



SACHSEN-ANHALT

Landesamt für Umweltschutz

Fachbereich 2
Abfallwirtschaft, Bodenschutz,
Anlagentechnik Wasserwirtschaft

FREMSA (Fracht Emission Sachsen- Anhalt)

**Darstellung einer Methodik zur Ermittlung
stoffspezifischer Frachtemissionen in Gewässer**



| I Inhaltsverzeichnis | Seite |
|--|-------|
| 1. Veranlassung und Zielstellung | 2 |
| 2. Darstellung der Berechnungsansätze nach FREMSA | 2 |
| 2.1 Emissionen aus dem Abwasserbereich | 3 |
| 2.1.1 Emissionen aus kommunalen Kläranlagen | 3 |
| 2.1.2 Emissionen industrieller/gewerblicher Einleiter | 3 |
| 2.1.3 Emissionen aus dem Bereich der dezentralen Abwasser- beseitigung (Kleinkläranlagen) | 3 |
| 2.1.4 Emissionen aus Mischwasser- und Niederschlagswassereinleitungen | 3 |
| 2.2 Emissionen aus den Bereichen Landbewirtschaftung und Luftdeposition | 4 |
| 2.2.1 Emissionen aus Dränagen | 4 |
| 2.2.2 Emissionen durch Erosion | 5 |
| 2.2.3 Emissionen durch Abschwemmung | 5 |
| 2.2.4 Emissionen durch atmosphärische Deposition | 6 |
| 2.2.5 Emissionen <u>über</u> das Grundwasser | 6 |
| 2.2.6 Emissionen durch Landbewirtschaftung und atmosphärische Deposition in das Grundwasser | 7 |
| 3. Anwendung der Ansätze am Beispiel des Einzugsgebietes „Untere Saale“ | 7 |
| 3.1 Charakterisierung des Einzugsgebietes „Untere Saale“ | 7 |
| 3.2 Ergebnisse der Ermittlung der Frachtemissionen im Einzugsgebiet „Untere Saale“ | 8 |
| 3.3 Diskussion und Bewertung der Ergebnisse | 10 |
| 4. Anwendungsmöglichkeiten von FREMSA | 12 |
| 5. Literaturquellen | 13 |

II Verzeichnis der Abbildungen

| | |
|--------|--|
| Bild 1 | Grundaufbau der Ansätze nach FREMSA |
| Bild 2 | Fließschema zur Ermittlung von stoffspezifischen Frachtemissionen (allgemein) |
| Bild 3 | Fließschema zur Ermittlung der Frachtemissionen für den Parameter CSB |
| Bild 4 | Fließschema zur Ermittlung der Frachtemissionen für den Parameter BSB ₅ |
| Bild 5 | Fließschema zur Ermittlung der Frachtemissionen für den Parameter Stickstoff |
| Bild 6 | Fließschema zur Ermittlung der Frachtemissionen für den Parameter Phosphor |

III Verzeichnis der Karten

| | |
|---------|--|
| Karte 1 | Übersichtskarte, Einzugsgebiet „Untere Saale“ |
| Karte 2 | Anschlußgrad an kommunale Kläranlagen im LSA |
| Karte 3 | Siedlungs- und Verkehrsflächen im Einzugsgebiet „Untere Saale“ |
| Karte 4 | Kläranlagenstandorte im Einzugsgebiet „Untere Saale“ |
| Karte 5 | Anteil Ackerflächen an der Gesamtfläche der Gemeinden im Einzugsgebiet „Untere Saale“ |

1. Veranlassung und Zielstellung

In den vergangenen 15 Jahren wurden erhebliche Verbesserungen bezüglich des Niveaus der Abwasserbehandlung erreicht. Während 1990 bei einem Anschlussgrad der Bevölkerung an kommunale Kläranlagen von etwa 56 % so gut wie keine weitergehende Nährstoffeliminierung in den Anlagen erfolgte, wird im Jahr 2004 das Abwasser von über 75 % der Bevölkerung in Kläranlagen mit weitergehender Stickstoff- und Phosphoreliminierung gereinigt. Im Bereich der dezentralen Abwasserbeseitigung wurden zahlreiche Kleinkläranlagen saniert bzw. mit biologischen Reinigungsstufen ausgestattet. Ein weiterer Schwerpunkt lag in der Sanierung der Kanalisationen, insbesondere der Verringerung der Frachteinträge durch Mischwasserentlastungen. Durch die Umsetzung der Anforderungen an die industrielle Abwasserbehandlung entsprechend dem Stand der Technik sind ebenfalls erhebliche Frachtreduzierungen erreicht worden. Um die Bedeutung der aus dem Abwasserbereich emittierten Frachten für den Gewässerschutz einschätzen und künftige Arbeitsschwerpunkte zur Verringerung der Belastung der Gewässer setzen zu können, wurde ausgehend von der im LAU zur Verfügung stehenden Datengrundlage und der mittels ATKIS (Amtliches Topographisch Kartographisches Informations System) charakterisierten Flächen bzw. Einzugsgebiete eine Methodik zur übersichtlichen Ermittlung stoffspezifischer Frachtemissionen aus den relevanten Bereichen entwickelt. Nachfolgendes Schema (Abb.1) stellt die in die Methodik einbezogenen Bereiche dar.

