i.d.R. mit fortschreitender Abflussdauer ab. Da die Größe der an die jeweils im Wasserbuch gelisteten Regenwasserkanäle angeschlossenen Flächen nicht ermittelt werden kann, sollen nur diejenigen Einleitstellen betrachtet werden, die aufgrund ihrer Größe (Abschätzung über max. Einleitmengen in I/s) und Lage in der Nähe zu relevanten Flächen (z.B. Altstandort, Deponie) gemäß Vermerken im Wasserbuch auffällig sind. Die Lage der selektierten Regenwasser-Einleitstellen sind in Abbildung 3.37 erkennbar.

Auch hier ist erneut auf die geringe Aktualität der Wasserbuch-Daten hinzuweisen. Es konnte in Erfahrung gebracht werden, dass das Abwasserbeseitigungskonzept der Stadt Hettstedt gegenwärtig überarbeitet wird und sich daher zukünftig Änderungen ergeben werden (pers. Mittl. Hr. John, LHW).

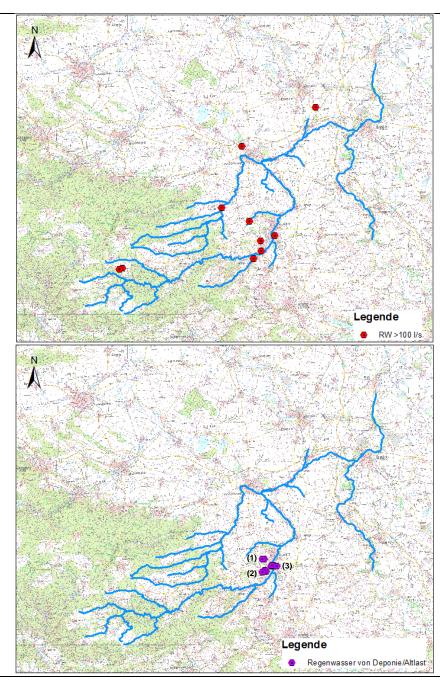


Abbildung 3.37 Bedeutende Regenwasser-Einleitstellen in Wipper hinsichtlich Abfluss (oben) und Lage (unten), Datengrundlage: Wasserbuch Wipper



Die Einleitstellen mit den potentiell höchsten Abflüssen (> 100 l/s) verteilen sich über das gesamte UG. Es ist jedoch erkennbar, dass eine Akkumulation im Raum Hettstedt zu verzeichnen ist. Im Wasserbuch waren weiterhin Eintragsstellen für gefasstes Niederschlagswasser von zwei Deponien (Deponie Hettstedt, Nr. (1) und Stockbachkippe (Betriebsdeponie der Firma MKM GmbH), Nr. (2)) sowie dem sanierten ehemaligen Hüttenstandort "Bleihütte" (Nr. (3)) erfasst. Bezüglich des letztgenannten Standortes sind Einträge über Regenwasserkanäle allenfalls bei Extremniederschlagsereignissen zu erwarten. Durch Aussagen von Herrn Krienert (Fa. DMT) sowie Herrn Heise (LAF), gelangen nur Überlaufe der Regenrückhaltebecken in die Wipper (unter anderem über die Anbindung Wipperstollen und den Schmalzgrund). Es wurde erwähnt, dass allerdings nie ein Überlauf festgestellt werden konnte und folglich auch das begleitende Monitoring eingestellt wurde (pers. Mittl. Hr. Heise. LAF).

Über Konzentrationen von Cu oder Zn im gefassten und abgeleiteten Regenwasser können ohne konkrete Messergebnisse keine Aussagen getätigt werden. Es ist davon auszugehen, dass für diesen Typ Wasser die Gelöstfraktion kaum eine Rolle spielt. Andererseits könnten durch die Abspülung feinkörnigen Materials von Grundstücken, Halden oder Deponien sowie von Rückständen in den Kanälen relevante schwebstoffgebundene Metallfrachten der Wipper zugeführt werden. Nach eigenen Einschätzungen ist insbesondere der ereignisbezogenen Mobilisierung und Ausspülung von Altsedimenten aus den Kanalsystemen ein hoher Stellenwert für die Belastung der Wipper beizumessen, wenngleich eine Quantifizierung dieses Transportpfades kaum möglich ist. Dies muss als Defizit bei der bilanztechnischen Abschätzung berücksichtigt werden.

#### Deponien und weitere Quellen

Den zur Verfügung gestellten GIS-Unterlagen ließen sich weiterhin Angaben zu verschiedenen Deponiestandorten im Mittellauf der Wipper entnehmen. Diese fanden allerdings keine Erwähnung in den ausgehändigten Gutachten. Außerdem besteht hinsichtlich der Art des abgelagerten Abfalls weitgehend Unklarheit, sodass auch hier keine Abschätzung hinsichtlich der Relevanz für die Belastung der Wipper vorgenommen werden kann. Auffällig ist, dass sich die meisten Deponiestandorte unmittelbar in Haldennähe befinden, was die Vermutung nahe legt, dass auch hier im Wesentlichen metallurgische Reststoffe oder Abraum abgelagert wurden.

Rückschlüsse auf weitere Deponien konnten indirekt dem Wasserbuch entnommen werden. Wie im vorhergehenden Punkt erwähnt, handelt es sich hierbei einerseits um eine abgedeckte und, Recherchen zufolge (MZ online 2001), seit 2001 geschlossenen Müll-Deponie im Stadtgebiet Hettstedt (Hadeborntal). Des Weiteren wird die Stockbachkippe als Betriebsdeponie der Mansfelder Kupfer und Messing GmbH geführt. Hier wurden Bauschutt und mineralische Abfälle abgelagert. Die Deponie wurde in der Abfallbilanz 2007 von Sachsen-Anhalt als Deponie für

Gefährliche Abfälle und einer Ablagerungsmenge von etwas über 800 t erfasst. In der jüngsten Abfallbilanz 2013 hingegen ist diese Deponie nicht mehr gelistet, was auf eine Stilllegung hindeutet. Auch die LAF (pers. Mittl. Hr. Heise) vermutet, dass sich die Betriebsdeponie im Verfahren der Stilllegung befindet.

Die Lage der genannten Deponien geht aus dem Schema der Abbildung 3.38 hervor. In der Abbildung wurden Deponien mit Lage neben Halden mit grauer Füllung symbolisiert. Es liegen keine Informationen zu etwaigen Sickerwasserfassungen, -reinigungen oder Einleitstellen vor. Weiterhin fehlen Daten zur Qualität und Menge anfallenden Sickerwassers. Folglich sind Aussagen zur Relevanz der Deponien für die Befrachtung der Wipper an dieser Stelle nicht möglich.

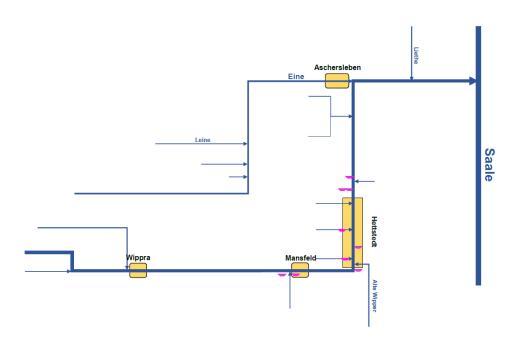


Abbildung 3.38 Deponien im Einzugsgebiet der Wipper

Im Projektbericht TRANSMET wird darüber hinaus erwähnt, dass Haldenmaterial teilweise auch als Auffüllmaterial, zur Wegbefestigung oder zum Straßenbau verwendet wurde. Dadurch ergeben sich zusätzliche potentielle Austragsbereiche aus Flächen, in denen ein hydrologisch ungesicherter Einbau erfolgte. Auch während der Vorort-Begehung wurde festgestellt, dass Haldenmaterial (vor allem Schlacken) an zahlreichen Stellen zur Wegbefestigung eingesetzt



wurde. Da eine umfassende Lokalisierung dieser Bereiche kaum möglich ist, können diese in der vorliegenden Betrachtung nicht berücksichtigt werden.

# 3.5 Belastungssituation und Schadstoffquellen im Einzugsgebiet Wipper bezüglich des Halbmetalls Selen

Hinsichtlich der Belastungssituation der Wipper bezüglich des Halbmetalls Selen konnten aus den Bestandsunterlagen nur wenige Informationen gewonnen werden. Die Daten vergangener Messkampagnen zeigen, dass Selen lediglich an der Messstelle Aderstedt sporadisch analysiert wurde, während bei allen weiteren Messstellen keine Konzentrationswerte vorliegen. Darüber hinaus erfolgten die Analysen nicht regelmäßig wie bei den Metallen Kupfer und Zink, sondern lediglich in den Jahren 2009 und 2011 – hier jedoch jeweils im monatlichen Rhythmus. Folglich konnten Frachten nur für die genannte Messstelle und die genannten Jahre berechnet werden. Für das Jahr 2011 wurden neben der Gesamt- ebenso die Gelöstkonzentration ermittelt und in die Auswertung einbezogen.

Die Ergebnisse der Frachtberechnung sind in Abbildung 3.39 dargestellt. Es zeigt sich, dass, ähnlich wie bei Zn- und Cu, ggü. 2009 (ca. 0,5 kg/d) im Jahr 2011 (ca. 1,8 kg/d) deutlich höhere Gesamt-Frachten an Selen festgestellt werden können. Das steht im Zusammenhang mit den markant größeren Durchschnittsabflüssen im letztgenannten Jahr. Vergleicht man die Gesamt-Fracht mit der Gelöst-Fracht im Jahr 2011, wird deutlich, dass Selen hauptsächlich in gelöster Form (< 0,45  $\mu$ m) aus der Wipper ausgetragen wird. Ergebnisse von Schwebstoffuntersuchungen auf Selen liegen nicht vor. Auch für die Eine konnten keinerlei Daten bezüglich Selenuntersuchungen in den zur Verfügung gestellten Unterlagen gefunden werden.

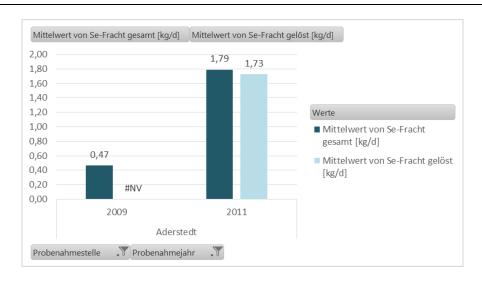


Abbildung 3.39 Befrachtung der Wipper mit Selen im Unterlauf (Messstelle Aderstedt) in den Jahren 2009 und 2011

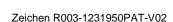
In Anbetracht des schmalen Datenbestands kann bezüglich Selen keine räumlich und zeitlich aufgelöste Betrachtung erfolgen und folglich auch keine bilanzraumbezogene Analyse durchgeführt werden. Dies gilt auch für die Identifizierung potentieller Eintragsquellen. Stellt man die monatlichen Konzentrations- und Frachtwerte den Abflussdaten gegenüber (Abbildung 3.40), lassen sich jedoch zumindest grobe Vermutungen zur Eintragssituation formulieren. Es ist erkennbar, dass die Fracht sehr stark mit dem Abfluss korreliert: Steigende Abflüsse führen zu einem ähnlich steilen Anstieg der Frachten und umgekehrt. Die Konzentrationsentwicklung hingegen ist weitgehend losgelöst von den Abflussmengen. Allerdings lassen sich insbesondere zu Jahresbeginn gegenläufige Trends beobachten: Rückläufige Abflussmengen bis März stehen hier einer Konzentrationszunahme im Wasser der Wipper entgegen. Diese Beobachtung zeigt sich gegen Jahresende allerdings nicht, wo trotz Abflusspeaks keine Ausschläge in der Konzentrationskurve zu erkennen sind. Aus diesen Erkenntnissen lässt sich postulieren, dass auch für Selen Eintragsquellen unterschiedlichen Typs vorliegen. Die teils gegenläufige Entwicklung von Konzentration und Abfluss deutet auf das Existieren kontinuierlicher Eintragsquellen, wie beispielsweise Stollenwässer hin. Durch die überaus starke Korrelation von Frachten und Abflüssen sollten aber Quellen, aus denen ereignisbezogen Selen in die Wipper verlagert wird (z.B. Haldensickerwässer), ein höherer Stellenwert beigemessen werden. Diese Annahme lässt sich durch die Betrachtung von Analysedaten des Schlüsselstollenwassers untermauern. Hier wurden Selenkonzentrationen bis max. 50 µg/L ermittelt. In vier von den insgesamt 12 untersuchten Proben wurden keine Selenkonzentrationen oberhalb der



Bestimmungsgrenze (20 µg/L) gemessen. Im Analogieschluss sollte auch der Anteil, welcher über Stollenwässer in die Wipper verfrachtet wird, gering sein. Fehlende Analysenwerte sind jedoch als Defizit herauszustellen. In dem Bericht der TRANSMET-Studie wird erwähnt, dass auch Selen aus dem Kupferschiefer des Mansfelder Landes gewonnen wurde. Die Anreicherung selenhaltiger Minerale erfolgte hierbei insbesondere in Störungszonen. Weiterhin findet eine Selenanlage Erwähnung, über deren Standort allerdings keine näheren Informationen vorliegen.



Abbildung 3.40 Beziehung zwischen Abflussmenge und Selen-Konzentration / -Fracht





# 4 Zusammenfassende Darstellung der aktuellen Belastungs- und Eintragssituation

Dieses Kapitel soll, unter Bezugnahme auf die detaillierten Erläuterungen der Abschnitte 3.1 bis 3.4, einen zusammenfassenden Überblick über die Rechercheergebnisse zur Gewässeranalyse Wipper geben. Es sollen weiterhin an gegebener Stelle vermutete bzw. wahrscheinliche Zusammenhänge dargestellt werden. Dadurch lassen sich besonders relevante Eintragsbereiche erkennen und mit den identifizierten, potentiellen Schadstoffquellen in Beziehung setzen, um darauf aufbauend das Gewässer in geeignete Bilanzgebiete unterteilen zu können.

#### 4.1 Potentielle Eintragsquellen

Alle Eintragsquellen aus Kapitel 3.4 sind in einer schematischen Übersicht in Abbildung 4.1 erfasst. Die Abbildung zeigt deutlich, dass dem Mittellauf der Wipper, mit Ausnahme des unteren Teils zwischen Sandersleben und der Eine-Mündung bei Groß Schierstedt, hinsichtlich Häufigkeit und Varietät möglicher Eintragsquellen die mit Abstand größte Bedeutung zukommt. Dies lässt sich insbesondere darauf zurückführen, dass die Wipper in diesem Bereich den Rand des ehemaligen Kupferbergbaugebiets Mansfelder Land durchzieht. Die Zeugen der Bergbautätigkeiten wie Stollen, aufgeschüttete Halden oder ehemalige Hüttenbetriebe sind daher vor allem in diesem Abschnitt anzutreffen. Weiterhin ist mit der Mansfelder Kupfer und Messing GmbH auch heute noch ein traditioneller Kupferverarbeitungsbetrieb in der Region ansässig. Neben den Spuren des Abbaus sind allerdings auch weitere anthropogene Eintragsquellen im Mittellauf erkennbar. Hier sind vor allem Einleitungen von Zentralkläranlagen zu nennen, welche in dichter besiedelten Regionen wie Hettstedt zugleich größere Abwassermengen behandeln. Weiterhin existieren Deponien mit abgelagerten Siedlungs- oder Industrieabfällen. Aufmerksamkeit sind außerdem dem Eintrag von erodiertem Bodenmaterial zu widmen. Zwar werden im Oberlauf deutlich mehr Sedimente eingespült, allerdings wird vermutet, dass die Sedimente im Mittellauf mit Nähe zu ehemaligen Hütten und bestehenden Halden stärker mit Cu und Zn belastet sind und somit für die partikuläre Schadstofffracht bedeutsamer sind, als das im Oberlauf zugeführte Material.

Aus den gewonnenen Erkenntnissen im Rahmen dieses Untersuchungsteils sowie erster Hochrechnungen wurde festgestellt, dass Stollensysteme den potentiell höchsten Beitrag zur Belastung der Wipper, vor allem hinsichtlich Zn, leisten. So ist dieser Quelle, insbesondere dem Wiederstedter Stollen, unter den zahlreichen weiteren Quellen im Stadtgebiet Hettstedt die höchste Bedeutung zur Auffrachtung im Mittellauf beizumessen.

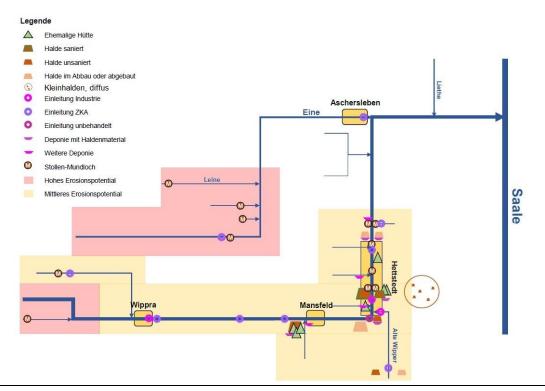


Abbildung 4.1 Potentielle Eintragsquellen von gelöstem oder partikulär gebundenem Zink und Kupfer

Auch im Oberlauf der Wipper wurden vereinzelt Eintragsquellen identifiziert. Zu nennen sind die eben angesprochenen Immissionen von Feinmaterial der Böden, die an das Gewässer angebunden sind. Einerseits wurde erkannt, dass die höchsten, diesbezüglichen Einträge im Oberlauf erfolgen. Andererseits sollte dieses Sediment hinsichtlich seines Schadstoffgehalts jedoch von untergeordneter Relevanz sein. Auch Zutritte in gelöster Form sind über austretende Stollenwässer bereits im Oberlauf zu erwarten, wobei aufgrund geringer Konzentrationen oder Mengen lediglich ein marginaler Beitrag zur Gewässerbefrachtung postuliert und anhand der berechneten geringen Frachten der Wipper in diesem Abschnitt bestätigt wird. Gleiches gilt für weitere Einträge aus kleineren Kläranlagen und einem weiteren Industrieeinleiter (Brauerei Wippra).

Überraschenderweise konnten im Unterlauf der Wipper keine nennenswerten direkten Eintragsquellen recherchiert werden. Wie bereits in Kapitel 3.4.2 diskutiert, wird dem Altstandort Galvano-Ilberstedt keine gegenwärtige Bedeutung für die Schadstoffvermittlung in die Wipper



beigemessen. Ohne aktuelle Untersuchungen lässt sich dies jedoch auch nicht mit Sicherheit ausschließen. Allerdings gibt es Emittenten an der Eine oder ihrer Nebengewässer, worüber indirekt auch der Unterlauf der Wipper beeinflusst wird. Auch hier sind die Bereiche im Ober- und Mittellauf einem Zutritt erodierten Materials ausgesetzt. Dieses sollte jedoch, bedingt durch die geografische Entfernung zu möglichen Belastungsquellen, wenn überhaupt, allenfalls in geringem Maße mit Schadstoffen belastet sein. Betrachtet man die anderen Eintragsquellen, sind insbesondere Zutritte in gelöster Form zu erwarten. Da die Stollen allerdings nicht der Entwässerung des Kupferrevieres dienten, sondern eines Eisenerzabbaugebietes, weisen diese eine verschwindend geringe Belastung mit Zn oder Cu auf.

# 4.2 Vergleichende Betrachtung von potentiellen Eintragsquellen und Belastungssituation der Wipper

Überlagert man die Erkenntnisse der Belastungssituation der Wipper (Wasserphase gesamt) mit den Standorten der potentiellen Emittenten (Abbildung 4.2), lassen sich erste Schlussfolgerungen hinsichtlich Eintrags-Hotspots ziehen, die anhand einer späteren Frachtbilanzierung zu verifizieren sind. In der Abbildung sind hinsichtlich der Wipper-Befrachtung die berechneten Mittelwerte über die Jahre 2012 bis 2014 angegeben. In den folgenden Ausführungen sollen, abschnittsbezogen, die identifizierten potentiellen Eintragsquellen mit der Belastungssituation in Beziehung gesetzt werden. Abschließend soll gesondert die Bedeutung der Altsedimente hinsichtlich der Wipperbelastung bewertet werden.

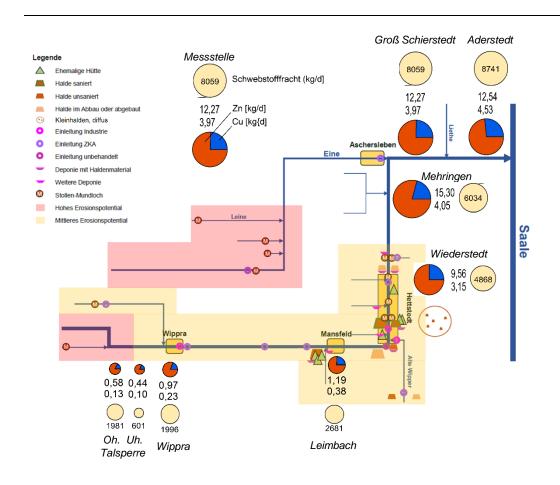


Abbildung 4.2 Vergleich der Schadstoffsituation der Wipper (gelöst & partikulär, gemittelte (2012-2014) Tagesfrachten in kg/d) mit identifizierten Eintragsquellen

#### Oberlauf: Quelle bis Leimbach

Die Befrachtung im oberen Teil des Oberlaufs der Wipper ist marginal und kann als geogene Hintergrundbelastung betrachtet werden. Da weitere erwähnenswerte Quellen in diesem Abschnitt fehlen, wird vermutet, dass es sich insbesondere um partikulär gebundene Schadstoffe handelt, die als Feinmaterial durch Erosion von den Ackerböden in die Wipper eingetragen werden. Durch die Talsperre Wippra, welche eine Senkenfunktion einnimmt, kommt es zur Sedimentation und folglich zu einer (wenn auch hinsichtlich der Gesamtfracht unrelevanten) Verringerung der Wipper-Belastung. Der erneute, allerdings für den weiteren Verlauf kaum



bemerkenswerte Anstieg der Zn- und Cu-Mengen könnte im Zusammenhang mit der deutlichen Schwebstofffracht-Zunahme stehen und folglich hauptsächlich durch erosiv eingetragenes Material bedingt sein.

Auch zwischen Wippra und Leimbach nimmt die Gesamtfracht der Wipper leicht zu. Dies könnte an weiteren Einträgen von sedimentgebundenen Kupfers und Zink liegen, aber auch mit der Halde Eckhardthütte und den im Raum Vatterode anzutreffenden Althütten-Standorten in Zusammenhang stehen, die möglicherweise über Kanäle noch immer an die Wipper angebunden sind.

Dass die Auffrachtung in diesem Abschnitt allerdings nur unwesentlich ist deutet darauf hin, dass die Halde Eckhardthütte zwischen Leimbach und Vatterode sowie die Standorte ehemaliger Hütten in diesem Bereich keinen oder nur einen lokal sehr begrenzten Einfluss auf die Wasserqualität der Wipper haben. Dies deckt sich mit den Beobachtungen vor Ort. So wurde an der Halde hauptsächlich Schlacke angetroffen, in welcher Schwermetalle üblicherweise stark gebunden auftreten. Lösungsprozesse sollten, im Zusammenhang mit einem erwartungsgemäß neutralen pH-Wert des einsickernden Regenwassers, kaum stattfinden. Am Haldenfuß wurden Wasseraustrittsstellen beobachtet, wobei es sich vermutlich um Sickerwässer der Halde handelt (siehe Fotodokumentation, Anhang 3). Es bietet sich an, dieses Wasser hinsichtlich seiner Qualität zu untersuchen, um das bestehende Defizit unbekannter Konzentrationen von Cu, Zn und Se im Sickerwasser einer Schlackenhalde zu beheben. Die Relevanz dieses Defizits kann allerdings als gering bewertet werden (siehe Kapitel 8). Hinsichtlich des Eintrages partikulären Materials in diesem Abschnitt lassen sich verschiedene Aussagen treffen. Dafür spricht die Nähe der Halde zum Gewässer und deutlich sichtbare Erosionsrinnen mit Gewässeranbindung. Im Vergleich zu anderen Halden in Großörner oder Hettstedt, auf denen vermehrt Schiefer abgelagert wurde, zeigte die oberflächliche Begutachtung allerdings einen geringeren Feinanteil. Auch eine stichprobenartige, visuelle Erfassung von Sediment am Gewässerrand unterhalb der Halde zeigte keine Einträge von Haldenmaterial.

#### Oberer Mittellauf: Leimbach bis Wiederstedt

Der größte Anstieg der Schadstofffracht der Wipper zwischen Leimbach und Wiederstedt deckt sich mit den in Großörner und Hettstedt identifizierten vielzähligen potentiellen Eintragsquellen. Massive Einträge können sowohl für Zn, als auch für Cu in diesem Bereich postuliert werden. Da die Messdaten keine nähere Untergliederung des Stadtgebietes zulassen, wie sie für eine Priorisierung potentieller Schadstoffquellen nötig wäre, können allenfalls Vermutungen hinsichtlich der Relevanz der Emittenten angestellt werden. Die Halden "Freieslebenschacht", "Lichtloch 26/26S" sowie "Lichtloch 25/25S" ähneln sich in der Art des aufgefahrenen Materials: Neben Schlackenanteilen wurden hier, im Gegensatz zur Halde Eckhardthütte, insbesondere Schiefer angetroffen. Dieser zeigte einen zum Teil hohen Verwitterungsgrad (hohe Sprödigkeit, hoher Feinanteil, Verfärbungen). Zwar ist dadurch eine geringere Resistenz gegenüber einer Auswaschung mit oberflächlich ablaufenden Wasser gegeben, allerdings wird auch in diesem Fall

nur ein geringer direkter Eintrag in das Gewässer angenommen, da ausgeprägte grüne Randstreifen, angelegte Hochgräben, Deiche oder vorhandene Umzäunungen Material umfassend zurückhalten. Es wird jedoch vermutet, dass die Haldensickerwässer stärker mit Cu und Zn belastet sind, als im Falle der Schlackenhalde Eckhardthütte. Zum einen könnte es durch Oxidation des freiliegenden Schiefers und ggf. enthaltenen sulfidischen Mineralen lokal zu Versauerungen kommen, die die Lösung der Metalle begünstigen. Zum anderen sind durch den höheren Feinanteil größere Austauschflächen gegeben. Über die Sammlung der Wässer in Gräben (z.B. Freieslebenschacht), könnte diese Fracht der Wipper punktuell zugeführt werden. Es wird empfohlen, die Qualität des Grabenwassers zukünftig zu untersuchen.

Die Halden Lichtlöcherberg und Wippergraben wurden bereits umfangreich saniert. Durch die aufgetragenen Bodenschichten sind geringere Sickerwassermengen zu erwarten. Allerdings konnte die Wipper in diesem Bereich nicht begangen werden, sodass detaillierte Aussagen bezüglich der Eintragsmöglichkeiten schwierig sind. Auch zeigte die Inaugenscheinnahme vor Ort, dass die Hänge der Halden noch immer sehr steil zur Wipper abfallen und das Material hier teils offen ansteht.

Auch vom Areal der ehemaligen Bleihütte sind nach abgeschlossenen Sanierungsmaßnahmen nur noch marginale Einträge zu erwarten.

Den bisherigen Erkenntnissen nach ist den zufließenden Stollenwässern, aber auch den Halden das größte Potential zum Schadstoffeintrag zuzuschreiben. So wurden in den austretenden Stollenwässern im Stadtgebiet Hettstedt insbesondere hohe Konzentrationen an Zn nachgewiesen. Auch wenn es sich hierbei um vergleichsweise alte Untersuchungsergebnisse handelt, kann angenommen werden, dass sich die Konzentrationen nur unwesentlich geändert haben. Hinsichtlich Kupfer wird eine hohe Befrachtung aus den Industrieeinleitungen der Mansfelder Kupfer und Messing GmbH auf Basis der Eigenüberwachungsdaten ausgeschlossen. Allerdings ist wasserrechtlich auch gegenwärtig eine hohe Cu-Befrachtung in Höhe von über 16 kg/d zulässig. Weitere Einleitungen kommunaler oder privater Abwässer im Stadtgebiet sind vermutlich hinsichtlich der geringen Einleitmenge (unzureichend behandeltes Abwasser in Großörner) oder der geringen Schadstoffkonzentration (Ablauf Kläranlagen) für die Gewässergüte von untergeordneter Bedeutung.

Der zugleich starke Anstieg der Schwebstofffracht zwischen Leimbach und Wiederstedt sollte im Wesentlichen durch den Eintrag erodierten Bodenmaterials verursacht sein. Durch fehlende Flächenanbindung im Stadtgebiet sind hauptsächlich Einträge über die Zuflüsse zu erwarten. Durch die Nähe zu Haldenstandorten und ehemaligen Hüttenbetrieben könnte auch stärker belastetes Sediment der Wipper zugeführt werden. Im Gegensatz zu den Einleitungen sind allerdings jahreszeitlich schwankende Befrachtungen über diesen Weg zu erwarten. Über die



Relevanz von Sedimenteinträgen aus Kanalsystemen lässt sich keine Aussage treffen, was als Defizit für die bilanztechnische Abschätzung herausgestellt werden muss.

#### Unterer Mittellauf und Unterlauf: Wiederstedt bis Mündung

Eine weitere Frachtzunahme zwischen den Messstellen Wiederstedt und Mehringen deutet auf weitere Schadstoffquellen hin. Da stromabwärts von Sandersleben keine nennenswerten Emittenten recherchiert wurden, ist von einem Eintragsschwerpunkt im Raum Wiederstedt-Sandersleben auszugehen. Diesbezüglich wird vermutet, dass die Auffrachtung im Wesentlichen auf zulaufende Stollenwässer zurückzuführen ist (der Zulauf von Wasser aus dem Wiederstedter Stollen erfolgt unterhalb der Messstelle Wiederstedt). Die in diesem Abschnitt in den GIS-Unterlagen gelisteten Halden und Deponien konnten weder im Luftbild noch im Rahmen der Begehung aufgefunden werden. Das deutet auf einen Abtrag oder ggf. eine Überdeckung hin. Im Zusammenhang mit dem trockenen Klima in diesem Bereich, sind über den Sickerwasserpfad höchstens marginale Beiträge zur Schadstofflast der Wipper in diesem Abschnitt zu erwarten.

Die im folgenden Abschnitt zu beobachtende Abnahme der Cu- und Zn-Frachten bis zur Messstelle Groß Schierstedt ist zunächst erstaunlich, da keine offensichtlichen Depots erkennbar sind. Allerdings wäre ein Schadstoff-Rückhalt am Wehr Groß Schierstedt im betrachteten Zeitraum prinzipiell denkbar. So zeigten auch Sedimentanalysen an diesem Wehr die höchsten Konzentrationen an Cu und Zn (G.E.O.S. 2012). Durch einen Umbau des Wehres im Jahr 2012, könnten vorhandene Depots geräumt worden sein und dieses in den Folgejahren temporär eine Senkenfunktion eingenommen haben. Dennoch wird erneut darauf verwiesen, dass Sedimentationsbereiche lediglich als Zwischenspeicher anzusehen sind, die in abflussreichen Zeiten als Quellen fungieren können (siehe nachfolgenden Abschnitt). Dies zeigt auch ein Blick auf die Frachtentwicklung im Jahr 2013, in welchem zwischen den genannten Messstellen hinsichtlich Zn keine nennenswerte Abnahme, bezüglich Cu sogar eine Zunahme im Wasserkörper messbar war. Möglichweise kam es in jenem Jahr zur Freisetzung von zuvor abgelagerten Feinsedimenten. Aus diesen Daten lässt sich interpretieren, dass die nachgewiesene geringe Belastung der Eine keine nennenswerten Auswirkungen auf den Gütezustand der Wipper hat.

Im weiteren Verlauf bis zur Mündung lassen sich keine signifikanten Zu- oder Abnahmen der Schadstoff-Frachten mehr registrieren. Dies deckt sich mit der Tatsache, dass auch keine nennenswerten Quellen in diesem Bereich identifiziert werden konnten.

#### Bedeutung von Altsedimenten

Vergleicht man abschließend die berechneten Sedimentinventare mit den jährlich im Gewässer transportierten Schadstoffmengen, lassen sich Aussagen zur Bedeutung der Altsedimente als potentielle, langfristige Quellbereiche treffen. Blendet man das Depot im Mündungsbereich zur Saale aus, wird deutlich, dass sich - relativ zur jährlich transportierten Fracht - die Inventare weniger relevant sind. So werden im Unterlauf jährlich ca. 4600 kg Zn und 1600 kg Cu an die Saale abgegeben (Jahresmittel 2012-2014). Im Vergleich sind im Ober- und Mittellauf lediglich etwa 500 kg Zn und 200 kg Cu in den identifizierten Altsedimenten oberhalb der Messstelle Aderstedt zwischengespeichert, was somit in etwa 10% der jeweiligen Jahresfrachten entspricht. Da aus der Analyse auch keine Hinweise auf weitere, mächtigere Sedimente hervorgehen, sind die Depots folglich eher als dynamische Zwischenspeicher denn als dauerhafte Schadstoffquellen anzusehen, die den Gesamtmetalltransport retardieren. Es ist anzunehmen, dass diese keinen Einfluss auf die Jahresfrachten haben, sondern lediglich während des abflussarmen Sommerhalbjahres eine Senkenfunktion besitzen, während des Winterhalbjahres durch verstärkte Resuspension bei hohem Abfluss als Quellen fungieren. Zur Erreichung der Umweltqualitätsnormen haben die Sedimentdepots allerdings keine nennenswerte Relevanz. Es lässt sich schlussfolgern, dass die Verteilung gelöst/partikulär für die Bewertung des Gewässersystems nachrangig ist. Wichtig ist sie nur zum Verständnis der Wirkung der Sedimentdepots, die aber für die Gesamtschwermetallfracht von untergeordneter Relevanz ist.



### 5 Unterteilung der Wipper in geeignete Bilanzräume

Aufbauend auf den Untersuchungen zur Gewässergüte und Eintragsquellen/-szenarien, soll abschließend das Fließgewässer Wipper in geeignete Bilanzräume untergliedert werden. Die Wahl dieser Räume wird dabei wesentlich durch die zur Verfügung stehende Datendichte beeinflusst. So bestimmt die Auflösung des Messnetzes wesentlich auch die Größe des kleinstmöglichen Bilanzraumes. Als Grenzen der Räume eignen sich die Standorte der Messstellen mit belastbar auswertbaren Daten über mehrere Jahre, da hierdurch der Input und Output für die einzelnen Bilanzräume genau und repräsentativ bestimmt werden kann. Zwar liegen auch für weitere Messstellen vereinzelt Werte vor. Diese sind jedoch entweder zu alt um die aktuelle Situation widerspiegeln zu können, oder es fanden nur wenige Beprobungen statt, die die Betrachtung eines belastbaren Mittels nicht erlauben.

Weiterhin sind insbesondere die Gewässergütedaten – genauer die Variation im Gewässerverlauf – prioritär. Signifikante Sprünge in den Frachtwerten deuten auf Eintrags-Hotspots hin, welche möglichst genau im Rahmen der bilanztechnischen Untersuchung zu analysieren sind.

In diesem Hinblick wurde die Wipper, wie in Abbildung 5.1 schematisch veranschaulicht, in die folgenden 5 Bilanzräume unterteilt:

- (1): Oberlauf vom Quellbereich bis Wippra,
- (2): Wippra bis Mansfeld (Leimbach),
- (3): Hettstedt-Wiederstedt bis unmittelbar unterhalb Einmündung des Ölgrundbaches,
- (4): Raum Sandersleben bis unmittelbar oberhalb Einmündung der Roten Welle,
- (5): Unterlauf mit Mündung Eine bis zur Saalemündung.

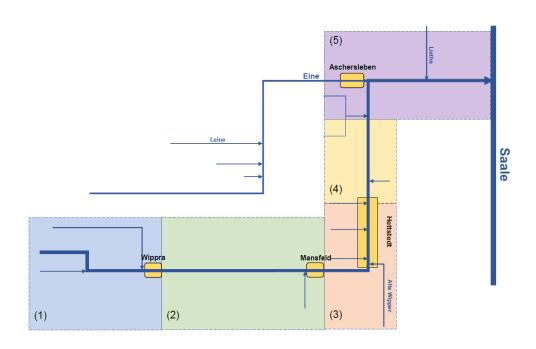


Abbildung 5.1 Einteilung des Fließgewässers Wipper in Bilanzräume

Bilanzraum (1) umfasst in etwa den Oberlauf der Wipper. Kaum schwankende Frachtwerte in diesem Bereich, aber auch die Tatsache, dass die Wipper in diesem Abschnitt vermutlich noch nicht durch den Kupferschieferbergbau bzw. durch dessen Relikte beeinflusst wird, führten zur Abgrenzung dieses Raums. Weiterhin werden in diesem Abschnitt die höchsten Sedimenteinträge in das Gewässer verzeichnet. Trotz vereinzelter Eintragsquellen, spiegelt dieser Bilanzraum in guter Näherung die Hintergrundbelastung der Wipper wider. Bilanzraum (2) erfasst den Standort Vatterode-Mansfeld (Leimbach) und damit den Randbereich der Mansfelder Mulde als ehemaliges Kupferschiefer-Abbaurevier. Somit wird das Gewässer hier erstmalig potentiell durch den Kupfer-Altbergbau beeinflusst. Da in diesem Abschnitt eine unsanierte Schlacken-Großhalde mit direkter Gewässeranbindung angetroffen wurde und sich hier weiterhin ehemalige, historische Hüttenbetriebe befanden, reflektiert dieser Bereich den Einfluss von älteren Bergbaurelikten (ohne Stollenwassereinträge) auf die derzeitige Gewässergüte.

Bilanzraum (3) begrenzt den Bereich, in welchem die höchste Auffrachtung der Wipper mit Zn und Cu verzeichnet wurde. Zugleich wurden hier zahlreiche, potentielle Emittenten identifiziert.



Hinsichtlich der genaueren Priorisierung und Beurteilung von Eintragsquellen in ihrer Bedeutung auf die Gewässergüte, wäre eine weitere Untergliederung dieses Bilanzraumes sinnvoll. Dieser steht allerdings die zu geringe Datendichte in diesem Abschnitt entgegen, wodurch keine belastbare Input-Output-Verifizierung kleinerer Bilanzräume mehr möglich erscheint. Bilanzraum (4) erstreckt sich von Wiederstedt bis oberhalb der Mündung der Roten Welle. Auch hier wurden signifikante Sprünge in den Frachtwerten festgestellt. Im Gegensatz zu Bilanzraum (2) lassen sich durch Abgrenzung dieses Bilanzraumes im wesentlichen Stollenwassereinleitungen bewerten, während der Einfluss von Halden in den Hintergrund tritt. So befindet sich auch das Mundloch des Wiederstedter Stollens in diesem Bereich, für welchen auf Basis der ersten Hochrechnung eine hohe Wipperbefrachtung angenommen wird. Möglicherweise werden auch Wässer des Rotheweller/Todthügler Stollens an unbekannter Stelle der Wipper in diesem Abschnitt zugeführt.

Bilanzraum (5), als letzter Bilanzierungsraum bis zur Mündung in die Saale, umfasst den gesamten Unterlauf der Wipper. Dieser befindet sich wiederum außerhalb des Einflusses jeglicher Kupfer-Bergbautätigkeiten. Über die Eine eingetragene Schadstoffe werden hier miterfasst. Da sich diese jedoch abschätzen lassen, können über diesen Bilanzraum insbesondere die Bedeutung von Sedimentdepots für den Schadstoffrückhalt bewertet und näherungsweise quantifiziert werden.

## 6 Projektspezifische Bilanzierung

Aufbauend auf der Bilanzraumeinteilung werden im weiteren Verlauf der vorliegenden Dokumentation in diesem Kapitel detailliertere bilanztechnische Abschätzungen vorgenommen. Hierbei werden die jeweiligen Einträge für Kupfer und Zink zunächst quelltypbezogen quantifiziert. Dabei sollen auch Fehlerquellen in Zusammenhang mit den zugrundeliegenden Daten und der Berechnungsmethodik benannt und diskutiert werden, um später auch eventuelle Diskrepanzen in der Bilanzrechnung besser verstehen und erklären zu können. Im zweiten Teil dieses Kapitels werden schließlich die bilanzraumbezogenen Betrachtungen vorgestellt, die eine erste Priorisierung von Quelltypen einschließt. Zwar sieht der methodische Ansatz zunächst eine Relevanzprüfung der jeweiligen Bilanzräume vor. Da es sich in der vorliegenden Studie allerdings um ein Pilotprojekt handelt, soll für alle Bilanzräume eine Detailbetrachtung vorgestellt werden.

#### 6.1 Quellenspezifische Betrachtung Kupfer und Zink

In diesem Unterkapitel werden zunächst die berechneten quellenbezogenen Frachten, unabhängig von ihrer Zuordnung zu den jeweiligen Bilanzräumen diskutiert. In diesem Rahmen wird die jeweilige, quellbezogene Methodik der Frachtberechnung erläutert. Des Weiteren werden die Ergebnisse kurz diskutiert und letztlich die Qualität der erhaltenen Daten analysiert sowie ggf. bestehende Defizite aufgezeigt. Diesbezüglich wird einerseits auf die verwendete Datengrundlage (Messwerte, Literatur, Analogieschlüsse etc.) verwiesen, andererseits werden Unsicherheiten zur späteren Ergebnisverifizierung erörtert. Im Rahmen dieser Betrachtung werden nur jene Quelltypen diskutiert, die im Zuge des ersten Analyseteils als relevant für das Untersuchungsgebiet erkannt wurden. Die angenommenen Daten zur Berechnung einschließlich Datengrundlage, eventuelle Zwischenergebnisse sowie die Ergebnisse der Frachtberechnungen können in den Tabellen in Anhang 4 (aufgeschlüsselt nach Quelltypen) eingesehen werden.

#### 6.1.1 Stollen

#### Methodik und Datengrundlage

Die Frachtermittlung für die Stollenwassereinleitungen erfolgte über Multiplikation verfügbarer Abflussdaten mit den jeweiligen Konzentrationswerten (Gesamtwasserproben) von Cu und Zn im Stollenwasser. Diese wurden den durch den AG zur Verfügung gestellten Excel-Datenbanken mit erfassten Analysendaten der Stollen entnommen (Analysendaten\_Stollen2000\_2004.xls, Stollendaten\_ehem\_RB\_Halle.xls). Sowohl die Abflusswerte, aber auch die gemessenen Schadstoffkonzentrationen unterliegen Schwankungen, weshalb jeweils die Mittelwerte zur Frachtberechnung herangezogen wurden. Da nicht für alle Stollen im Untersuchungsgebiet



ausreichende Daten als Grundlage für die Frachtberechnung verfügbar bzw. recherchierbar waren, konnten nicht für alle Stollensysteme Frachten berechnet werden.

Für folgende Stollen konnten Frachten bestimmt werden:

- Antimongrube Wolfsberg
- Hoheiter Stollen (Mundloch zwar verbrochen und oberirdisch trocken, jedoch ggf. unterirdische Anbindung)
- Jakob-Adolf-Stollen
- Wiederstedter Stollen
- Neuer Eskeborner Stollen
- Alter Eskeborner Stollen
- Tilkeröder Stollen

Für folgende Stollen konnten keine Frachten bestimmt werden:

- Stahlquelle Neudorf aufgrund g\u00e4nzlich fehlender Daten zu Abfluss und Konzentrationen,
- Wipperstollen aufgrund gänzlich fehlender Daten zu Abfluss und Konzentrationen,
- Jakobstollen, aufgrund g\u00e4nzlich fehlender Daten zu Abfluss und Konzentrationen (da verbrochenes Mundloch),
- Rotheweller und Todthügler Stollen aufgrund fehlender Daten zu Abfluss und Konzentrationen (das Mundloch liegt vermutlich trocken),
- Leinestollen aufgrund g\u00e4nzlich fehlender Daten zu Abfluss und Konzentrationen.

#### **Ergebnisse**

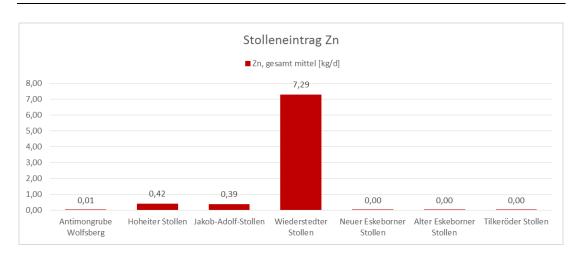
Die berechneten Einträge aus den identifizierten, auswertbaren Stollensystemen im Untersuchungsgebiet sind – bezogen auf gemittelte, tagesbezogene Eintragsmengen – in Abbildung 6.1 erfasst.

Ungeachtet der im nachfolgenden Abschnitt diskutierten Unsicherheiten, können Aussagen zur generellen Relevanz der Stollenwässer für die Schadstoffsituation der Wipper getroffen werden. Sowohl für Cu als auch für Zn wurden die bedeutendsten Einträge für den Wiederstedter Stollen mit ca. 7,3 kg (Zn) und 0,2 kg (Cu) pro Tag ermittelt. Bezüglich Zn erfolgen mit je 0,4 kg pro Tag weitere erwähnenswerte Einträge über den Hoheiter und Jakob-Adolf-Stollen. Auch wenn über den Hoheiter Stollen keine oberirdischen Einträge durch Verbruch mehr zu erwarten sind (pers. Mttl., Hr. John, LHW), ist eine unterirdische Entwässerung oder ein Zufluss an anderer Stelle nicht auszuschließen. Daher wurde dieser Stollen mit über die Stollenlänge gemittelten Abflusswerten in der Frachtanalyse berücksichtigt. Alle anderen Stollen, für welche Frachten berechnet werden konnten, sind zu vernachlässigen. Damit ergibt sich ein Eintragsschwerpunkt im Raum Hettstedt-Wiederstedt. Erwartungsgemäß spielen die Stollen, die zur Entwässerung des Eisenerzrevieres im Teil-Einzugsgebiet Eine angelegt wurden, hinsichtlich einer Wipper-Befrachtung mit Kupfer oder Zink keine Rolle.

Für Cu wurden gegenüber Zn generell deutlich geringere Frachtwerte berechnet. Dies dürfte u.a. mit der allgemein geringeren Mobilität und Löslichkeit von Cu in Zusammenhang stehen. Neben

dem Wiederstedter Stollen ist, unter Berücksichtigung aller Unsicherheiten, auch dem Hoheiter Stollen eine ähnlich hohe Bedeutung für den Cu-Austrag beizumessen. Weitere Stollen leisten bezüglich dieses Schwermetalls keinen erwähnenswerten Beitrag zur Auffrachtung des Gewässers.

Aufgrund fehlender Daten ist eine Aufschlüsselung der Frachten in echt gelöst und partikulär gebunden nicht möglich. Da ein Eintrag in das Stollensystem nahezu ausschließlich über infiltrierendes Sicker- und Grundwasser erfolgt, ist ein Schadstoffzutritt zunächst praktisch nur in gelöster Form denkbar. Im Falle von Fällungsreaktionen im Stollen (z.B. durch pH-Wert-Wechsel oder Luftzutritt) ist der Übertritt von der gelösten in die partikuläre Form allerdings möglich. Im Analogieschluss zum Schlüsselstollen, wo vor allem die sehr hohe Salzfracht eine hohe Löslichkeit der Schwermetalle bewirkt, ist, trotz pH-Werten im überwiegend neutralen Bereich (6,2 bis 8,2), von einem Austrag auszugehen, der in signifikantem Maß in gelöster Form erfolgt. Da die mindestens um eine Zehnerpotenz geringeren Leitfähigkeitswerte der hier zur Diskussion stehenden Stollenwässer ggü. jener im Wasser des Schlüsselstollens registrierten (Datengrundlage: Excel-Datenbank Analysendaten\_Stollen2000\_2004.xls) jedoch eine wesentlich geringere Salzfracht anzeigen, kann postuliert werden, dass dieser Effekt weniger stark ausgeprägt ist.



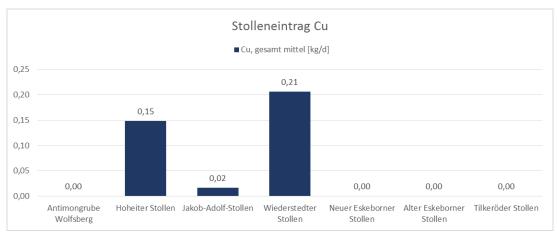


Abbildung 6.1 Frachtabschätzung Stollenwässer

## Bewertung und Empfehlung

Die Datenlage für die Stolleneinleitung ist relativ umfangreich, jedoch sind einige spezifische Defizite festzuhalten. Hinsichtlich der Repräsentativität wird einerseits auf die generell geringe Aktualität der verfügbaren Analysendaten hingewiesen (letzte Monitoring-Ergebnisse aus den Jahren 2000 bis 2004). So weichen möglicherweise Abflusshöhen und Schwermetall-Konzentrationen zum heutigen Zeitpunkt von den mittlerweile über 10 Jahre alten Datensätzen ab, was Auswirkungen auf die Frachtberechnung hat. Weiterhin waren die Datensätze für die erfassten Stollen äußerst heterogen. So lagen nicht für alle Stollen jährliche Konzentrations-

und/oder Abflusswerte vor. Die geringste Datendichte wurde für die Stollen mit Schüttung in die Eine oder ihrer Nebengewässer festgestellt. Für den Wiederstedter Stollen hingegen, für welchen zugleich die höchsten Frachten ermittelt wurden, war die Datenlage am dichtesten, sodass von einer vergleichsweise hohen Repräsentativität dieser Ergebnisse ausgegangen werden kann. Für die Stahlquelle Neudorf, den Wipperstollen, den Jacobstollen, den Rotheweller und Todthügler Stollen sowie für den Leinestollen konnten weder Daten zu Abflüssen noch zu Konzentrationen recherchiert werden. Insbesondere im Falle des Wipperstollens, des Jacobstollens und des Rotheweller/Todthügler Stollens könnten, aufgrund der Lage dieser Stollen im ehemaligen Kupferrevier Mansfelder Land, noch immer signifikante Frachten der Wipper zugeführt werden. Durch eine bestehende hydraulische Verbindung zum Wiederstedter Stollen und vermutlichen Verbruchs/Wegsamkeits-Versperrung des Rotheweller/Todthügler Stollensystems (Meier & Jost 2009), wird angenommen, dass eine ggf. gegenwärtig noch erfolgende Entwässerung über das Mundloch des Wiederstedter Stollens erfolgt und somit über diesen miterfasst wird. Außerdem ergeben sich Unsicherheiten bezüglich des Jacobstollens. Dessen Mundloch im Westen des nördlichen Teils der Lichtlöcherberghalde ist zwar verbrochen, jedoch ist zeitweise die Bildung einer offenen Wasserfläche im Baubestand ggü. der Halde zu beobachten, was mit herausdrückenden Wässern aus dem Jacobstollen in Zusammenhang gebracht wird (pers. Mttl. Herr John, LHW). Da diesbezüglich keine Konzentrationen der Wässer bekannt sind, ist keine Frachtabschätzung in ähnlicher Weise wie bei dem Hoheiter Stollen möglich. Da für den Hoheiter Stollen lediglich Konzentrationswerte, nicht hingegen Abflusswerte vorlagen, wurde der Abfluss über die Länge des Stollens in Relation zu der Länge und gemessenen Abflüssen anderer Stollen geschätzt (Angaben zu Stollenlängen finden sich in Spilker (2007)). Außerdem wurden die Konzentrationen für diesen Stollen lediglich im Rahmen einer Beprobung im Jahr 2000 bestimmt, sodass die berechneten Frachten ungenau sind. Mit 203 µg/L wies das Stollenwasser des Hoheiter Stollens die im Vergleich zu anderen Stollen höchsten Cu-Konzentrationen auf.

Die insgesamt aus Stollensystemen vermittelten Frachten in Höhe von ca. 8,1 kg/d (Zn) und 0,4 kg/d (Cu), reflektiert die hohe Bedeutsamkeit dieser Quelle für die Befrachtung der Wipper. Für das Schwermetall Cu ist die Relevanz als mäßig, für Zn als sehr hoch einzuschätzen.

In Bezugnahme auf die geringe Datendichte und -aktualität in Zusammenhang mit den hohen Frachten, die über Stollensysteme des Mansfelder Reviers allgemein der Wipper zugeführt werden, ist eine aktuelle Analyse zu Quantität und Qualität austretender Stollenwässer dringend zu empfehlen. Dies betrifft insbesondere den Wiederstedter Stollen und den Jakob-Adolf-Stollen. Um eine gegenwärtige Anbindung des Hoheiter Stollens und Jacobstollens und eine diesbezügliche Frachtvermittlung bestätigen oder ausschließen zu können, wäre weiterhin eine Recherche zur Anbindung dieser Stollensysteme zur Wipper und ggf. eine Beprobung der Anbindungsstellen nötig. Da über diese Stollen allerdings keine hohen Schadstoffausträge zu



erwarten sind, ist das Aufwand-Nutzen-Verhältnis abzuwägen. Aus unserer Sicht kann auf diesbezügliche Recherchen und Untersuchungen verzichtet werden. Auch für die Stollen außerhalb des Mansfelder Reviers sind aus unserer Sicht weiterführende Untersuchungen unzweckmäßig, da über diese Systeme keine relevanten Einträge der Schwermetalle Zn und Cu zu erwarten sind.

#### 6.1.2 Halden

#### Methodik und Datengrundlage

Die Quantifizierung von Einträgen aus Halden war auf direktem Weg, in ähnlicher Weise wie bei den Stolleneinträgen, nicht möglich. Hierfür fehlen die grundlegenden, spezifischen Daten zur Quantität und Qualität anfallender Haldensickerwässer.

Dementsprechend mussten überschlägige Abschätzungen zum Einfluss der Halden im Untersuchungsgebiet vorgenommen werden um entsprechende Quellterme in der Systemanalyse zu implementieren. Zu diesem Zweck wurden einerseits die Aufstandsflächen der Halden (entnommen aus Attributtabelle der erfassten Haldenstandorte in durch den AG zur Verfügung gestellten GIS-Daten sowie GSG (2003)), weiterhin die Daten der klimatischen Wasserbilanz im Raum Hettstedt (klimatisches Mittel 1961-1990, Kropp et al. 2009 basierend auf Berechnungen des DWD) sowie angenommene mittlere Konzentrationswerte der Haldensickerwässer herangezogen.

Für letztere konnten keine spezifischen Untersuchungsergebnisse für die Halden im Untersuchungsgebiet recherchiert werden. Daher wurden diesbezüglich relevante Forschungsergebnisse genutzt: Durch Mibus (2001) wurden im Rahmen einer Dissertation die geochemischen Prozesse in Halden des Kupferschieferbergbaus näher erforscht. Teil dieser Untersuchungen stellte die Analyse von Haldensickerwässern dar. Hierbei wurden neben einer Spitzkegelhalde auch Sickerwasserkonzentrationen einer Flachhalde in der Nähe von Klostermansfeld (Halde des Zirkelschachtes) analysiert. Auf dieser wurden dem Autor zufolge hauptsächlich Bergematerial (Haldenfuß) und Kupferschiefer-Armerz abgelagert. Salzgestein wird nicht oder nur in äußerst geringen Mengen angetroffen. Auch wenn sich diese Halde nicht im Einzugsgebiet Wipper befindet, kann von einer ähnlichen Materialzusammensetzung (gleicher Teil des Abbaurevieres, ähnlicher Ablagerungszeitraum) im Vergleich zu den im Raum Hettstedt vorzufindenden Abraumhalden ausgegangen werden. Die untersuchte Spitzkegelhalde hingegen zeichnet sich durch höhere Salzgehalte aus, was in Zusammenhang mit dem späteren Zeitraum der Aufhaldung steht (1964 – 1990).

Nach Mibus (2001) zeigten entnommene Sickerwasserproben aus der fließenden Welle für die Flachhalde Werte bis 2800  $\mu$ g/L (Zn) und 50  $\mu$ g/L (Cu). Für die Spitzkegelhalde wurden deutlich höhere Konzentration für Zn bis zu 109.000  $\mu$ g/L und Cu bis 280  $\mu$ g/L festgestellt. Dies dürfte im Zusammenhang mit den erhöhten Anteilen an Salzgestein stehen, da Salz zugleich als Lösungsvermittler für die Schwermetalle wirkt.

Perkolationsversuche an entnommenem Haldenmaterial aus der Flachhalde Zirkelschacht zeigten im Vergleich zu den Feldproben deutlich höhere Zn-Konzentrationen bis ca. 45.000 μg/L sowie Cu-Konzentrationen bis 280 μg/L.

Auf Grundlage dieser Werte wurden zur Frachtberechnung die maximalen Konzentrationswerte der Untersuchungen am Flachhaldenmaterial herangezogen (Zn: 45.000 μg/L; Cu: 280 μg/L). Für Sickerwasserkonzentrationen aus Kupferschlacke-Halden konnten keine spezifischen Werte recherchiert werden. In Ermangelung an Daten wurden daher in diesem Fall dieselben Werte zur Berechnung verwendet (betrifft Schlackenhalde Eckhardthütte). Allgemein kann jedoch davon ausgegangen werden, dass in der Schlacke ggü. dem Abraum/Bergematerial die Schwermetalle stärker gebunden und folglich weniger leicht eluierbar sind. Außerdem sollte bei diesem Material die Verwitterung langsamer voranschreiten, wodurch ggf. weniger Feinmaterial, welches mit dem Oberflächenabfluss in die Wipper eingetragen werden könnte, nachgeliefert wird.

Aufgrund fehlender, spezifischer Messwerte sowie den folglich zu treffenden Annahmen, ist die Abschätzung des Einflusses der Halden auf das Fließgewässer mit hohen Unsicherheiten behaftet. Da es sich bei dem abgelagerten Material im Wesentlichen entweder um erzarmes Abraum/-Bergematerial oder inerte Schlacke handelt, kann die Annahme hinsichtlich der Sickerwasser-Qualität als konservativ beurteilt werden. Da die Wasserbilanz aus der Differenz von durchschnittlicher Niederschlagsmenge und Verdunstung im Raum Hettstedt berechnet wurde, reflektiert sie den Gesamtabfluss. Folglich werden über diesen Ansatz neben Sickerwässern auch oberflächlich abfließende Wässer miterfasst. Diese dürften, durch kürzere Kontaktzeit und folglich geringere Lösungsmöglichkeiten im Vergleich zu den Sickerwässern weniger stark mit gelösten, mehr jedoch mit partikulär gebundenen Schadstoffen (Abspülung von Feinmaterial) befrachtet sein. Eine getrennte Erfassung nach gelöstem und partikulär gebundenem Austrag von Metallen kann auch für diese Quelle ohne konkrete Messwerte nicht erfolgen. Auch die Größe des Fehlers dieses Ansatzes lässt sich nicht bestimmen.

Zusammenfassend wurden folgende Inputgrößen zur Berechnung herangezogen:

A<sub>Halde</sub> - spezifische Aufstandsfläche der Halde [m²]

ccu - angenommene Cu-Konzentration im Haldensickerwasser = 280  $\mu$ g/L czn - angenommene Zn-Konzentration im Haldensickerwasser = 45.000  $\mu$ g/L WB - Klimatische Wasserbilanz Raum Hettstedt (1961-1990) = 104 mm/a

Zur Berücksichtigung der variierenden Haldenabdeckungen wurden verschiedene Faktoren für die abschließende Frachtberechnung verwendet. Hintergrund dieses Gedankens stellt die Tatsache dar, dass, insbesondere durch verschiedene Überdeckungen (unbedeckt, natürlicher Vegetationsbewuchs, künstliche, technisch geplante Abdeckung), unterschiedlich hohe Mengen an Niederschlagswasser in den Haldenkörper eintreten und folglich weniger Schadstoffe über den Sickerwasserpfad in das Fließgewässer vermittelt werden können. Es wurden die in Tabelle 6.1



aufgeführten Faktoren verwendet. Zugleich erfasst die Tabelle alle Halden im Untersuchungsgebiet, für welche Frachtberechnungen durchgeführt wurden. Keine Berechnungen erfolgten für die Halden vor Sandersleben, welche zwar in den GIS-Unterlagen geführt werden, auf Grundlage von Luftbildbetrachtungen und Vorort-Begehungen jedoch vermutlich nicht mehr existieren. Auch die Halden in Klostermansfeld mit potentieller Anbindung an die Alte Wipper wurden nicht berücksichtigt, da einerseits aufgrund des vergleichsweise hohen Abstandes zum genannten Nebengewässer eine Transportpfadanbindung fraglich ist, andererseits ggf. erfolgende Einträge über die berechnete Gesamtfracht der Alten Wipper (siehe Kapitel 6.1.7) mit erfasst werden.

Tabelle 6.1 Faktoren zur Berücksichtigung der Haldenabdeckung und Aufführung der Halden im Untersuchungsgebiet, für welche Frachtberechnungen durchgeführt wurden

Haldenabdeckung	Faktor [-]	Halde(n)
unbedeckt	1	Freieslebenschacht
Natürlicher Bewuchs	0,5	Schlackenhalde Eckhardthütte,
		Lichtlochhalden 26/26S
Technisch geplante	0,25	Lichtlöcherberg, Wippergraben
Abdeckung		

### Ergebnisse

Die Ergebnisse der Berechnung sind in Abbildung 6.2 dargestellt.

Durch die Verwendung des vorgestellten Berechnungsansatzes, der aufgrund mangelnder Datensätze keine Unterschiede zwischen Sickerwasserkonzentrationen unterschiedlicher Haldentypen vorsieht (Schlackenhalde ggü. Abraumhalde), zeigt sich bei beiden Schwermetallen die gleiche Rangfolge hinsichtlich der Bedeutung der einzelnen Halden im Untersuchungsgebiet, wobei die Zn-Frachten – aufgrund der entsprechend höheren zu erwartenden Konzentrationen im Sickerwasser – die Cu-Frachten um etwa den Faktor 140 übersteigen.

Mit berechneten Cu-Gesamtausträgen von weniger als 0,1 kg/d spielen Halden, unter Berücksichtigung der Unsicherheiten, keine Rolle für die Cu-Befrachtung der Wipper. Eine diesbezügliche Teilbetrachtung der Ergebnisse ist daher nicht zielführend. Mit Gesamtfrachten von über 4 kg/d Zn, ist für dieses Schwermetall jedoch eine Differenzierung vorzunehmen.

Die Halde Freieslebenschacht stellt, bedingt durch ihre Größe und der fehlenden Abdeckung, den größten Beitrag am berechneten Zn-Austrag. So könnten täglich bis zu 2,2 kg Zn von dieser Halde über den Wasserpfad in die Wipper vermittelt werden. Wie bereits in Abschnitt 3.4.1 erwähnt, wird der Abfluss von dieser Halde allerdings in einem Graben gefasst und mutmaßlich

punktuell der Wipper in Großörner nördlich des Sportplatzes "Am Wehr" zugeführt. Weiterhin könnte durch die Abbau-/Umlagerungstätigkeiten ein erhöhter Schadstoffaustrag von dieser Halde möglich sein. Dies trifft auch auf Cu zu. So ist aufgrund des geringen Pyritanteils im Kupferschiefer des Mansfelder Reviers (TRANSMET 2004) zwar mit keiner maßgeblichen Versauerung und diesbezüglichen Schwermetall-Mobilisierung zu rechnen. Dennoch wurden im Rahmen der Gelände-Begehung auf der Halde Lichtloch 25/25S, auf welcher vorwiegend Abraum aufgehaldet wurde, auffällig grüne Verfärbungen des Materials beobachtet (siehe Fotodokumentation, Anlage 3), die auf eine Verwitterung Cu-haltigen Materials hindeutet. Möglicherweise werden die Verwitterungsprozesse durch die Umlagerungstätigkeiten auf der Halde Lichtlöcherberg noch begünstigt, sodass es hier potentiell zu einer verstärkten Freisetzung kommt.

Geringere, wenn auch nicht per se irrelevante Zn-Einträge wurden weiterhin für die Halde Eckhardthütte mit ca. 0,9 kg/d und die Halde Lichtloch 26/26S mit ca. 0,6 kg/d berechnet. Hier ist einerseits bedingt durch Unterschiede bezüglich der Art des aufgehaldeten Materials, andererseits durch weitere Standortunterschiede (z.B. Böschungswinkel, Lage zum Gewässer), die nicht als Faktoren für die Frachtabschätzung einbezogen wurden, mit Abweichungen hinsichtlich austragbarer Schwermetallmengen zu rechnen. So wurden beispielsweise für alle Halden steile Böschungswinkel im Rahmen der Begehung festgestellt. Insbesondere die Lage der Halden Wippergraben und Lichtlöcherberg in Hettstedt sowie der Schlackenhalde Eckhardthütte in Mansfeld-Leimbach unmittelbar an der Wipper deuten in Zusammenhang mit sichtbaren Erosionsrinnen auf einen ereignisbezogenen Eintrag von partikulären Feinmaterial hin.

Trotz vergleichbarer Größe, sind aufgrund der Abdeckung mit einer Bodenschicht geringere Schadstoffausträge aus der Halde Lichtlöcherberg im Vergleich zur Halde Eckhardthütte zu erwarten. Mit ca. 0,1 kg/d Zn, sind die berechneten Emissionen der Wippergrabenhalde am geringsten, da diese nur eine geringe Aufstandsfläche besitzt und im Zuge einer Sanierung ebenfalls mit einer Bodenschicht überdeckt wurde. Es wird jedoch darauf hingewiesen, dass, wie bereits bei der Vorstellung der Quelltypen in Kapitel 3.4.1 Erwähnung fand, die Sanierungstätigkeiten im Rahmen des ÖGP Mansfelder Land (diese schlossen die Halden Lichtlöcherberg sowie Wippergraben, aber bspw. auch das Areal Bleihütte ein) primär der Unterbindung einer Schadstoffverfrachtung mit dem Luftpfad galten und nicht dem Wasserpfad.

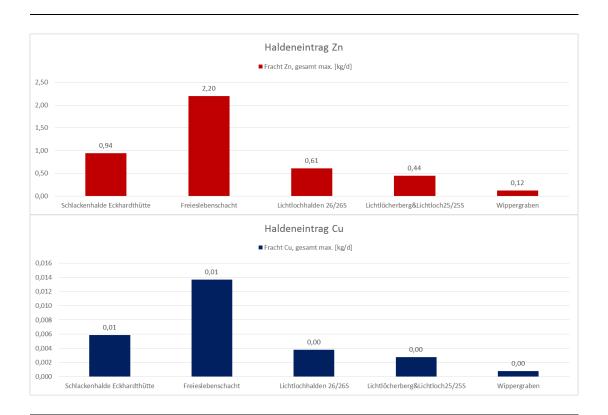


Abbildung 6.2 Frachtabschätzung Halden

### Bewertung und Empfehlung

Aufgrund des gewählten, oben dargelegten Berechnungsansatzes sind die für die Halden ermittelten Frachtwerte mit einer nicht unerheblichen Unsicherheit behaftet. Dies betrifft einerseits den verallgemeinerten Ansatz zur Verwendung gleicher Sickerwasserkonzentrationswerte für alle Halden, ungeachtet der Material- und anderer Halden-spezifischer Unterschiede. So ist beispielsweise zu erwarten, dass aus Schlackenhalden weniger Schwermetalle gelöst werden als aus Abraumhalden. Demnach ist von einer Überschätzung des Schadstoffeintrags durch die Halde Eckhardthütte auszugehen. Auch Einspülungen von Feinmaterial konnten nicht berücksichtigt werden. Erhebliche, ereignisbezogene Einträge über den Oberflächenabfluss sind prinzipiell denkbar. Beispielsweise zeigte im Rahmen der zweiten Ortsbegehung am 23.10.2015 ein Graben um den östlichen Haldenfuß der Wippergrabenhalde mit Anbindung zum Regenbeek keine Wasserführung bei Trockenwetter, wohingegen auf Grundlage der visuellen Beurteilung bei Niederschlagsereignissen offensichtlich bedeutende Wassermengen in diesem gefasst und der Wipper zugeleitet werden.

Mit Einträgen von in Summe 0,03 kg/d (Cu) und 4,3 kg/d (Zn) wird deutlich, dass Halden unter den angenommenen Randbedingungen hinsichtlich einer Befrachtung der Wipper mit Cu keine nennenswerte Rolle spielen. Für Zn hingegen könnten Halden, bedingt durch die generell stärkere Mobilisierbarkeit dieses Schwermetalls und den folglich höheren Sickerwasser-Konzentrationen, relevante Quellen darstellen. Folglich ist für Zn die Relevanz dieser Quelle als hoch, für Cu als gering einzuschätzen.

Eine Beprobung des Grabenwassers der Halde Freieslebenschacht wird empfohlen, um den Einfluss dieser Halde genauer abschätzen zu können. Weiterhin könnten hierdurch wesentliche Erkenntnisse zum Einfluss von Halden generell gewonnen werden, da einerseits der Oberflächenabfluss (und damit verbunden eingetragenes Feinmaterial), andererseits Haldensickerwässer in den Graben gelangen. Stellt sich heraus, dass das gesammelte Wasser dieser Halde einer Reinigung zugeführt oder anderweitig abgeleitet wird, ist von dieser Halde kein Einfluss auf die Wipper zu erwarten (mit Ausnahme einer ggf. erfolgenden atmogenen Partikelverlagerung). Weiterhin ist auch die ereignisbezogene Beprobung des Grabenwassers um die Halde Wippergraben anzuraten, da auf Grundlage der visuellen Begutachtung zeitweilig vermutlich bedeutende Wassermengen in diesem gesammelt und der Wipper zugeführt werden. Um auch die Löslichkeit der Schwermetalle aus Schlackenhalden und diesbezügliche Frachtvermittlungen besser abschätzen zu können, wird außerdem eine Beprobung der Haldensickerwässer vorgeschlagen. In diesem Zusammenhang wurden im Zuge der ersten Ortsbegehung am 19.08.2015 gefasste Wasseraustritte am Haldenfuß entdeckt, die sich für eine Beprobung anbieten. Allerdings scheint der Einfluss der Halde auf die Wipper gering zu sein, sodass kein hoher Kenntnisgewinn hierüber zu erwarten ist.

#### 6.1.3 Altstandorte

## Methodik und Datengrundlage

Für die ehemaligen Hüttenstandorte im Untersuchungsgebiet kann keine Frachtabschätzung vorgenommen werden. Mangelnde Daten hinsichtlich der Anbindung jener Flächen an das Abwassersystem, fehlende Messwerte zur Belastung direkt in die Wipper eingeleiteten Regenoder Mischwassers aus Kanälen mit Anschluss an die Verdachtsflächen oder generell fehlende Informationen zur Lage oder zum Zustand dieser Standorte (betrifft insbesondere Althütten im Raum Vatterode-Mansfeld), machen eine Abschätzung der Bedeutung dieser Quellterme für den Schadstofftransport gegenwärtig unmöglich. Daher ist im Zuge der nachstehenden Ergebnisbetrachtung lediglich eine qualitative Beurteilung durchführbar.



#### Ergebnisse

Während alle weiteren Althütten-Standorte entweder saniert (betrifft Bleihütte/Kupferkammer-Hütte) oder vermutlich überbaut (betrifft Hütten im Raum Vatterode-Mansfeld sowie Kupfer-Silber-Hütte) wurden, liegt die Saigerhütte noch immer im unsanierten Zustand vor. Folglich ist für diesen Standort auch gegenwärtig noch eine Abspülung belasteter Feststoffe denkbar. Aufgrund der umfassenden Sanierungsmaßnahme auf dem Gelände Bleihütte im Rahmen des ÖGP-Projekts Mansfelder Land, sind von diesem Areal aktuelle Nachlieferungen von Schadstoffen in das Kanalisationssystem nicht zu erwarten. Durch die lange Betriebszeit und die Verwertung von Theisenschlämmen auf diesem Standort besteht jedoch ein hohes Potential, dass sich in den Kanälen bedeutsame Altsedimentdepots gebildet haben, welche gegenwärtig als Sekundärquelle fungieren. Im Zuge der Sanierung wurden allerdings Kanalreinigungsarbeiten ausgeführt (persönliche Mittl. Hr. Krienert, Fa. DMT), sodass das Risiko/die Menge verbleibender Restablagerungen ungleich geringer ausfallen dürfte. Für die weiteren Hütten im Untersuchungsgebiet ist das Potential zur Schadstoffverfrachtung, insbesondere aufgrund der länger zurückliegenden Betriebsdauer, niedriger.

#### Bewertung und Empfehlung

Wie bereits dargelegt, können z.B. Altsedimentablagerungen in Kanälen oder Altkanälen eine relevante Rolle für die partikelgebundene Schadstoffvermittlung, insbesondere im Zuge von Starkregenereignissen spielen.

Sofern sich über eine räumlich höher aufgelöste (kleinere Bilanzräume) Frachtanalyse des Gewässersystems die Hinweise verdichten, dass im Bereich bestimmter Altstandorte eine anders nicht erklärbare Auffrachtung mit Kupfer und/oder Zink im Gewässer erfolgt, ist es ggf. sinnvoll, (1) die bestehende und ehemalige Kanalanbindung der Flächen zu recherchieren und (2) die Bedeutung dieser Kanäle für die gegenwärtige Schadstoffvermittlung im Rahmen eines Untersuchungsprogrammes zu ermitteln. Hierbei bieten sich beispielsweise die ereignisspezifische (Niederschlagsereignisse) Entnahme von Gesamtwasserproben aus bestimmten Punkten des Kanalsystems an. Als technisch schwierig bzw. aufwendig ist in diesem Umfeld jedoch die messtechnische Bestimmung der jeweiligen Durchflüsse anzusehen, die aber für die Bestimmung der Frachten unerlässlich ist. Inwieweit und mit welchem Aufwand eine solche Durchflussmessung im Kanalnetz realisierbar ist, ist jeweils im Einzelfall zu prüfen.

#### 6.1.4 Einleiter

### Methodik und Datengrundlage

Die überschlägige Abschätzung von Frachten, die der Wipper über Einleitstellen zugeführt werden, erfolgte im Wesentlichen durch Multiplikation von ggf. verfügbaren bzw. recherchierten Daten zu Einleitmengen mit den genehmigten bzw. zulässigen Konzentrationen. In erster Linie wurden hierzu die entsprechenden im Wasserbuch der Wipper (zur Verfügung gestellt als Excel-

Datenbank durch den AG) aufgeführten Wasserrechte herangezogen. Folgende Arten von Einleitern wurden berücksichtigt:

- Industriebetriebe
- Zentralkläranlagen
- Sonstige Einleiter

Für die Berechnung der Frachten, die über direkt eingeleitete Industrieabwässer (betrifft Mansfelder Kupfer- und Messing GmbH MKM sowie Mansfelder Aluminiumwerk GmbH) in die Wipper vermittelt werden, wurden für Zn die im Wasserbuch registrierten Daten zu maximal genehmigten Einleitmengen sowie maximal zulässigen Konzentrationen verwendet. Für Cu hingegen wurden für die MKM GmbH durch das Landesverwaltungsamt Sachsen-Anhalt Angaben zu tatsächlich eingeleiteten Frachten übermittelt, die direkt verwendet werden konnten (bzgl. Zn lagen diese Daten nicht vor). Da für die Abwässer der Mansfelder Aluminiumwerk GmbH im Wasserbuch keine zulässigen Cu- oder Zn-Konzentrationen vermerkt sind, wurden für diese Quelle die nach AbwV Anhang 39 vermerkten Anforderungen an Abwässer aus Unternehmen der NE-Metallherstellung/-verarbeitung in Höhe von max. 500 μg/L (Cu) und 1000 μg/L (Zn) angesetzt. Gemäß übermittelten Angaben durch den AG (pers. Mittl. Hr. John, LHW), wird das Abwasser dieses Unternehmens in einer zentralen Kläranlage aufbereitet und über einen Mühlgraben der Wipper oberhalb der Einmündung der Alten Wipper zugeführt. Die Lage der Einleitstelle wurde bereits erfasst und kartographisch dargestellt (siehe Kapitel 2.4.2, Abbildung 2.33).

Für gereinigte Abwässer aus Zentralkläranlagen wurden die bereits in Kapitel 3.4.2 vorgestellten Volumina mit den an jener Stelle angemerkten Daten zu mittleren Konzentrationswerten für Cu (ca. 5 μg/L) und Zn (ca. 30 μg/L) zur Frachtberechnung herangezogen. Für die sonstigen kommunalen Einleitungen (Kleinkläranlagen, Mischwasser, unzureichend behandeltes Abwasser sowie sonstiges Abwasser) wurden die im Wasserbuch aufgeführten Volumina zur Frachtermittlung genutzt. Weiterhin wurden für dezentral gereinigte Abwässer ebenfalls die landestypischen Ablaufkonzentrationen der ZKA angenommen. Für die übrigen Abwasserarten (nicht ausreichend behandelt, Mischwasser, sonstiges Abwasser) wurden die nach ATV (1999) in Hamel (2001) aufgeführten mittleren Konzentrationen in häuslichen Abwässern (500 μg/L (Zn) bzw. 150 μg/L (Cu)) zur Frachtabschätzung verwendet. Zwar ergeben sich dadurch Ungenauigkeiten. Diese dürften sich allerdings, in Anbetracht der geringen Abwassermengen, nur unwesentlich auf das Gesamtergebnis auswirken.