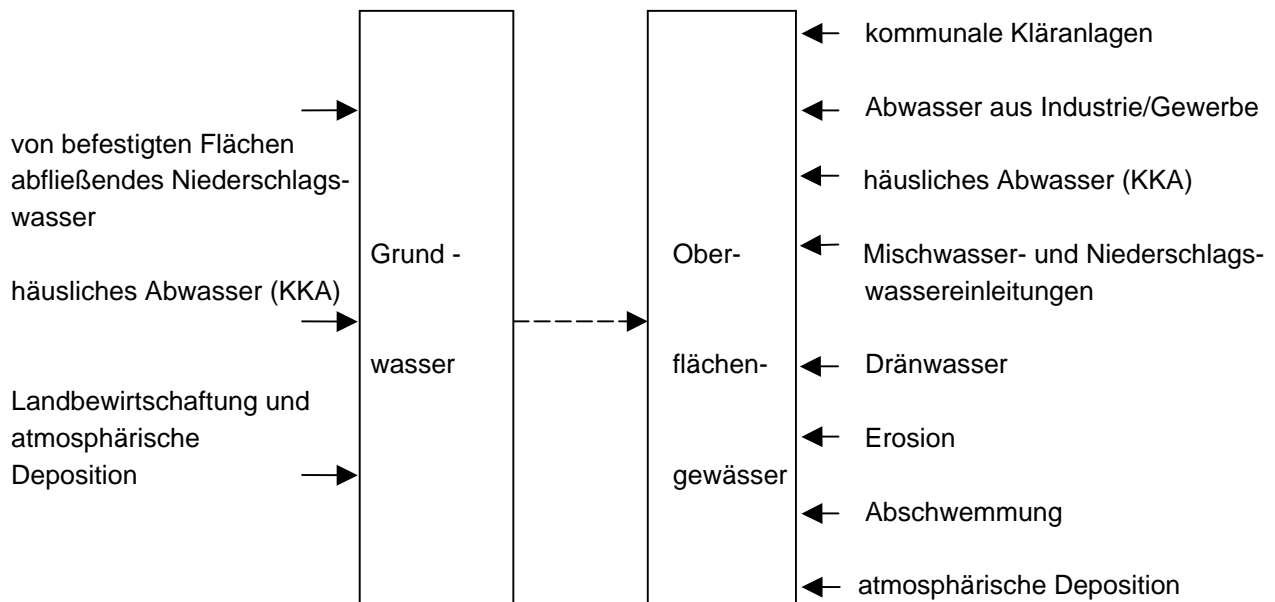


Abb. 1: Emissionspfade nach FREMSA

2. Darstellung der Berechnungsansätze nach FREMSA

Nachfolgend werden die methodische Vorgehensweise und die Berechnungsansätze zur übersichtlichen Ermittlung von Frachtemissionen aus den Bereichen Abwasser, Landbewirtschaftung und Luftdeposition erläutert (Bild 1). Je nach Parameter (CSB, BSB₅, Nges, Pges) sind die angewendeten Kennzahlen und Berechnungsansätze auf der Grundlage eigener Untersuchungen und in Auswertung aktueller Literatur modifiziert (Bilder 2 bis 6).

Im Bereich der diffusen Emissionen aus den Bereichen Landbewirtschaftung (Dränage, Erosion, Abschwemmung) und Luftdeposition, werden entsprechend ihrer Relevanz nur die Parameter Nges und Pges betrachtet. Weiterhin werden die Stickstoff- und Phosphoremissionen aus den Bereichen Dränage, Erosion und Abschwemmung in das Grundwasser gleich Null gesetzt, da hier eine ausschließliche Relevanz für die Oberflächengewässer unterstellt wird.

Es ist zu berücksichtigen, dass die mathematisch- methodischen Berechnungsansätze für diffuse Einträge vereinfacht sind und die resultierenden Ergebnisse daher eine Abschätzung darstellen.

2.1 Emissionen aus dem Abwasserbereich

2.1.1. Emissionen aus kommunalen Kläranlagen

Die Ermittlung der Emissionen aus kommunalen Kläranlagen erfolgt auf der Grundlage der Eigenüberwachungsergebnisse, der Ergebnisse der behördlichen Überwachung und ggf. auf der Grundlage von Erfahrungswerten zur Reinigungsleistung (Auswertung von Ergebnissen der Eigenüberwachung im LSA) der jeweiligen Kläranlagentypen.

Für die Ermittlung von Gesamtstickstoff (Nges) im Ablauf der Kläranlagen liegen überwiegend keine Messergebnisse vor, so dass diese Fracht aus Nges(anorganisch) + 2 mg/l für Stickstoff(organisch) ermittelt ist.

2.1.2. Emissionen industrieller/gewerblicher Einleiter

Die Ermittlung der Emissionen industrieller/gewerblicher Abwassereinleiter erfolgt unter Zugrundelegung der Ergebnisse der behördlichen Überwachung, soweit die Analyseergebnisse und die Abwassermengen vorliegen. Für einige industrielle/gewerbliche Abwassereinleitungen sind die Emissionen auf der Basis der Anforderungen der Abwasserverordnung und dem bekannten Abwasseranfall (Probenahmeplan) hochgerechnet, da nicht für alle Abwassereinleiter im LAU Analysenwerte vorliegen.