#### **Ergebnisse**

Die generelle, aber auch individuelle Bedeutung verschiedener Direkteinleiter für die Befrachtung der Wipper geht aus den in Abbildung 6.3 aufgeführten Ergebnissen der Frachtberechnung hervor. Da die tatsächliche, aktuell eingeleitete Cu-Fracht der MKM GmbH deutlich unterhalb der zu erwartenden Fracht nach den Angaben im Wasserbuch sowie der wasserrechtlich erlaubten



(ca. 16,4 kg/d) liegt, scheidet dieser Einleiter gegenwärtig als bedeutende Cu-Quelle aus. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass sich die durch das LVwA übermittelten Fracht-Werte lediglich auf das Jahr 2014 beziehen. In 2014 wurde den Angaben zufolge 5 mal mit einer Dauer von max. 16 h Abwasser in die Wipper eingeleitet. Während der Begehung im August 2015 wurde eine dauerhafte Einleitung in großer Menge beobachtet, wohingegen bei der zweiten Begehung im Oktober 2015 keine Einleitung erfolgte.

Aufgrund der vergleichsweise geringen Einleitmengen durch die Mansfelder Aluminiumwerk GmbH wurden auch für diesen Industrieeinleiter geringe Frachten von deutlich weniger als 0,1 kg/d sowohl für Cu als auch für Zn berechnet, die mit Bezug zur Gesamtfracht der Wipper als wenig relevant einzuordnen sind. Mit ca. 0,7 kg/d sind im Vergleich deutlich höhere Zn-Befrachtungen durch Einleitungen der MKM GmbH zu erwarten. Insgesamt können die beiden Industrieeinleiter MKM GmbH und Mansfelder Aluminiumwerk GmbH als bedeutende Verursacher sowohl für Cu als auch für Zn ausgeschlossen werden.

Trotz der hohen Einleitmengen sind die über das gereinigte Abwasser aus kommunalen Zentralkläranlagen an die Wipper abgegebenen Zn- und Cu-Frachten in Höhe von ca. 0,4 kg/d (Zn) bzw. 0,06 kg/d (Cu) vernachlässigbar gering. Die Berechnung mit bundeslandspezifischen Ablaufkonzentrationen kann, in Anbetracht fehlender Kläranlagen-spezifischer Werte, als hinreichend genau betrachtet werden. Auch sonstige Einleitungen (z.B. dezentral behandelt oder nicht ausreichend behandelt) sind – bedingt durch die geringen Einleitmengen – unbedeutend. Wie bereits erwähnt, könnten insbesondere Regen- und Mischwasserkanäle mit Anbindung an Althütten-Standorte potentiell für eine Schadstoffvermittlung bedeutsam sein. Eine Berücksichtigung dieser Quellen verlangt allerdings zusätzliche Messungen.

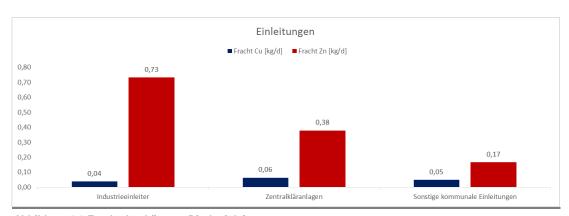


Abbildung 6.3 Frachtabschätzung Direkteinleiter

#### Bewertung und Empfehlung

Die mittels des oben dargelegten Pauschalansatzes rechnerisch ermittelten Frachtwerte sind prinzipiell als konservativ zu beurteilen. So wurden beispielsweise hinsichtlich der Einleitungen aus Zentralkläranlagen zur Abschätzung der Maximaleinträge auch die im Wasserbuch vermerkten, maximalen Einleitmengen sowie die landesdurchschnittlichen Einleitkonzentrationen für Cu und Zn zur Berechnung herangezogen. Es kann vermutet werden, dass diese Werte nicht dauerhaft erreicht, sondern im Mittel eher unterschritten werden. Die im Falle des Industrieeinleiters MKM GmbH auffällig geringere Cu-Fracht nach Angaben der Eigenüberwachung ggü. der berechenbaren Fracht auf Grundlage der Daten aus dem Wasserbuch (ca. 2,0 kg/d) lässt vermuten, dass auch die tatsächliche Zn-Fracht, welche lediglich über die Angaben im Wasserbach bestimmt werden konnte, geringer ausfallen dürfte. Es ist in jedem Fall empfehlenswert im Rahmen von ergänzenden Untersuchungen auch die aktuellen behördlichen Überwachungsdaten zu Einleitungen der MKM GmbH zu erheben und auszuwerten. Abgesehen der bereits genannten Untersuchungen an relevanten Kanälen mit Anbindung zu Altstandorten (siehe Kapitel 6.1.3), sind für weitere Einleitungen detaillierte Untersuchungen unserer Einschätzung nach nicht notwendig.

#### 6.1.5 Diffuser Eintrag

#### Methodik und Datengrundlage

Die von ackerbaulich genutzten Flächen zu erwartenden Einträge wurden unterteilt in erosive, sedimentgebundene Schadstoffeinträge und über Drainagewässer verfrachtete Schadstoffe. Die als Folge von Erosion zugeführten Frachten konnten durch Multiplikation der eingetragenen Sedimentmengen (Geoflux 2007) mit den mittleren Schadstoffgehalten in Oberböden (geogene Konzentration im Untersuchungsgebiet in Höhe von 98 mg/kg Cu bzw. 128 mg/kg Zn nach Oertel & Frühauf (1999)) ermittelt werden. Um weiterhin den Einfluss des Kupferbergbaus zu berücksichtigen, wurde für das Gebiet Vatterode-Mansfeld-Hettstedt (OWK SAL7OW03-00), in dem sich Relikte des Kupfer-Bergbaus finden lassen, von welchen in Vergangenheit (Hüttenbetrieb) sowie gegenwärtig (Halden) eine äolische Verlagerung und Anreicherung von belastetem Feinmaterial auf umliegende Böden wahrscheinlich ist, höhere Konzentrationswerte zur Berechnung angesetzt (255 mg/kg Cu und 512 mg/kg Zn nach Oertel & Frühauf (1999) für Oberböden in Haldennähe bei Hettstedt). Welche Konzentrationen für welche OWK angesetzt wurden, ist in Abbildung 6.4 veranschaulicht. Für die Frachtberechnung des Dränwassers wurden die mittleren Mengen (entnommen aus Wasserhaushaltsmodell Wipper) mit den mittleren Konzentrationen an Cu und Zn im Dränwasser (4 µg/L (Cu) bzw. 19 µg/L (Zn) nach Fuchs et al. (2014)) verrechnet.

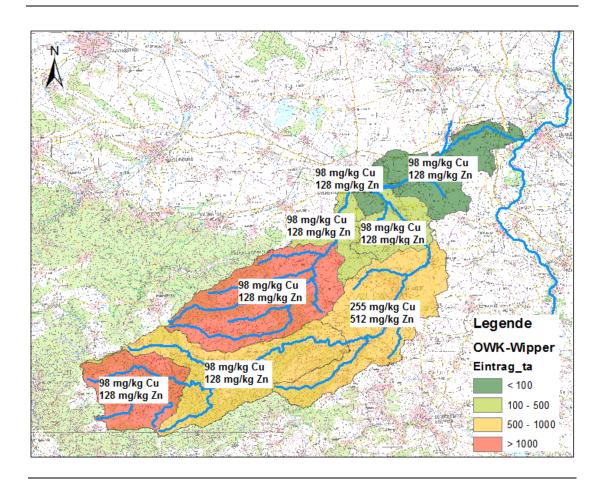


Abbildung 6.4 Angesetzte OWK-spezifische Schadstoff-Konzentrationen im Oberboden als Grundlage zur Berechnung diffuser, partikuläre Schadstoffeinträge nach Oertel und Frühauf (1999)

## **Ergebnisse**

Die Ergebnisse der Frachtberechnung sind in Abbildung 6.5 erfasst. In Summe wurden für den erosiven Transportpfad mittlere Einträge in Höhe von 3,2 kg/d (Zn) und 2,1 kg/d (Cu) ermittelt. Aus diesen Werten wird ersichtlich, dass diesem Eintragsweg ein prinzipiell hoher Stellenwert – insbesondere in Bezug auf Cu – beizumessen ist.

Ein Vergleich der abschnittsbezogenen Frachtwerte zeigt, dass, bedingt durch die höher anzunehmenden Bodenbelastungen von Vatterode bis unterhalb Sandersleben, mit etwa 1,3 kg/d (Zn) bzw. 0,7 kg/d (Cu) die höchsten Einträge von Zn und Cu in diesem Bereich zu erwarten sind. Im Vergleich zu anderen Eintragsquellen wurden aufgrund der höchsten Sedimenteinträge im Oberlauf auch in diesem Abschnitt relevante Einträge berechnet. So werden hier (Quelle bis etwa

Vatterode) in Summe ähnlich hohe Cu-Mengen in die Wipper eingetragen. Mit ca. 0,8 kg/d liegen die Zn-Mengen jedoch unter der erosiven Befrachtung im Mittellauf. Zu erwähnen ist, dass auch über die Eine erosiv eingetragenes Cu und Zn in die Wipper vermittelt wird. Geht man davon aus, dass im Mittel die gesamte Fracht auch an die Wipper abgegeben wird, so lassen sich summierte Einträge in Höhe von ca. 0,9 kg/d (Zn) und 0,7 kg/d (Cu) berechnen. Eine Diskussion der Genauigkeit der Ergebnisse des Geoflux-Modells zur Anwendung im Rahmen der Eintragsbewertung für die Wipper erfolgt in Kapitel 6.3 im Zuge eines Abgleichs der transportierten Schwebstofffracht im Gewässer mit der Höhe des modellierten Sedimenteintrags.

Abbildung 6.5 zeigt zugleich die geringe Bedeutung von Dränwasser bezüglich der Zufuhr von Cu und Zn in die Wipper. Für beide Schwermetalle wurden mittlere Tagesfrachten von weniger als 0,1 kg berechnet.

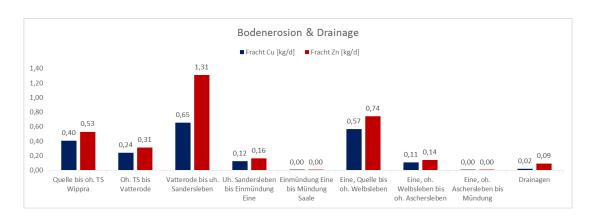


Abbildung 6.5 Frachtabschätzung Diffuser Eintrag

## Bewertung und Empfehlung

Aufgrund einer zu erwartenden ausgeprägten Heterogenität von Schwermetallkonzentrationen in Oberböden sowie den generell hohen Unsicherheiten, die bei der Bodenerosionsmodellierung aufgrund der zahlreichen einfließenden Parameter zwangsläufig auftreten, ist die diesbezügliche Frachtbilanzierung selbst mit großen Fehlern behaftet. So liefert ein Erosionsmodell zur Anwendung im überregionalen Maßstab in der Regel zwar gut verwertbare Ergebnisse, für detailliertere Betrachtungen in kurzen Zeiträumen dürften sich die Unsicherheiten jedoch verstärkt bemerkbar machen.

Auch bezüglich der über Dränwässer vermittelten Frachten muss berücksichtigt werden, dass sich einerseits die Dränwassermengen lediglich auf das Jahr 2014 beziehen. In



niederschlagsreicheren Jahren ist demnach auch mit erhöhten Mengen von Dränwasser zu rechnen. Andererseits ergeben sich, aufgrund des Fehlens regionaler Daten hinsichtlich der Schwermetallkonzentrationen im Dränwasser durch die Verwendung allgemeiner Literaturwerte Unsicherheiten bei der Frachtberechnung. Nichtsdestotrotz sind keine hohen Schadstoffvermittlungen über diesen Transportpfad anzunehmen, sodass weiterführende Untersuchungen, wie beispielsweise die ereignisbezogene Beprobung und Analyse des Dränwassers nicht notwendig im Sinne einer besseren Erfassung der Einleitsituation ist.

Da für die Quelle "Bodenerosion" belastbare Informationen zum quantitativen Eintrag von partikulären Stoffen in die Wipper vorliegen sowie die größten Mengen von Schwebstoffen über diesen Pfad in die Wipper gelangen, erfolgt in Kapitel 6.3 ein genauerer Abgleich der eingetragenen Sedimentmengen mit den im Gewässerschlauch transportierten Schwebstoffmengen. Hieraus lassen sich ggf. tiefergehende Kenntnisse zur Feinsedimentsituation ableiten. Weiterhin können hierüber aber auch grundlegende Informationen über die Aussagekraft/Verwendbarkeit von Ergebnissen der Bodenerosionsmodellierung für die Nutzung zur regionalen Schadstoffanalyse von Fließgewässern gewonnen werden.

## 6.1.6 Deponien

#### Methodik und Datengrundlage

Für die Berechnung von Schadstofffrachten aus den Deponien im Untersuchungsgebiet wurde ein ähnlicher Berechnungsansatz wie für die Halden gewählt.

Als Berechnungsgrößen wurden wiederum die Deponieflächen (entnommen den durch den AG zur Verfügung gestellten GIS-Daten bzw. via Internetrecherche ermittelt für Mülldeponie Hettstedt), die klimatische Wasserbilanz im Raum Hettstedt (klimatisches Mittel 1961-1990, Kropp et al. 2009 basierend auf Berechnungen des DWD) sowie recherchierte Konzentrationen zur potentiellen Schadstoffbelastung der Sickerwässer herangezogen. Für letztere wurde differenziert zwischen Deponien, auf denen vermutlich Haldenmaterial abgelagert wurde (Lage unmittelbar an Halden oder ehemaligen Halden) und weiteren Deponien. Für erstgenannte (An Eckhardthalde, Am Lichtloch 26, Toter Kalkbruch, An Gaststube Drei Linden) wurden gleiche Konzentrationswerte wie bei den Haldensickerwässern angenommen (280 µg/L für Cu und 45.000 μg/L Zn). Für letztgenannte (Am Pochwerk, Mülldeponie Hettstedt, Am Bhf. Sandersleben) hingegen wurden mittlere Konzentrationswerte für Hausmülldeponien (50 µg/L Cu und 1000 µg/L Zn nach UBA (1995)) zur Frachtermittlung verwendet. Ebenso wurde die Art der Oberflächenabdeckung durch verschiedene Faktoren berücksichtigt. Zwar konnten kaum Informationen zu den Oberflächenabdeckungen recherchiert werden, jedoch zeigten Betrachtungen der Standorte im Luftbild, dass alle Deponiestandorte eine bewachsene Oberfläche aufweisen. Lediglich für die Mülldeponie Hettstedt ist bekannt, dass diese eine Wasserhaushaltsschicht zur oberflächlichen Abdichtung besitzt. Entsprechend wurde für die

letztgenannte Deponie ein Faktor von 0,25 (technische Sicherungsmaßnahme), für alle weiteren ein Faktor von 0,5 (natürlicher Bewuchs ohne technische Sicherungsmaßnahmen) zur Frachtermittlung herangezogen. Da für die Mülldeponie Hettstedt keine Flächeninformation in den GIS-Daten vorlag, wurde diese per Internetrecherche ermittelt (87.000 m², ICC 2006).

Zusammenfassend wurden folgende Inputgrößen zur Berechnung angesetzt:

A<sub>Dep</sub> - spezifische Ablagerungsfläche der Deponie [m²]

ccu - angenommene Cu-Konzentration im Deponiesickerwasser

Dep. mit Haldenmaterial: 280 µg/L

Dep. mit Hausmüll: 50 µg/L

czn - angenommene Zn-Konzentration im Deponiesickerwasser

Dep. mit Haldenmaterial: 45.000 µg/L

Dep. mit Hausmüll: 1.000 µg/L

WB - Klimatische Wasserbilanz (1961-1990) = 104 mm/a

Im Zuge der weiteren Recherche wurde festgestellt, dass sich die Deponie "Wippergraben", welche in den GIS-Daten als solche eingepflegt ist, hinsichtlich Lage und Fläche mit der Halde "Wippergraben" (GSG (2003)) deckt. Da dieser Standort bereits in der Gruppe "Halden" (Abschnitt 6.1.2) erfasst wurde, wird auf eine (erneute) Auswertung in diesem Abschnitt verzichtet. Weiterhin konnte die Betriebsdeponie der MKM GmbH nicht berücksichtigt werden, da zu dieser Deponie keine detaillierten Informationen zur Art des abgelagerten Materials und zur Fläche vorliegen und recherchiert werden konnten.

### **Ergebnisse**

Die Ergebnisse der Frachtermittlung aus Deponien sind in Abbildung 6.6 aufgeführt. Mit einer berechneten Gesamtfracht von < 0,01 kg/d, können Deponien als Quelle für Kupfer ausgeschlossen werden. Zwar konnte aus bereits genannten Gründen die Betriebsdeponie der MKM GmbH nicht in der Frachtbilanzierung berücksichtigt werden. Jedoch sind, in Anbetracht der nur geringen Ablagerungsmenge in Höhe von ca. 800 t, auch hier keine hohen Schadstoffausträge zu erwarten. Weiterhin befindet sich diese Deponie in der Stilllegungs- und Sicherungsphase. So konnte in Erfahrung gebracht werden, dass die Deponie derzeit mit einer Wasserhaushaltsschicht überdeckt wird (MZ 2013).

Auch für das Schwermetall Zn sind Einträge aus Deponien mit ca. 0,4 kg/d in Summe kaum bedeutend für die Belastung der Wipper. Mit ca. 0,2 kg/d kommt diesbezüglich der Deponie "An der Eckhardthalde" die potentiell höchste Bedeutung zu. In Summe wurde auch für die Deponien in Sandersleben "Toter Kalkbruch" sowie "An der Gaststube Drei Linden" gleich hohe Austräge berechnet. Alle weiteren Deponien sind auch für die Zn-Vermittlung unbedeutend.



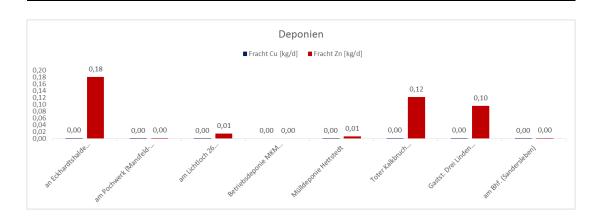


Abbildung 6.6 Frachtabschätzung Deponieeinträge

## Bewertung und Empfehlung

Unsicherheiten bei der Frachtermittlung ergeben sich insbesondere daraus, dass Kenntnisdefizite bezüglich der Art des abgelagerten Materials bestehen. Diesbezüglich konnten in den meisten Fällen lediglich Vermutungen angestellt werden. Da die Sickerwasserkonzentrationen insbesondere durch die Qualität des Abfalls und den sich einstellenden Milieubedingungen im Deponiekörper bestimmt werden, lassen sich Fehler bei Ansetzen pauschaler Konzentrationswerte generell nicht vermeiden. Weiterhin ist auch der Zustand (Art Oberflächenabdeckung, Vorhandensein Sickerwasserfassung/-reinigung etc.) der Deponien weitgehend unbekannt. So liegen bspw. für die Betriebsdeponie der MKM GmbH keine Informationen zur Fläche vor, was eine Frachtberechnung unmöglich macht. Im Gesamtkontext wird dieses Defizit aber als tolerierbar bewertet, da die Abschätzungen in Übereinstimmung mit der allgemeinen Erwartungshaltung nahelegen, dass der Einfluss der Deponien für die Frachtsituation im Gewässer irrelevant ist. Daher sind auch tiefergehende Untersuchungen diesbezüglich wenig zielführend und nach unserer Einschätzung nicht notwendig.

#### 6.1.7 Zuflüsse

## Methodik und Datengrundlage

Da auch über Nebengewässer markante Schwermetallmengen der Wipper zugeführt werden könnten, ist es sinnvoll, auch für diese eine Frachtberechnung durchzuführen. Für die Eine als (hinsichtlich der Abflusshöhe) bedeutendstes Nebengewässer der Wipper, wurden bereits in Kapitel 3.3 Zn- und Cu-Frachten berechnet. Weitere, durch den LHW zur Verfügung gestellte Daten zu Monitoring-Ergebnissen zum Regenbeek/Alte Wipper, Stockbach und Hadeborn (pers. Mittl. und Übersendung der Daten durch Hr. John, LHW), die im Stadtgebiet Hettstedt in die Wipper münden, geben partiell Aufschluss über den Einfluss weiterer Zuflüsse im Untersuchungsgebiet. Allerdings sind einerseits die Daten nicht sehr umfangreich, andererseits liegen nur für den Regenbeek Messwerte für Cu und Zn vor, sodass auch nur für dieses Gewässer Frachten berechnet werden konnten. Methodisch wurde in gleicher Weise vorgegangen wie bei der Frachtberechnung im Gewässer Wipper. Bedingt durch die Datenverfügbarkeit, ließen sich allerdings nur für die Messstellen "Mündung in Wipper" sowie "oberhalb Hettstedt" Frachten berechnen und dies auch nur für die Jahre 1995 (Juni) und 1996 (Juli). Zwar liegen auch für die Jahre 2000 und 2001 noch Konzentrationsdaten für Cu und Zn vor, aufgrund fehlender Abflussmengen konnten diesbezüglich jedoch keine Frachten berechnet werden. Die Frachtvermittlung aus der Eine wurde bereits im Rahmen der Gewässerspezifischen Analyse in Kapitel 3.3 vorgestellt.

#### **Ergebnisse**

Die Ergebnisse der Frachtberechnung für den Zufluss Alte Wipper/Regenbeek sind in Abbildung 6.7 dargestellt. Für beide Schwermetalle lässt sich eine deutliche Frachtzunahme in Hettstedt feststellen. So wurden für Cu oberhalb Hettstedts irrelevante Frachten deutlich unter 0,1 kg/d berechnet, während an der Mündungs-Messstelle unmittelbar vor Eintritt in die Wipper bemerkenswerte Frachten in Höhe von ca. 1,5 kg/d (06/1995) bzw. ca. 1,1 kg/d (07/1996) berechnet wurden. Dies trifft auch auf Zn zu. Mit 0,4 kg/d wurden diesbezüglich im Juli 1996 eine deutlich höhere Fracht im Gegensatz zum Juni 1995 (< 0,1 kg/d) berechnet. Trotzdem zeigt sich auch für dieses Schwermetall eine markante Auffrachtung bis zur Mündung. So wurden hier mit ca. 1,5 kg/d (1995) bzw. 1,3 kg/d (1996) ähnliche Werte wie für Cu berechnet.

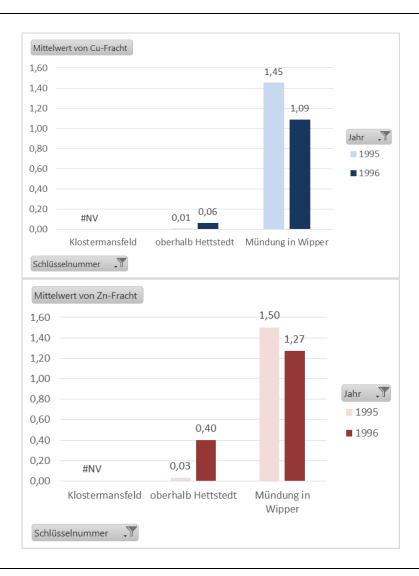


Abbildung 6.7 Berechnete Cu- (oben) und Zn- (unten) Frachten des Zuflusses Regenbeek/Alte Wipper

## Bewertung und Empfehlung

Die Ergebnisse der Frachtanalyse für die Alte Wipper/Regenbeek deuten auf eine markante Schadstoffvermittlung über dieses Gewässer hin. Mit Hinweis auf die geringe Datendichte und -aktualität sind die Werte allerdings nur bedingt vergleichbar mit der gegenwärtigen Gewässerbelastung der Wipper. Dennoch zeigt sich, dass potentiell relevante Schadstoffmengen in die Alte Wipper eingetragen und ggf. auch gegenwärtig noch über diese an die Wipper

vermittelt werden. Eine potentielle Ursache könnten die Bergbau-Halden in Klostermansfeld darstellen. Allerdings scheint den Ergebnissen zufolge eine relevante Auffrachtung erst im Stadtgebiet Hettstedt zu erfolgen, sodass hier andere Quellen vorliegen müssen oder zumindest zum Zeitpunkt der Messungen vorlagen. Zwar kreuzt der Schlüsselstollen die Alte Wipper unmittelbar vor deren Eintritt in das Stadtgebiet Hettstedt, allerdings befindet sich die Regenbeek-Messstelle "oberhalb Hettstedt" bereits knapp unterhalb dieses Kreuzungsbereichs. Eine hydraulische Verbindung des Stollens zum Fließgewässer müsste sich demnach bereits hier widerspiegeln. Zudem lassen sich keine auffälligen Sprünge der Leitfähigkeitswerte feststellen, wie sie bei Zutritt des Stollenwassers zu erwarten wären. Wahrscheinlicher ist daher, dass über ehemalige Industrieeinleitungen der MKM GmbH hohe Schwermetallfrachten dem Gewässer zugeführt wurden. So sind auch gegenwärtig im Wasserbuch der Wipper noch Einleitungen der MKM GmbH über zwei Einleitstellen in den Regenbeek registriert. Da aktuell das gesamte Abwasser der MKM GmbH der zentralen Betriebs-Kläranlage linksseitig der Wipper zugeführt wird (pers. Mttl. Hr. John, LHW), erfolgen gegenwärtig jedoch keine industriellen Einleitungen mehr in die Alte Wipper. Folglich ist gegenwärtig von deutlich geringen Frachten auszugehen, die der Wipper über die Alte Wipper/Regenbeek zugeführt werden.

Dennoch wird, in Anbetracht der markanten Frachten empfohlen, im Zuge eines künftigen Untersuchungsprogramms die Alte Wipper/Regenbeek mit zu erfassen, um die gegenwärtige Relevanz dieses Nebengewässers für eine Schadstoffvermittlung an die Wipper zu bewerten. In diesem Zusammenhang könnten auch weitere Zuflüsse in Hettstedt (Stockbach, Hadeborn, Ölgrundbach) in das erweiterte Untersuchungsprogramm aufgenommen werden. Diesbezüglich ist insbesondere der Stockbach prioritär, in welchen ggf. potentielle Sickerwässer der Stockbachkippe (Betriebsdeponie MKM GmbH) gelangen könnten.

# 6.2 Bilanzraumspezifische Detailanalyse Kupfer und Zink

Beruhend auf der bereits erfolgten Bilanzraumeinteilung (siehe Kapitel 5) wird in diesem Kapitel die bilanzgebietsbezogene Detailbetrachtung der Schadstofffrachten für die Schwermetalle Cu und Zn vorgenommen. Eine bilanzraumspezifische Stoffstromanalyse dient der Identifikation der relativen Bedeutsamkeit verschiedener Eintragsquellen in verschiedenen Gewässerabschnitten. Weiterhin werden hierdurch eine Defizitanalyse (im Sinne von möglicherweise unentdeckten Schadstoffquellen) sowie die bilanzraumspezifische Bedeutung möglicher Senken sowie Sedimentdepots herausgearbeitet. Entsprechend dem in Kapitel 2.2 vorgestellten methodischen Ansatz zur Detailbetrachtung der Bilanzräume (Schema 2, Anhang 2) wird hierbei die relative Bedeutung einzelner Schadstoffquellen in Form von Kreisdiagrammen visualisiert sowie die Ergebnisse der Berechnungen zusätzlich in tabellarischer Form erfasst. In diesem Zusammenhang werden Input- und Outputströme, bilanzraumspezifische Einträge, möglicherweise quantifizierbare Senken sowie berechnete Differenzen zwischen Auffrachtung der



Wasserphase im jeweiligen Bilanzraum und jeweils aufsummierte Einträge aufgelistet. Über die Differenzen kann erkannt werden, ob eine Überschätzung von Einträgen erfolgte (negativer Wert) oder Einträge möglicherweise nicht erkannt oder unterschätzt wurden (positiver Wert). Aufgrund der marginalen Bedeutung sonstiger kommunaler Einleitungen, welche sich zudem diffus über nahezu das gesamte Untersuchungsgebiet erstrecken, wird auf eine bilanzraumbezogene Berücksichtigung dieser Quelle verzichtet.

#### 6.2.1 Bilanzraum (1): Oberlauf vom Quellbereich bis Wippra

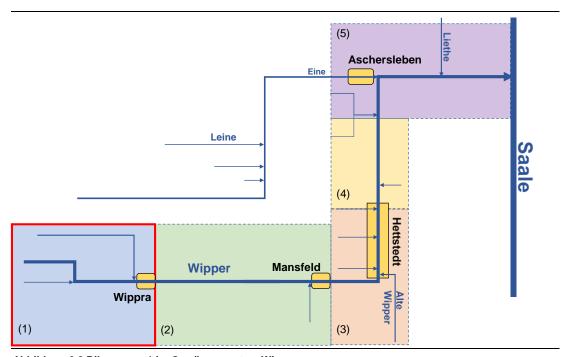


Abbildung 6.8 Bilanzraum 1 im Gewässersystem Wipper

Wie bereits die Analyse der Wasserbefrachtung der Wipper zeigte, zeichnet sich der Bilanzraum (1), der hauptsächlich den Oberlauf des Gewässers erfasst, durch eine generell geringe Belastung/Auffrachtung aus. Als Besonderheit gegenüber den anderen Bilanzräumen lässt sich das Fehlen von potentiellen Eintragsquellen im Zusammenhang mit dem Kupfer-Bergbau des Mansfelder Landes benennen. Weiterhin kann die Talsperre Wippra als Senke im Bilanzraum erfasst und ihr Einfluss auf den Schadstoffrückhalt quantifiziert werden.

Die relative Bedeutung der Schadstoffquellen in diesem Bilanzgebiet geht aus Abbildung 6.9 hervor. Die abgebildeten Kreisdiagramme zeigen bereits auf den ersten Blick die maßgebliche

Bedeutung des diffusen Schadstoffeintrages im Wipper-Oberlauf für beide Schwermetalle. So stellen die mit erodiertem Material eingetragenen Schadstoffe 100% (Cu) bzw. 97% (Zn) des erfassten Gesamteintrags. Dies steht im Zusammenhang mit den festgestellten, hohen Sedimenteinträgen (insbesondere durch Erosion von landwirtschaftlich genutzten Flächen). Da sich die Grenzen der Oberflächenwasserkörper (OWK) bzw. Teileinzugsgebiete (TEZG), für welche spezifische Sedimenteinträge im Zuge des Geoflux-Projekts modelliert wurden, nicht mit den festgelegten Grenzen der Bilanzierungsräume decken, mussten für manche OWK anteilige Einträge in der Bilanzierung berücksichtigt werden. Bilanzraum (1) erfasst hierbei vollständig das TEZG "Quelle bis oh. TS Wippra" sowie etwa die Hälfte des TEZG "Oh. TS Wippra bis Vatterode". Folglich wurde für Letzteres nur die halbe Eintragsmenge kalkuliert. Streng genommen stellt dies eine Vereinfachung dar, da angenommen werden kann, dass innerhalb der TEZG die Einträge nicht homogen verteilt erfolgen sondern auch hier gebietsbezogen Unterschiede bestehen.

Weitere Quellen sind erwartungsgemäß unbedeutend. So wurden für Stollenwässer, die in diesem Bereich in die Wipper bzw. in die hier in die Wipper einmündenden Nebengewässer eintreten, unrelevante Frachten berechnet. Das ist damit zu erklären, dass kein Bezug der Stollensysteme zum Kupferrevier Mansfelder Land besteht. Es wird erneut darauf hingewiesen, dass hierbei lediglich die Wässer der Antimongrube Wolfsberg berücksichtigt werden konnten, während zur Stahlquelle Neudorf weder Informationen zu Schüttung noch zu Schwermetallkonzentrationen recherchiert werden konnten. Dennoch dürften auch für diese Quelle im Analogieschluss nur geringe Cu- und Zn-Konzentrationen zu erwarten sein. Auch Zuflüsse aus der ZKA Königerode sind, in Zusammenhang mit den geringen Einleitmengen in Höhe von ca. 80.000 m³/a, unbedeutend.

Die Quantifizierung der Senke Talsperre Wippra wurde durch Differenzbildung der ermittelten Frachten an den Messstellen "Oberhalb Talsperre" und "Unterhalb Talsperre" bestimmt. Gegenüber einer kaum erwähnenswerten Abnahme der Cu-Fracht von ca. 0,03 kg/d, wird auch die Zn-Fracht nur unwesentlich um ca. 0,1 kg/d reduziert. Fracht-Abnahmen sind dahingehend plausibel, dass, bedingt durch die beruhigte Fließgeschwindigkeit, zuvor im Gewässer schwebend transportierbare, partikulär gebundene Schadstoffe sedimentieren können. Da bereits im Hinblick auf die Eintragsquellen ein nahezu ausschließlich partikulär gebundener Eintrag in diesem Bilanzraum zu postulieren ist, wäre auch eine entsprechend hohe Frachtabnahme zu erwarten. Dass diese bei Cu so gering ausfällt, könnte auf einen verstärkten Transport dieses Schwermetalls gebunden am Feinmaterial hindeuten, welches selbst bei geringer Fließgeschwindigkeit in Schwebe gehalten wird. Allerdings sind die errechneten Kupfer-Frachten in diesem Bereich generell sehr gering, sodass Fehler bei der Datenerhebung in Relation verstärkten Einfluss auf das Ergebnis haben. Hinsichtlich des Schadstoffaustrages in die Saale hat die Talsperre Wippra als Schadstoffsenke sowohl für Cu als auch für Zn allerdings keine nennenswerte Bedeutung.



Ein Blick auf die Bilanzrechnung zeigt, dass in diesem Bilanzraum für beide Schwermetalle Differenzen zwischen über Quellen/Senken quantifizierte Befrachtungen der Wipper und tatsächlich gemessenen Schadstofffrachten in der Wasserphase bestehen. Hinsichtlich Kupfer lässt sich eine Überschätzung der Einträge oder eine Unterschätzung von Senken feststellen. So wurden für dieses Schwermetall Einträge von in Summe ca. 0,5 kg/d ermittelt. Dies steht einer Auffrachtung im Gewässer von etwa 0,2 kg/d gegenüber. Unter Berücksichtigung der Talsperre ergibt sich daraus eine betragsmäßige Differenz in Höhe von ca. 0,3 kg/d. Bei Zn hingegen wurden geringere Einträge berechnet, als sich nach der messbaren Auffrachtung in der Wasserphase ergeben müssten. Hier stehen berechnete Gesamteinträge von ca. 0,7 kg/d einer Auffrachtung der Wasserphase von ca. 1,0 kg/d gegenüber. Unter Berücksichtigung der Senke beträgt hier die Differenz ca. 0,4 kg/d. Gründe für die Abweichungen können einerseits in den hohen Unsicherheiten bei der Frachtabschätzung der diffusen Einträge liegen. Diesbezügliche Fehlerquellen wurden bereits in Abschnitt 6.1 (Unterkapitel Diffuser Eintrag) angeführt. Da dies die Haupteintragsquelle in Bilanzraum (1) darstellt, wirken sich jene Fehler besonders stark bei der Frachtabschätzung in diesem Abschnitt aus. Möglicherweise sind die Böden in diesem Bereich durch Staubverwehungen stärker mit Zn belastet als angenommen. In dem Fall wäre jedoch auch mit einer höheren Cu-Belastung zu rechnen. Die Stahlquelle Neudorf scheidet als Erklärung für die Bilanzlücke aus. Das Existieren weiterer relevanter Sedimentfallen, die möglicherweise als Senken wirken könnten, wird aufgrund der gebirgsflussähnlichen Eigenschaften der Wipper in diesem Abschnitt ausgeschlossen. Weiterhin ist zu erwähnen, dass der Input in diesen Bilanzraum strenggenommen nicht 0 ist, sondern höher liegt. Demzufolge wäre auch die eigentliche Auffrachtung in Bilanzraum (1) geringer als berechnet. Über die Qualität des Quellwassers liegen allerdings keine Daten vor.

Bezugnehmend auf die geringen Gesamtausträge der Schwermetalle Cu und Zn in Höhe von ca. 0,2 kg/d bzw. 1,0 kg/d, ist Bilanzraum (1) unbedeutend für die Schadstoff-Befrachtung der Wipper. Daher ergeben sich für diesen Bilanzraum auch keine relevanten Quellen, für welche Sanierungsmaßnahmen lohnenswert wären.

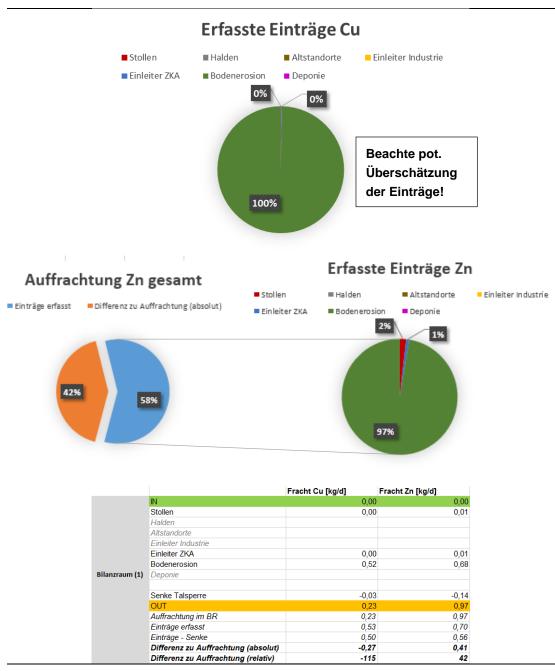


Abbildung 6.9 Relevanz einzelner Eintragspfade für die Belastung der Wipper im Bilanzraum (1) und Ergebnisbilanz



## 6.2.2 Bilanzraum (2): Wippra bis Leimbach

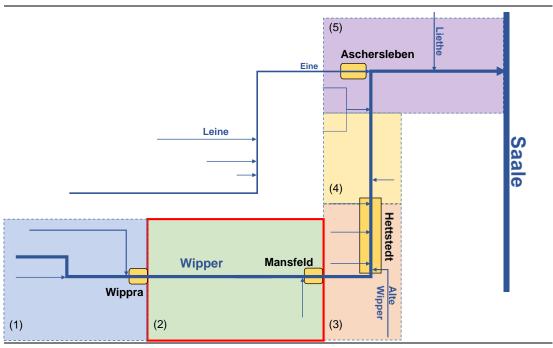


Abbildung 6.10 Bilanzraum 2 im Gewässersystem Wipper

Auch im Bilanzraum (2), welcher den Gewässerabschnitt von Wippra bis Mansfeld/Leimbach erfasst, wurde keine wesentliche Zunahme der Schadstofffrachten in der Wasserphase der Wipper festgestellt. Mit einer Zunahme um jeweils ca. 0,2 kg/d wurde für Zn und Cu in etwa die gleiche Auffrachtung zwischen den Messstellen Wippra und Leimbach berechnet. Diese nur geringe Zunahme erstaunt, da die Wipper, gegenüber Bilanzraum (1), in diesem Abschnitt bereits in das ehemalige Kupferschiefer-Abbaugebiet Mansfelder Land eintritt. Demnach treten hier erstmals potentielle Schadstoffquellen mit Bezug zum Abbau bzw. der Aufbereitung des Kupferschiefers auf. Zu benennen sind diesbezüglich die Schlackenhalde und Deponie Eckhardthütte sowie der Standort der ehemaligen Kupferhütten bei Vatterode.