2.1.3. Emissionen aus dem Bereich der dezentralen Abwasserbeseitigung (Kleinkläranlagen)

Auf der Grundlage der vom Statistischen Landesamt Sachsen- Anhalt (StaLa) erhobenen Angaben zur Anzahl der Einwohner je Gemeinde, die ihr Abwasser mittels Kleinkläranlagen (KKA) beseitigen (es ist dabei zwischen Einleitungen in Oberflächengewässer und in das Grundwasser zu unterscheiden), einer Schätzung der zum Einsatz kommenden Kleinkläranlagentypen (Unterscheidung nur nach Biologie und Mechanik) und von Literaturangaben zur Reinigungsleistung von KKA /8/ werden die Emissionen aus KKA hochgerechnet.

Sofern bezüglich der Verteilung der dezentralen Abwasserbeseitigung auf Einleitungen in das Grundwasser und in Oberflächengewässer keine Daten vom StaLa vorliegen, werden die Einwohner, deren Abwasser dezentral entsorgt wird, gleichmäßig auf beide Einleitungsarten aufgeteilt. Im Weiteren wird davon ausgegangen, dass 50% der KKA über eine mechanisch-biologische und 50% lediglich über eine mechanische Reinigungsstufe verfügen. Die je nach Kleinkläranlagentyp und Parameter in die Berechnung eingegangene einwohnerspezifische Ablauffracht ist in Auswertung von Literaturangaben /8/ ermittelt. Der Frachtabbau im Bodenkörper ist bei der Versickerung von mechanisch oder mechanisch-biologisch gereinigtem Abwasser ausgehend von diesen Untersuchungsergebnissen berücksichtigt.

2.1.4. Emissionen aus Mischwasser- und Niederschlagswassereinleitungen

Die Emissionen von Mischwasser- und Niederschlagswassereinleitungen werden auf der Grundlage

- der städtischen Siedlungs- und Verkehrsflächen (ATKIS),
- eines von der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) empfohlenen mittleren Versiegelungsgrades von 50% bzw. bei Gemeinden mit mehr als 50.000 Einwohnern von 80%,
- eines geschätzten Anteils der kanalisierten befestigten Fläche (entsprechend des jeweilig vorliegenden Anschlussgrades),
- einer geschätzten Verteilung der kanalisierten befestigten Fläche auf Misch- und Trennsysteme (Aufteilung entsprechend der vom StaLa erhobenen jeweiligen Kanalnetzlängen),
- eines geschätzten Abflussbeiwertes (Erfahrungswert gemäß Simulationsrechnungen),

- des mittleren Jahresniederschlages
- und angenommener Verschmutzungskonzentrationen (Referenzkonzentrationen gemäß Literatur /9/) für Mischwasser und Niederschlagswasser hochgerechnet.

Bei den Mischwasserkanalisationen wird von einer mittleren Entlastungsrate von 35 % ausgegangen.

Der Abflussbeiwert für Flächen, welche nicht an Misch- oder Trennsysteme angeschlossen sind, wird mit 1 angenommen. Dafür wird der Anteil des Niederschlagswassers, der nicht in die Kanalisation gelangt, obgleich die betreffenden Flächen an Kanalisationen angeschlossen sind, nicht berücksichtigt.

Eine aussagefähigere Hochrechnung der aus diesem Bereich emittierten Frachten erfordert insbesondere eine detailliertere Bestandsaufnahme zu den Mischwasser- und Niederschlagswassereinleitungen, welche mittelfristig unter Einbeziehung der Unteren Wasserbehörden und des Landesverwaltungsamtes (LVwA) erstellt werden soll. Ein Schätzverfahren, mit welchem auf der Grundlage einer derartigen Bestandsaufnahme die emittierten Frachten genauer ermittelt werden können, ist derzeit in der Entwicklung (LAU, LVwA).

2.2. Emissionen aus den Bereichen Landwirtschaft und Luftdeposition

2.2.1 Emissionen aus Dränagen

Durch die Dränierung landwirtschaftlicher Flächen werden mit dem Dränwasser dem jeweiligen Vorfluter auf direktem Weg Nährstoffe zugeführt.

Um die überschlägliche Frachtemission für die Nährstoffe Stickstoff und Phosphor über den Dränagepfad zu ermitteln, werden die Eingangsgrößen

- dränierte Fläche des Einzugsgebietes,
- mittlerer Grundwasserabfluß und mittlere Dränspende
- und die mittleren Stickstoff- und Phosphorkonzentrationen

im Sickerwasser bestimmt .

Die Berechnung dieser Werte erfolgt über mehrere Teilschritte und Teilgrößen, die aus der verfügbaren Datenlage zusammengetragen, aggregiert und umgerechnet werden.

Für die landwirtschaftliche Nutzfläche der ehemaligen DDR liegen flächendeckend Daten aus der „Mittelmaßstäbigen Landwirtschaftlichen Standortkartierung“ /7/ vor. Hieraus wird unter Einbeziehung der Bodenverhältnisse (Substratflächentypen) und unter zu Hilfenahme der Bodenübersichtskarte im Maßstab 1:200000 (BÜK200) /5/ der Umfang der dränierten landwirtschaftlichen Flächen anteilig im betrachteten Einzugsgebiet ermittelt.

Unter anderem sind der Dränflächenanteil und der Wichtungsfaktor je Bodenstandortgruppe zu bestimmen und die Anteile zu summieren. Hierfür kommt eine Methode nach Behrendt /4/ zum Ansatz.

Zur Ausweisung des mittleren Grundwasserabflusses und der mittleren Dränspende werden hydrologische Parameter herangezogen und die abflusswirksame Grundwasserneubildung berechnet. Die dafür erforderlichen Teilgrößen, wie mittlerer Jahresniederschlag und die Sickerwasserhöhe, basieren auf einschlägigen Literaturangaben nach Pfützner /11/. Die Sickerwasserkonzentrationen werden auf der Grundlage von Daten aus Christen/Abraham /3/ bzw. überschläglichen Angaben aus Behrendt /2/ ermittelt.

In Auswertung dieser Angaben wird auf der Basis der mittleren Nitratgehalte des Sickerwassers (Grundwasserkörper auf Bezugsebene Gemeinde) über einen Faktor auf den Stickstoffgehalt umgerechnet.

Zur Berechnung der Phosphorfracht wird auf einen Durchschnittswert in Höhe von 0,2 mgP/l (mittlere Phosphorkonzentration im Sickerwasser) für Deutschland zurückgegriffen, der die regionalen Gegebenheiten von Sachsen-Anhalt bzw. der einzelnen Einzugsgebiete nicht widerspiegeln kann, aber für überschlägliche Berechnungen repräsentativ erscheint.

2.2.2 Emissionen durch Erosion

In intensiv landwirtschaftlich genutzten Gebieten gelangen bedingt durch die entsprechenden morphologischen Gegebenheiten und Niederschlagsintensitäten und durch intensive Bodenbearbeitung sowie Düngung mit den erodierten Sedimenten fortwährend auch Nährstoffe in die Gewässer.

Bei der dargestellten Berechnung wird ausschließlich der Eintrag über die Wassererosion berücksichtigt. Der Windeintrag wird nicht in die Berechnungen einbezogen.

Zur Berechnung der Frachtemission werden die Eingangsgrößen

- Anteil der Ackerfläche im Einzugsgebiet,
- mittlerer langjähriger Bodenabtrag
- und die mittleren Stickstoff- und Phosphorkonzentrationen im Oberboden

in Ansatz gebracht.

Der flächengewichtete Ackeranteil wird dem CORINE-, ATKIS- und Agrarstatistik- Datenpool (Bezugsebene Gemeinde) entnommen und entsprechend aggregiert /14/.

Der mittlere Bodenabtragswert basiert auf ausgewerteten Literaturangaben (Behrendt /2/, Umweltbundesamt (UBA) /10/), denen weitestgehend die Verwendung der Allgemeinen Bodenabtragsgleichung zu Grunde liegt. Im Ergebnis wird ein für den jeweiligen Bezugsraum überschläglich ermittelter Wert ausgewiesen.

Auf der Grundlage einer Datensammlung für Böden des Landesamtes für Geologie und Bergwesen (LAGB) /15/ konnten nach Zuordnung der für die Fragestellung relevanten Daten zu den Bodeneinheiten (Leitprofile) der BÜK 200 /5/ im betreffenden Einzugsgebiet Angaben zum Stickstoffgehalt der Ackerböden im Pflughorizont abgeleitet werden. Dafür wurde aus den Kohlenstoffgehalten der Bodeneinheiten über das Kohlenstoff/Stickstoff (C/N)-Verhältnis auf den Stickstoffgehalt rückgeschlossen bzw. die Stickstoffkonzentration im Oberboden (0-30 cm) berechnet.

Für die Angabe der Phosphorkonzentration im Oberboden wurden Daten aus Christen/Abraham /3/ herangezogen. Dieser ursprünglich auf Kreisebene erhobene und nachfolgend für die Fläche des Landes Sachsen-Anhalt gemittelte Wert beträgt 0,102 gP/kg.

Über die Faktoren Ackeranteil (in ha) und mittlerer jährlicher Bodenabtrag wurde der Gesamtbodenabtrag im Einzugsgebiet ermittelt.

Die jährlichen Stickstoff- und Phosphorfrachten für die ackerbaulich genutzten Flächen des jeweiligen Einzugsgebietes ergeben sich aus der flächengewichteten Verknüpfung von Gesamtbodenabtrag und Stickstoff- und Phosphorkonzentrationen im Oberboden.

2.2.3 Emissionen durch Abschwemmung

Im Gegensatz zu den über den Erosionspfad ermittelten sedimentgebundenen Nährstofffrachten werden bei der Abschwemmung die gelösten Nährstoffe berücksichtigt.

Die überschlägliche Ermittlung der Nährstofffrachten für Stickstoff und Phosphor über die Abschwemmung erfolgt über die Eingangsgrößen

- Bezugsfläche, entspricht der Summe aus landwirtschaftlicher und offener Fläche (auf Basis CORINE/ATKIS),
- mittlerer Oberflächenabfluss
- und durchschnittliche Stickstoff- und Phosphorkonzentrationen im Oberflächenabfluss.

Die den Landoberflächenabfluss kleinräumig wesentlich beeinflussenden Starkregenereignisse, mit variabler Intensität und Eintrittswahrscheinlichkeit, werden innerhalb der Berechnungsmethode zur überschläglichen Ermittlung von stoffspezifischen Frachtemissionen nicht berücksichtigt. Zum Ansatz kommt ein über das jeweilige Einzugsgebiet gemittelter Wert als Ergebnis einer Vielzahl von Rasterdaten nach Pfützner /11/, die erwartungsgemäß eine große Schwankungsbreite aufweisen.