Die Ergebnisse der Frachtabschätzung sind in Abbildung 6.11 dargestellt. Auch in diesem Bilanzraum wurden hinsichtlich des Schwermetalls Cu mit einem Anteil von 96% die höchsten Einträge aus diffusen Quellen (Bodenerosion) ermittelt. Mit einer berechneten Fracht von nur knapp 0,3 kg/d, ist der Beitrag in Relation zur Gesamtbefrachtung/des Gesamtaustrags (ca. 4,5 kg/d) marginal. Keine Rolle hinsichtlich eines Cu-Eintrags spielen die Kläranlagen Wippra, Biesenrode und Vatterode, die in diesem Abschnitt gereinigte Wässer in die Wipper einleiten.

Auch für die Schlackenhalde Eckhardthütte konnte hinsichtlich Cu keine erwähnenswerte Fracht berechnet werden.

Für das Schwermetall Zn hingegen ergibt sich ein anderes Bild. Hier wurden einerseits mit ca. 1,8 kg/d gegenüber Cu (ca. 0,4 kg/d), höhere Gesamteinträge berechnet. Andererseits ist auch die relative Bedeutung der Schadstoffquellen different. So treten diffuse Einträge (ca. 0,6 kg/d bzw. 34%) in ihrer Relevanz hinter Halden (ca. 0,9 kg/d bzw. 53%) als wichtigste Quelle in diesem Bilanzierungsgebiet zurück.

Die relativ höhere Bedeutung der Halden als Schadstoffquelle in diesem, verglichen mit anderen Bilanzräumen, liegt an dem weitgehenden Fehlen anderer Eintragsquellen, der geringen erfassten Gesamtbefrachtung sowie den morphologischen Besonderheiten der hier vorkommenden Halde Eckhardthütte. Diese zeichnet sich im Vergleich zu anderen Halden im Untersuchungsgebiet durch ihre hohe Aufstandsfläche von knapp 150.000 m² aus. Eine natürliche Begrünung wird zwar festgestellt, diese sollte aber weniger Niederschlagswasser vor einer Einsickerung zurückhalten als beispielsweise eine künstliche, technisch geplante Haldenabdeckung, wie sie auf die Halden Lichtlöcherberg und Wippergraben in Bilanzraum (3) aufgetragen wurde. Auch Einträge aus der Deponie Eckhardthalde machen sich in diesem Bilanzraum als Eintragsquelle von Zn anteilig bemerkbar. Mit lediglich ca. 0,2 kg/d bzw. 10% Anteil am erfassten Gesamteintrag in diesem Bilanzgebiet, ist der diesbezügliche Beitrag kaum erwähnenswert.

Erneut zeigt die Bilanzrechnung vor allem für Zn markante Differenzen zwischen erfassten Einträgen und ermittelter Auffrachtung der Wasserphase. Für beide Schwermetalle wurden höhere Einträge im Vergleich zur Auffrachtung des Wipper-Wassers berechnet, wodurch die Bilanz jeweils negativ ausfällt.

Für Cu beträgt die geringe Auffrachtung der Wasserphase zwischen den Messstellen Wippra und Leimbach etwa 0,2 kg/d, wohingegen Gesamteinträge in Höhe von ca. 0,4 kg/d berechnet wurden. Daraus ergibt sich eine Differenz von ca. 0,2 kg/d. Für Zink hingegen liegen mit einer betragsmäßigen Differenz zwischen erfassten Gesamteinträgen (ca. 1,8 kg/d) und Auffrachtung in der Wipper (ca. 0,2 kg/d) in Höhe von etwa 1,5 kg/d deutlich größere Bilanzierungsabweichungen vor. Fehler könnten einerseits in einer Unterschätzung des Austrags aus Bilanzraum (2) liegen. Da die errechneten Frachtwerte auf den Mittelwerten von relativ umfangreichen Messreihen (N = 16 für Bezugszeitraum 2012 bis 2014) beruhen, ist ein systematischer Fehler denkbar. Dieser könnte in systematischen Mehr- bzw. Minderbefunden aufgrund der Lage des Messpunkts im Gewässer begründet liegen (Einleitungen, lokaler Grundwasserzustrom, lokale Bereiche mit erhöhter Schwebstoffführung). Da es sich bei der Wipper allerdings um ein schmales Fließgewässer handelt, sollte eine rasche Durchmischung erfolgen, sodass trotz räumlicher Nähe dieser Messstelle zur pot. Belastungsquelle Schlackenhalde Eckhardthütte diesbezügliche Fehler weitgehend auszuschließen sind.



Folglich ist eine Überschätzung der Einträge wahrscheinlicher. Für das Schwermetall Cu wurden die höchsten Einträge aus diffusen Quellen berechnet, wohingegen weitere Quellen keine nennenswerte Rolle für die Vermittlung dieses Schadstoffs in die Wipper spielen. Als Fehlerquelle wird in diesem Zusammenhang erneut auf die hohen Unsicherheiten im Zuge der Frachtabschätzung aus diffusen Quellen hingewiesen. Auch in diesem Bilanzgebiet mussten anteilige Einträge aus zwei TEZG/OWK zur Berechnung des diffusen Schadstoffeintrags berücksichtigt werden. So erfasst dieser Abschnitt die andere Hälfte des TEZG "Oh. TS Wippra bis Vatterode" sowie etwa ein Drittel des TEZG "Vatterode bis uh. Sandersleben". Diesbezügliche Fehler wurden bereits im vorhergehenden Unterkapitel diskutiert.

Auch die Frachtabschätzung der Halden und Deponien basiert auf stark vereinfachten Annahmen, die möglicherweise eine Überschätzung dieses Eintragspfads begründen könnten. So wurden, wie bereits im vorhergehenden Kapitel erwähnt, für die Halde und Deponie Eckhardthütte aufgrund unzureichender Daten gleich hohe Cu- und Zn-Konzentrationen wie bei den Abraumhalden angesetzt. Möglicherweise wird hierdurch insbesondere der Zn-Eintrag deutlich überschätzt.

Weiterhin wäre eine Unterschätzung temporärer Senken denkbar. Im Bilanzraum befindet sich lediglich ein, durch die Firma G.E.O.S. im Rahmen der Bestandsaufnahme (2012) erfasstes, Altsedimentdepot. Es handelt sich um das Depot am Ellerwiesenwehr. Die berechneten Inventare von 46 kg (Cu) und 166 kg (Zn) sprechen zwar auch hier einer signifikanten Bedeutung dieses Depots für die Befrachtung/Entfrachtung der Wipper entgegen. Allerdings wurde dieses Wehr offensichtlich nach der Beprobung durch G.E.O.S. im Jahr 2012 saniert. Im Falle einer Beräumung des Depots im Zuge der Modernisierungsmaßnahmen, könnte hier in den folgenden Jahren durch Sedimentationsvorgänge das Depot schrittweise wieder befüllt und folglich partikuläre Schadstoffe dem Gewässer entzogen worden sein. Auch das könnte anteilig die hohe Differenz zwischen Einträgen und Auffrachtung in Bilanzraum (2) erklären.

Zusammenfassend lässt sich aussagen, dass – in Anbetracht der weiterhin geringen Schwermetall-Frachten, die der Wipper in diesem Abschnitt zugeführt und mit ihr ausgetragen werden – die Bedeutung dieses Bilanzraums für die Gesamtbelastung der Wipper kaum relevant ist. Weder die Halde Eckhardthütte (Anteil am Gesamtaustrag Wipper < 10%) noch die Altstandorte im Raum Vatterode-Leimbach, welche in der vorliegenden Betrachtung keine Berücksichtigung finden konnten (siehe Kapitel 6.1, Abschnitt Altstandorte), scheinen (unter Berücksichtigung der Fehlerbetrachtung) maßgeblich zu der Wipperauffrachtung beizutragen.

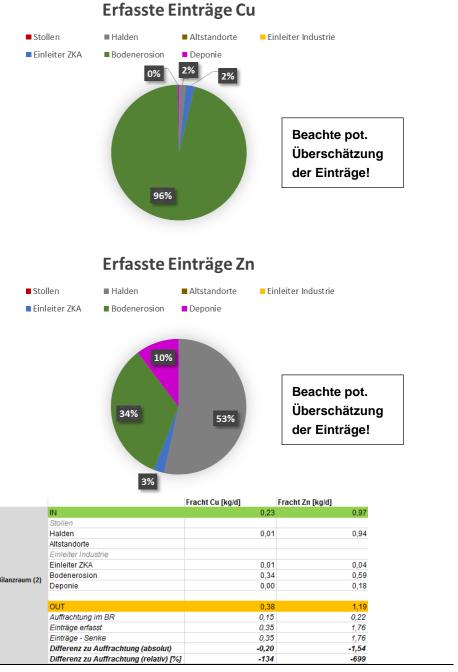


Abbildung 6.11 Relevanz einzelner Eintragspfade für die Belastung der Wipper im Bilanzraum (2) und Ergebnisbilanz



## 6.2.3 Bilanzraum (3): Leimbach bis Wiederstedt

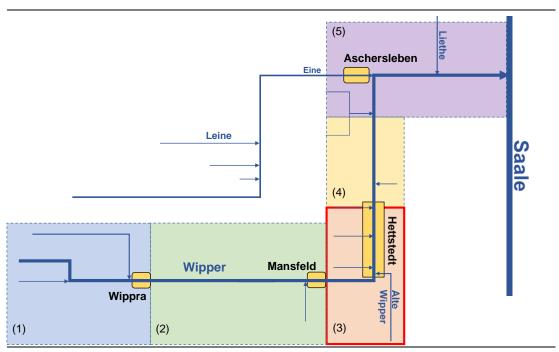


Abbildung 6.12 Bilanzraum 3 im Gewässersystem Wipper

Aus der bereits in den Kapiteln 3.3 und 3.4 dargestellten Situation zu erfassten Eintragsquellen sowie der Frachtanalyse der Wasserphase ging hervor, dass das Stadtgebiet Hettstedt als Schwerpunktbereich für potentielle Schadstoffeinträge betrachtet werden kann. Dieses Bild zeichnete sich auch in der quellenbezogenen Frachtanalyse (Kapitel 6.1) ab. Da sich eine Vielzahl potentieller Emittenten in diesem Bilanzierungsraum befindet, erscheint ein Blick auf die relative Bedeutung der einzelnen Quellterme besonders interessant. Hieraus ergeben sich auch Hinweise darauf, welcher Stellenwert bestimmten Quellen für die Gesamtbefrachtung der Wipper beizumessen ist.

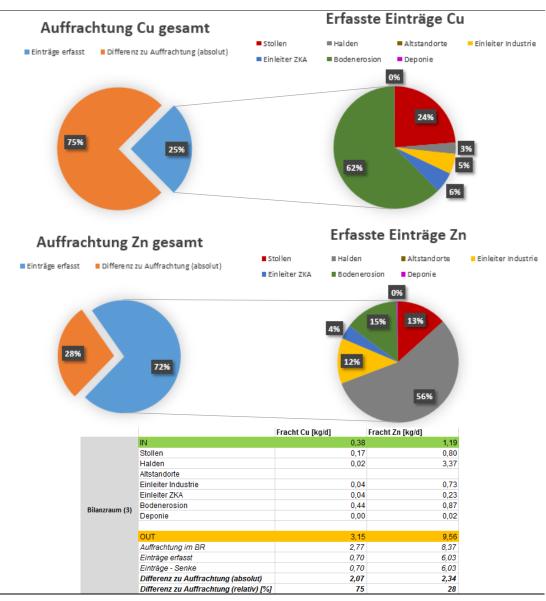


Abbildung 6.13 Relevanz einzelner Eintragspfade für die Belastung der Wipper im Bilanzraum (3) und Ergebnisbilanz



Die prozentualen Anteile der jeweiligen Quellen am erfassten Gesamteintrag sind in Abbildung 6.13 grafisch dargestellt. Insgesamt wurden für diesen Bilanzraum Auffrachtungen der Wipper in Höhe von ca. 2,8 kg/d (Cu) und 8,4 kg/d (Zn) berechnet. Dem stehen erfasste Einträge von ca. 0,7 kg/d (Cu) und 6,0 kg/d (Zn) gegenüber.

Im Gegensatz zu den beiden zuvor diskutierten Bilanzräumen, ist die Bedeutung von diffusen Einträgen in Relation zu anderen Einträgen auffällig geringer. Absolut gesehen wurden jedoch für diesen Bilanzraum mit ca. 0,4 kg/d (Cu) bzw. ca. 0,9 kg/d (Zn) vergleichsweise hohe diffuse Einträge berechnet. Dies steht im Zusammenhang mit den markanten, wenn auch im Vergleich zum Oberlauf geringeren Sedimenteinträgen, welche vermutlich jedoch einen höheren Belastungsgrad aufweisen. Im Einklang mit der Berechnung im vorherigen Bilanzraum, wurden hier die verbleibenden zwei Drittel der Einträge aus dem TEZG "Vatterode bis uh. Sandersleben" für die Frachtbestimmung herangezogen. Während mit ca. 62% bzw. einer Frachtvermittlung von ca. 0,4 kg/d die diffusen Einträge bezüglich Cu auch in diesem Bilanzraum die bedeutendste der erfassten Schadstoffquellen darstellt (unter Berücksichtigung, dass lediglich 25% der Cu-Einträge in diesem Bilanzraum bisher erfasst wurden, entspricht dies allerdings lediglich ca. 16%), zeichnet sich für Zn erneut ein anderes Bild ab. Als zweitbedeutendste Quelle zur Cu-Vermittlung wurden Stollenwässer mit ca. 0,2 kg/d Eintrag (entspricht 24% am erfassten bilanzraumbezogenen Gesamteintrag bzw. ca. 6% in Bezug zur berechneten Auffrachtung im Bilanzraum) identifiziert. Alle weiteren Quellen sind unbedeutend.

Bezüglich Zn wurden auch in diesem Bilanzraum die höchsten Schadstoffzufuhren aus Halden berechnet. Diese Quelle stellt etwas mehr als die Hälfte der in diesem Abschnitt erfassten Gesamteinträge (entspricht ca. 40% der Auffrachtung im Bilanzraum). Mit einer berechneten Fracht von etwa 3,4 kg/d ist nicht nur ein hoher Beitrag in diesem Bilanzraum sondern auch für die Gesamtfracht der Wipper erkennbar. Wie bereits in Kapitel 6.1 dargestellt, sind mit etwa 2,2 kg/d die höchsten Einträge von der Halde Freieslebenschacht zu erwarten. Auch die diffusen Zn-Einträge über eingespültes Sediment in Höhe von ca. 0,9 kg/d können per se nicht vernachlässigt werden. Auf Grundlage dieser Analyse spielen auch für Zn die Stolleneinleitungen in diesem Bilanzraum keine große Bedeutung für die Gesamtbelastung der Wipper. Hier sei allerdings erneut auf die bestehenden Datenlücken hingewiesen, sodass nicht für alle Stollen in diesem Bilanzraum belastbare Frachten berechnet werden konnten. Auch für Industrieeinleitungen mit etwa 0,7 kg/d und Einleitungen aus Zentralkläranlagen mit ca. 0,2 kg/d wurden nur geringe Einträge berechnet. Gänzlich unbedeutend sind, unter Berücksichtigung des gewählten Berechnungsansatzes und der diesbezüglich getätigten Annahmen, Deponiesickerwässer.

Die Betrachtung der Bilanzrechnung zeigt, dass bezüglich Cu verhältnismäßig hohe Diskrepanzen zwischen erfassten Einträgen und berechneter Auffrachtung der Wipper in diesem Bilanzraum bestehen. So stehen einer Auffrachtung der Wasserphase mit im Mittel etwa 2,8 kg/d erfasste Immissionen von lediglich etwa 0,7 kg/d gegenüber. Folglich lassen sich lediglich etwa 25% der Frachtzunahme in diesem Gewässerabschnitt durch die erfassten Emittenten erklären. Bezüglich Zink wurden zwar verglichen mit Kupfer mit ca. 2,3 kg/d ähnlich hohe Diskrepanzen zwischen Gewässerauffrachtung (ca. 8,4 kg/d) und quantifizierten Einträgen (ca. 6,0 kg/d) ermittelt. Aufgrund des generell höheren Frachtniveaus können für dieses Schwermetall allerdings knapp 72% der Befrachtung durch die erfassten Emittenten erklärt werden.

Ursache der festgestellten Diskrepanzen kann die Unterschätzung einer oder mehrerer der nachfolgend diskutierten Immissionen sein:

- Für industrielle Einleitungen ist eine Unterschätzung der Frachten sowohl für Zn als auch für Cu unwahrscheinlich, da bereits mit maximalen Konzentrationen und Einleitmengen bzw. exakten Angaben der Eigenüberwachung gerechnet wurde.
- Eine Unterschätzung der von Halden ausgetragenen Schwermetallmengen ist nicht auszuschließen, da die Frachtabschätzung für Halden mit Unsicherheiten behaftet ist (Abschnitt 6.1.2). Da die großen Halden im Stadtgebiet Hettstedt (Lichtlöcherberg und Wippergrabenhalde) bereits saniert wurden, ist der Metallaustrag über den Sickerwasserpfad als geringfügig anzusehen. Da sich die Sanierung jedoch der Unterbindung der Staubverlagerung widmete, handelt es sich bei den Abdeckungen nicht um Wasserhaushaltsschichten. Demnach wird die Sickerwasserbildung auch bei diesen Halden nicht gänzlich unterbunden. Ein Abtrag von partikulären Material und Verlagerung in die Wipper über den Oberflächenabfluss, was in der vorliegenden Betrachtung nicht berücksichtigt werden konnte, könnten eine Unterschätzung erklären. So konnten während der Begehung steile Böschungen der sanierten Halden im Stadtgebiet Hettstedt beobachtet werden. Sichtbare Erosionsrinnen sowie fehlende bzw. bereits abgetragene Deckschichten am Hang zum Gewässer deuten darauf hin, dass Einspülungen insbesondere bei stärkeren Regenereignissen in die Wipper stattfinden. Hierauf verweist auch ein im Rahmen der zweiten Begehung in Augenschein genommenes System von bei Trockenwetter nicht wasserführenden Ablaufgräben, dass die Haldenbereiche durchzieht (siehe Fotodokumentation, Anlage 3). Dennoch wurde bereits eine sehr konservative Berechnung der Sickerwassereinträge vorgenommen. Selbst bei einer Verdopplung der Eintragsmengen aus Halden, wird das Gesamtergebnis für Cu kaum beeinflusst, während dies bei Zn zu einer deutlichen Frachtüberschätzung führen würde.
- Einen Beitrag zur Auffrachtung, der in der Quellenbilanzierung nicht erfasst wird, können auch Kanäle/Altkanäle mit Anbindung zu Altstandorten liefern. Es kann davon ausgegangen werden, dass weiterhin kontaminierte Feststoffe im nicht vollständig bekannten Altkanalnetz



vorliegen, die bei Regenwasserereignissen mobilisiert werden. Bedeutsam sind hierbei möglicherweise hoch kontaminierte Ablagerungen (z.B. Theisenschlämme), die noch während der Produktionszeit der Hütten, in das Kanalnetz eingetragen wurden. Dieser potenzielle Eintragspfad ist derzeit nicht abschätzbar. Weitere Hinweise lassen sich ggf. auf der Grundlage einer zeitlich/räumlich höher aufgelösten Frachtanalyse in diesem Gewässerabschnitt ableiten. Die Überläufe der Regenwasserrückhaltebecken des gesicherten Bleihüttenareals (siehe Fotodokumentation, Anlage 3) werden nicht als relevant betrachtet. Nach pers. Mittl. durch Hr. Heise LAF sowie Hr. Krienert (Fa. DMT) ist es am Regenrückhaltebecken der Bleihütte seit Sanierung und Einrichtung des Beckens noch zu keinem Überlaufereignis gekommen.

- Da dieser Bilanzraum, im Vergleich zu den anderen Gebieten, weiterhin stärker urban geprägt ist, könnte auch der Beitrag aus weiteren Kanalisationssystemen (Regenwasser-/Mischwasser) stärkeren Einfluss auf die Befrachtung nehmen. So stellten beispielsweise Fuchs et al. (2014) hinsichtlich der gesamtdeutschen Gewässerbefrachtung einen Anteil der Kanalisationssysteme von 35% sowohl für Cu als auch Zn fest. Allerdings ist die Eintragssituation im Untersuchungsgebiet, insbesondere durch die ungleich höhere Relevanz des Altbergbaus, nur bedingt mit der gesamtdeutschen Situation vergleichbar. Eine diesbezügliche Bewertung wird in Kapitel 7.3 vorgenommen.
- Prinzipiell ist auch eine Unterschätzung der Stolleneinträge denkbar. So konnten für die Stollen Rotheweller/Todthügler<sup>4</sup> sowie Wipperstollen keine Frachten aufgrund fehlender Daten berechnet werden. Auch für den Hoheiter Stollen konnten lediglich geschätzte Abflusswerte für die Berechnung herangezogen werden. Weiterhin könnten über den Jacobstollen, zumindest zeitweilig und unterirdisch, noch Schadstoffe der Wipper zugeführt werden. Aufgrund der geringen Datenaktualität ergeben sich darüber hinaus generell Unsicherheiten. Beachtet man beispielsweise die im ÖGP-Bericht im 1. Halbjahr 2003 (HPC, IHU & GFE (2003)) festgestellte Frachtzunahme mit Zink zwischen den Messstellen "Unterhalb Stockbach" und Wiederstedt, wo der Hoheiter Stollen, der Jacobstollen, der Jakob-Adolf-Stollen und der Wipperstollen verortet werden, könnte diese Vermutung bestätigt werden. Allerdings wird darauf hingewiesen, dass sich zu diesem Zeitpunkt weder das Gelände Bleihütte noch die Wippergrabenhalde und die Halde Lichtlöcherberg im sanierten Zustand befanden, sodass von diesen Standorten potentiell höhere Einträge als gegenwärtig zu erwarten waren. Da der Hoheiter Stollen oberirdisch gegenwärtig nicht mehr in die Wipper entwässert, wäre auch eine Überschätzung der Schadstoffvermittlung über dieses Stollensystem denkbar.
- Unterschätzungen der diffusen Einträge sind möglich, aber unwahrscheinlich. Hinsichtlich der Frachtbilanzierung wurden die modellierten Eintragsmengen bereits mit erhöhten Feststoff-Konzentrationen verrechnet, wodurch eher eine Überschätzung denkbar wäre. Allerdings

<sup>&</sup>lt;sup>4</sup> Möglicherweise treten Stollenwässer dieser Systeme durch Verbruch der Wipper in diesem Bilanzraum zu.

- muss auch hier auf die generellen Unsicherheiten bei der Verwendung von Modellierungsergebnissen hingewiesen werden.
- Betrachtet man die markanten Schadstofffrachten, die der Wipper in diesem Bilanzraum in Vergangenheit über die Alte Wipper/Regenbeek zugeführt wurden (siehe Kapitel 6.1.7), wäre eine Unterschätzung des Eintrags durch fehlende Berücksichtigung dieses Zuflusses in der Bilanzrechnung denkbar. Wie bereits im entsprechenden Kapitel diskutiert wurde, ist – aufgrund der vermutlich veränderten Quellsituation – gegenwärtig mit einem deutlich geringeren Schwermetallaustrag aus diesem Nebengewässer zu rechnen. Nichtsdestotrotz stellt dies eine Lücke/Unsicherheit in der Bilanzierung dar, welche im Zuge künftiger Untersuchungen zu schließen ist.
- Sedimentdepots scheiden als dauerhafter Netto-Quellterm aus. Auch hinsichtlich kurzfristiger Ereignisse können Sedimentmobilisierungen keine plausible Erklärung der Bilanzlücken liefern: die Inventare der erfassten Sedimentdepots in diesem Bilanzraum (am Wehr Leimbach und Pfeifenmühlenwehr) betragen 186 kg (Zn) und 73 kg (Cu). Selbst bei einer sehr unwahrscheinlichen Mobilisierung des gesamten Inventars innerhalb eines Jahres, würden im Mittel nur etwa 0,5 kg/d (Zn) und 0,2 kg/d (Cu) an die Wipper abgegeben werden. Hinsichtlich der Erfassung der für die Auffrachtung relevanten Quelle und Prozesse in zukünftigen ergänzenden Untersuchungen ist jedoch zu berücksichtigen, dass Sedimente im Gewässerbett als dynamisch wirkende, temporäre Zwischenspeicher für partikelgebunden Schadstoffe, hier Kupfer und Zink, wirken können. So können partikelgebundene Metalle ereignisgebunden stoßweise in das Gewässer gelangen, beispielsweise über den Oberflächenablauf von Haldenflächen, über den Überlauf von Regenwasserrückhaltebecken oder durch die Mobilisierung von belasteten Ablagerungen in der Altkanalisation. Hier kann es dann zur Ablagerung vor allem in strömungsverlangsamten Bereichen und zu einer Anreicherung von Sedimentdepots kommen. Aus diesen Depots kann dann in der Folge je nach Abflussbedingungen belastetes Sediment wieder freigesetzt werden.

Zusammenfassend ist Bilanzraum (3), im Gegensatz zu den zuvor diskutierten Bilanzräumen (1) und (2) eine signifikante Bedeutung für die Gesamt-Befrachtung der Wipper beizumessen. Ungeachtet der diskutierten Unsicherheiten, sind Halden (Zn) und diffuse Einträge (Cu) für die Gewässer-Belastung als prioritäre Quellen herauszustellen. Allerdings deutet die hohe Diskrepanz der Bilanzrechnung insbesondere bezüglich Cu darauf hin, dass markante Einträge bisher noch nicht erfasst wurden. Daher ist im Zuge eines erweiterten Untersuchungsprogrammes, wie es in Kapitel 9 vorgeschlagen wird, wesentliches Augenmerk auf diesen Bilanzraum zu legen.



## 6.2.4 Bilanzraum (4): Wiederstedt bis Mehringen

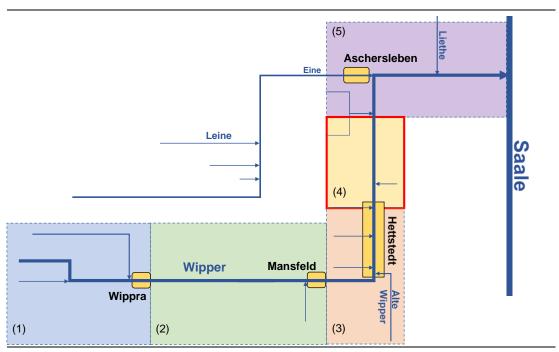


Abbildung 6.14 Bilanzraum 4 im Gewässersystem Wipper

Die Ergebnisse der Frachtbilanzierung für Bilanzraum (4), welcher durch die Messstellen Wiederstedt und Mehringen begrenzt wird, sind in Abbildung 6.15 visualisiert. Im Gegensatz zu Bilanzraum (3) wurden in diesem Abschnitt deutlich weniger potentielle Quellen (sowohl bezogen auf den Typ der Quelle, als auch auf deren Anzahl) identifiziert. Da der Bilanzraum anteilig auch den Randbereich des Mansfelder Abbaugebiets erfasst, treten allerdings auch hier Stollen als Relikte des Bergbaus auf. Halden und Altstandorte liegen jedoch vermutlich nicht (mehr) vor.

Hinsichtlich der berechneten Frachtzunahme im Gewässerschlauch in Höhe von ca. 0,9 kg/d (Cu) bzw. 5,7 kg/d (Zn), ist auch diesem Bilanzraum ein hoher Stellenwert für die Gesamtbefrachtung der Wipper zuzuschreiben. Dies gilt insbesondere für Zn. Mit Blick auf die Relevanz der verschiedenen Quellen wird vor allem die hohe Bedeutsamkeit der Stollenwässer deutlich. Vor allem in Bezug auf Zn, für welches ein Beitrag der Stollenwässer in Höhe von 95% bzw. 7,3 kg/d festgestellt wurde, sind andere Quellen (ZKA und Eintrag erodierten Materials) als unrelevant zu bezeichnen. Hinsichtlich Cu sind neben den Stolleneinträgen in Höhe von 0,2 kg/d, die auch hier mit etwa 62% den signifikantesten Anteil an den erfassten Einträgen stellen, auch diffuse Einträge mit einem Anteil von 38% an den erfassten Gesamt-Immissionen, relevant. Unter

Berücksichtigung der vergleichsweise geringen, erfassten Gesamteinträge von Cu in diesem Bilanzraum, ist mit absoluten Einträgen von ca. 0,1 kg/d der quantitative Beitrag diffuser Quellen allerdings als sehr gering zu bezeichnen.

Absolut gesehen wurden deutlich höhere Befrachtungen der Wipper über Stollenwässer in diesem Bilanzraum ggü. allen weiteren Bilanzräumen ermittelt. Da lediglich für den Wiederstedter Stollen Frachten berechnet werden konnten, sind diese Werte allein auf die Wässer dieses Stollens zurückzuführen. Folglich ist diesem Quellterm – auch im Hinblick auf die Gesamtbelastung der Wipper – ein besonders hoher Stellenwert zuzuschreiben. Zugleich zeigt sich, dass Stollenwässer eher für die Gewässerbefrachtung mit Zink denn mit Kupfer relevant sind<sup>5</sup>.

Auch für diesen Bilanzraum lassen sich erneut Diskrepanzen in der Bilanzrechnung für beide Schwermetalle feststellen. So kann die Frachtzunahme von Cu in Höhe von ca. 0,9 kg/d nur zu etwas mehr als einem Drittel mit Einträgen aus den erfassten Quellen erklärt werden. Mögliche Ursachen könnten hier, neben den bereits diskutierten Fehlern in Zusammenhang mit diesem Quellterm, in einer Unterschätzung der Bodenbelastung mit Kupfer oder einer generellen Unterschätzung der Eintragsmengen liegen. Möglicherweise erfolgen auch weitere Einträge über das Todthügler/Rotheweller Stollensystem, welches möglicherweise noch immer Wässer an die Wipper abgibt. Im Falle signifikanter Einträge, müsste sich dies allerdings auch in einer Verkennung der Zn-Einträge widerspiegeln, was nicht der Fall ist. Für Zn wurden höhere Einträge berechnet, als die Ergebnisse der Wasserbefrachtung der Wipper in diesem Abschnitt anzeigen. Durch G.E.O.S. konnten in diesem Abschnitt keine relevanten Depots identifiziert werden. In Ermangelung an potentiellen Schadstoffsenken ist folglich eher von einer Überschätzung der Zn-Einträge auszugehen. Da für die Ermittlung der Stolleneinträge auf alte Daten zurückgegriffen werden musste, könnte es zwischenzeitlich zu einer Änderung von Konzentration und/oder austretenden Wassermengen aus dem Wiederstedter Stollen gekommen sein, was eine fehlerhafte Frachtabschätzung zur Folge hätte. Unsicherheiten hinsichtlich aller weiteren potentiellen Emittenten wurden bereits im Zuge der vorhergehenden Ausführungen eingehend diskutiert. Diesbezügliche Fehler wirken sich jedoch, bedingt durch die hohe Bedeutsamkeit des Wiederstedter Stollens, in diesem Bilanzraum hinsichtlich Zn nur unwesentlich auf das Ergebnis der Bilanzrechnung aus. Es wird daher nachdrücklich empfohlen, Quantität und Qualität der Wässer des Wiederstedter Stollens aufgrund ihrer potentiell hohen Relevanz für die Gewässerbefrachtung der Wipper im Rahmen zukünftiger Untersuchungen mit zu erfassen.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass der Wipper auch in Bilanzraum (4), ähnlich dem Bilanzraum (3), signifikante Schadstofffrachten zugeführt werden. Dies betrifft insbesondere

<sup>&</sup>lt;sup>5</sup> Die Bedeutsamkeit der Quelltypen für die Gesamtbefrachtung wird gesondert im Rahmen der zusammenfassenden Darstellung und abschließenden Quellpriorisierung in Kapitel 7 vorgenommen.



das Schwermetall Zn. Im Unterschied zu Bilanzraum (3) ist hier jedoch eine Identifizierung der prioritären Schadstoffquelle möglich. Im Zuge eines weiterführenden Untersuchungsprogramms ist daher diese Quelle (Wiederstedter Stollen) hinsichtlich ihres gegenwärtigen Schadstoffaustrags zu charakterisieren.

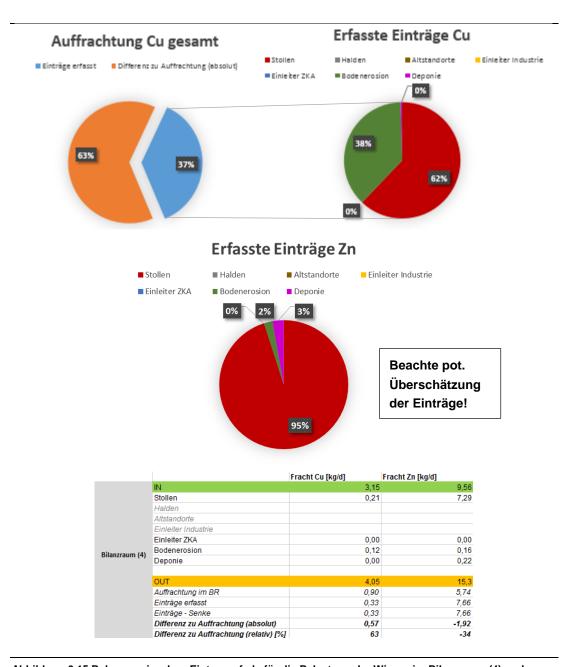
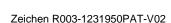


Abbildung 6.15 Relevanz einzelner Eintragspfade für die Belastung der Wipper im Bilanzraum (4) und Ergebnisbilanz





## 6.2.5 Bilanzraum (5): Mehringen bis Mündung (Aderstedt)

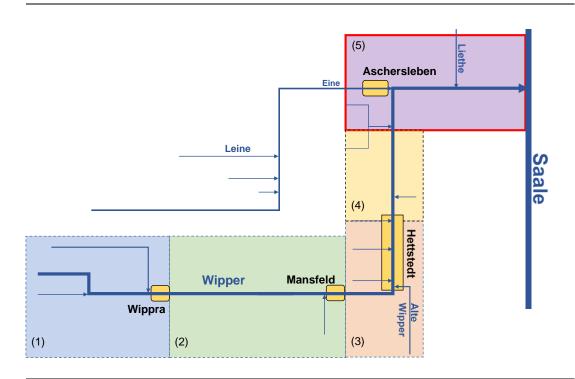


Abbildung 6.16 Bilanzraum 5 im Gewässersystem Wipper

Der Output aus Bilanzraum (5) beschreibt den Frachtanteil, der für die Messstelle Aderstedt, als letzte Messstelle in der Wipper oberhalb der Saale-Mündung, als Wipperaustrag berechnet wurde. Eine weitere Möglichkeit bestünde darin, über die GÜSA-Daten der Saale oberhalb (Messstelle Alsleben) und unterhalb (Messstelle Nienburg, oberhalb Mündung Bode) des Mündungsbereiches den Wippereinfluss festzustellen und die Frachtdifferenz als Output aus Bilanzraum (5) zu definieren. Wie gefordert, wurde in diesem Zusammenhang eine Recherche der GÜSA-Daten der Saale im entsprechenden Abschnitt durchgeführt und ebenso über die Jahre 2012 bis 2014 gemittelte Tages-Frachten für Cu und Zn berechnet. Die Ergebnisse sind in Abbildung 6.17 erfasst. Es ist erkennbar, dass die Frachtwerte in guter Näherung den berechneten Austrägen für Aderstedt entsprechen. Mit ca. 4,9 kg/d für Cu wurde nur eine geringfügig höhere Auffrachtung der Saale verglichen mit dem Wert für Aderstedt berechnet. Für Zn fallen die Unterschiede jedoch größer aus. Hier steht der in der Saale ermittelten Zn-Auffrachtung in Höhe von ca. 18,5 kg/d eine berechnete Fracht an der Messstelle Aderstedt in Höhe von 12,5 kg/d gegenüber. Möglicherweise könnte es durch eine Mobilisierung von belasteten Sedimenten, die im Mündungsbereich der Wipper hohe Volumina aufweisen, zu einem

höheren Schadstoffaustrag kommen, als an der Messstelle Aderstedt erfasst werden kann. Da Sedimentdepots jedoch als temporäre Quellen/Senken zu betrachten sind, ist eine langfristige Quellwirkung dieses Depots unwahrscheinlich. Wahrscheinlicher sind daher Unsicherheiten bei der über die GÜSA-Daten berechneten Frachtvermittlung aus der Wipper. In diesem Zusammenhang wird darauf hingewiesen, dass sich zwischen den Saale-Messstellen Alsleben und Nienburg (oberhalb der Bodemündung) auch weitere potentielle Eintragsquellen befinden könnten, über welche zusätzlich Schadstoffe in die Saale eingetragen werden. So passiert die Saale in diesem Abschnitt beispielsweise die Stadt Bernburg. Aufgrund dieser Unsicherheiten wurden die für Aderstedt berechneten Frachten als Wipperaustrag angesetzt.