Die Stickstoffkonzentration im mittleren Oberflächenabfluss wird analog der Nitrat-N-Konzentration im Sickerwasser des Oberbodens (Emission aus Dränagen) angesetzt.

Die Phosphorkonzentration wird als flächengewichteter Mittelwert nach dem Berechnungsansatz von Behrendt /2/ errechnet. Hiernach gelten als Vorgaben für Ackerland = 0,8 mgP/l, für Grünland = 0,2 mgP/l und für offene Flächen = 0,05 mgP/l.

2.2.4 Emissionen durch atmosphärische Deposition

Für die Einbeziehung von atmosphärischen Depositionen liegen keine bundesweit einheitlichen Mess- und Berechnungsansätze vor.

Die überschlägliche Ermittlung der durch die atmosphärische Deposition bedingten Nährstofffrachten für Stickstoff und Phosphor erfolgt deshalb über die Eingangsgrößen

- gesamte Fläche des Einzugsgebietes (auf Basis CORINE/ATKIS),
- die Abschätzung der Fließgewässerfläche näherungsweise nach Behrendt /2/
- und die mittlere atmosphärische Stickstoff- und Phosphorimmission.

Zur Ermittlung der Gesamtstickstoffdeposition (Nass- und Trockendeposition) liegt ein Bericht zum „Emissionskataster des LSA 2002“ /12/ vor. Darin wird aus den Ergebnissen verschiedener Einzelstudien ein durchschnittlicher jährlicher atmosphärischer Gesamtstickstoffwert in Höhe von 30 kgN/(ha*a) abgeleitet. Dieser verwendete Mittelwert der Stickstoffdeposition stellt einen Kompromiss aus der über die Literatur ermittelten Spannweite von 15 bis 60 kgN/(ha*a) dar. Zum Vergleich wurde ein Forschungsbericht des UBA /13/ herangezogen. Danach liegen die mittleren Gesamtstickstoffeinträge Deutschlands derzeit bei ca. 26 kg/(ha*a).

Gesichtet wurden für die Ermittlung der Phosphordepositionsrate verschiedene Literaturquellen. Im Ergebnis wurde eine Spannweite von 0,04 bis 6,64 kg/(ha*a) ermittelt. Für das Gebiet der Neuen Bundesländer (NBL) gibt Behrendt /2/ einen gemittelten Wert für die Summe aus Nass- und Trockendeposition an. Dieser verwendete Mittelwert in Höhe von 0,7 kgP/(ha*a) wurde mit Untersuchungen des Luftüberwachungssystems des Landes Sachsen-Anhalt (LÜSA) verglichen. Aus den Messpunkten des LÜSA wurde für das Bezugsjahr 2003 ein Jahresmittelwert von 0,58 kgP/(ha*a) errechnet. Im Vergleich der Werte lässt sich eine gute Übereinstimmung erkennen.

2.2.5 Emissionen über das Grundwasser

Die überschlägliche Ermittlung der Nährstofffrachten für Stickstoff und Phosphor über das Grundwasser in Oberflächengewässer erfolgt über die Eingangsgrößen

- gesamte Fläche des Einzugsgebietes (auf Basis CORINE/ATKIS)
- mittlerer Grundwasserabfluss
- und durchschnittliche Stickstoff- und Phosphorkonzentrationen im oberen Grundwasserleiter.

Zur Quantifizierung der über das Grundwasser in die Oberflächengewässer erfolgenden Emissionen wird das im Rahmen der Umsetzung der EG- Wasserrahmenrichtlinie im Jahr 2004 für das Land Sachsen-Anhalt erstellte Gutachten Christen/Abraham /3/ als aktuelle Literaturquelle herangezogen.

Dieses Gutachten weist ein Nitratbelastungspotenzial auf der Grundlage der aktuellen Landnutzung für die Grundwasserkörper unter Einbeziehung der vorhandenen Messwerte der Grundwasserüberwachung des Landes aus.

Da keine gesicherten Konzentrationsangaben für Phosphor im Grundwasser auf Landesebene vorliegen, wurde unter Auswertung verschiedener Literaturquellen der Orientierungswert des Verbandes Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten (VDLUFA) in Höhe von 0,15 mgP/l als Kompromiss herangezogen. Der Vergleich dieses Phosphorkonzentrationswertes im Grundwasser mit den in Ansatz gebrachten Phosphorkonzentrationen im mittleren Oberflächenabfluss (für die Emissionsglieder Erosion und Abschwemmung) bestätigt den wissenschaftlichen Ansatz, dass eine Konzentrationsabnahme von der Oberfläche bis zum Grundwasser in Höhe einer Größenordnung zu verzeichnen ist.

2.2.7 Emissionen durch Landwirtschaft und atmosphärische Deposition in das Grundwasser

Die Frachtemissionen aus der Landwirtschaft und Luftdeposition in das Grundwasser, sind als Differenz zwischen der mit dem Grundwasser in die Oberflächengewässer abgeleiteten Fracht und den Frachten, die aus KKA und dem Niederschlagswasserabfluss von befestigten Flächen stammen, ermittelt. Dies betrifft die Emissionen für die Parameter Stickstoff und Phosphor in das Grundwasser.

3. Anwendung der Ansätze am Beispiel des Einzugsgebietes „Untere Saale“

3.1 Charakterisierung des Einzugsgebietes „Untere Saale“

Die Lage des Einzugsgebietes innerhalb des Landes Sachsen-Anhalt kann aus der Übersichtsdarstellung (Karte 1) entnommen werden. Die Gebietscharakteristik in Bezug auf den kommunalen Abwasserbereich, ist auf den Karten 2- 4 (Anschlußgrad an die kommunalen Kläranlagen, anteilige Siedlungs- und Verkehrsflächen, Kläranlagenstandorte) dargestellt. Eine Übersicht über die anteiligen Ackerflächen, als potenzielle diffuse Haupteintragsgebiete, bietet die Karte 5.

Die nachfolgenden Übersichten (Tab. 1 und 2) enthalten ausgewählte Kennzahlen und Kenngrößen zur Charakterisierung des Einzugsgebietes.

| Merkmal | Untere Saale |
|---|--------------|
| Einwohnerzahl | 770.124 |
| Einwohnerdichte in Einwohnerzahl/ha | 1,90 |
| Fläche in km ² | 4.027 |
| davon Anteil Waldfläche in km ² | 384 |
| davon Anteil Ackerfläche in km ² | 2.738 |
| davon Anteil Grünland in km ² | 191 |
| davon Anteil Siedlungs- und Verkehrsfläche in km ² | 293 |
| davon Gewässerflächen in km ² | 16,2 |
| Zahl der industriellen Einleiter | hoch |
| Anschlussgrad an kommunalen Kläranlagen in % | 82,8 |

Tab. 1: Siedlungsdichte und Landnutzung im Einzugsgebiet „Untere Saale“

| Merkmal | Untere Saale |
|--|----------------------------|
| mittlerer Gebietsniederschlag in mm/a | 530 |
| mittlerer Sickerwasserhöhe in mm/a | 74 |
| mittlerer Grundwasserabfluss in l/(s*km ²) | 2.110 |
| mittlerer Grundwasserfließzeiten in Jahren | >25 |
| mittlerer spezifischer Oberflächenabfluss in l/(s*km ²) | 0,305 |
| Mittlerer Bodenabtrag auf Ackerflächen in t/(ha*a), daraus abgeleitete potenzielle Wassererosionsgefährdung | 1,87 überwiegend gering |
| Mittlere Bodenzahl (Wertebereich in %) | zu 80% zw. 61 und 81 |
| vorherrschende Bodenstandortgruppe in % | >70% Schwarzerden und Löß |

Tab. 2: Klima, Wasserhaushalt und Boden im Einzugsgebiet „Untere Saale“

3.2 Ergebnisse der Ermittlung der Frachtemissionen im Einzugsgebiet „Untere Saale“

Die nachfolgenden Tabellen 3 und 4 bzw. Abbildungen 2 und 3 enthalten die überschläglich ermittelten Frachtemissionen getrennt nach Grundwasser und Oberflächengewässer.

| | Emissionen aus | CSB | BSB ₅ | Nges | Pges |
|--|---|----------|------------------|---------|------|
| | | t/a | | | |
| | kommunale Kläranlagen | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| | Industrie und Gewerbe | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| | Kleinkläranlagen | 255,5 | 89,0 | 56,3 | 0,8 |
| | Niederschlagswasser- und Mischwassereinleitungen | 128,7 | 20,1 | 66,9 | 3,3 |
| | Dränagen | entfällt | | 0,0 | 0,0 |
| | Abschwemmung | | | 0,0 | 0,0 |
| | Erosion | | | 0,0 | 0,0 |
| | atmosphärische Deposition | | | 7.330,0 | 36,1 |
| | Landbewirtschaftung | | | | |
| | Grundwasser | | | | |
| | Summe | 384,2 | 109,0 | 7.453,2 | 40,2 |
| | Summe, bezogen auf Einzugsgebietsfläche (4.027 km ²) in kg/(ha*a) | 0,95 | 0,27 | 18,51 | 0,10 |

Tab. 3: Emissionen in das Grundwasser im Einzugsgebiet "Untere Saale" (überschläglich)