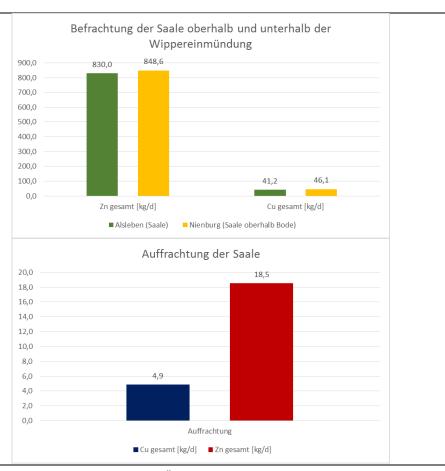


Abbildung 6.17 Auffrachtung der Saale nach GÜSA-Daten (gemittelte Tagesfrachten Zeitraum 2012-2014)

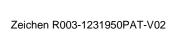


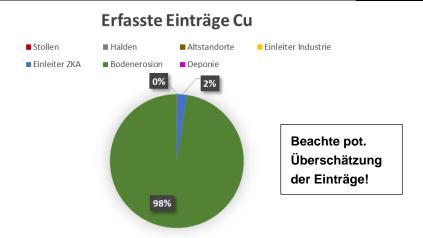
Die Ergebnisse der bilanztechnischen Abschätzung für Bilanzraum (5) sind in Abbildung 6.18 dargestellt. Dabei werden die über die Eine in die Wipper vermittelten Schadstoffe in diesem Bilanzraum miterfasst. Obwohl der direkte diffuse Schadstoffeintrag in die Wipper im Unterlauf unbedeutend ist, werden dieser über die Eine nicht irrelevante Mengen zugeführt, die in etwa den diffusen Einträgen im Oberlauf der Wipper (Bilanzraum (1) und (2)) entsprechen. Die diesbezüglich berechneten Frachten belaufen sich auf ca. 0,7 kg/d (Cu) und 0,9 kg/d (Zn). Wie bereits erwähnt, spielen die Stollenwässer im Teileinzugsgebiet Eine sowohl relativ als auch absolut keine Rolle als Schadstoffquelle. Gleiches gilt für Direkteinleitungen. Trotz geringer Schadstoffeinträge von ca. 0,1 kg/d (Zn) und 0,02 kg/d (Cu) hat insbesondere die ZKA Aschersleben einen relativen Anteil von 10% am Zn-Eintrag in diesem Bilanzraum. Wie bereits erwähnt, resultiert aus der Untersuchung der Wasserbefrachtung der Wipper hinsichtlich Zn eine Frachtabnahme zwischen den Messstellen in Mehringen und Aderstedt. Folglich werden in Bilanzraum (5) höhere Mengen an Zn von oberhalb eingetragen, als diesen unterhalb verlassen und in die Saale vermittelt werden. Auch bei einer Berücksichtigung der erfassten Cu-Einträge in diesem Abschnitt, lässt sich für dieses Schwermetall eine negative Bilanz berechnen. Es könnte vermutet werden, dass diese Diskrepanz zwischen Gewässerbefrachtung und erfassten Einträgen im Zusammenhang mit unterschiedlichen Datendichten an den verschiedenen Messstellen steht. Allerdings zeigt sich die Frachtabnahme (sowohl für Cu als auch für Zn) zwischen den Messstellen Mehringen und Groß Schierstedt, wohingegen anschließend eine erneute, wenn auch geringe, Zunahme zu verzeichnen ist. Die genannten Messstellen wurden jeweils an denselben Tagen beprobt, wodurch eine hohe Vergleichbarkeit der Daten postuliert werden kann. Bei einem genaueren Blick ließ sich, mit Ausnahme von Cu im Jahr 2013, auch für die einzelnen Jahre eine Abnahme der Frachten zwischen diesen Messstellen feststellen. Durch G.E.O.S. (2012) wurde in diesem Abschnitt ein Sedimentdepot mit hoher Mächtigkeit am Wehr Groß Schierstedt erkannt und beprobt. Wie bereits im Rahmen der Gewässeranalyse (Kapitel 3.3) aufgezeigt, wurden allerdings auch für dieses Depot nur geringe Schadstoffinventare in Höhe von 156 kg (Zn) und 78 kg (Cu) berechnet. Daher kann auch dieses Depot nicht als dauerhafte Schadstoffsenke betrachtet werden. Allerdings wurde das Wehr Groß Schierstedt, nach der Beprobung durch G.E.O.S., im Jahr 2012 umgebaut. Durch die Bautätigkeiten könnte es einerseits zur Beräumung des Depots gekommen sein, andererseits neue potentielle Ablagerungsbereiche entstanden sein. Möglicherweise kam es in den anschließenden Jahren folglich zu einer verstärkten Deposition von belasteten Schwebstoffen, was die Schadstoffabnahme in diesem Abschnitt, zumindest anteilig, erklären könnte. Der unbekannte, aktuelle Zustand dieses Depots (Kubatur und Inventare) sind als Defizit zu benennen, welches im Rahmen zusätzlicher Untersuchungen behoben werden sollte. Möglicherweise wirken sich jedoch auch Mess-/Analysefehler auf eine Überschätzung der Fracht an der Messstelle Mehringen aus. Auffällig bei einer genauen Datenbetrachtung sind erhöhte Frachten im Sommer 2013. Im Kontext erscheinen diese Werte jedoch nicht unplausibel, sodass eine Bewertung als "Ausreißer" nicht zulässig wäre.

Die anschließende Zunahme der Gewässerfracht ist hauptsächlich durch den Zustrom der Eine unterhalb der Messstelle Groß Schierstedt erklärbar. Insbesondere die ggü. dem theoretischen Eintrag berechnete geringere Wasserbefrachtung der Eine im Unterlauf deutet auf Unsicherheiten bei der Frachtabschätzung hin. So werden etwa 0,7 kg/d Cu und ca. 1 kg/d Zn in die Eine eingetragen. Untersuchungen der Wasserphase der Eine zeigten allerdings, dass hiervon lediglich 0,2 kg/d Cu und 0,9 kg/d Zn tatsächlich in die Wipper vermittelt werden. Da Stollenwässer aufgrund unbedeutender Konzentrationen und Abflussmengen hier keine Relevanz für die berechneten Einträge haben, ist eine diesbezügliche Fehlerquelle auszuschließen. Noch dazu erfolgt nahezu der Gesamteintrag über diffuse Quellen, weshalb eine Überschätzung dieses Transferpfades am wahrscheinlichsten ist. Möglicherweise wurden zu hohe Hintergrundbelastungen des Oberbodens, insbesondere für Kupfer, angenommen. So sind die Böden in diesem Bereich nicht auf vorbelastetem Ausgangsgestein gewachsen und stehen womöglich nicht mehr im Einfluss atmosphärischer Deposition aus dem Risikobereich. Die Detailanalyse zeigt, dass dem Bilanzraum (5) keine Bedeutung hinsichtlich weiterer Schadstoffquellen zukommt.

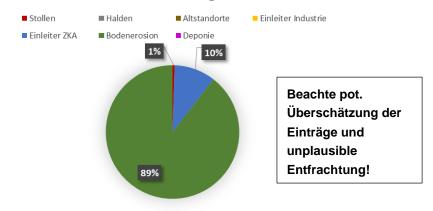
Zusammenfassend lässt sich formulieren, dass dem Bilanzraum (5) hinsichtlich der weiteren Wipper-Auffrachtung keine nennenswerte Bedeutung zuzusprechen ist. Auch wenn sich gegenwärtig eine Reduktion der Schadstofffracht in diesem Abschnitt bemerkbar macht, ist diesbezüglich von einer temporären und nicht von einer dauerhaften Reduktion der Wasserfracht auszugehen.

Tauw





## Erfasste Einträge Zn



		Fracht Cu [kg/d]	Fracht Zn [kg/d]
	IN	4,05	15,30
	Stollen	0,00	0,01
	Halden		
	Altstandorte		
	Einleiter Industrie		
	Einleiter ZKA	0,02	0,10
Bilanzraum (5)	Bodenerosion	0,68	0,88
Dildiizidum (3)	Deponie		
	OUT	4,53	12,54
	Auffrachtung im BR	0,48	-2,76
	Einträge erfasst	0,69	0,99
	Einträge - Senke	0,69	0,99
	Differenz zu Auffrachtung (absolut)	-0,21	-3,75
	Differenz zu Auffrachtung (relativ) [%]	-44	136

Abbildung 6.18 Relevanz einzelner Eintragspfade für die Belastung der Wipper im Bilanzraum (5) und Ergebnisbilanz

## 6.3 Detailanalyse der Schwebstoffsituation

Um die Bedeutung der partikulären Schadstoffverfrachtung/-mobilisierung besser beurteilen zu können, sollen in diesem Kapitel die verfügbaren Ergebnisse und neu gewonnenen Erkenntnisse zur Schwebstoffbefrachtung der Wipper, die quantifizierbaren, diffusen Einträge (auf Basis der Ergebnisse der Bodenerosionsmodellierung durch Geoflux) sowie die Kenntnisse über bestehende Sedimentdepots in Beziehung gesetzt werden. Hierzu werden erneut bilanzraumbezogene Betrachtungen vorgenommen, wobei die gleichen Bilanzräume wie auch bei der Frachtbilanzierung der Schwermetalle genutzt werden sollen. Zwar decken sich die Grenzen der Bilanzräume nicht mit jenen der OWK, für welche im Rahmen des Geoflux-Projektes spezifische Einträge modelliert wurden. Dennoch muss sich auch die Bilanzraum-Analyse an der Lage auswertbarer und repräsentativer Gewässermessstellen orientieren, um eine genaue Inputund Output-Bilanzierung vornehmen zu können. Dies zieht jedoch nach sich, dass die TEZG, für welche Modellierungsergebnisse vorliegen, wie auch bei der Frachtbilanzierung diffuser Schadstoffeinträge bereits vorgenommen, anteilig den Bilanzräumen zugeordnet werden müssen.

Die Ergebnisse der Bilanzrechnung zum Schwebstoffeintrag sind, für alle Bilanzräume, in Abbildung 6.19 dargestellt. Für die jeweiligen OWK, welche gänzlich oder anteilig Beitrag zum Sedimenteintrag in den jeweiligen Bilanzgebieten leisten, sind die berechneten Eintragsmengen (basierend auf den Modellierungsergebnissen der Geoflux GbR (2007)) OWK-bezogen angegeben. Für den Bilanzraum (1) wurde außerdem die Senke "Talsperre Wippra" berücksichtigt. Analog zur Frachtbilanzierung wurden Input und Output an Schwebstoffen in bzw. aus den jeweiligen Bilanzräumen, die daraus ermittelte Auffrachtung sowie die Schwebstoffsenke über die im Bezugszeitraum 2012 – 2014 gemittelten Tagesfrachten an abfiltrierbaren Schwebstoffen (AFS) an den jeweiligen Bezugsmessstellen bestimmt. Die Differenzrechnung zwischen Gewässer-Auffrachtung sowie den erfassten Einträgen erfolgte analog zur Schadstofffracht-Bilanzierung.

Die höchsten Sedimenteinträge wurden für Bilanzraum (1) und (5) mit ca. 5,3 t/d und 6,9 t/d berechnet, wobei bezüglich letzterem ein Großteil des erodierten Materials zunächst in die Eine eingetragen wird. Beide Bilanzräume umfassen Gebiete, die aufgrund des Reliefs hohe Erosionsraten aufweisen. Für die dauerhafte Senke "Talsperre Wippra" in Bilanzraum (1) wurde eine Reduktion der Schwebstofffracht um im Mittel ca. 1,4 Tonnen pro Tag berechnet. Die geringsten Sedimenteinträge erfolgen in den Bilanzräumen (3) und (4) mit ca. 1,7 t/d bzw. 1,3 t/d. Die Bilanzierungsergebnisse zeigen zum Teil immense Abweichungen zwischen der gemessenen Schwebstoff-Auffrachtung im Gewässer und den berechneten Einträgen aus den jeweiligen Teileinzugsgebieten. Mit Ausnahme von Bilanzraum (3) übersteigen die berechneten Schwebstoffeinträge stets die Auffrachtungshöhen der Wipper. Die größten Abweichungen (Differenz in Bezug zur Auffrachtung) von ca. 100% oder höher wurden hierbei für die Bilanzräume (1), (2) und (5) ermittelt. Für Bilanzraum (2) wurde dabei die höchste Diskrepanz festgestellt, wobei der berechnete Eintrag die festzustellende Auffrachtung im Gewässerschlauch

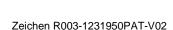


um etwa den Faktor 3 überschreitet. Für die Bilanzräume (3) und (4) hingegen sind die Differenzen deutlich geringer. Gründe für die starken Abweichungen könnten einerseits in Fehlern der Modellierungsergebnisse, andererseits in Fehlern bei der Beprobung der Wasserphase liegen, sofern hierdurch das Gewässer nicht repräsentativ abgebildet wird. Im letztgenannten Fall kann es, bedingt durch die Verrechnung der Schwebstoffkonzentration punktuell entnommener Wasserproben mit dem gesamten Abfluss an den jeweiligen Messstellen, zu hohen Über- oder Unterschätzungen der im Gewässer transportierten Schwebstofffrachten kommen. Weiterhin sind auch die im jährlichen Mittel, aufgrund variierender klimatischer und hydrodynamischer Verhältnisse, stark schwankenden Schwebstofffrachten im Gewässer zu beachten, die allein durch die Angabe von Mittelwerten nicht abgebildet werden. Betrachtet man in diesem Zusammenhang die hohen Streuungen (dargestellt als Balken, die minimale Jahresmittelwerte (untere Balkengrenze) und maximale Jahresmittelwerte (obere Balkengrenze) kennzeichnen), die sich bei einer Mittelung der 2012 bis 2014 berechneten Schwebstofffrachten ergeben (Abbildung 6.20), sind statistisch gesicherte Aussagen hinsichtlich der Bedeutung von Sedimentdepots aus dieser Gegenüberstellung nicht machbar. Die begrenzte Messreihe im gewählten Bezugszeitraum ist wenig repräsentativ für den Schwebstofftransport in der Wipper und schlecht vergleichbar mit den modellierten Sedimenteinträgen. So bilden die Modellierungsergebnisse nur mittlere Sedimenteinträge unter den mittleren klimatischen Verhältnissen (30 Jahre Bezugszeitraum) im jeweiligen Betrachtungsraum ab. Temporäre Abweichungen von diesem Durchschnitt<sup>6</sup> werden demnach nicht repräsentiert und eine Vergleichbarkeit mit den berechneten Schwebstofffrachten im Gewässer ist daher streng genommen nicht gegeben. Folglich sind für detaillierte Kenntnisse zur Mobilisierbarkeit von Sedimentdepots weitere spezifische Messungen im Gewässer erforderlich.

<sup>6</sup> Zum Beipsiel ist in niederschlagsreicheren Jahren mit einem höheren, in niederschlagsärmeren Jahren mit einem geringeren Sedimenteintrag zu rechnen.

-		
	IN	Fracht Sediment/Schwebstoff [kg/d] 0.00
	OWK SAL7OW06-00 (Wipper - von Quelle bis oh TS Wippra)	4128,77
	OWK SAL7OW04-00_neu (Wipper - einschließlich TS Wippra bis Vatterode)	1212.33
	Senke	1380,00
Bilanzraum (1)	OUT	1996,00
Dianzia di (1)	Auffrachtung im BR	1996,00
	Einträge erfasst	5341,10
	Einträge - Senke	3961,10
	Differenz zu Auffrachtung Abweichung [%]	-1965,10 98
	IN	1996,00
	OWK SAL7OW04-00_neu (Wipper - einschließlich TS Wippra bis Vatterode) OWK SAL7OW03-00 (Wipper - von Vatterode bis uh Sandersleben)	1212,33 852,97
	Senke	852,97
Bilanzraum (2)	OUT	2681,00
	Auffrachtung im BR	685,00
	Einträge erfasst	2065,30
	Einträge - Senke Differenz zu Auffrachtung	2065,30 -1380,30
	Abweichung [%]	202
	IN	2681,00
	OWK SAL7OW03-00 (Wipper - von Vatterode bis uh Sandersleben) Senke	1705,94
	OUT	4868,00
Bilanzraum (3)	Auffrachtung im BR	2187,00
	Einträge erfasst	1705,94
	Einträge - Senke	1705,94
	Differenz zu Auffrachtung Abweichung [%]	481,06 22
	IN	4868,00
	OWK SAL7OW02-00 (Wipper - von uh Sandersleben bis Einmünd. Eine)	1263,01
	Senke OUT	6034.00
Bilanzraum (4)	Auffrachtung im BR	1166.00
Dianizi dain (1)	Einträge erfasst	1263,01
	Einträge - Senke	1263.01
	Differenz zu Auffrachtung	-97,01
	Abweichung [%]	8
	IN .	6034.00
	IN OWK SAL7OW01-00 (Wipper - von Einmünd. Eine bis Mündung in Saale)	24,66
	OWK SAL7OW01-00 (Wipper - von Zeithland, Eine bis Mundang in Saale)	5778.08
	OWK SAL7OW08-00 (Eine - von oh Welbsleben bis oh Aschersleben)	1079.45
	OWK SAL7OW07-00 (Eine - von oh Aschersleben bis Einm. in Wipper)	10,96
Bilanzraum (5)	Senke	·
	OUT Auffrachtung im BR	8741,00 2707,00
	Einträge erfasst	6893,15
	Einträge - Senke	6893,15
	Differenz zu Auffrachtung	4186,15
	Abweichung [%]	155

Abbildung 6.19 Ergebnisse der bilanzraumspezischen Betrachtungen zum Schwebstoffeintrag und -transport





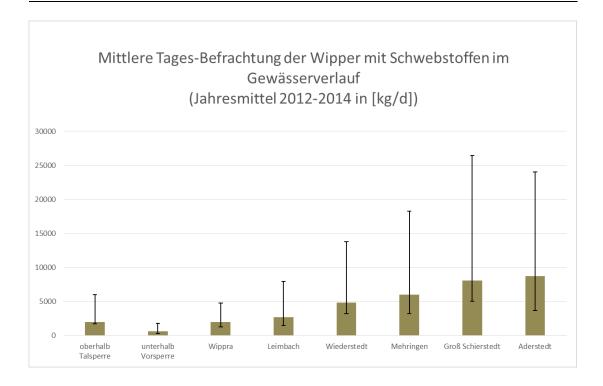


Abbildung 6.20 Mittlere Schwebstofffracht im Gewässerverlauf zwischen 2012 und 2014. Die Fehlerbalken stellen die Spannweite der gemittelten Jahreswerte dar.

Zur Vollständigkeit werden weiterhin die jeweils durch G.E.O.S. (2012) erfassten Sedimentdepots, für welche eine Berechnung der Schlammmasse unter Annahme einer Dichte von 1,3 t/m³ durchgeführt wurde, in die bilanzraumbezogene Betrachtung einbezogen. Die jeweils berechneten Massen der erfassten Sedimentdepots sind für die Bilanzräume in Abbildung 6.21 aufgeführt.

In Bilanzraum (2) wurde für das Sedimentdepot am Ellerwiesenwehr eine Masse von ca. 650.000 kg berechnet. In Bilanzraum (3) wurden Depots am Wehr Leimbach und dem Pfeifenmühlenwehr mit Massen von ca. 90.000 kg bzw. 600.000 kg registriert. Damit ergeben sich für diesen Bilanzraum ähnlich hohe Sedimentmengen wie für Bilanzraum (2). Während in Bilanzraum (4) keine markanten Sedimentdepots festgestellt und durch G.E.O.S. aufgenommen wurden, wurden für den verbleibenden Abschnitt bis zur Mündung in die Saale die höchsten Sedimentvolumina und folglich -massen ermittelt. Von den insgesamt ca. 4.900 t entfällt nahezu die gesamte Menge (ca. 96%) auf das Depot vor der Saalemündung bei Bernburg. Da dieses Depot noch unterhalb der Messstelle Aderstedt anzutreffen ist, liegt es bei genauer Betrachtung bereits außerhalb von Bilanzraum (5), sodass für diesen lediglich das Depot am Wehr Groß

Schierstedt mit einer Masse von ca. 180.000 kg einzubeziehen ist. Eine Mobilisierung des mächtigen Depots zwischen der Messstelle Aderstedt und der Wipper-Mündung in die Saale könnte folglich in einem höheren Schwebstoffaustrag in die Saale resultieren, als dies über die Messstelle Aderstedt registriert wird. In diesem Zusammenhang sollen der in der Saale festgestellte Anstieg der Schwebstofffracht nach Zufluss der Wipper und der berechnete Austrag aus der Wipper gegenübergestellt werden. Wie aus Abbildung 6.22 hervorgeht, übersteigt die in der Saale zwischen den Messstellen Alsleben (oberhalb Wipper-Mündung) und Nienburg (unterhalb Wipper-Mündung, oberhalb Bode-Mündung) berechnete Auffrachtung von etwa 71.000 kg/d den ermittelten Schwebstoffaustrag aus der Wipper bei Aderstedt in Höhe von ca. 8.700 kg/d um ein Vielfaches. Auch wenn das Sedimentdepot bei Bernburg nicht im Rahmen der Bilanzraumbetrachtung Berücksichtigung findet, ist eine kontinuierliche Schwebstoffmobilisierung, noch dazu in dieser Größenordnung, nicht zu erwarten. Vielmehr kann aufgrund der großen Entfernung der Saale-Messstellen Alsleben und Nienburg der Wipper-Einfluss bezüglich des Schwebstoff-Eintrags nicht hinreichend genau aufgelöst werden. Folglich lassen sich auch durch Abgleich der Ergebnisse des Schwebstoffaustrags aus der Wipper mit der messbaren AFS-Auffrachtung in der Saale keine neuen Erkenntnisse gewinnen.

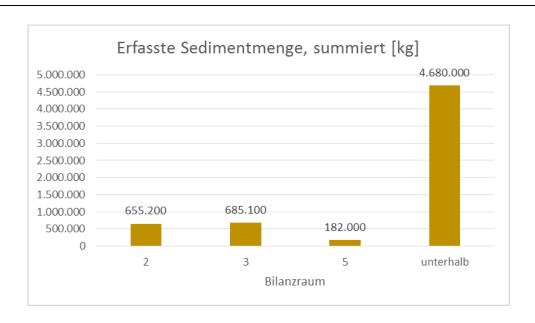


Abbildung 6.21 Erfasste, bilanzraumbezogene Sedimentdepotmengen



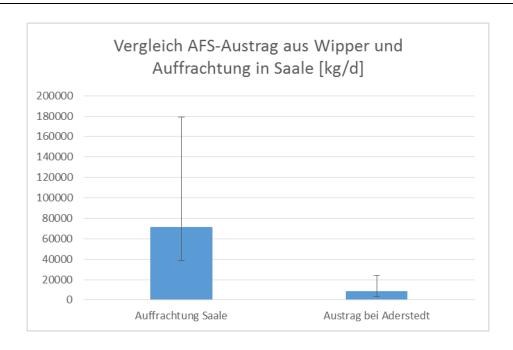


Abbildung 6.22 Vergleich Schwebstoffaustrag Wipper mit Auffrachtung in Saale. Die Fehlerbalken stellen die Spannwerte der gemittelten Jahreswerte dar.

Mit Bezug auf die zum Teil hohen Unterschiede zwischen Einträgen und ermittelter Zunahme der Schwebstofffracht in den Bilanzräumen sowie die starke Streuung der verfügbaren Untersuchungsergebnisse, sind auf Grundlage der vorliegenden Daten keine belastbaren Aussagen zur Quantifizierung und Qualifizierung weiterer Schwebstoffeinträge möglich. Diesbezüglich werden weitergehende Untersuchungen nötig (siehe Kapitel 9). Hinsichtlich der Dynamik der Altsedimentdepots wird erneut darauf hingewiesen, dass es sich hierbei allenfalls um temporäre Mobilisierungen/Demobilisierungen handeln kann.

# 7 Zusammenfassung und Priorisierung von Schadstoffquellen

Zur abschließenden Priorisierung der erfassten Schadstoffquellen werden in diesem Kapitel einerseits die Ergebnisse der bilanzraumbezogenen Betrachtung zusammengefasst. Andererseits wird die Relevanz der einzelnen Quellen für die Gesamtbefrachtung der Wipper dargestellt. Um die Ergebnisse besser einordnen zu können, wird weiterhin ein Vergleich mit der gesamtdeutschen Situation, wie sie durch Fuchs et al. (2014) berechnet wurden, vorgenommen.

## 7.1 Quellen-Priorisierung für Kupfer

Zusammenfassend sind die absoluten Ergebnisse der Frachtberechnung für Kupfer, sowohl bilanzraumbezogen als auch für das gesamte Untersuchungsgebiet, in Abbildung 7.1 erfasst. Die relative Bedeutung der einzelnen Quellen in Bezug zu den erfassten Gesamteinträgen geht aus Abbildung 7.2 hervor.

In Summe wurden für Kupfer mittlere, tägliche Einträge in Höhe von ca. 2,7 kg erfasst. Verglichen mit dem Gesamtaustrag (Gewässerfracht) aus Bilanzraum (5) in Höhe von ca. 4,5 kg/d können folglich etwa 60% der Gesamtbefrachtung der Wipper über die erfassten Quellen erklärt werden. Vergleicht man die einzelnen Bilanzräume lediglich hinsichtlich der jeweils berechneten summierten Einträge, lassen sich keine ausgeprägten Unterschiede erkennen. Lediglich für Bilanzraum (3) und (5) wurden mit je ca. 0,7 kg/d geringfügig höhere Einträge berechnet.

Betrachtet man lediglich die rechnerisch abgeschätzten Frachten der erfassten Quellen, werden als bedeutendste Quelle für Kupfer mit einem Anteil von knapp 80% (entspricht ca. 2,1 kg/d) diffuse Einträge von unbefestigten Flächen ermittelt (Abbildung 7.2). Die höchsten diesbezüglichen Immissionen in das Gewässer erfolgen in Bilanzraum (5) mit ca. 0,7 kg/d (hauptursächlich sind die hohen Sedimenteinträge in die Eine) und Bilanzraum (1) mit ca. 0,5 kg/d. Stollenwässer sind mit Frachten in Höhe von ca. 0,4 kg/d bzw. 14% am erfassten Gesamteintrag bzw. 8% an der Gesamtbefrachtung, deutlich weniger relevant für die Cu-Belastung der Wipper. Dass deutlich weniger Cu als Zn in den Stollenwässern angetroffen wird, könnte mit einer geringeren Mobilität dieses Schwermetalls zu erklären sein sowie mit ggf. geringeren Konzentrationen im anstehenden Gestein. Alle weiteren Quellen spielen, auf Basis der zur Quellenabschätzung herangezogenen Methodik und der getroffenen Annahmen, für die Cu-Auffrachtung keine Rolle.

Zieht man nun aber die in den Gewässerabschnitten ermittelten Kupferfrachten ebenfalls hinzu, wird die Relevanz der Quellen deutlich relativiert. Bezogen auf die Gesamtbefrachtung der



Quellensituation umso größer ist.

Wipper mit Kupfer über die Bilanzräume 1 bis 5, entspricht der Anteil der ermittelten und abgeschätzten Quellen lediglich ca. 46%. Zur besseren Visualisierung diese Sachverhalts sind in Abbildung 7.1 neben den erfassten Einträgen, weiterhin die nicht identifizierten bzw. überschätzten Einträge gemäß der Gewässerbilanzierung in hellgrau dargestellt. Dies verdeutlicht zwei grundlegende Sachverhalte: (1) Die Einträge von Kupfer über die Flächenerosion werden offensichtlich systematisch in relevantem Maße überschätzt, wie an den Bilanzräumen zu erkennen ist, die lediglich über diesen Pfad eine Auffrachtung erfahren. Eine Überschätzung durch die Anwendung des Geoflux-Modells geht auch aus dem Vergleich der eingetragenen Sedimentmengen mit der im Gewässer nachweisbaren Schwebstoff-Fracht hervor (siehe Kapitel 6.3). (2) Die weiteren Quellen werden auf der Grundlage der vorliegenden Daten entweder unterschätzt oder es liegen weitere bisher nicht erfasste Quellen vor. In diesem Zusammenhang fällt auf, dass insbesondere in Bilanzraum 3 nur etwa ein Viertel der Einträge identifiziert wurden, während mit etwa 75% oder ca. 2,1 kg/d ein Großteil der Gewässer-Auffrachtung bisher nicht erklärt werden kann. Auch in Bilanzraum 4 wurden lediglich ca. 37% der Einträge erkannt, wohingegen ca. 64% bzw. etwa 0,6 kg/d nicht identifiziert werden konnten. Entsprechend sind weiterführende Untersuchungen zur besseren quantitativen Erfassung konkreter Quellterme auf die genannten Bilanzräume zu beschränken. Als Konsequenz hieraus sind die Betrachtungen für das Gesamtsystem ebenfalls dahingehend zu relativieren, da der Anteil der Flächenerosion eher noch deutlich geringer als 46 % anzusetzen ist

Auf dieser Grundlage ist auch eine Prognose der sich einstellenden Schadstoffsituation (sowohl für die Gesamtfracht als auch für die getrennte Betrachtung von schwebstoffgebundener und gelöster Fracht) der Wipper nach anzusetzenden Sanierungsmaßnahmen hinsichtlich Cu nicht möglich. So ist der Eintrag partikulären Kupfers über erodiertes Bodenmaterial mittels punktueller Sanierungen nicht wesentlich reduzierbar. Weiterhin sind zunächst über ein tiefergehendes Untersuchungskonzept (siehe Kapitel 9) bestehende Defizite zu beheben und hierüber weitere Eintragsquellen zu identifizieren bzw. bestehende quellenbezogene Frachten genauer zu quantifizieren.

und die Bedeutung der Bilanzräume 3 und 4 sowie der hier noch nicht abschließend aufgeklärten

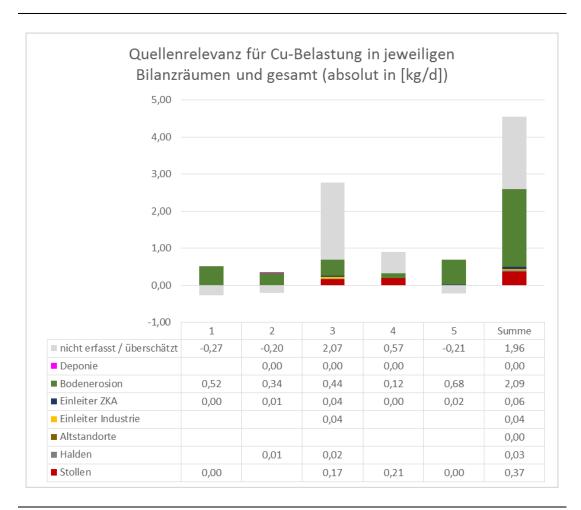


Abbildung 7.1 Zusammenfassung der Frachtberechnung für Cu (absolut)



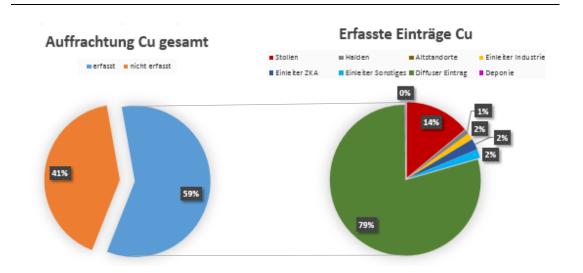


Abbildung 7.2 Relative Anteile der Quellen am erfassten Gesamteintrag für Cu

## 7.2 Quellen-Priorisierung für Zink

Hinsichtlich Zink zeigt sich ein anderes Bild. Für dieses Schwermetall sind die absoluten Ergebnisse der Frachtberechnung, wiederum sowohl bilanzraumbezogen als auch für das gesamte Untersuchungsgebiet, zusammenfassend in Abbildung 7.3 dargestellt, während die relative Bedeutung der einzelnen Quellen in Bezug zu den erfassten Gesamteinträgen aus Abbildung 7.4 hervorgeht. Im Gegensatz zu Kupfer, werden bereits bei der Betrachtung der erfassten und rechnerisch abgeschätzten Quellterme Unterschiede sowohl in der Bedeutsamkeit der einzelnen Bilanzräume als auch in der Relevanz der verschiedenen Quellen für die jeweiligen Bilanzräume sowie die Gesamtbefrachtung festgestellt.

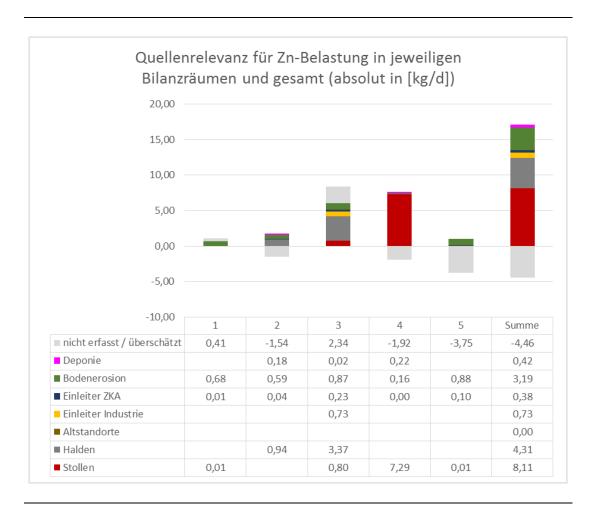


Abbildung 7.3 Zusammenfassung der Frachtberechnung für Zn (absolut)

In Summe wurden mittlere Tageseinträge in Höhe von ca. 17,4 kg berechnet. Dies übersteigt die Gesamtfracht von ca. 12,5 kg/d, welche im Mittel im Bezugszeitraum 2012-2014 für die Messstelle Aderstedt berechnet wurde. Folglich lässt sich für dieses Schwermetall, im Gegensatz zu Kupfer, eine Überschätzung der Einträge oder eine Unterschätzung der Wasserfracht feststellen. Mögliche Fehler bei der Frachtberechnung sowohl der Einträge als auch der Wasserfracht wurden bereits in den Kapiteln 6.1 und 6.2 diskutiert. Die höchsten Zn-Einträge in die Wipper erfolgen in den Bilanzräumen (3) mit ca. 6,0 kg/d und (4) mit ca. 7,7 kg/d. Mit erfassten Einträgen von in Summe ca. 1,8 kg/d, sind jedoch auch die in Bilanzraum (2) lokalisierten Quellen relevant für die Gesamtbefrachtung der Wipper.



Wie aus dem rechten Säulendiagramm in Abbildung 7.3 sowie aus dem rechten Kreisdiagramm in Abbildung 7.4 hervorgeht, sind hinsichtlich des Eintrags von Zink Stollen als bedeutendste Eintragsquelle herauszustellen. Für diesen Transferpfad wurde eine Gesamtfracht in Höhe von ca. 8,1 kg/d berechnet. Dies entspricht einem relativen Anteil von etwa 47% des erfassten Gesamteintrags. Die mit Abstand größte Menge an Zn wird hierbei der Wipper über den Wiederstedter Stollen, welcher dem Bilanzraum (4) zugeordnet wird, zugeführt. Wie bereits in Kapitel 6.1 (Unterkapitel Stollen) herausgestellt, werden im Mittel etwa 7,3 kg Zn allein aus diesem Stollensystem täglich in die Wipper vermittelt. Dies entspricht einem Anteil von ca. 43% an den erfassten Gesamteinträgen, was die Dominanz dieses Stollens als signifikante Eintragsquelle für Zn unterstreicht. Mit Anteilen an dem erfassten Gesamteintrag in Höhe von etwa 25% (ca. 4,3 kg/d) und 19% (ca. 3,2 kg/d) sind außerdem Halden und diffuse Einträge als bedeutende Eintragsquellen herauszustellen. Während die diffusen Zn-Einträge aus unbefestigten Flächen für alle Bilanzräume (mit Ausnahme von Bilanzraum (4)) etwa in derselben Größenordnung liegen, sind Halden lediglich in den Bilanzräumen (2) und (3) anzutreffen. Mit einem potentiellen Zn-Eintrag in Höhe von ca. 3,4 kg/d (entspricht 20% des erfassten Gesamteintrags) erfolgen die größten Einträge von dieser Quelle in Bilanzraum (3). Bedingt durch die Größe, der Art des aufgehaldeten Materials sowie dem derzeitigen Zustand (keine Abdeckung, Abbau), wurde in diesem Zusammenhang die Halde Freieslebenschacht mit einem berechneten Zn-Austrag in Höhe von 2,2 kg/d (entspricht einem Anteil von ca. 13% am erfassten Gesamteintrag) nach dem Wiederstedter Stollen als zweitwichtigste Eintragsquelle für Zn

Alle weiteren Quellen, für welche Frachtberechnungen vorgenommen werden konnten, spielen einzeln nur eine untergeordnete Rolle, sind in Summe mit Einträgen in Höhe von ca. 1,7 kg/d (einschließlich sonstiger Einleitungen, die nicht in der bilanzraumbezogenen Betrachtung berücksichtigt wurden) für die Gewässerbefrachtung jedoch nicht gänzlich unrelevant.

Über eine kontinuierliche Reinigung austretender Stollenwässer aus dem Wiederstedter Stollen ließe sich die Zn-Gewässerfracht der Wipper erheblich reduzieren. Geht man von einer theoretischen Eliminierung der gesamten Quellfracht aus, ließe sich der Gesamteintrag von Zn um 7,3 kg/d vermindern. Da diese Fracht allerdings möglicherweise überschätzt ist (geringere Auffrachtung der Wipper in Bilanzraum (4), wo die Wässer dieses Stollens der Wipper zugeführt werden), ließe sich der Gesamtaustrag an Zn aus der Wipper vermutlich zwar nicht um denselben Betrag herabsetzen. Dennoch könnte ein "Abschalten" dieser Quelle in einer bis zu etwa 50%igen Reduktion der Gewässergesamtfracht resultieren.

Inwiefern sich eine derartige Maßnahme allerdings auf eine anteilige Reduktion des schwebstoffgebundenen Schadstoffaustrags bzw. der gelösten Fracht auswirkt, kann auf Basis der aktuellen Daten nicht abgeschätzt werden. Hierzu sind weitergehende Untersuchungen erforderlich (siehe Kapitel 9.1.3).

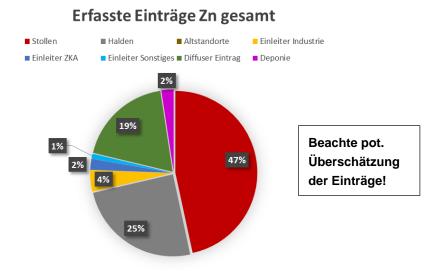


Abbildung 7.4 Relative Anteile der Quellen am erfassten Gesamteintrag für Zn

## 7.3 Vergleich mit bundesdeutscher Situation

Um die Ergebnisse besser kontextuell einordnen zu können, soll ein Vergleich mit den von Fuchs et al. (2014) modellierten Ergebnissen für die Eintragssituation der gleichen Schwermetalle in die Gewässer Deutschlands vorgenommen werden. Die genannten Autoren analysierten prinzipiell dieselben potentiellen Eintragspfade für den Bilanzzeitraum 2006-2011. Allerdings wurde in der genannten Studie der Altbergbau als Quelle nicht weiter differenziert. Außerdem wurden die Eintragspfade "Grundwasser" und "Kanalisationssysteme" im Gegensatz zu dieser Untersuchung getrennt bilanziert. Auf eine getrennte Betrachtung der Grundwasserfrachten wurde hier verzichtet, weil dieser geringe Anteil im Wesentlichen über die berechneten Gesamtausträge aus den einzelnen Quellen mit erfasst wird (z.B. erfolgte keine Differenzierung des Sickerwasseraustrags über Zwischenabfluss oder Grundwasserabfluss, da dies für die Frachtanalyse unrelevant ist).

Die Ergebnisse der Stoffeintragsmodellierung nach Fuchs et al. (2014) sind in Abbildung 7.5 dargestellt. Im Gegensatz zu den Resultaten der vorliegenden Frachtabschätzung, sind im gesamtdeutschen Bilanzraum sowohl für Kupfer als auch für Zink Kanalisationssysteme mit 35% der wichtigste Eintragspfad. Hinsichtlich der Wipper können, vor allem durch die relativ höhere Bedeutung des Bergbaueinflusses, diesbezüglich deutlich geringere Einträge und damit eine



deutlich geringere Relevanz dieses Vermittlungspfads angenommen werden. Dennoch ist nicht auszuschließen, dass relevante Schadstoffmengen auch über diesen Transportweg, insbesondere bei stärkeren Niederschlagsereignissen, in das Gewässer eingetragen werden. Vor allem Altlablagerungen in den Kanälen, welche ereignisbezogen mobilisiert werden können, könnten relevante Belastungen aufweisen.

Historienbedingt sind im Untersuchungsgebiet der Altbergbau und die damit einhergehend noch immer ansässige Kupferindustrie als regionale Eintragsquellen von besonderer Bedeutung. So machen diese Eintragswege ca. 17% (Kupfer) und sogar ca. 76% (Zink) im Untersuchungsgebiet gegenüber ca. 7% (Kupfer) bzw. 19% (Zink) im gesamtdeutschen Mittel aus. Die in die Gewässer in Deutschland über unbefestigte Flächen diffus eingetragenen Anteile betragen 22% (Kupfer) bzw. 18% (Zink). Auch hier wurden mit 79% (Kupfer) respektive 19% (Zink) höhere Einträge für das Untersuchungsgebiet insbesondere für Cu ermittelt. Dies mag an generell höheren Belastungen der Oberböden im Einzugsgebiet der Wipper aufgrund geogener Vorbelastung sowie anthropogener, bergbaubedingter Beeinflussung liegen. Weiterhin erfolgte in Fuchs et al. (2014) die Berechnung über die mittlere Schwermetallakkumulation (Düngung, atmosphärische Deposition etc.), während im vorliegenden Bericht regional gemessene Konzentrationswerte zur Frachtabschätzung herangezogen wurden.

Dass beispielsweise auch für Kläranlagen oder Drainagen eine geringere Relevanz verglichen mit den bundesweiten Ergebnissen nach Fuchs et al. (2014) ermittelt wurden, ist ebenso durch die vergleichsweise höhere Bedeutsamkeit der bergbaubezogenen Quellen zu erklären.

Zusammenfassend lässt sich aus dem Vergleich mit der bundesdeutschen Situation erkennen, dass sich – bedingt durch die Bergbau-Historie – im Untersuchungsgebiet prinzipiell andere Verhältnisse hinsichtlich der Relevanz der verschiedenen Quellen für Einträge der Schwermetalle Cu und Zn in das Fließgewässer Wipper ergeben.

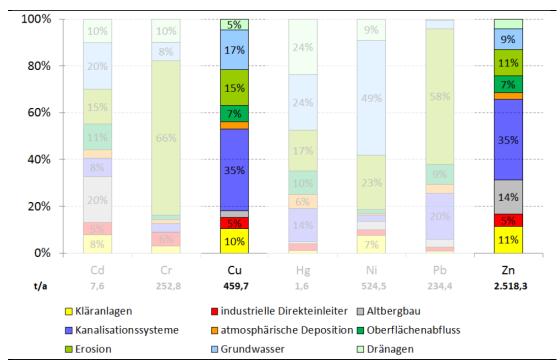


Abbildung 7.5 Relevanz einzelner Eintragspfade für die Belastung der Gewässer Deutschlands mit Schwermetallen im Bilanzzeitraum 2006-2011 nach Fuchs et al. (2014)



# 8 Abschließende Defizitanalyse

Im Zuge der Detailanalyse zur Schadstoffbefrachtung der Wipper auf Grundlage der zur Verfügung stehenden Unterlagen und den neu gewonnenen Erkenntnissen (z.B. durch Vor-Ort-Begehungen), konnten verschiedene Defizite erkannt werden, die einerseits eine genaue Quellenzuordnung und -identifizierung unmöglich machen, andererseits einem detaillierten Systemverständnis zum Schadstoffeintrag und -transport entgegenstehen. Bevor ein Untersuchungskonzept abgeleitet wird, über welches die prioritären Kenntnislücken geschlossen werden sollen, sollen diese in diesem Kapitel zusammenfassend benannt und bezüglich ihrer Relevanz priorisiert werden. In diesem Hinblick erfolgt eine bilanzraumbezogene Auflistung der Defizite, die daraus abgeleiteten grundsätzlichen Empfehlungen für weitere Maßnahmen sowie eine jeweilige Relevanzeinschätzung in Tabelle 8.1.

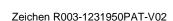
Tabelle 8.1 Bestehende Defizite, Maßnahmeempfehlungen und Relevanz der jeweiligen Maßnahmen zur Schließung von Kenntnislücken

BR	Defizite	Empfehlung	Relevanz
(1)	<ul> <li>keine Messwerte zur Stahlquelle Neudorf</li> <li>geringe Aktualität der Messwerte der Antimongrube Wolfsberg</li> </ul>	3	Gering, da diesem Bilanzraum in Bezug zur Gesamtfracht keine wesentliche Bedeutung beizumessen ist.
(2)	es fehlen detaillierte Kenntnisse zum Schadstoffaustrag aus Schlackenhalde Eckhardthütte	<ul> <li>Keine Handlung erforderlich.</li> <li>Grundsätzlich empfehlenswert: Beprobung austretenden Halden- Sickerwassers und Analytik an Gesamtwasserproben (Cu, Zn) sowie Se (gel.)</li> </ul>	Gering, da diesem Bilanzraum in Bezug zur Gesamtfracht keine wesentliche Bedeutung beizumessen ist.
(3)	- zu geringe Messstellendichte	- Einrichten bis zu 2 zusätzlicher temporärer Bilanz-Messstellen (Gesamtwasseranalytik für Cu und Zn sowie Se (gel.) / ggf. Schwebstoffanalytik / Abflussmessung) und Vorhaltung/Betrieb für einen Zeitraum vor ca. 6 Monaten, Aufnahme von zusätzlichen Messstellen im Mündungsbereich relevanter Zuflüsse (empfohlen: Alte Wipper, Stockbach)	der relevanten Quellenbereiche
	<ul> <li>ungenaue Informationen zum Einfluss der Halden</li> </ul>	- Ereignisbezogene Beprobung des Grabenwassers um Halde Freieslebenschacht sowie Wippergraben- Halde und jeweils Analytik an Gesamtwasserproben (Cu, Zn) sowie Se (gel.)	Sehr hoch, da prinzipiell hoher Haldeneinfluss zu erwarten ist, genaue Daten jedoch fehlen.
	- geringe Aktualität/Daten- dichte zu Stollenwässern	- Bestimmung der Schüttung und Schwermetall-Konzentration (Gesamtwasseranalytik für Cu und Zn sowie Se (gel.)) von Jakob-Adolf-Stollen, ggf. Wipperstollen (letzterer vermutl. trocken)	Hoch für Jakob-Adolf-St., da gegenwärtig Einträge zu erwarten; Gering für Wipperstollen, da gegenwärtig keine Einträge zu erwarten.



BR	Defizite	Empfehlung	Relevanz	
	- Deponie MKM	<ul> <li>Keine Handlung erforderlich.</li> <li>Grundsätzlich empfehlenswert: Recherche von Informationen zur Betriebsdeponie bzgl. Abdichtung und Anbindung an Gewässernetz.</li> </ul>	Gering, da aufgrund der geringen Ablagerungsmenge nicht von einem bedeutenden Einfluss auszugehen ist. Außerdem werden eventuelle Schadstoffeinträge über die zusätzliche temporäre Messstelle im Stockbach miterfasst.	
	- Hausmülldeponie Hettstedt	<ul> <li>Keine Handlung erforderlich.</li> <li>Grundsätzlich empfehlenswert:         Recherche von Informationen zur         Deponie bzgl. Abdichtung und Anbindung an Gewässernetz.     </li> </ul>	Gering, da aufgrund der technischen Abdeckung und der geringen Konzentrationen nicht von einem bedeutenden Einfluss auszugehen ist.	
(4)	- geringe Aktualität/Daten- dichte zu Stollenwässern	- Bestimmung der Schüttung und Schwermetall-Konzentrationen (Gesamtwasseranalytik für Cu und Zn sowie Se (gel.)) aus Wiederstedter Stollen	Sehr hoch, da nach derzeitigem Kenntnisstand dieser Stollen als wesentlicher Eintragspfad für Zn vermutet wird.	
(5)	- Unbekannter Einfluss des Altstandortes Fa. Galvano Ilberstedt	<ul> <li>Keine Handlung erforderlich.</li> <li>Grundsätzlich empfehlenswert:         Ereignisbezogene Beprobung der         Wasserphase vor und hinter Altstandort         (Schöpfproben) sowie Analyse der         Gesamtwasserproben für Cu und Zn         sowie Se (gel.).     </li> </ul>	Mäßig, da diesem Bilanzraum in Bezug zur Gesamtfracht keine wesentliche Bedeutung beizumessen ist.	
	<ul> <li>Keine Messwerte zu Leinestollen</li> <li>Geringe Aktualität der Messwerte der Stollen Neue Eskeborner, Alter Eskeborner, Tilkeröder</li> </ul>	<ul> <li>Keine Handlung erforderlich.</li> <li>Grundsätzlich empfehlenswert:         Beprobung / Analytik Stollenwässer;         Ermittlung Schüttungen     </li> </ul>	Gering, da diesem Bilanzraum in Bezug zur Gesamtfracht keine wesentliche Bedeutung beizumessen ist.	
Über- grei- fend	- Unbekannte Konzentration von Drainagewässern	<ul> <li>Keine Handlung erforderlich.</li> <li>Grundsätzlich empfehlenswert:         Ereignisbezogene Beprobung und Analytik (Gesamtwasserproben für Cu und Zn sowie Se (gel.))     </li> </ul>	Gering, da Hochrechnung keinen bedeutsamen Einfluss über Drainagewässer erwarten lässt.	

BR	Defizite	Empfehlung	Relevanz	
	<ul> <li>Zuordnung ausgetragener partikulärer Schadstoffe zu Quellen</li> </ul>	<ul> <li>Isotopengeochemische Untersuchungen an Schwebstoffen die aus Wipper ausgetragen werden und Abgleich mit Signatur aus potentiellen Quellen</li> </ul>	Optional, sofern andere Maßnahmen keine eindeutige Identifikation von Schadstoffquellen erlauben	
	- Aktueller Zustand der Sedimentdepots am Ellerwiesenwehr, Wehr Leimbach, Pfeifenmühlenwehr, Wehr Sandersleben, Wehr Groß Schierstedt und bei Bernburg	Vermessung der Depots (Kubaturbestimmung) und teufenorientierte Probenahme mit	Gering, da Depots generell als dynamische Zwischenspeicher zu verstehen sind, die allenfalls temporär Quellen- oder Senkenfunktion einnehmen sowie Inventare der erfassten Depots keinen bedeutenden Einfluss auf die Gewässerfracht vermuten lassen.	





## 9 Ableitung eines Untersuchungskonzeptes

Im Rahmen der Projektbearbeitung wurden verschiedene Kenntnisdefizite identifiziert (Kapitel 8), die einer abschließenden Bilanzierung der Eintragssituation und des Transportgeschehens im Gewässersystem der Wipper in Teilen entgegenstehen. Die in den vorangehenden Abschnitten dargestellten Bilanzbetrachtungen behalten damit zu einem Teil einen vorläufigen Charakter. Gerade bezüglich der Erstellung eines Maßnahmenkonzepts zur Verbesserung der Oberflächenwasserqualität einschließlich der Abschätzung der voraussichtlichen Wirksamkeit der Maßnahmen ist eine weitere Untersetzung der Bilanzbetrachtungen durch ergänzende Untersuchungen erforderlich. Hierbei unterscheiden wir nachfolgend zwischen (1) ergänzenden Untersuchungen zur Verbesserung der Gewässerbilanz und (2) Untersuchungen zur besseren quantitativen Erfassung konkreter Einleitsituationen. Darüber hinaus diskutieren wir (3) weiterführende Untersuchungen, die zur Verbesserung des Systemverständnisses sinnvoll sind, die aber für die Ableitung von Maßnahmen zur Frachtreduzierung im Gewässersystem nicht als erforderlich eingeschätzt werden.

#### 9.1 Erforderliche Untersuchungen

In den beiden folgenden Abschnitten werden die zusätzlichen Untersuchungen aufgeführt, die als erforderlich angesehen werden, um das Systemverständnis so weit zu verbessern, dass eine abschließende Erstellung eines Maßnahmenkonzepts und eine belastbare Bewertung der Effektivität zukünftiger Maßnahmen bezüglich der Gewässerqualität bezogen auf die relevanten Umweltqualitätsnormen möglich ist.

#### 9.1.1 Untersuchungen zur Gewässerbilanz

Im Rahmen der Projektbearbeitung wurde anhand des bestehenden Messstellennetzes und der zugehörigen Datensätze eine Untergliederung des Gewässersystems in eine Abfolge von Bilanzräumen vorgenommen (siehe Kapitel 5) um so das Eintrags- und Frachtgeschehen systematisch erfassen und analysieren zu können. Hierbei stellte sich heraus, dass die räumliche Auflösung der Bilanzräume teilweise nicht ausreichend hoch ist, um in den Bereichen der stärksten Auffrachtung (Bilanzräume 3 und 4) eine befriedigende Ausgrenzung der Eintragsbereiche zu erzielen. Insbesondere in Bilanzraum (3) liegt eine große Anzahl potenzieller Quellen vor, welche gegenwärtig nicht abschließend hinsichtlich der Schadstoffvermittlung an die Wipper quantifiziert und priorisiert werden können.

#### <u>Bilanzebenen</u>

Entsprechend sind hier zusätzliche Bilanzebenen zu definieren, die eine sinnvolle weitere Untergliederung von Bilanzraum (3) ermöglichen. Die vorgeschlagene Untergliederung ist in Abbildung 9.1 und Abbildung 9.2 schematisch dargestellt, wobei erstere die Lage der zusätzlichen, temporären Messstellen visualisiert, letztere die sich daraus ergebende Untergliederung von Bilanzraum (3) in Teileinzugsgebiete. Da trotz hoher Auffrachtung der Wipper in Bilanzraum (4) hierfür nach aktuellem Kenntnisstand hauptsächlich der Wiederstedter Stollen als Punktquelle zum Schadstoffeintrag in Frage kommt, kann auf eine weitere Untergliederung dieses Bilanzraums verzichtet werden.

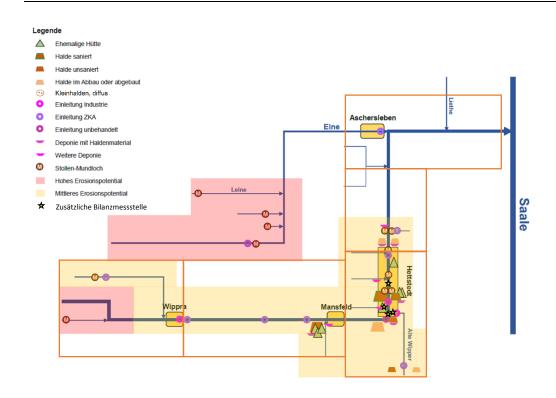


Abbildung 9.1 Positionierung zusätzlicher Messstellen (Stern-Symbol) zur detaillierten Bilanzierung der Wipper-Fracht



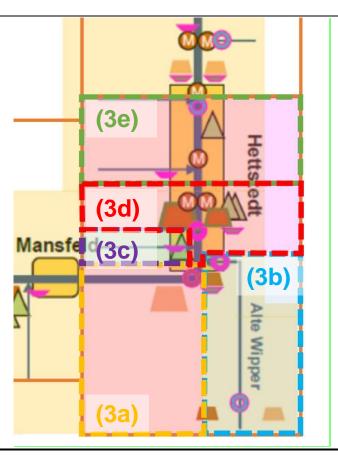


Abbildung 9.2 Untergliederung von Bilanzraum (3) durch Positionierung zusätzlicher Bilanzmessstellen

Wie aus Abbildung 9.1 und Abbildung 9.2 hervorgeht, soll durch die Einrichtung von insgesamt 4 zusätzlichen, temporären Bilanz-Messstellen in Bilanzraum (3) dieser näher aufgelöst werden. Folglich ergibt sich eine Untergliederung des genannten Bilanzraums in die 5 Teilräume (3a-e). Es sind insgesamt zwei zusätzliche Messstellen in der Wipper und je eine zusätzliche Messstelle im Mündungsbereich der zwei bedeutenden Zuflüsse Alte Wipper/Regenbeek und Stockbach vorgesehen. Tabelle 9.1 gibt einen Überblick über die Standorte, an welchen die zusätzlichen Messstellen eingerichtet werden könnten, und welche Quellen über die jeweiligen, neu definierten Teilbilanzräume erfasst werden.

Tabelle 9.1 Zusätzliche Messtellen in Bilanzraum (3)

Messstelle	Hochwert	Beschreibung	Erfasste Quellen	
	Rechtswert			
Wipper, oberhalb Alte	5721169	Messstelle definiert Output	Halde Freieslebenschacht	
Wipper/Regenbeek &	4465814	aus neuen Teilbilanzraum	Halde Lichtloch 26/26S	
Stockbach		(TBR) 3a / Input in TBR 3d	Deponie "Am Lichtloch 26"	
			Einleitung Mansfelder	
			Aluminium GmbH	
Wipper, unterhalb Bleihütte	5722443	Messstelle definiert Output	Einleitung MKM GmbH	
und oberhalb Hadeborn	4465864	aus TBR 3d / Input in TBR	Halde Lichtlöcherberg	
		3e	Halde Wippergraben	
			Altstandort Bleihütte	
			Hoheiter Stollen	
			Jacobstollen	
			Wipperstollen	
Alte Wipper/Regenbeek,	5721581	Messstelle erfasst die	Halden Klostermansfeld	
Mündung	4466034	gesamte Alte Wipper und	KA Klostermansfeld	
		grenzt TBR 3b ab	Ggf. weitere Einleitungen	
Stockbach, Mündung	5721440	Messstelle erfasst	Betriebsgelände und	
	4465973	gesamten Stockbach und	-deponie MKM GmbH	
		grenzt TBR 3c ab	Ggf. Altstandort mit	
			bestehender Anbindung	

In der Wipper sollte eine Messstelle unmittelbar oberhalb des Zuflusses der Alten Wipper/Regenbeek und des Stockbaches eingerichtet werden. Hierdurch kann mit Bilanzraum (3a) der Einfluss der Halden Freieslebenschacht und Lichtloch 26/26S aufgelöst werden. Wie aus der quellenspezifischen Analyse (Kapitel 6.1) hervorgeht, werden vor allem aus der Halde Freieslebenschacht hohe Zn-Einträge erwartet, wobei die tatsächlich an die Wipper vermittelte Fracht aufgrund des bisher weitmaschigen Messnetzes nicht erfasst werden kann. Zwar erfolgen in diesem Abschnitt auch Einleitungen durch das Mansfelder Aluminiumwerk. Allerdings zeigte die sehr konservative Frachtabschätzung im Zuge der Detailbilanzierung, dass über diese Quelle keine bedeutsamen Schadstoffeinträge zu erwarten sind. Die zweite Messstelle in der Wipper ist unterhalb der Halden Lichtlöcherberg/Wippergraben sowie des Bleihüttengeländes, jedoch oberhalb des Jakob-Adolf-Stollens und Einmündung des Hadeborns vorgesehen. Zwar werden hierdurch mit Bilanzraum (3d) mehrere potentielle Quellen nur als Summe erfasst, allerdings ließe sich auch durch zusätzliche Messstellen aufgrund der räumlichen Nähe der Quellen zueinander und unter Berücksichtigung der Durchmischungsstrecken keine bessere, quellenspezifische



Auflösung erzielen. Einerseits ist über die Mundlöcher des Jacobstollens, des Wipperstollen sowie des Hoheiter Stollens kein signifikanter Schadstoffeintrag mehr zu erwarten. Andererseits ist auch das Bleihüttengelände als markante Quelle auszuschließen, da im Rahmen des ÖGP Mansfelder Land umfangreiche Sanierungsmaßnahmen erfolgten, die auch eine Reinigung der Kanäle beinhaltete (pers. Mittl. Hr. Krienert (Fa. DMT) und Hr. Heise (LAF)). Auch die über die Einleitungen der MKM GmbH in die Wipper vermittelten Schadstofffrachten sind über die Überwachungsdaten hinreichend genau quantifizierbar. Folglich könnte mit Bilanzraum (3d) insbesondere der Einfluss der Großhalden im Stadtgebiet Hettstedt erfasst werden, über welche ein Eintrag belasteten Schwebstoffs möglich und wahrscheinlich ist (steile Böschungen und sichtbare Erosionsrinnen, siehe Fotodokumentation, Anlage 3). Auch Bilanzraum (3e) umfasst mehrere potentielle Quellen. Da das Stollenwasser des Jakob-Adolf-Stollens allerdings separat beprobt werden soll, können die Cu- und Zn-Frachten dieser Quelle hinreichend genau bilanziert werden. Ebenso wird der Einfluss der Deponie Hettstedt sowie der ZKA Hettstedt als gering eingeschätzt (siehe quellenspezifische Analyse in Kapitel 6.1), sodass über diesen Bilanzraum letztlich der Einfluss des Altstandorts Saigerhütte aufgelöst werden kann.

Über eine Messstelle im Mündungsbereich der Alten Wipper/Regenbeek können vermittelte Gesamt-Frachten über diesen Zufluss (Teilraum (3b)) genau bilanziert werden. Die Erfassung dieses Zuflusses ist erforderlich, da in Vergangenheit hohe Schadstofffrachten hierüber in die Wipper vermittelt wurden, die aktuelle Situation auf Grundlage der verfügbaren Messdaten jedoch nicht abgebildet werden kann. Auch wenn vermutet wird, dass gegenwärtig deutlich weniger Schadstoffe in die Alte Wipper/Regenbeek gelangen (z.B. Wegfall von Einleitung der MKM GmbH in diesem Abschnitt), kann diese Annahme nur durch die Erhebung belastbarer Daten verifiziert werden

Durch das Einrichten einer weiteren Messstelle in den Stockbach unmittelbar oberhalb der Mündung in die Wipper lässt sich erfassen, inwieweit Schadstoffe vom Betriebsgelände der MKM GmbH (einschließlich Betriebsdeponie) und ggf. dem ehemaligen Hüttenstandort Kupfer-Silber-Hütte – insbesondere über potentielle Verfrachtungen aus ggf. angebundenen Kanälen/Altkanälen – in die Wipper eingetragen werden.

Um eine zeitlich hochaufgelöste Bilanzierung zu ermöglichen, wird das Einrichten automatischer Probensammler an den vorgeschlagenen Positionen der Wipper-Messstellen empfohlen. Um die Gefahr einer Beschädigung dieser Geräte durch Vandalismus auf ein Minimum zu reduzieren, sind die Probensammler auf Firmengelände zu positionieren. Die Energieversorgung wird durch Akkus sichergestellt, welche ggf. im Rahmen der wöchentlichen Inspektionen zu wechseln sind. Folgende Standorte kommen potentiell in Frage:

 Autom. Probensammler 1: Messposition oberhalb Einmündung Alte Wipper und Stockbach: Positionierung auf Gelände der Wipperpumpstation MKM GmbH (siehe Fotodokumentation, Anlage 3)  Autom. Probensammler 2: Messposition unterhalb Bleihütte und Schmalzgrund/ oberhalb Hadeborn: Fa. Adler GmbH, Am Mühlgraben 10, Hettstedt

Es wird darauf hingewiesen, dass es sich hierbei nur um eine Vorauswahl geeigneter Positionen handeln kann. Die abschließende Position ist in Abstimmung des LHW mit den jeweiligen Grundstückseigentümern und im Rahmen einer Ortsbegehung festzulegen. Da die Wipper ein Gewässer 1. Ordnung darstellt und keine Bundeswasserstraße ist, ist sie Eigentum des Landes. Entsprechende weitere, externe Nutzungsgenehmigungen sind demnach nicht erforderlich.

#### Monitoring-Umfang

Um eine belastbare Datenbasis zu erhalten, ist es erforderlich, die Bilanzebenen bzw. -messstellen über einen repräsentativen Zeitraum und in aussagekräftigen Intervallen zu beproben.

Diesbezüglich wird ein Zeitraum von sechs Monaten für die Gewässerüberwachung an den relevanten Messstellen für geeignet gehalten. Vorzugsweise sollte dieser Zeitraum Frühjahr und Sommer oder Sommer und Herbst umfassen, um unterschiedliche hydrologische und meteorologische Bedingungen abzubilden.

Die Probennahmen und Analysen sollten dabei regulär im zweiwöchentlichen Rhythmus durchgeführt werden. Im Falle von hydrologischen oder meteorologischen Sonderfällen (Hochwasser, Niedrigwasser, Starkregen) ist das Messintervall gezielt zu verdichten (z.B. Anordnung jeweils einer zusätzlichen Sonderprobenahme).

Wir empfehlen weiterhin, auch die bestehenden, im Rahmen der vorliegenden Projektbearbeitung als Bilanzmessstellen betrachteten Messstellen (Wippra, Leimbach, Wiederstedt, Mehringen, Aderstedt) sowie die Messstelle in der Eine unterhalb Aschersleben, im gleichen Rhythmus und Zeitraum zu beproben, um eine vergleichbare Datenbasis über den gesamten Gewässerverlauf zu erhalten.

Die automatischen Probensammler sind so zu programmieren, dass über diese beispielsweise täglich eine Probe aus der Wipper entnommen wird. Im Rahmen der zweiwöchentlichen Probenahme-Kampagnen sind die Proben mit zu entnehmen und ggf. zu einer Gesamtprobe zusammenzuführen. Darüber hinaus ist es erforderlich, im Zuge wöchentlicher Inspektionen die Funktionsweise der Probensammler sicherzustellen und die Akkus zu wechseln.

Tabelle 9.2 fasst das vorgeschlagene Monitoring-Programm für die Bilanzraummessstellen zusammen.

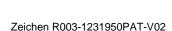




Tabelle 9.2 Zusammenfassung des vorgeschlagenen Monitoring-Programms für detaillierte Untersuchung der Gewässerbilanz

Messstelle	Gewässer	Status	2-wöchentliche & ereignisbezogene	Monatliche Abflussmessung	Autom. Probensammler
			Schöpfprobenahme		
Wippra,	Wipper	Bestand	ja	nein	nein
Leimbach,	Wipper	Bestand	ja	ja	nein
Wiederstedt,	Wipper	Bestand	ja	nein	nein
Mehringen,	Wipper	Bestand	ja	ja	nein
Aderstedt	Wipper	Bestand	ja	nein	nein
Unterhalb	Eine	Bestand	ja	ja	nein
Aschersleben					
Alte Wipper/	Regenbeek	neu	ja	ja	nein
Regenbeeck,					
Mündung					
Stockbach,	Stockbach	neu	ja	ja	nein
Mündung					
Oberhalb	Wipper	neu	ja	nein	ja
Regenbeek					
Unterhalb	Wipper	neu	ja	nein	ja
Bleihütte					

## Monitoring-Parameter

Die Wasserproben sind als Gesamtwasserproben (unfiltriert) auf die Konzentrationen von Kupfer und Zink zu analysieren. Außerdem sind standardfiltrierte Proben (0,45 µm) jeweils auf Selen zu analysieren. Die Bestimmungsgrenzen und Analysenverfahren sind jeweils am Gewässerüberwachungsprogramm zu orientieren.

Darüber hinaus ist an allen Proben der Gehalt der abfiltrierbaren Stoffe (AFS) zu bestimmen. Außerdem sind an den Wipper-Messstellen Leimbach und Mehringen, an der Messstelle in der Eine unterhalb Aschersleben sowie den Zusatz-Messstellen in der Alten Wipper und im Stockbach monatlich sowie einmal ereignisbezogen (insgesamt 7 mal) jeweils der Abfluss mittels Messflügel zu bestimmen.

Wir gehen darüber hinaus davon aus, dass alle weiteren Messstellen, die im Rahmen des regulären Gewässerüberwachungsprogramms beprobt werden, im fraglichen Zeitraum neben Kupfer, Zink und AFS auch auf Selen (gelöst) analysiert werden.

## 9.1.2 Untersuchungen zur weiteren Quellenidentifizierung/-quantifizierung

In diesem Abschnitt werden weiterführende Untersuchungen zur Identifizierung bzw. Quantifizierung einzelner Kupfer- und/oder Zink-, aber auch Selenquellen zum Gewässersystem aufgeführt. Hierbei sind (1) Untersuchungen, die sich auf bereits im Rahmen der bisherigen Projektbearbeitung lokalisierten Quellen beziehen, von (2) Untersuchungen zu unterscheiden, welche dann erforderlich werden, wenn im Rahmen der verbesserten Gewässerbilanzierung (Abschnitt 9.1.1) weitere relevante Quellenbereiche identifiziert bzw. bestätigt werden.

- Zu (1): Identifizierte Quellen mit erforderlichem Handlungsbedarf
  - Ereignisbezogene Beprobung des Grabenwassers um Halde Freieslebenschacht und Wippergraben jeweils unmittelbar vor Zutritt in die Wipper mit Bestimmung der Konzentrationen von Kupfer und Zink an Gesamtwasserproben sowie Selen an standardfiltrierten (0,45 µm) Proben
  - Monatliche sowie ereignisbezogene Bestimmung der Schüttung des Jakob-Adolf-Stollens, des Wiederstedter Stollens sowie ggf. des Wipperstollens sowie zweiwöchentliche Beprobung der Stollenwässer und Bestimmung der Konzentrationen von Kupfer und Zink an Gesamtwasserproben sowie Selen an standardfiltrierten (0,45 µm) Proben
- Zu (2): Ggf. weitere Quellen bei verdichteten Hinweisen aus verbesserter Gewässerbilanzierung:
  - Nach ggf. erfolgter Recherche zur Kanal-/Altkanal-Anbindung der Althütten-Standorte in Hettstedt (Saigerhütte, Bleihütte, Kupfer-Silber-Hütte) ereignisbezogene Beprobung des austretenden Wassers mit anschließender Bestimmung der Konzentrationen von Kupfer und Zink an Gesamtwasserproben sowie Selen an standardfiltrierten (0,45 µm) Proben
  - Recherche der behördlichen Überwachungsdaten zu Einleitungen der MKM GmbH

Darüber hinaus wird empfohlen, im Bilanzraum (3) zwischen den Messstellen Leimbach und Wiederstedt bei normalen Abflussverhältnissen ein Leitfähigkeits-Längsprofil der Wipper aufzunehmen. Hierbei ist die Wipper im besagten Bereich abzugehen und an zugänglichen Stellen Messungen mittels Leitfähigkeitssonde durchzuführen. In Bereichen längerer Zugänglichkeiten ist eine Messung ca. alle 100 m ausreichend. Markante Zutrittspunkte (z.B. Abwasserrohre) sowie Zuflüsse sind über jeweils eine Messung mit zu erfassen. Über Leitfähigkeitsänderungen lassen sich eventuell bisher unerkannte Zuflüsse identifizieren und priorisieren.

## 9.1.3 Untersuchungen zum Transportgeschehen

Aufgrund der rechtlichen Bestimmungen, insbesondere des Vorliegens der relevanten Umweltqualitätsnormen für Kupfer und Zink bezogen auf deren Konzentration am Schwebstoff im
Gewässer, und aufgrund der Tatsache, dass der Transport von Schwermetallen in Oberflächengewässern wesentlich durch deren Bindungsform und Tendenz zur Sorption an Schwebstoffe und
Sedimente bestimmt wird, ist im Rahmen der zusätzlichen Untersuchungen das Augenmerk auf
die tatsächlichen Bindungsformen der Metalle in der Wasserphase zu richten.



- 1) Im Überwachungszeitraum ist ein Stichtag zu bestimmen, zu dem zusätzlich zu den Gesamtwasserkonzentrationen die gelösten Konzentrationen von Kupfer und Zink mittels vorherige Abtrennung der partikulären Fraktion über 0,45 µm Gewebefilter (Standardverfahren) sowie einen noch zu bestimmenden Filter mit geringerer Ausschlussgröße zu bestimmen sind (betrifft Proben aller Gewässerüberwachungsstellen sowie Stollenwässer des Wiederstedter und Jakob-Adolf-Stollens). Die Filtration erfolgt im Feld unmittelbar nach der Probenahme und vor der Stabilisierung der Proben durch Säurezugabe.
- 2) Die standard-filtrierten Proben (0,45 µm) vom Stichtag sind darüber hinaus im Labor einer Vollanalyse (Anionen, Kationen) zu unterziehen. Die so erhaltenen Daten zur chemischen Zusammensetzung sind für die rechnerische Bestimmung der chemischen Gleichgewichtsphasen und der entsprechenden Sättigungszustände zu verwenden.
- 3) Anhand von Schwebstoffprobenahmen an insgesamt 7 Punkten in Wipper (Bilanzmessstellen) und Eine ist zu zwei Zeitpunkten (Frühjahr/Sommer oder Sommer/Herbst) ein Längsprofil der Schwebstoffbeschaffenheit aufzunehmen. Weiterhin ist zu denselben Zeitpunkten jeweils repräsentative, teufenorientierte Sedimentproben (0-0,1 m, 0,1-0,5 m und >0,5 m) aus dem Depot bei Aderstedt zu entnehmen.
  - a) Die Schwebstoffe/Sedimentproben sind mittels einer Kombination konventioneller Siebung und Laserbeugung einer hochauflösenden Korngrößenanalyse zu unterziehen.
  - b) Die Schwebstoffe/Sedimentproben sind mittels ICP-OES / ICP-MS auf ihre elementare Zusammensetzung zu untersuchen. Insbesondere Metallgehalte, die als Proxy für die Genese/Herkunft der Schwebstoffe/Sedimente herangezogen werden können, sind zu berücksichtigen und nachfolgend für eine entsprechende Auswertung zu nutzen. Üblicherweise können dies beispielsweise die Elemente AI, Ti, Zr, Li, Sc, U oder Th sein, da deren Konzentrationen entweder kaum durch menschliche Aktivitäten beeinflusst werden bzw. eine Emission durch menschliche Aktivitäten in der Regel auszuschließen ist. Die Auswertung hat zum Ziel, die Schwebstoff-/Sedimentgehalte der verschiedenen Bilanzräume so weit möglich den jeweiligen Ursprungsgebieten zuzuordnen.
  - c) Die Kupfer- und Zinkkonzentrationen an verschiedenen Korngrößenfraktionen sind nach entsprechender präparativer Separation exemplarisch für zwei Schwebstoffproben zu bestimmen.

#### 9.2 Ergänzende Untersuchungen (optional)

In diesem Abschnitt werden ergänzende Untersuchungen aufgeführt, die zwar zu einer Verbesserung des Systemverständnisses beitragen können, die jedoch als nicht erforderlich für die Ableitung eines Maßnahmenkonzepts und eine belastbare Bewertung der Effektivität zukünftiger Maßnahmen eingeschätzt werden.

Folgende Maßnahmen können hier benannt werden:

- Monatliche und ereignisbezogene (1 Ereignis) Bestimmung der Schüttung der Stahlquelle Neudorf und der Wässer der Antimongrube Wolfsberg sowie des Leinestollens, des Neuen und Alten Eskeborner Stollens sowie des Tilkeröder Stollens sowie zweiwöchentliche Beprobung der Stollenwässer und Bestimmung der Konzentrationen von Kupfer und Zink an Gesamtwasserproben sowie Selen an standardfiltrierten (0,45 µm) Proben,
- Ereignisbezogene Beprobung des Haldensickerwassers der Halde Eckhardthütte mit Bestimmung der Konzentrationen von Kupfer und Zink an Gesamtwasserproben sowie Selen an standardfiltrierten (0,45 μm) Proben,
- Nach ggf. erfolgter Recherche zur Kanal-/Altkanal-Anbindung der Althütten-Standorte in Vatterode-Mansfeld (Leimbach) ereignisbezogene Beprobung der relevanten Kanäle mit anschließender Bestimmung der Konzentrationen von Kupfer und Zink an Gesamtwasserproben sowie Selen an standardfiltrierten (0,45 µm) Proben,
- Nähere Erkundung zum Einfluss des Standortes Galvano Ilberstedt durch ereignisbezogene Schöpfprobenahme oberhalb und unterhalb Standort und Bestimmung der Konzentrationen von Kupfer und Zink an Gesamtwasserproben sowie Selen an standardfiltrierten (0,45 µm) Proben,
- Ereignisbezogene Beprobung von Drainagewasser an 5 ausgewählten Stellen mit repräsentativer Verteilung über das Untersuchungsgebiet am Zutrittspunkt zur Wipper und Bestimmung der Konzentrationen von Kupfer und Zink an Gesamtwasserproben sowie Selen an standardfiltrierten (0,45 µm) Proben,
- Vermessung der Sedimentdepots (angenommen werden 5 Peilstangensondierungen je Depot) am Ellerwiesenwehr, am Wehr Leimbach, am Pfeifenmühlenwehr, am Wehr Sandersleben, am Wehr Groß Schierstedt und bei Bernburg sowie teufenorientierte Probenahme (0-0,1 m, 0,1-0,5 m, >0,5 m) mit anschließender Bestimmung der sedimentgebundenen Konzentrationen von Kupfer, Zink und Selen an Mischproben aus jeweiligen Teufen sowie Korngrößenverteilung- und TOC-Bestimmung an allen Proben.

#### 9.3 Zeitplan

Wie bereits erwähnt, sollte mit den erforderlichen Untersuchungen (Start des verdichteten Monitorings der Bilanzraum-Messstellen sowie identifizierter Quellen mit Handlungsbedarf) möglichst bereits im Frühjahr begonnen werden, um unterschiedliche hydrologische und meteorologische Bedingungen abbilden zu können.