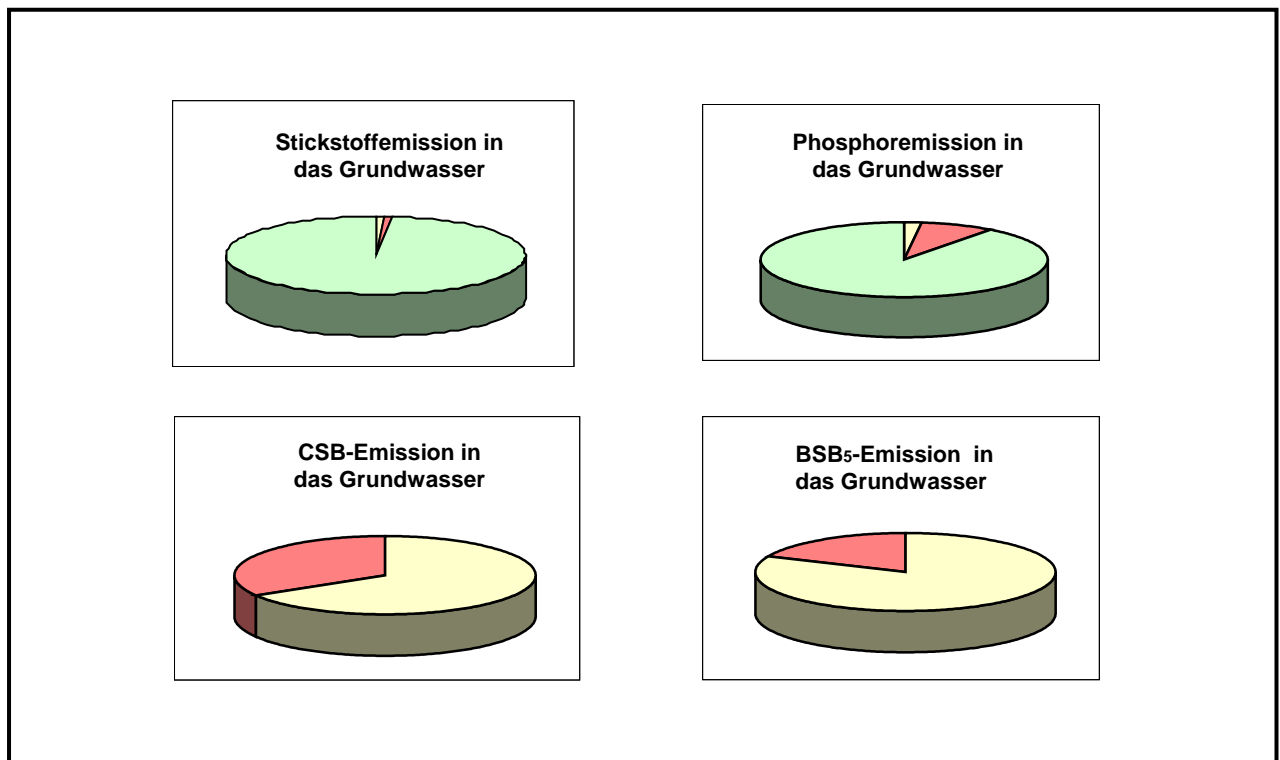


Abb. 2: Anteile der Nährstofffrachten in das Grundwasser bezogen auf die Fläche des Einzugsgebietes "Untere Saale"

| | Emissionen aus | CSB | BSB ₅ | Nges | Pges |
|--|---|----------|------------------|----------|-------|
| | | t/a | | | |
| | kommunale Kläranlagen | 1.828,9 | 319,5 | 464,3 | 46,1 |
| | Industrie und Gewerbe | 4.443,8 | 117,8 | 768,8 | 114,5 |
| | Kleinkläranlagen | 895,4 | 389,1 | 187,2 | 25,2 |
| | Niederschlagswasser- und Mischwassereinleitungen | 1.486,9 | 480,6 | 92,3 | 23,1 |
| | Dränagen | entfällt | | 186,0 | 1,3 |
| | Abschwemmung | | | 869,5 | 21,6 |
| | Erosion | | | 573,4 | 52,2 |
| | atmosphärische Deposition | | | 56,1 | 1,3 |
| | Landbewirtschaftung | | | | |
| | Grundwasser | | | 7.453,2 | 40,2 |
| | Summe | 8.655,0 | 1.307,0 | 10.650,6 | 325,5 |
| | Summe, bezogen auf Einzugsgebietsfläche (4.027 km ²) in kg/(ha*a) | 21,49 | 3,25 | 26,45 | 0,81 |

Tab. 4: Emissionen in Oberflächengewässer im Einzugsgebiet "Untere Saale" (überschläglich)