Diesbezüglich wird folgender Zeitplan vorgeschlagen und als realisierbar eingeschätzt:

- Freigabe Untersuchungsprogramm: 1.1.2016
- Erstellung Vergabeunterlagen (Annahme: 1 Verfahren): bis 31.1.2016
- Durchführung und Begleitung Nationales Vergabeverfahren:
  - Angebotsabgabe bis 28.2 2016 (vorbehaltlich ggf. durchzuführender Ortstermine)
  - Angebotsauswertung bis 15.3.2016
  - Beauftragung bis 31.03.2016
- Vorbereitung Gewässer-Messprogramm: bis 15.4.2016



- Durchführung Gewässer-Messprogramm: bis 15.10.2016
- Durchführung weiterer Untersuchungen: bis 15.10.2016
- Übergabe Ergebnisse: bis 31.10. 2016
- Übergabe Auswertung und Berichtslegung: bis 31.01.2017
  - Entwurf bis 16.12.2016
  - Finale Version bis 31.01.2017 (nach vorrangegangener Besprechung)

Es wird empfohlen, zum Beispiel nach 3 Monaten des Monitorings zu prüfen, ob die Untersuchungen weiterer Quellen, wie sie in Kapitel 9.1.2 benannt wurden, erforderlich ist. Demnach kann parallel zum Monitoring der Bilanzraum-Messstellen ggf. bereits mit den zusätzlichen Untersuchungen der weiteren Quellen begonnen werden.

#### 9.4 Kostenschätzung

Basierend auf dem vorgestellten Untersuchungskonzept werden die Kosten für die Ausführung der technischen Leistungen, wie in nachstehender Tabelle 9.3 aufgeführt, geschätzt.

Tabelle 9.3 Kostenschätzung für vorgeschlagenes Untersuchungskonzept

Leistung Höher aufgelöste Gewässerüberwachung (6-monatiges	Anzahl	Einh.	Gesamtpreis
Gewässermonitoring) einschl. genauere Eingrenzung Bilanzraum (3)			39.000,00€
Miete und Installation von 2 automatischen Probensammlern; Annahme: Umzäunte Aufstellplätze im Bereich von Anliegern, Akkubetrieb, Vorhaltezeit: 6 Monate	2	Stck.	
Wartung/Kontrolle automatische Probensammler einschl. 2- wöchentlichen Akkuwechsel	24	Wo.	
14-tägiger Probebetrieb automatischer Probensammler mit arbeitstäglicher Prüfung	1	psch.	
2-wöchentliche Schöpfprobenahme an 10 Überwachungspunkten (5 Haupt-Bilanzierungsmessstellen (Bestand), 2 Zusatzmessstellen in Alte Wipper und Stockbach, 2 Standorte Probensammler sowie 1 Messstelle Zufluss Eine) und Gewinnung der Gesamtwasserproben aus den 2 automatischen Probensammlern (insg. 120 Schöpf-Proben zzgl. 24 Proben aus Probensammler in 12 Kampagnen)	12	Wo.	
Ereignisbezogene Beprobung (angenommen werden 2 Ereignisse) an Überwachungspunkten (10 Stck.)	2	Kamp.	
Gesamtwasseranalytik Cu, Zn, Gelöstanalytik (0,45 µm filtriert) Se (12 Wo x 10 Überwachungspunkte & Proben aus Probensammler + ereignisbezogene Proben)	164	Stck.	

AFS-Bestimmung an Schöpfproben (12 Wo. X 10 Überwachungspunkte & Proben aus Probensammler + ereignisbezogene Proben)	164	Stck.
Analytik gelöst Cu/Zn an Stichtagsproben (10 Überwachungspunkte) je Filtrationsstufe	20	Stck.
Vollanalyse an standard-filtrierten (0,45 μm) Stichtagsproben (10 Überwachungspunkte)	10	Stck.
Abfluss-Bestimmung an 5 Überwachungspunkten in 7 Kampagnen (monatlich + 1x ereignisbezogen)	7	Kamp.
Untersuchung zu Quellen mit erforderlichen Handlungsbedarf		3.000,00€
- Tanatan gozouan		0.000,00
Ereignisbezogene Beprobung Grabenwasser Halde Freieslebenschacht und Wippergraben (angenommen werden 2 Ereignisse)	2	Ereignisse
Zweiwöchentliche Beprobung Jakob-Adolf-Stollen und Wiederstedter Stollen (während Kampagnen Beprobung Bilanzraummessstellen)	12	Wo.
Bestimmung der Schüttung des Jakob-Adolf-Stollens und Wiederstedter Stollen (monatlich + 1x ereignisbezogen im Rahmen der Kampagnen zur Abflussmessung an Bilanz-	_	
Messstellen)	7	Kamp.
Gesamtwasseranalytik Cu, Zn / Gelöstanalytik Se	28	Stck.
Analytik gelöst Cu/Zn an Stichtagsproben Stollen je Filtrationsstufe	4	Stck.
Vollanalyse an standard-filtrierten (0,45 $\mu$ m) Stichtagsproben Stollen	2	Stck.
optional: Zweiwöchentliche Beprobung Wipperstollen, Bestimmung Schüttung und Analytik	1	psch.
Leitfähigkeitsprofil Bilanzraum (3)	1	psch.
Untersuchung zu Quellen bei verdichteten Hinweisen		1.000,00€
Für den Fall, dass Kanalsystem zu Altstandorten Hettstedt recherchiert wurden: ereignisbezogene Beprobung identifizierter Kanäle (es wird davon ausgegangen, dass für jeden Standort Beprobung eines repräsentativen Kanals ausreicht = insg. 3 Kanäle)	2	Ereignisse
Gesamtwasseranalytik Cu und Zn, Gelöstanalytik Se Kanalwasser	6	Stck.



Untersuchung Transportgeschehen			14.000,00€
2 x Längsprofilebeprobung Schwebstoffe Wipper/Eine. Schwebstoffzentrifuge, 7 Pkte. alternativ Hydrozyklon, Normalabfluss vs. Hochwasserabfluss	2	Kamp.	Kommerzielle Anbieter konnten nicht ermittelt werden
teufenorientierte (0-0,1 m, 0,1-0,5m, > 0,5m) Entnahme von Sedimentproben an Standort bei Aderstedt im Zuge Kampagnen Längsprofilbeprobung Hochauflösende Bestimmung der Korngrößenverteilung der Zentrifügenproben und Sedimentproben mittels Laser-		Stok.	
Beugung  Untersuchung Schwermetallkonzentration an unterschiedlichen Partikelfraktionen präparative Separation und Analytik; exemplarisch 2 Proben		Stck.	
TOC Bestimmung Zentrifugen- und Sedimentproben		Stck.	
ICP-OES / ICP-MS Bestimmung pot. Tracer-Elemente (Ti, Zr, U, Th,) zur Fingerprintermittlung und Ableitung Herkunftsgebiete/Quellen Zentrifugen- und Sedimentproben	20	Stck.	
Ergänzende Untersuchungen (optional)			19.000,00€
Zweiwöchentliche Beprobung zusätzlicher Stollen (Stahlquelle Neudorf, Antimongrube, Leinestollen, Neuer und Alter Eskeborner Stollen, Tilkeröder Stollen)  Bestimmung der Schüttung zusätzlicher Stollen (Stahlquelle Neudorf, Antimongrube, Leinestollen, Neuer und Alter	12	Wo.	
Eskeborner Stollen, Tilkeröder Stollen); monatlich + 1x ereignisbezogen, separate An-/Abfahrt	7	Катр.	
Ereignisbezogene Beprobung Haldensickerwässer Eckhardthalde (angenommen werden 2 Ereignisse und 1 Entnahmestelle) Für den Fall, dass Kanalsystem zu Altstandorten	2	Ereignisse	
Vatterode/Leimbach recherchiert wurde, ereignisbezogene Beprobung identifizierter Kanäle (angenommen werden je 1 repräsentativer Kanal pro Altstandort (insg. 3) und 2 Ereignisse)	2	Ereignisse	
Ereignisbezogene Beprobung Drainagewasser (Annahme: 5 Beprobungsstellen und 2 Ereignisse)	2	Ereignisse	
Ereignisbezogene Schöpfprobenahme (angenommen werden 2 Ereignisse) oberhalb und unterhalb Altstandort Galvano Ilberstedt	2	Ereignisse	
Gesamtwasseranalytik Cu und Zn, Gelöstwasseranalytik Se	94	Stck.	

Vermessung von Sedimentdepots an 6 Standorten (Annahme 5 Peilstangensondierungen je Depot) und teufenorientierte Probenahme (Mischproben jeweils aus Teufen 0-0,1 m/ 0,1-0,5 m/ > 0,5 m)	30	Stck.	
Aufbereitung der Sedimentproben und Analytik auf Cu und Zn	18	Stck.	
Korngrößenbestimmung Sedimentproben	18	Stck.	
TOC-Bestimmung Sedimentproben	18	Stck.	
zzgl. Ingenieurleistungen			
Summe Optionalleistungen			20.000,00€
SUMME netto			57.000,00€
zzgl. 19% MwSt.			10.830,00 €
SUMME inkl. MwSt. (ohne Optionalleistungen)			67.830.00 €



#### LITERATUR

ATV (1999): ATV-Arbeitsbericht: Schwermetalle in der aquatischen und terristrischen Umwelt. Vereinigung für Abwasser, Abfall und Gewässerschutz (Hrsg). Hennef: Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik e.V.

Barborowski, M. & von Tümpling, W. (2012): Umsetzung Sedimentmanagementkonzept Schwermetalleinträge Schlüsselstollen in die Saale. Abschlussbericht. Helmholtz Zentrum für Umweltforschung (UFZ), Department Fließgewässerökologie. 40 S.

Baumbach, H., Volkmann, H.K.M. & Wolkersdorfer, C. (2007): Schwermetallrasen auf Hüttenstäuben am Weinberg bei Hettstedt-Burgörner (Mansfelder Land)1 - Ergebnis jahrhundertelanger Kontamination und Herausforderung für den Naturschutz. Hercynia N. F. 40: 87-109.

BGI (2009): Maßnahmeendbericht Sanierung Bleihütte Hettstedt im Rahmen des ÖGP Mansfelder Land. BGI – Ingenieurgesellschaft mbH im Auftrag der MDSE Sanierungs- und Entsorgungsgesellschaft mbH. 32 S.

Bongartz, K., Steel, T.D., Baborowski, M. & Lindenschmidt, K.-E. (2007): Monitoring, assessment and modelling using water quality data in the Saale River Basin, Germany. Environ. Monit. Assess. 135: 227-240.

FGG (2013): Sedimentmanagementkonzept der FGG Elbe. Vorschläge für eine gute Sedimentmanagementpraxis im Elbegebiet zur Erreichung überregionaler Handlungsziele. Flussgebietsgemeinschaft Elbe. 383 S.

Fuchs, S., Reid, L., Tettenborn, F. & Bach, M. (2014): Aktualisierung der Stoffeintragsmodellierung (Regionalisierte Pfadanalyse) für die Jahre 2009 bis 2011. Bericht im Auftrag des Umweltbundesamtes. Projektnummer 28104. 90 S.

Geoflux GbR (2007): Umsetzung d. EG-Wasserrahmenrichtlinie in Sachsen-Anhalt - Ermittlung diffuser Nährstoffeinträge in die Oberflächengewässer des Landes / Teilprojekt 4. Bodenerosionsmodellierung und Ermittlung potentieller Gewässereinträge in Sachsen-Anhalt. Abschlussbericht. 84 S.



G.E.O.S. (2012): Bestandsaufnahme belasteter Altsedimente im Gewässer Wipper, Land Sachsen-Anhalt. Bericht. 36 S.

G.E.O.S. (2014): Extremhochwasser 2013. Vergleichende Sedimentuntersuchungen im Saale-Einzugsgebiet vor und nach dem Hochwasserereignis. Bericht. 55 S.

GSG (2003): Sanierungsarbeiten Wippergrabenhalde Hettstedt. Gesellschaft für Sanierung und Strukturentwicklung Mansfelder Land mbH im Auftrag der MDSE Sanierungs- und Entsorgungsgesellschaft mbH. 8 S.

Hamel, E. (2001): Untersuchungen zum Verhalten von Schwermetallen in kommunalen Kläranlagen unter besonderer Berücksichtigung der Metallanreicherung an Belebtschlämmen. PhD, Universität Oldenburg.

Harzlife (2015): Das Bergbaurevier Tilkerode. Online-Artikel. Autor unbekannt. URL: <a href="http://www.harzlife.de/untertage/bergbaurevier-tilkerode.html">http://www.harzlife.de/untertage/bergbaurevier-tilkerode.html</a>; letzter Zugriff: 25.08.2015

HPC, IHU & GFE (2003): Weitergehende Beschreibung der im Rahmen der Verschmutzung durch Punktquellen und weiterer diffuser Schadstoffquellen ausgewiesenen Risikogebiete im Grundwasser nach der EU-Wasserrahmenrichtlinie (EU-WRRL 2000/60/EG). Risikogebiet 3 – Ökologisches Großprojekt ÖGP Mansfelder Land. Endbericht. 68 S.

ICC (2006): Ausschreibungen Mülldeponie - D-Lutherstadt Eisleben. URL: http://www.icc-hofmann.de/NewsTicker/200610/ausschreibung-217060-2006-DE.html; letzter Zugriff am 06.11.2015.

Bongartz, K., Timothy D. Steele, Martina Baborowski, Karl-Erich Lindenschmidt (2007): Monitoring, assessment and modelling using water quality data in the Saale River Basin, Germany. - Environ Monit Assess, 135: 227–240.

Kropp, J., Roithmeier, O., Hattermann, F., Rachimow, C., Lüttger, A., Wechsung, F., Lasch, P., Christiansen, E.S., Reyer, C., Suckow, F., Gutsch, M., Holsten, A., Kartschall, T., Wodinski, M., Hauf, Y., Conradt, T., Österle, H., Walther, C., Lissner, T., Lux, N., Tekken, V., Ritchie, S., Kossak, J., Klaus, M., Costa, L., Vetter, T., Klose, M. (2009): Klimawandel in Sachsen-Anhalt. Verletzlichkeiten gegenüber den Folgen des Klimawandels, Endbericht des Potsdam-Instituts für Klimafolgenforschung (PIK) im Auftrag des MLU Sachsen-Anhalt, Magdeburg. 183 S.

Lindenschmidt, K.-E., Hesse, C., Baborowski, M., & Guhr, H. (2005a). Modellierung der anorganischen Schadstoffe in der Unteren Saale. Hydrologie und Wasserbewirtschaftung, 49(3): 118–132.

Lindenschmidt, K.-E., Wodrich, R., & Hesse, C. (2006). The effect of scale in modelling inorganic micro-pollutants in the Saale river. Water Quality Research Journal of Canada, 41(1), 24–36. Paulson, A. J. (2001). Biogeochemical removal of Zn and Cd in the Coeur D'Alene River (Idaho, USA), downstream of a mining district. Science of the Total Environment, 278(1–3): 31–44.

Lindenschmidt, K.-E., Fleischbein, K. & Baborwoski, M. (2007): Structural uncertainty in a river water quality modelling system. Ecological Modelling 204: 289-300.

Meier, G. & Jost, G. (2009): Geotechnisch-markscheiderische Risikobewertungen von wasserführenden Stollen im Kupferschieferbergbau. 9. Altbergbau Kolloqium. 11 S.

Mibus, J.-U. (2001): Geochemische Prozesse in Halden des Kupferschieferbergbaus im südöstlichen Harzvorland. Dissertation. 126 S.

Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt Sachsen-Anhalt (2008): Abfallbilanz 2007. Anhang E. Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt im Auftrag des Ministeriums für Landwirtschaft und Umwelt (Hrsg.). 16 S.

Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt Sachsen-Anhalt (2014): Abfallbilanz 2013. Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt im Auftrag des Ministeriums für Landwirtschaft und Umwelt (Hrsg.). 102 S.

MZ online (2001): Müll aus Landkreis nach Edersleben. Redakteur: Hans-Joachim Paduch. URL: <a href="http://www.mz-web.de/sangerhausen/abfallwirtschaft-muell-aus-landkreis--nach-edersleben,20641084,19996254.html">http://www.mz-web.de/sangerhausen/abfallwirtschaft-muell-aus-landkreis--nach-edersleben,20641084,19996254.html</a>; letzter Zugriff: 25.08.2015.

MZ online (2013): Die GkU macht graue Deponie wieder grün.

URL: http://www.genios.de/presse-archiv/artikel/MZ/20131008/die-gku-macht-graue-deponie-wieder-/HC100820137492838.7160168232HE.html; letzter Zugriff am: 05.11.2015.

Oertel, T. & Frühauf, M. (1999): Bedeutung geogener Ursachen für die Schwermetallbelastung von Böden im Mansfelder Land. Hercynia N. F. 32: 111-126.

PIK (2009): Auswirkungen des Klimawandels auf das Wasser im Land Sachsen-Anhalt. Poster.

Schmidt, G. & Frühauf, M. (1997): Untersuchungen zur Bedeutung der Schwermetallemissionen aus den Halden des Mansfelder Kupferschieferbergbaus als Ursache von Boden- und Fließgewässerbelastungen. Hercynia N. F. 30: 177 – 193.



Spilker, M. (2007): Die Stollen im Mansfelder Kupferbergbaurevier. 19 S.

Tauw GmbH (2013): Frachtreduzierung Spittelwasser – Abschlussbericht. Oberflächenwasser-, Sediment- und Auenuntersuchungen, Bewertung und Ableitung von Maßnahmeerfordernissen. 253 S.

TRANSMET (2004): Zur Verbreitung von Metallen aus Bergbaurückständen auf dem Wasserpfad: Elementspezifische Transportmechanismen und Bilanzierung der Metallfrachten im Mansfelder Land (TRANSMET). Projektbericht, UFZ+IfGG. 72 S.

UBA (1994): Ableitung von Zielvorgaben zum Schutz pberirdischer Gewässer für die Schwermetalla Blei, Cadmium, Chrom, Kupfer, Nickel, Quecksilber und Zink. UBA [Hrsg.] im Auftrag des Bund/Länder-Arbeitskreises "Qualitätsziele" (BLAK-QZ): Texte 52/94. 131 S.

UBA (1995): Behandlung von Deponiesickerwasser. In: Stand der Abwassertechnik in verschiedenen Branchen. UBA [Hrsg.]: Texte 72/95. 57 S.

UBA (2010): Berechnung von Stoffeinträgen in die Fließgewässer Deutschlands mit dem Modell MONERIS. Nährstoffe, Schwermetalle und Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe. UBA [Hrsg.]: Texte 45/2010. 207 S.

UBA (2015): Ökologischer Zustand der Fließgewässer. Online-Artikel mit Veröffentlichung auf der Homepage des Umweltbundesamts.

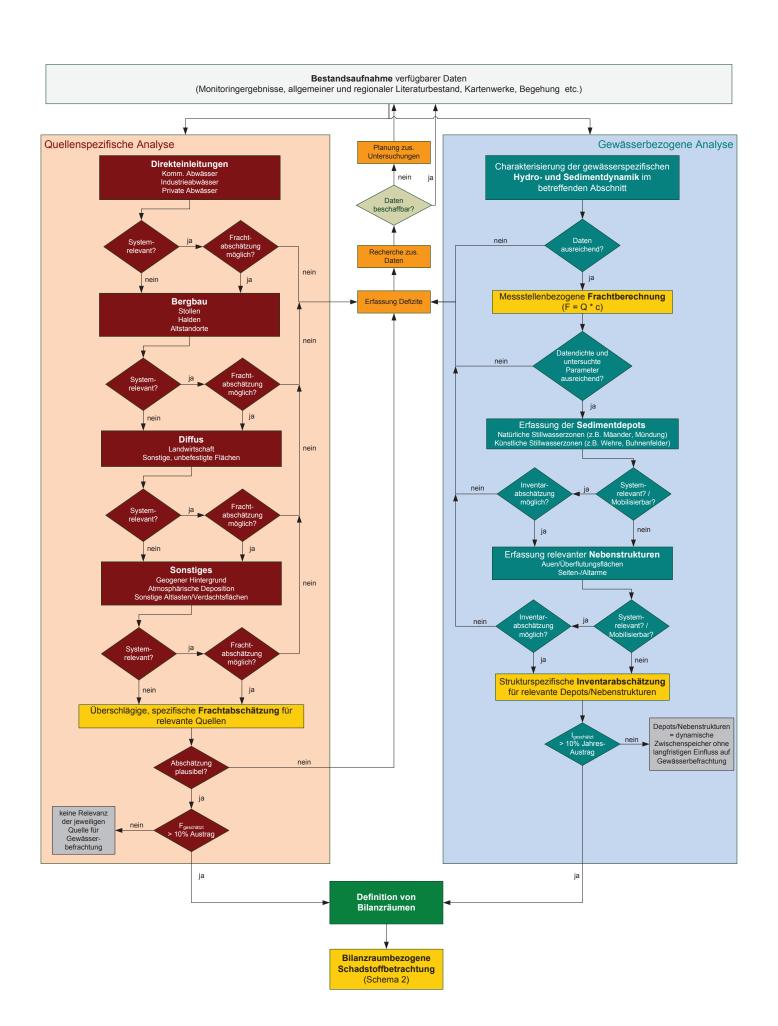
#### URL:

http://www.umweltbundesamt.de/daten/gewaesserbelastung/fliessgewaesser/oekologischerzustand-der-fliessgewaesser; letzter Zugriff: 28.10.2015

Universität Stuttgart. 2014. Ermittlung des Remobilisierungspotentials belasteter Altsedimente in ausgewählten Gewässern Sachsen-Anhalts. Halle (Saale): Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt, 2014.

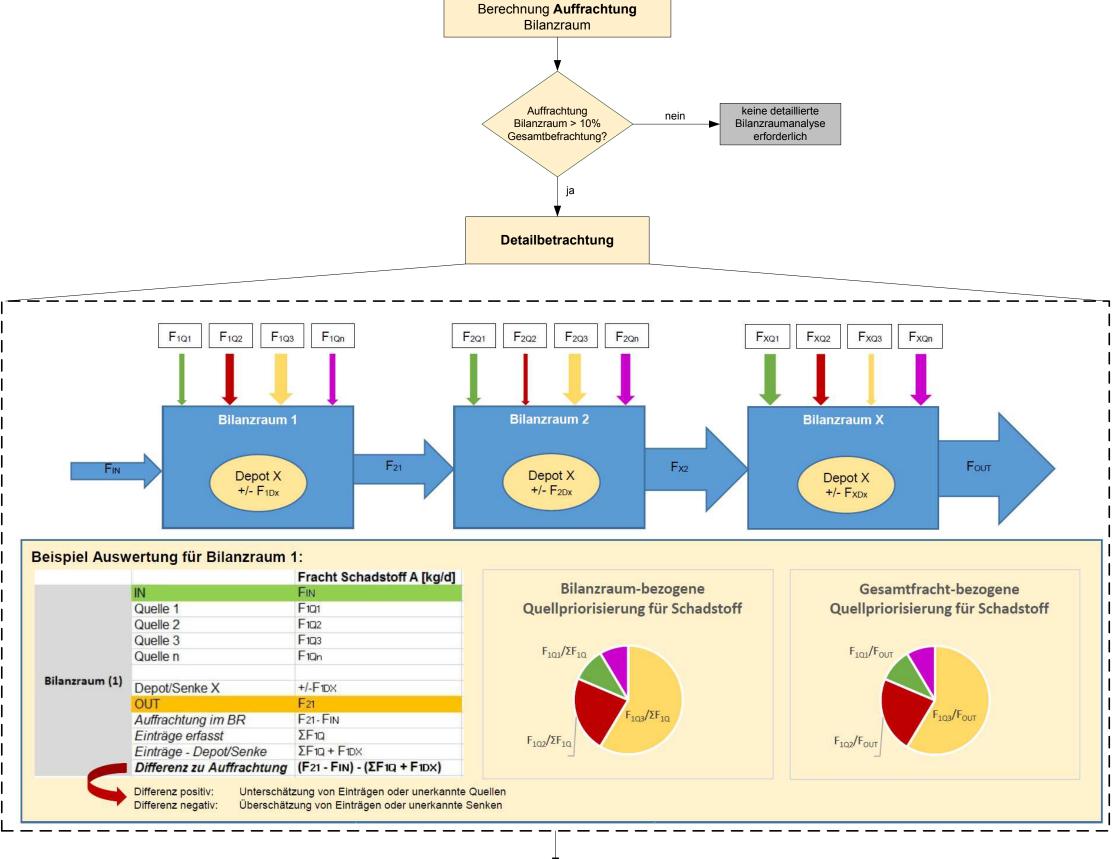
# **Anlage 1**

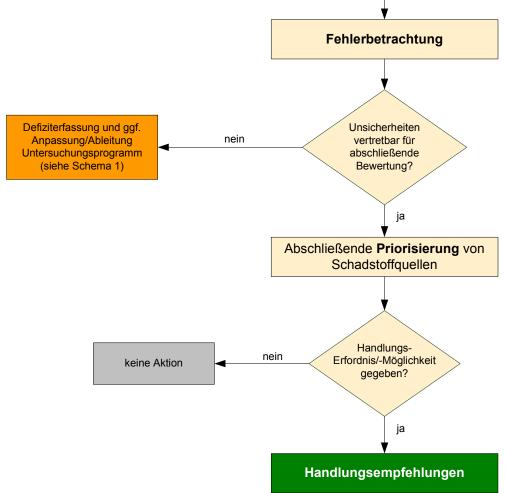
Methodischer Ansatz (Schema 1)



# Anlage 2

Methodischer Ansatz (Schema 2)





# **Anlage 3**

Fotodokumentationen der Gewässerbegehungen Wipper am 19.08.2015 und 23.10.2015

# Inhaltsverzeichnis

1a - Ellerwiesenwehr	8
1b - Halde Eckardthütte	9
2 - Wehr Leimbach	12
3 - Freieslebenschachthalde	13
4 - Pfeifenmühlenwehr Großörner	16
5a - Bleihüttenwehr	18
5b - Halde Lichtloch 26/26S	19
6a - Halde südlich Kläranlage MKM GmbH	23
6b - Kläranlage MKM GmbH	24
7a - Areal Bleihütte	27
8a - Areal Saigerhütte	28
8b Zentral-Kläranlage Hettstedt und Mündung Ölgrundbach	28
9 - Einleitstelle Wiederstedter Stollen	29
10 - Wehr Groß Schierstedt	31
11 - Ruschenmühle	32
12 - Wippereinmündung bei Aderstedt	33
13 - Wehr Sandersleben	34
14 - Einleitstellen MKM GmbH	38
15 - Halden Lichtlöcherberg und Lichtloch 25/25S	41
16 - Wippergrabenhalde	42
17 - Bleihüttengelände	44
Abbildungsverzeichnis	
Abbildung 1: Karte der untersuchten und erfassten Standorte der 1. Bege 19.08.2015	_
Abbildung 2: Wehranlage oberhalb	
Abbildung 3: Blick auf die Wehranlage	
Abbildung 4: Haldenmaterial. Verwitterte Schlacke	
Abbildung 5: Haldenmaterial. Kaum verwitterte Schlacke	
ADDIIUUTU J. HAIUETIITAIETIAI. NAUTT VELWIILETE SUHAUKE	10

Appliaung 6: E	erosionsrinne auf der Halde. Die Wipper Verlauft unternalb der Halde (rechts)	10
Abbildung 7: (	Gefasste Wasseraustrittstelle unterhalb der Halde	11
Abbildung 8: (	Gefasster Wasseraustritt unterhalb der Halde	11
Abbildung 9: \	Wehranlage Oberhalb	12
Abbildung 10:	Wehranlage unterhalb mit Tosbecken und beruhigter Zone im Hintergrund.	12
Abbildung 11:	Haldenabstand zur Wipper. Doppelter Deich	13
Abbildung 12:	Wasserbauliche Einrichtung in der Wipper an der Freieslebenschachthalde. Es konnten keine Sedimentdepots erkann werden.	
Abbildung 13:	Graben entlang der Halde zum Auffangen des Zwischenabflusses ur Oberflächenabflusses aus/ von der Halde. Im Hintergrund sind bevorzugte Fließpfade des oberflächlich abfließenden Wassers zu erkennen	
Abbildung 14:	Fassung des Grabenwassers unterhalb der Halde	15
Abbildung 15:	Bach auf der gegenüberliegenden Seite des Sportplatzes. Dieser mündet etwas unterhalb in die Wipper.	15
Abbildung 16:	Wehranlage oberhalb.	16
Abbildung 17:	Wehranlage unterhalb	17
Abbildung 18:	Einleitendes Rohr unterhalb des Wehres kommend von einer Kleingartensiedlung.	17
Abbildung 19:	Zurückgebautes Bleihüttenwehr, umgestaltet als Sohlgleite	18
Abbildung 20:	Nahezu unbewachsene Böschung der Halde Lichtloch 26/26S (Hintergrund) und unterhalb fließende Wipper	19
Abbildung 21:	Unten rechts Abflussrohr für Graben entlang der Halde. Dieses mündet möglicherweise in die dahinterliegende Wipper.	20
Abbildung 22:	Verschlossenes Rohr neben der Halde	21
Abbildung 23:	Haldenmaterial. Schiefer, stellenweise stark zerkleinert	22
Abbildung 24:	Aufgehaldetes Schiefermaterial (links), doppelter Deich und begrünte Weg. Die Wipper fließt am rechten Bildrand.	
Abbildung 25:	Haldenmaterial: Abraum.	23
Abbildung 26:	Zutrittsstelle 1 (gezählt in Stromrichtung) im Bereich Kläranlage MKN GmbH: Mündung des Stockbachs.	
Abbildung 27:	Zutrittsstelle 2: Aktive Einleitstelle der MKM GmbH	25

Abbildung 28:	Zutrittsstelle 3 der Kläranlage. Ehemalige Einleitstelle der MKM GmbH
Abbildung 29:	Gewässer unterhalb der MKM-Einleitstelle. Auffällig ist eine schaumigmilchige Abstromfahne
Abbildung 30:	Saniertes und begrüntes Gelände der ehemaligen Bleihütte
Abbildung 31:	Mündung des Ölgrundbaches in die Wipper nördlich des Areals Saigerhütte sowie nördlich der Kläranlage Hettstedt28
Abbildung 32:	Aktives Mundloch des sanierten Wiederstedter Stollens
Abbildung 33:	Blick Richtung Mundloch des Wiederstedter Stollens30
Abbildung 34:	Blick auf die Wehranlage
Abbildung 35:	Wehranlage oberhalb31
Abbildung 36:	Wehranlage oberhalb. Abzweigender Bach mit stark verringerter Fließgeschwindigkeit.
Abbildung 37:	Mündung der Wipper in die Saale33
Abbildung 38:	Mündung der Wipper in die Saale. Deutlich erkennbar ist die hohe Schwebstofffracht, die an die Saale abgeben wird
Abbildung 39:	Unterhalb der noch im Bau befindlichen, neuen Wehranlage 34
Abbildung 40:	Karte der untersuchten und erfassten Standorte der 2. Begehung am 23.10.2015.
Abbildung 41:	Einmündung des Stockbach
Abbildung 42:	Stockbach mit Unterführung unter Lichtlöcherberghalde bzw. Kläranlagenareal der MKM GmbH mit Blickrichtung zur Wipper 38
Abbildung 43:	Kläranlage MKM GmbH39
Abbildung 44:	Gegenwärtig genutzte Einleitstelle der MKM GmbH. Im Hintergrund Halde Lichtlöcherberg.
Abbildung 45:	Wipperpumpstation der MKM GmbH (Umlaufwasser). Die Wipper ist links zu sehen40
Abbildung 46:	Verwittertes Abraummaterial der Halde Lichtloch 25/25S4
Abbildung 47:	Graben hinter der Wippergrabenhalde42
Abbildung 48:	Blick vom Plateau der Wippergrabenhalde in Richtung Norden. Links im Tal verläuft die Wipper43
Abbildung 49:	Saniertes Bleihüttengelände mit Regenrückhaltebecken im Vordergrund44
Abbildung 50:	Schacht am Hangfuß44

Abbildung 51: Potentielle Austrittsstelle von abgeleiteten Wässern des	
Bleihüttengeländes45	

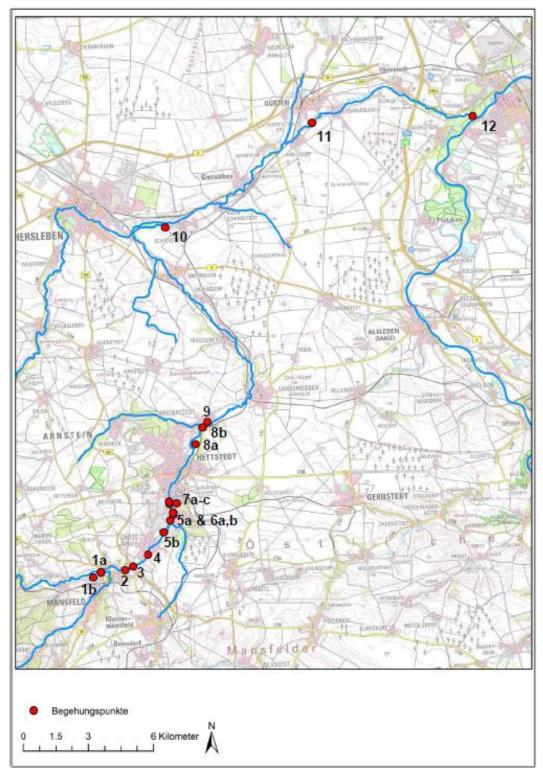


Abbildung 1: Karte der untersuchten und erfassten Standorte der 1. Begehung am 19.08.2015.

Tabelle 1: Zusammenfassung der untersuchten und erfassten Standorte der 1. Begehung am 19.08.2015.

Standort	Tätigkeit	Auffälligkeiten/ Bemerkungen
1a Ellerwiesenwehr	Zustand Altsedimentdepot erfassen	Stillwasserzonen mit vermuteter Sedimentation; Wehr modernisiert
1b Halde Eckardtshütte	Haldenzustand erfassen	teilw. direkt am Gewässer stehend, deutliche Erosionsrinnen mit Gewässeranbindung, v.a. Schlackenmaterial, Bewuchs, gefasste Wasseraustritte unterhalb in Wipper
2 Wehr Leimbach	Zustand Altsedimentdepot erfassen	Stillwasserzonen mit vermuteter Sedimentation
3 Freieslebenschachthalde	Haldenzustand erfassen	haupts. verwitterter Schiefer, Erosionsrinnen, kaum Bewuchs, wassererfüllter Graben entlang der Halde mit mögl. Entwässerung in Wipper, vgl.weise hoher Abstand zur Wipper
4 Pfeifenmühlenwehr Großörner	Zustand Altsedimentdepot erfassen	mögl. Sedimentationsbereiche oberhalb
5a Bleihüttenwehr	Zustand Altsedimentdepot erfassen	Wehr zurückgebaut, keine Ruhewasserzonen
5b Halde Lichtloch 26/26S	Haldenzustand erfassen	teils stark verwitterter Schiefer, ca. 10 m Abstand zur Wipper, Graben entlang der Halde mit mögl. Entwässerung in Wipper
6a Halde südlich Kläranlage MKM GmbH	Haldenzustand erfassen	haupts. verwitterter Schiefer, bewachsener Randstreifen, relativ hoher Deich
6b Einleitstelle MKM GmbH	Lokalisierung und Zustandserfassung Einleitstellen	1 aktive Einleitstelle, schaumig-milchige Abstromfahne
7a Areal Bleihütte	Zustand erfassen	saniert mit einer Wasserhaushaltsschicht, nicht zugänglich
7b Wipperstollen	Lokalisierung und Zustandserfassung Einleitstellen	Wipper nicht begehbar
7c Hoheiter Stollen	Lokalisierung und Zustandserfassung Einleitstellen	Wipper nicht begehbar
8a Areal Saigerhütte	ggf. Erfassung Einleitstelle, Zustandserfassung Altstandort	Gelände nicht begehbar, Areal saniert
8b Zentral-Kläranlage Hettstedt und Mündung Ölgrundbach	Lokalisierung und Zustandserfassung Mündung, ggf. Einleitstellen erfassen	keine Auffälligkeiten Mündung Ölgrundbach, Einleitung KA nicht gefunden

9 Einleitstelle Wiederstedter Stollen	Lokalisierung und Zustandserfassung Einleitstellen	Aktives, saniertes Mundloch mit Austritt klaren Wassers
10 Wehr Groß Schierstedt	Zustand Altsedimentdepot erfassen	Stillwasserzonen mit vermuteter Sedimentation
11 Ruschenmühle	Zustand Altsedimentdepot erfassen	nicht aufgefunden
12 Wippereinmündung bei Aderstedt	Zustand Altsedimentdepot erfassen	deutlicher Schwebstoffaustrag in Saale beobachtbar

## 1a - Ellerwiesenwehr

Aufgrund starker Trübung keine Sedimentdepots erkennbar. Oberhalb rechtsseitig: Stillwasserzone mit vermuteter starker Sedimentation. Unterhalb rechtsseitig Stillwasserzone mit vermuteter Sedimentation. Modernisierter Zustand.



Abbildung 2: Wehranlage oberhalb.



Abbildung 3: Blick auf die Wehranlage.

### 1b - Halde Eckardthütte

Die Halde besteht hauptsächlich aus Schlackenmaterial unterschiedlicher Verwitterungsstufe (Abbildung 4; Abbildung 5). Der Abstand zur Wipper beträgt 5 bis 15 m. Auffällig sind Erosionsrinnen, die in Richtung Wipper verlaufen (Abbildung 6). Weiterhin konnten z.T. gefasste Wasseraustritte am Haldenfuß mit Anbindung an die Wipper beobachtet werden. Es trat klares, äußerlich unauffälliges Wasser aus (Abbildung 7; Abbildung 8).



Abbildung 4: Haldenmaterial. Verwitterte Schlacke.



Abbildung 5: Haldenmaterial. Kaum verwitterte Schlacke.



Abbildung 6: Erosionsrinne auf der Halde. Die Wipper verläuft unterhalb der Halde (rechts).



Abbildung 7: Gefasste Wasseraustrittstelle unterhalb der Halde.



Abbildung 8: Gefasster Wasseraustritt unterhalb der Halde.

### 2 - Wehr Leimbach

Aufgrund starker Trübung keine Sedimentdepots erkennbar. Vermuteter Sedimentationsbereich oberhalb durch verringerte Fließgeschwindigkeit über die gesamte Breite. Sowie oberhalb rechtsseitig: Stillwasserzone mit vermuteter starker Sedimentation. Unterhalb rechtsseitig Stillwasserzone mit vermuteter Sedimentation.



Abbildung 9: Wehranlage Oberhalb.



Abbildung 10: Wehranlage unterhalb mit Tosbecken und beruhigter Zone im Hintergrund.

### 3 - Freieslebenschachthalde

Die Halde besteht hauptsächlich aus Schiefermaterial mit z.T. hohem Verwitterungsgrad. Dazu wurde auch ockerfarbenes Gestein (vmtl. verwittert) vorgefunden. Die Halde ist kaum bewachsen. Der Abstand zur Wipper beträgt ca. 25 m und ist geprägt durch einen zweifachen Deich, sodass auch bei Hochwasser keine Anspülung der Halde möglich scheint (Abbildung 11). Über die Halde verteilt befinden sich einige, visuell erkennbare Erosionsrinnen. Auffällig ist ein Graben entlang der Halde in dem das Haldenwasser (Zwischenabfluss, Oberflächenabfluss) gesammelt wird (Abbildung 13). Dieser endet neben dem Sportplatz in einem Rohr. Das Rohr könnte am anderen Ende des Sportplatzes in einen Bach münden, der sein Wasser an die Wipper abgibt (Abbildung 14; Abbildung 15).



Abbildung 11: Haldenabstand zur Wipper. Doppelter Deich.



Abbildung 12: Wasserbauliche Einrichtung in der Wipper an der Freieslebenschachthalde. Es konnten keine Sedimentdepots erkannt werden.

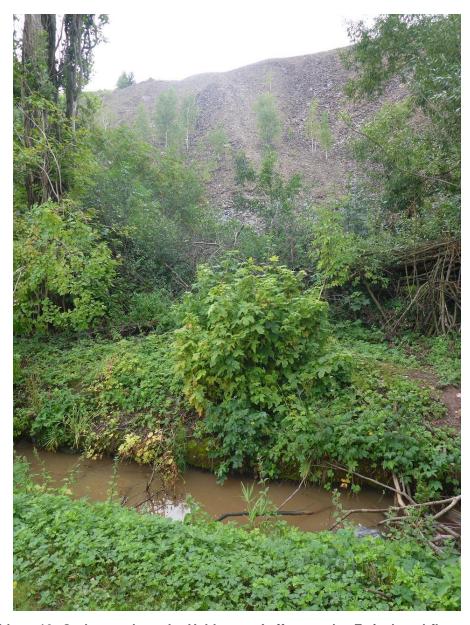


Abbildung 13: Graben entlang der Halde zum Auffangen des Zwischenabflusses und Oberflächenabflusses aus/ von der Halde. Im Hintergrund sind bevorzugte Fließpfade des oberflächlich abfließenden Wassers zu erkennen.



Abbildung 14: Fassung des Grabenwassers unterhalb der Halde.



Abbildung 15: Bach auf der gegenüberliegenden Seite des Sportplatzes. Dieser mündet etwas unterhalb in die Wipper.

### 4 - Pfeifenmühlenwehr Großörner

Aufgrund starker Trübung keine Sedimentdepots erkennbar. Vermuteter Sedimentationsbereich oberhalb durch verringerte Fließgeschwindigkeit über die gesamte Breite. Keine beruhigten Bereiche unterhalb der Wehranlage. Unterhalb der Wehranlage befindet sich ein Rohr, das vermutlich für die Abwassereinleitung einer Kleingartensiedung genutzt wird (Abbildung 18). Zum Zeitpunkt der Begehung wurde nur ein leichter Wasseraustritt festgestellt.



Abbildung 16: Wehranlage oberhalb.



Abbildung 17: Wehranlage unterhalb.



Abbildung 18: Einleitendes Rohr unterhalb des Wehres kommend von einer Kleingartensiedlung.

## 5a - Bleihüttenwehr

Zurückgebautes Bleihüttenwehr im Bereich der Kläranlage der MKM GmbH. Aufgrund hoher Fließgeschwindigkeit und starker Turbulenz werden keine Sedimentdepots vermutet. Links sichtbar: Aktive Einleitstelle MKM GmbH.



Abbildung 19: Zurückgebautes Bleihüttenwehr, umgestaltet als Sohlgleite.

#### 5b - Halde Lichtloch 26/26S

Die Halde besteht hauptsächlich aus Schiefermaterial (Abbildung 25). Nur vereinzelt wird Schlacke angetroffen. Im Vergleich zur Halde Eckardthütte ist auf dieser Halde ein hoher Anteil an feinkörnigem, vermutlich durch Verwitterung des Schiefers entstandenes Material anzutreffen. Der Abstand zur Wipper beträgt mindestens 10 m. Die Deichhöhe kann als relativ gering eingeschätzt werden. Somit ist eine Anspülung der Halde bei Hochwasser prinzipiell möglich (Abbildung 24). Auffällig ist ein nicht-wassererfüllter Graben entlang der Halde, welcher in einem Rohr endet. Das andere Ende des Rohrs konnte nicht ausfindig gemacht werden, allerdings zeigte es in Richtung der Wipper (Abbildung 21).



Abbildung 20: Nahezu unbewachsene Böschung der Halde Lichtloch 26/26S (Hintergrund) und unterhalb fließende Wipper.



Abbildung 21: Unten rechts Abflussrohr für Graben entlang der Halde. Dieses mündet möglicherweise in die dahinterliegende Wipper.



Abbildung 22: Verschlossenes Rohr neben der Halde.



Abbildung 23: Haldenmaterial. Schiefer, stellenweise stark zerkleinert.

#### 6a - Halde südlich Kläranlage MKM GmbH

Die Halde besteht hauptsächlich aus z.T. stark verwitterten Schiefermaterial (Abbildung 25). Auffällige Erosionsrinnen konnten nicht ausfindig gemacht werden. Bis zur Wipper beträgt der Abstand ca. 15 m. Aufgrund eines zweifachen Deiches mit Zaun und bewachsenen Randstreifen ist einerseits eine Anspülung der Halde bei Hochwasser auszuschließen und andererseits eine Abspülung von Haldenmaterial in die Wipper unwahrscheinlich (Abbildung 24). Allerdings konnte kein Graben zur Sammlung des Haldensicker- bzw. Oberflächenwassers gefunden werden. Dadurch ist ein diffuser Zutritt in die Wipper denkbar.



Abbildung 24: Aufgehaldetes Schiefermaterial (links), doppelter Deich und begrünter Weg. Die Wipper fließt am rechten Bildrand.



Abbildung 25: Haldenmaterial: Abraum.

#### 6b - Kläranlage MKM GmbH

Im Bereich der Kläranlage der MKM GmbH lassen sich drei markante Zutrittsstellen innerhalb von ca. 150 m Fließstrecke der Wipper erkennen (Abbildung 26; Abbildung 27; Abbildung 28; Abbildung 29). Lediglich zwei zeigten zum Zeitpunkt der Begehung eine auffällige Schüttung. Bei der ersten Wasserzutrittsstelle (Abbildung 26) handelt es sich um den Zufluss des Stockbachs. Eine schaumig-milchige Abstromfahne (Länge ca. 10 m) konnte in der Wipper unterhalb des Wasserzutritts aus der zweiten Zutrittstelle beobachtet werden. Die Schüttung war markant, wobei das Wasser aus einem Rohr austrat (Abbildung 27). Es handelt sich hierbei um die gegenwärtig genutzte Einleitstelle der MKM GmbH. Die dritte Zutrittsstelle wurde als ehemalige Einleitstelle der MKM GmbH identifiziert.



Abbildung 26: Zutrittsstelle 1 (gezählt in Stromrichtung) im Bereich Kläranlage MKM GmbH: Mündung des Stockbachs.



Abbildung 27: Zutrittsstelle 2: Aktive Einleitstelle der MKM GmbH.



Abbildung 28: Zutrittsstelle 3 der Kläranlage. Ehemalige Einleitstelle der MKM GmbH.



Abbildung 29: Gewässer unterhalb der MKM-Einleitstelle. Auffällig ist eine schaumig-milchige Abstromfahne.

### 7a - Areal Bleihütte

Der sanierte, ehemalige Hüttenstandort war nicht begehbar. Er wurde mit einer technisch geplantenten, systematischen Abdeckung überdeckt, sodass große Mengen an Sickerwasser auszuschließen sind (Abbildung 30).



Abbildung 30: Saniertes und begrüntes Gelände der ehemaligen Bleihütte.

#### 8a - Areal Saigerhütte

Keine Zugänglichkeit zum Areal Saigerhütte. Offensichtlich keine Sanierung des Areals. Einleitstellen in die Wipper waren nicht auffindbar bzw. zugänglich. Ein diffuser Zutritt oberflächlich abfließenden Wassers ist daher denkbar.

# 8b Zentral-Kläranlage Hettstedt und Mündung Ölgrundbach

Die Kläranlage liegt nördlich des Areals Saigerhütte. In diesem Bereich mündet ebenfalls der Ölgrundbach in die Wipper (Abbildung 31). Es konnten weder die Einleitstellen der Kläranlage, noch auffällige Sedimentdepots gesichtet werden.



Abbildung 31: Mündung des Ölgrundbaches in die Wipper nördlich des Areals Saigerhütte sowie nördlich der Kläranlage Hettstedt.

# 9 - Einleitstelle Wiederstedter Stollen

Aktives Mundloch des sanierten Wiederstedter Stollens (Abbildung 32). Das Stollenwasser wird über einen Graben der Wipper zugeleitet.



Abbildung 32: Aktives Mundloch des sanierten Wiederstedter Stollens.



Abbildung 33: Blick Richtung Mundloch des Wiederstedter Stollens.

# 10 - Wehr Groß Schierstedt

Aufgrund starker Trübung keine Sedimentdepots erkennbar. Oberhalb rechtsseitig: beruhigte Zone mit vermuteter starker Sedimentation (Abbildung 36). Keine beruhigten Bereiche unterhalb der Wehranlage (Abbildung 34). Modernisierter Zustand.



Abbildung 34: Blick auf die Wehranlage.



Abbildung 35: Wehranlage oberhalb.



Abbildung 36: Wehranlage oberhalb. Abzweigender Bach mit stark verringerter Fließgeschwindigkeit.

# 11 - Ruschenmühle

Nicht auffindbar bzw. möglicher Standort war nicht komplett begehbar.

# 12 - Wippereinmündung bei Aderstedt

Aufgrund starker Trübung keine Sedimentdepots erkennbar. Auffällig ist der hohe Schwebstoffanteil der Wipper, der in die Saale abgegeben wird (deutlicher Farbwechsel; Abbildung 38). Die ruhige, gleichmäßige Fließgeschwindigkeit deutet auf starke Sedimentation hin.



Abbildung 37: Mündung der Wipper in die Saale.



Abbildung 38: Mündung der Wipper in die Saale. Deutlich erkennbar ist die hohe Schwebstofffracht, die an die Saale abgeben wird.

#### 13 - Wehr Sandersleben

Das Wehr wurde zusätzlich gesichtet, war jedoch nur bedingt zugänglich. Oberhalb: beruhigte Fließgeschwindigkeit mit vermuteter Sedimentation. Unterhalb waren zum Zeitpunkt der Begehung keine beruhigten Bereiche erkennbar (Abbildung 39). Modernisierter Zustand.



Abbildung 39: Unterhalb der noch im Bau befindlichen, neuen Wehranlage.

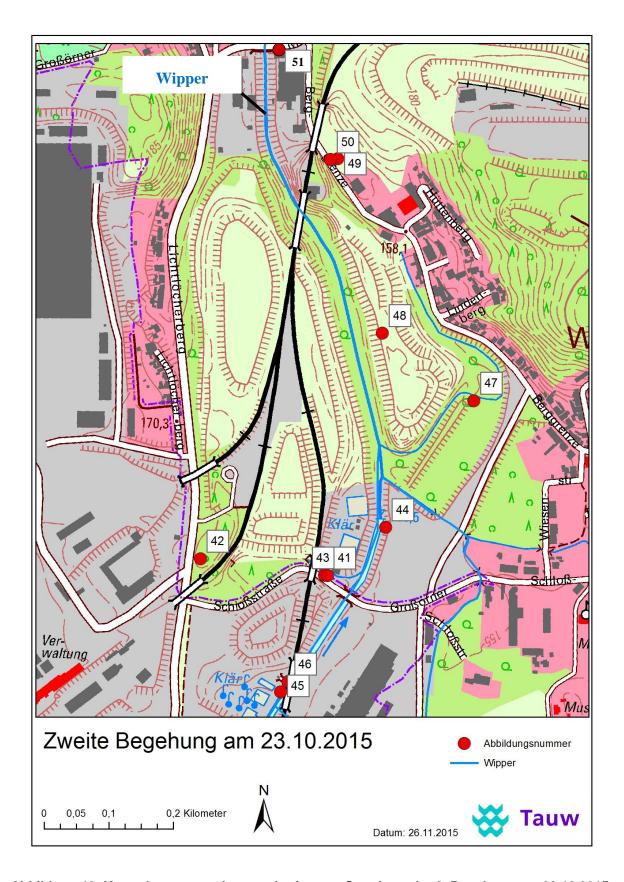


Abbildung 40: Karte der untersuchten und erfassten Standorte der 2. Begehung am 23.10.2015.

Tabelle 2: Zusammenfassung der untersuchten und erfassten Standorte der 2. Begehung

Begehungspunkt	Ziel der Begehung	Auffälligkeit	Abbildung
Einleitstellen MKM GmbH	Prüfung auf bestehende Einleitungen	Südliche Einleitstelle identifiziert als Zulauf Stockbach	Abbildung 41 (Mündung Stockbach) und 42
	Visuelle Begutachtung Einleitstellen	Mittlere Einleitstelle (Rohr) zeigt keine Schüttung wie bei erster Begehung; Bestätigung, dass dies gelegentlich genutzte Einleitstelle der Betriebskläranlage MKM GmbH	Abbildung 43 (Kläranlage MKM GmbH)
		Nördliche Einleitstelle trocken → keine Einleitung zu erwarten  Wienereumpstetien MKM güdlich Holde Lightloch 25/255 → keine Einleitungen	Abbildung 44 (gegenwärtig genutzte Einleitstelle MKM GmbH)
		Wipperpumpstation MKM südlich Halde Lichtloch25/25S → keine Einleitungen	Abbildung 45 (Wipperpumpstation)
Halden Lichtlöcherberg und Lichtloch 25/25S	Prüfung der Anbindung der Halde an Wipper	Keine Begehung der Wipper zw. Halden Lichtlöcherberg und Wippergrabenhalde möglich	Hintergrund von Abbildung 44
	Visuelle Begutachtung des Haldenzustands	Blick aus Ferne zeigt steile Böschung und fehlende Abdeckung des Materials im Böschungsbereich → ereignisbezogene Erosion und Einspülung von Material in Wipper bei Starkregen wahrscheinlich	Abbildung 46 (Verwittertes Abraummaterial der Halde Lichtloch 25/25S)
		Visuelle Begutachtung des Haldenmaterials der kleineren Halde Lichtloch 25/25S zeigt grünliche Verfärbung (vmtl. Verwitterung Cu-haltiger Minerale)	

Begehungspunkt	Ziel der Begehung	Auffälligkeit	Abbildung
Wippergrabenhalde	Prüfung der Anbindung der Halde an Wipper	Keine Begehung der Wipper zw. Halde Lichtlöcherberg und Wippergrabenhalde möglich	Abbildung 47: Graben um Halde (Ostseite)
	Visuelle Begutachtung des Haldenzustands	Bei Begehung hinter Halde konnte Graben entdeckt werden, über welche Haldenwässer gefasst und südlich der Halde in die Wipper gelangen (Mündungsbereich trocken zum Zeitpunkt der Begehung, jedoch offensichtlich ereignisbezogen markante Abflüsse)	Abbildung 48: Blick vom Plateau
		Blick von Haldenplateau zeigt steile Böschung und fehlende Abdeckung des Materials im Böschungsbereich → ereignisbezogene Erosion und Einspülung von Material in Wipper bei Starkregen wahrscheinlich	
Bleihüttengelände	Prüfung auf Kanalanbindung des Geländes zur Wipper	Trockenes RW-Rückhaltebecken	Abbildung 49-51
		Schacht, über welchen vermutlich Überlaufwasser aus Rückhaltebecken abgeführt wird	
		Unterhalb Brücke, rechtsseitig gemauertes Mundloch sichtbar (Wipperstollen?), über welches ggf. ablaufende Wässer vom Bleihüttengelände in die Wipper gelangen könnten; kein Wasseraustritt zum Zeitpunkt der Begehung	
Hoheiter Stollen, Jacob- Stollen und Jacob-Adolf- Stollen	Überprüfung des Zustands / der gegenwärtigen Schüttung	Nicht aufgefunden	-
Areal Saigerhütte	Prüfung auf Kanalanbindung des Geländes zur Wipper	Areal nicht zugänglich; Visuelle Beurteilung der Anbindung zur Wipper nicht möglich	-

### 14 - Einleitstellen MKM GmbH

Südliche Zutrittsstelle im Bereich Kläranlage identifiziert als Zulauf des Stockbachs.



Abbildung 41: Einmündung des Stockbach.



Abbildung 42: Stockbach mit Unterführung unter Lichtlöcherberghalde bzw. Kläranlagenareal der MKM GmbH mit Blickrichtung zur Wipper.



Abbildung 43: Kläranlage MKM GmbH

Mittlere Zutrittsstelle zeigt keine Schüttung wie bei erster Begehung. Daraus ergibt sich, dass diese nur gelegentlich zur Einleitung von Abwässern aus der Betriebskläranlage MKM GmbH genutzt wird. Die nördliche Einleitstelle ist trocken. Hierüber sind keine Einleitungen zu erwarten. Im Hintergrund sichtbar: Halde Lichtlöcherberg.



Abbildung 44: Gegenwärtig genutzte Einleitstelle der MKM GmbH. Im Hintergrund Halde Lichtlöcherberg.

Die Wipperpumpstation der MKM GmbH (Umlaufwasser) ist südlich der Halde Lichtloch 25/25S gelegen. Es werden keine Einleitungen von Abwasser in die Wipper getätigt. Die Wipper ist links im Bild zu erkennen. Dieser Standort eignet sich möglicherweise zum Aufstellen eines automatischen Probensammlers im Zuge des erweiterten Untersuchungskonzepts.



Abbildung 45: Wipperpumpstation der MKM GmbH (Umlaufwasser). Die Wipper ist links zu sehen.

### 15 - Halden Lichtlöcherberg und Lichtloch 25/25S

Das verwittertes Abraummaterial der Halde Lichtloch 25/25S (südlich Lichtlöcherberg) weist grünliche Verfärbung auf (ggf. Malachit). Das deutet auf Cuhaltiges Material hin. Auf Abbildung 44 ist zu erkennen, dass die Lichtlöcherberg-Halde eine steile Böschung aufweist. Weiterhin fehlt eine Abdeckung des Haldenmaterials im Böschungsbereich. Bei Starkregen sind Erosion und Einspülung von Material in die Wipper zu erwarten.

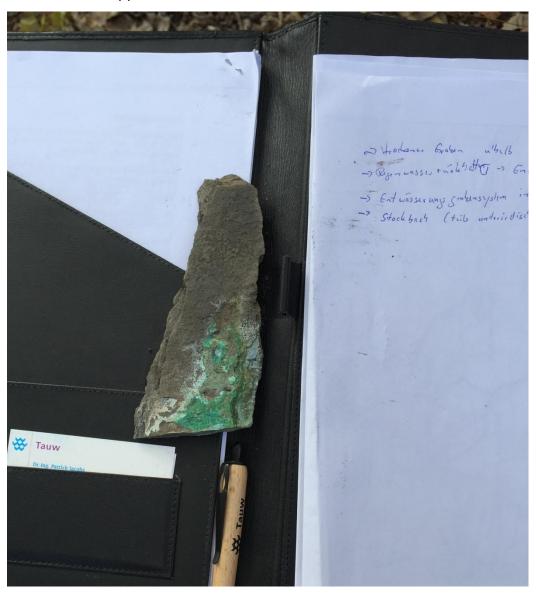


Abbildung 46: Verwittertes Abraummaterial der Halde Lichtloch 25/25S.

# 16 - Wippergrabenhalde

Über den Graben hinter der Wippergrabenhalde werden höchstwahrscheinlich Haldenwässer vom Ost- und Südhang der Halde gesammelt und südlich der Halde der Wipper zugeführt. Der Mündungsbereich lag zum Aufnahmezeitpunkt trocken, jedoch waren Rückstände von ereignisbezogenen, unter Umständen markanten Abflüssen zu erkennen.



Abbildung 47: Graben hinter der Wippergrabenhalde.

Auffällig beim Blick von der Wippergrabenhalde waren der steile Böschungswinkel zur Wipper sowie die fehlende Haldenbedeckung im Böschungsbereich. Dies führt höchstwahrscheinlich bei stärkeren Niederschlägen zur Abspülung von Material. Links im Tal verläuft die Wipper, welche im Bereich des Haldenfußes nicht begehbar war.



Abbildung 48: Blick vom Plateau der Wippergrabenhalde in Richtung Norden. Links im Tal verläuft die Wipper.

# 17 - Bleihüttengelände

Das sanierte Bleihüttengelände zeichnet sich durch eine Vegetationsdecke (technisch geplante, systematische Abdeckung) aus. Abfließendes Wasser wird in Rückhaltebecken gesammelt und versickert. Eines der besichtigten Becken (siehe Abbildung 49) war zum Zeitpunkt der Begehung trocken. Im Falle von Starkregenereignissen und hohen Abflüssen gelangt das überlaufende Wasser in ein Kanalsystem mit Anbindung zur Wipper (Entwässerung über Wipperstollen). Über den Schacht am Hangfuß wird vermutlich das Überlaufwasser aus dem Rückhaltebecken abgeführt.



Abbildung 49: Saniertes Bleihüttengelände mit Regenrückhaltebecken im Vordergrund.



Abbildung 50: Schacht am Hangfuß.

Unterhalb der Brücke wurde ein gemauertes Mundloch gesichtet (rechtsseitig der Wipper), aus dem möglicherweise ablaufende Wässer vom Bleihüttengelände in die Wipper gelangen können. Zum Zeitpunkt der Begehung trocken. Potentiell könnte es sich hierbei um das Mundloch des Wipperstollens handeln.

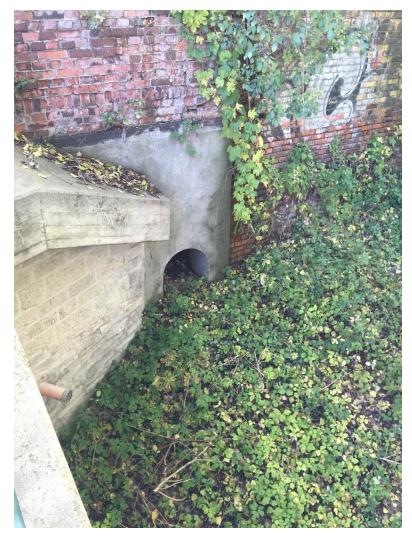


Abbildung 51: Potentielle Austrittsstelle von abgeleiteten Wässern des Bleihüttengeländes.

# Anlage 4

Excel-Tabellen zur Frachtberechnung (aufgeschlüsselt nach Quelltypen)

# Frachtberechnung Stolleneinträge

	Qmittel [l/s]	Cu mittel [µg/l]	Zn min [µg/l]	Zn mittel [µg/l]	Cu mittel [kg/a]	Cu, gesamt mittel [kg/d]	Zn mittel [kg/a]	Zn, gesamt mittel [kg/d]
Antimongrube Wolfsberg	3,86	2,10	25,00	38,40	0,26	0,00	4,67	0,01
Hoheiter Stollen	8,45	203,00	570,00	570,00	54,10	0,15	151,89	0,42
Jakob-Adolf-Stollen	4,46	43,90	705,00	1005,70	6,17	0,02	141,45	0,39
Wiederstedter Stollen	30,14	78,90	2620,00	2797,80	74,99	0,21	2659,30	7,29
Neuer Eskeborner Stollen	1,50	1,00	<10	5,00	0,05	0,00	0,24	0,00
Alter Eskeborner Stollen	1,42	1,50	12,00	14,00	0,07	0,00	0,63	0,00
Tilkeröder Stollen	3,00	1,00	<10	10,50	0,09	0,00	0,99	0,00
Stollen GESAMT					135,73	0,37	2959,17	8,11

rot hinterlegt: halbmax. BG angesetzt

blau hinterlegt: Abfluss geschätzt über Stollenlänge

Datengrundlage (Q und Konz.)
Analysendaten\_Stollen2000\_2004.xls
Stollendaten\_ehem\_RB\_Halle.xls

### Frachtberechnung Haldeneinträge

	Fläche [m²]	Abfluss max [m³/a]	Abfluss mittel [m³/a]	Faktor [-]	Fracht Zn max [kg/a]	Fracht Zn mittel [kg/a]	Fracht Cu max. [kg/a]	Fracht Cu mittel [kg/a] Fracht Cu, gesamt max. [kg/d]	Fracht Zn, ges	samt max. [kg/d]
Schlackenhalde Eckhardthütte	146643,91	15250,97	4252,67	0,50	343,15	95,69	2,14	0,60	0,01	0,94
Freieslebenschacht	171596,56	17846,04	4976,30	1,00	803,07	223,93	5,00	1,39	0,01	2,20
Lichtlochhalden 26/26S	94578,82	9836,20	2742,79	0,50	221,31	61,71	1,38	0,38	0,00	0,61
Lichtlöcherberg&Lichtloch25/25S	137877,13	14339,22	3998,44	0,25	161,32	44,98	1,00	0,28	0,00	0,44
Wippergraben	37500,00	3900,00	1087,50	0,25	43,88	12,23	0,27	0,08	0,00	0,12
	Halden Sickerwasser GESAMT								0,03	4,31

Datengrundlage		
	max.	Quelle
max. klimat. Wasserbilanz Raum Hettstedt,berechnet [mm/a]	104	Kropp et al. 2009
mittlere klimat. Wasserbilanz Raum Hettstedt,berechnet [mm/a]	29	Kropp et al. 2009
Zn max. [µg/l]	45000	Mibus 2001
Cu max. [µg/l]	280	Mibus 2001
		GIS-Unterlagen Halden-
Haldenfläche		Deponie-Standorte

### Frachtberechnung Einleiter

Industrieeinleiter	Art Abwasser	Qmax [m³/a]	Cu max [µg/l]	Zn max [µg/l] Frac	cht Cu [kg/a] F	racht Cu [kg/d] I	Fracht Zn [kg/a]	Fracht Zn [kg/d] Datengrundlage/Quelle
Mansfelder Kupfer- und Messing GmbH	mech. behandelt Produktion	20000,00	500,00	1000,00	10,00	0,03	20,00	0,05 Vol. und Konz. aus Wasserbuch
•	mech. behandelt	450000,00	500,00	500,00	225,00	0,62	225,00	0,62 Vol. und Konz. aus Wasserbuch
	mechbiol. behandelt	1000000,00	500,00	0,00	500,00	1,37	0,00	0,00 Vol. und Konz. aus Wasserbuch
	mechbiol. behandelt	5000,00	500,00	1000,00	2,50	0,01	5,00	0,01 Vol. und Konz. aus Wasserbuch
	gesamt	1475000,00			737,50	2,02	250,00	0,68 Vol. und Konz. aus Wasserbuch
Mansfelder Kupfer- und Messing GmbH	gesamt				5,00	0,01	250,00	0,68 nach Angaben Eigenüberwachung bzgl. Cu / Zn: Daten aus Wasserbuch
Mansfelder Aluminiumwerk GmbH	gesamt	17000,00	500,00	1000,00	8,50	0,02	17,00	0,05 Konz. Cu&Zn: AbwV Anhang 39; Vol. aus Wasserbuch
Industrie GESAI	MT				13,50	0,04	267,00	0,73
7-ntrolld=ronlesson								
Zentralkläranlagen Königerode	biol. behandelt	75600	5	30	0,38	0,00	2,27	0,01 Vol.: Wasserbuch; Konz. Cu&Zn: Fuchs et al. (2014), Bundeslandspezif. Einleitwerte Kläranlagen Sachsen-Anhalt
Wippra	mechbiol. behandelt	40000	5	30	0,30	0,00	1,20	0,00 Vol.: Wasserbuch; Konz. Cu&Zn: Fuchs et al. (2014), Bundeslandspezif. Einleitwerte Kläranlagen Sachsen-Anhalt
Biesenrode	mechbiol. behandelt	125630	5	30	0,63	0,00	3,77	
			ე -		•	•	,	0,01 Vol.: Wasserbuch; Konz. Cu&Zn: Fuchs et al. (2014), Bundeslandspezif. Einleitwerte Kläranlagen Sachsen-Anhalt
Vatterode	mechbiol. behandelt	369560	5	30 30	1,85 0,50	0,01	11,09	0,03 Vol.: Wasserbuch; Konz. Cu&Zn: Fuchs et al. (2014), Bundeslandspezif. Einleitwerte Kläranlagen Sachsen-Anhalt
Klostermansfeld	mechbiol. behandelt	100000	5		•	0,00	3,00	0,01 Vol.: Wasserbuch; Konz. Cu&Zn: Fuchs et al. (2014), Bundeslandspezif. Einleitwerte Kläranlagen Sachsen-Anhalt
Großörner	k.A.	0000400	5	30 k.A.	k.A			k.A.
Hettstedt	mechbiol. behandelt	2686400	5	30	13,43	0,04	80,59	0,22 Vol.: Wasserbuch; Konz. Cu&Zn: Fuchs et al. (2014), Bundeslandspezif. Einleitwerte Kläranlagen Sachsen-Anhalt
Sandersleben	mechbiol. behandelt	7300	5	30	0,04	0,00	0,22	0,00 Vol.: Wasserbuch; Konz. Cu&Zn: Fuchs et al. (2014), Bundeslandspezif. Einleitwerte Kläranlagen Sachsen-Anhalt
Ritzgerode	k.A.		5	30 k.A.	k.A			k.A.
Aschersleben	mechbiol. behandelt	1200000	5	30	6,00	0,02	36,00	0,10 Vol.: Wasserbuch; Konz. Cu&Zn: Fuchs et al. (2014), Bundeslandspezif. Einleitwerte Kläranlagen Sachsen-Anhalt
ZKA GESAN	W I	4604490,00			23,02	0,06	138,13	
Sonstige kommunale Einleitungen								
Kleinkläranlagen	mechbiol. behandelt	131000	5	30	0,7	0,00	3,93	0,01 Vol.: Wasserbuch / Konz. Cu&Zn: Fuchs et al. (2014): Bundeslandspezif. Einleitwerte Kläranlagen Sachsen-Anhalt
Mischwässer	mechbiol. Teilbehandelt und F	77000	150	500	11,6	0,03	38,50	0,11 Vol.: Wasserbuch / Konz. Cu&Zn: häusliches Abwasser nach ATV 1999 (in Hamel 2001)
Abwasser unbehandelt	unbehandelt	17000	150	500	2,6	0,01	8,50	0,02 Vol.: Wasserbuch / Konz. Cu&Zn: häusliches Abwasser nach ATV 1999 (in Hamel 2001)
Sonstiges		20000	150	500	3,0	0,01	10,00	0,03 Vol.: Wasserbuch / Konz. Cu&Zn: häusliches Abwasser nach ATV 1999 (in Hamel 2001)
Sonstige kommunale Einleitungen GESAI	MT	245000			17,76	0,05	60,93	0,17

Dif	fuse	r	Eintr	ag	
_					

odenabtrag/Erosion		kg/a	Cu max [mg/kg]	Zn max [mg/kg]	Fracht Cu [kg/a]	Fracht Cu [kg/d]	Fracht Zn [kg/a]	Fracht Zn [kg/d] Dat	itengrundlage/Quelle
	Quelle bis oh. TS Wippra	1507000	98	128	147,69	0,40	192,90	0,53 Kon	nz Cu&Zn: geogene Hintergrundkonzentration nach Oertel & Frühauf 1999 / Sedimentmasse: Geoflux 2007
	Oh. TS bis Vatterode	885000	98	128	86,73	0,24	113,28	0,31 Kon.	nz Cu&Zn: geogene Hintergrundkonzentration nach Oertel & Frühauf 1999 / Sedimentmasse: Geoflux 2007
	Vatterode bis uh. Sandersleben	934000	255	512	238,17	0,65	478,21	1,31 Kon	nz. Cu&Zn: nach Oertel & Frühauf 1999: Konzentrationen in Oberboden Raum Hettstedt / Sedimentmasse: Geoflux 2007
	Uh. Sandersleben bis Einmündung Eine	461000	98	128	45,18	0,12	59,01	0,16 Kon.	nz Cu&Zn: geogene Hintergrundkonzentration nach Oertel & Frühauf 1999 / Sedimentmasse: Geoflux 2007
	Einmündung Eine bis Mündung Saale	9000	98	128	0,88	0,00	1,15	0,00 Kon	nz Cu&Zn: geogene Hintergrundkonzentration nach Oertel & Frühauf 1999 / Sedimentmasse: Geoflux 2007
	Zwischensumme Einträge in Wipper	3796000,00			518,65	1,42	844,54	2,31	
	Eine, Quelle bis oh. Welbsleben	2109000	98	128	206,68	0,57	269,95	0,74 Kon	nz Cu&Zn: geogene Hintergrundkonzentration nach Oertel & Frühauf 1999 / Sedimentmasse: Geoflux 2007
	Eine, oh. Welbsleben bis oh. Aschersleben	394000	98	128	38,61	0,11	50,43	0,14 Kon	nz Cu&Zn: geogene Hintergrundkonzentration nach Oertel & Frühauf 1999 / Sedimentmasse: Geoflux 2007
	Eine, oh. Aschersleben bis Mündung	4000	98	128	0,39	0,00	0,51	0,00 Kon	nz Cu&Zn: geogene Hintergrundkonzentration nach Oertel & Frühauf 1999 / Sedimentmasse: Geoflux 2007
	Zwischensumme Einträge in Eine	2507000,00			245,69	0,67	320,90	0,88	
Bodenabtrag/Erosion GESA	AMT	6303000			764,33	2,09	1165,44	3,19	
ainagen		Q [m³/a]	Cu max [µg/l]	Zn max [µg/l]	Fracht Cu [kg/a]	Fracht Cu [kg/d]	Fracht Zn [kg/a]	Fracht Zn [kg/d]	
		1700000	4	19	6,8	0,02	32,30	0,09 Vol.:	.: Wasserhaushaltsmodell Wipper 2014; Konz. Cu&Zn: Fuchs et al. 2014 (mittlere Konz. Drainagewasser bundesweit)
Drainage GESA	AMT	1700000			6,80	0,02	32,30	0,09	

# Deponien

Fläche [m²]	Sickerwasser max [m³/a]	Cu max [µg/L]	Zn max [µg/L]	Fracht Cu [kg/a]	Fracht Cu [kg/d]	Fracht Zn [kg/a]	Fracht Zn [kg/d] Datengrundlage/Quelle
28119	2924,4	280,0	45000,0	0,41	0,00	65,80	0,18 Konz. Cu&Zn: Mibus 2001 (Haldensickerwasser)
8823	917,6	50,0	1000,0	0,02	0,00	0,46	0,00 Konz. Cu&Zn: mittl. Sickerwasserkonz. Hausmülldeponien aus UBA 1995
2245	233,5	280,0	45000,0	0,03	0,00	5,25	0,01 Konz. Cu&Zn: Mibus 2001 (Haldensickerwasser)
k.A. k.A	۹.	280,0	45000,0 k.A	۸. k	۸. k.	A. k.	A.
87000	9048,0	50,0	1000,0	0,11	0,00	2,26	0,01 Angaben zur Fläche aus http://www.icc-hofmann.de/NewsTicker/200610/ausschreibung-217060-2006-DE.html / Konz. Cu&Zn: mittl. Sickerwasserkonz. Hausmülldeponien aus UBA 1995
18896	1965,2	280,0	45000,0	0,28	0,00	44,22	0,12 Konz. Cu&Zn: Mibus 2001 (Haldensickerwasser)
14870	1546,5	280,0	45000,0	0,22	0,00	34,80	0,10 Konz. Cu&Zn: Mibus 2001 (Haldensickerwasser)
3366	350,1	50,0	1000,0	0,01	0,00	0,18	0,00 Konz. Cu&Zn: mittl. Sickerwasserkonz. Hausmülldeponien aus UBA 1995
GESAMT				1,08	0,00	152,96	0,42
	28119 8823 2245 k.A. k.A 87000 18896 14870	28119 2924,4 8823 917,6 2245 233,5  k.A. k.A.  87000 9048,0 18896 1965,2 14870 1546,5 3366 350,1	28119 2924,4 280,0 8823 917,6 50,0 2245 233,5 280,0 k.A. k.A. 280,0 87000 9048,0 50,0 18896 1965,2 280,0 14870 1546,5 280,0 3366 350,1 50,0	28119 2924,4 280,0 45000,0 8823 917,6 50,0 1000,0 2245 233,5 280,0 45000,0 k.A. k.A. 280,0 45000,0 k.A 87000 9048,0 50,0 1000,0 18896 1965,2 280,0 45000,0 14870 1546,5 280,0 45000,0 3366 350,1 50,0 1000,0	28119 2924,4 280,0 45000,0 0,41 8823 917,6 50,0 1000,0 0,02 2245 233,5 280,0 45000,0 0,03  k.A. k.A. 280,0 45000,0 k.A. k.A 87000 9048,0 50,0 1000,0 0,11 18896 1965,2 280,0 45000,0 0,28 14870 1546,5 280,0 45000,0 0,22 3366 350,1 50,0 1000,0 0,01	28119         2924,4         280,0         45000,0         0,41         0,00           8823         917,6         50,0         1000,0         0,02         0,00           2245         233,5         280,0         45000,0         0,03         0,00           k.A.         k.A.         280,0         45000,0         k.A.         k.A.         k.A.           87000         9048,0         50,0         1000,0         0,11         0,00           18896         1965,2         280,0         45000,0         0,28         0,00           14870         1546,5         280,0         45000,0         0,22         0,00           3366         350,1         50,0         1000,0         0,01         0,00	28119 2924,4 280,0 45000,0 0,41 0,00 65,80 8823 917,6 50,0 1000,0 0,02 0,00 0,46 2245 233,5 280,0 45000,0 0,03 0,00 5,25 k.A. k.A. k.A. k.A. k.A. k.A. k.A. k.A.

Datengrundlage		
Max. Klimat. Wasserbilanz Raum Hettstedt,berechnet [mm/a]	104	Kropp et al. 2009 GIS-Unterlagen Halden-
Deponiefläche		Deponie-Standorte