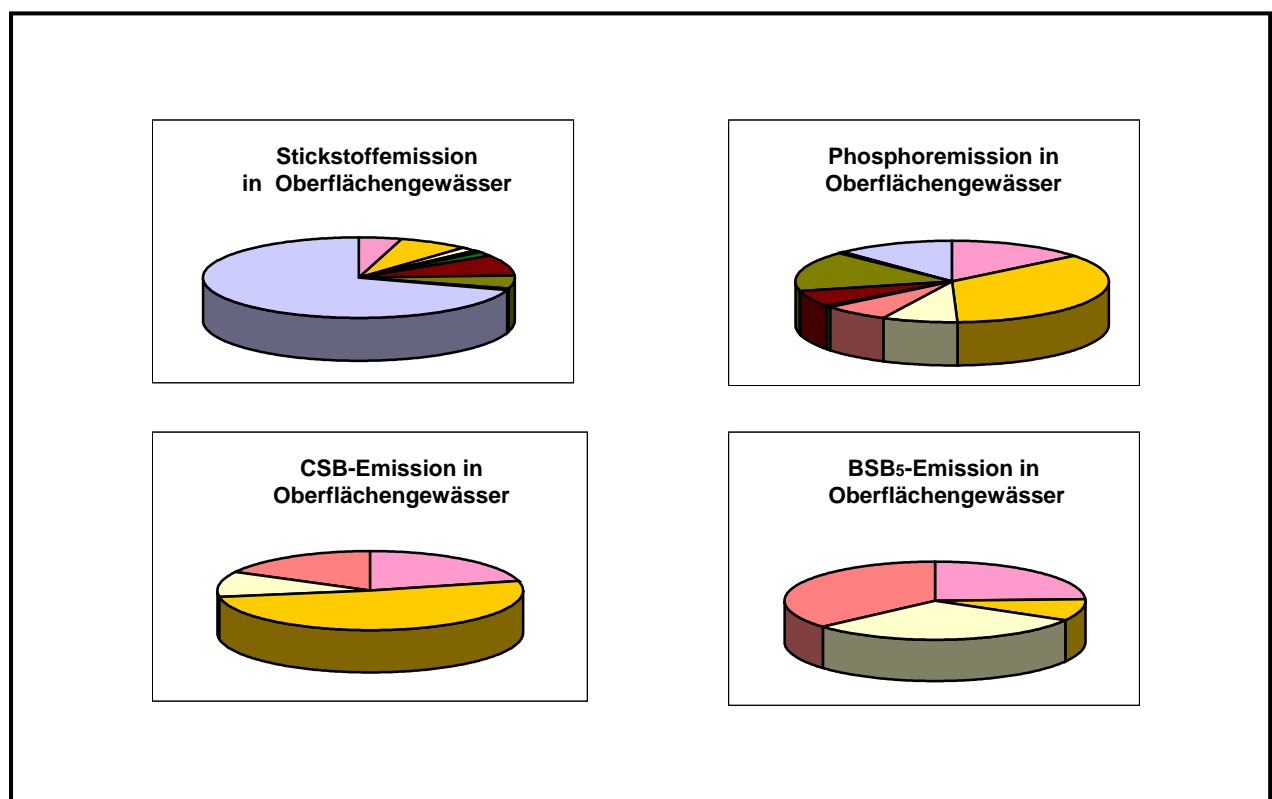


Abb. 3: Anteile der Nährstofffrachten in das Oberflächengewässer bezogen auf die Fläche des Einzugsgebietes „Untere Saale“

3.3 Diskussion und Bewertung der Ergebnisse

Zu den Ergebnissen der Ermittlung von Emissionen aus dem diffusen Bereich ist anzumerken, dass die verwendeten Angaben und Parameter, welche auf der Grundlage der verfügbaren Datenbasis teilweise überschläglich ermittelt wurden, nur in ihrer Größenordnung vergleichbar sind.

Wie nachfolgend festgestellt wird, erscheinen jedoch die einzugsgebietsbezogenen Gesamtergebnisse insgesamt plausibel und weisen trotz des überschläglichen Ansatzes eine gute Übereinstimmung mit den anderen Berechnungsmodellen auf.

| Emissionen aus | Behrendt 1999 MONERIS-Querne- Weida (Einzugsgebiet 189 km ²) | | Behrendt 1999 MONERIS-Saale gesamt (Einzugsgebiet 24.000 km ²) | | FREMSA 2004 Untere Saale (Einzugsgebiet 4.027 km ²) | | UBA 2000 Deutschland (Einzugsgebiet 357.021 km ²) | |
|--|--|-------------|--|-------------|--|-------------|--|-------------|
| | N in t/a | Anteil in % | N in t/a | Anteil in % | N in t/a | Anteil in % | N in t/a | Anteil in % |
| Gruppe I | | | | | | | | |
| Kläranlagen | 20 | 14,3 | 38.220 | 44,8 | 464 | 4,3 | 205.000 | 25 |
| KKA | 35 | 25 | | | 187 | 1,8 | | |
| Industrie/Gewerbe | 0 | 0 | | | 769 | 7,2 | 25.000 | 3 |
| Gruppe II | | | | | | | | |
| Misch- u. Regen- wasser | 1,7 | 1,2 | 47.000 | 55,2 | 92 | 0,9 | 35.000 | 4 |
| Dränagen | 20 | 14,3 | | | 186 | 1,7 | 120.000 | 15 |
| Erosion | 11 | 7,8 | | | 573 | 5,4 | 15.000 | 2 |
| Abschwemmung | | | | | 869 | 8,2 | 15.000 | 2 |
| Luftdeposition | 1 | 0,7 | | | 56 | 0,5 | 10.000 | 1 |
| Grundwasser | 51,5 | 36,7 | | | 7.453 | 70 | 395.000 | 48 |
| Summe | 140,2 | 100 | 85.250 | 100 | 10.649 | 100 | 820.00 | 100 |
| Summe bezogen auf Fläche Einzugsgebiet in kg/(ha*a) | 7,4 | | 35,5 | | 26,4 | | 22,3 | |
| Anteil der Emissionen der Gruppe I in % | | 39,3 | | 44,8 | | 13,3 | | 28 |

Tab. 5: Vergleich der Ergebnisse der überschläglichen Frachtermittlung für Stickstoff mittels FREMSA mit anderen Ansätzen bzw. Methoden

| Emissionen aus | Behrendt 1999 MONERIS-Querne- Weida (Einzugsgebiet 189 km²) | | Behrendt 1999 MONERIS-Saale gesamt (Einzugsgebiet 24.000 km²) | | FREMSA 2004 Untere Saale (Einzugsgebiet 4.027 km²) | | UBA 2000 Deutschland (Einzugsgebiet 357.021 km²) | |
|--|---|-------------|---|-------------|---|-------------|---|-------------|
| | P in t/a | Anteil in % | P in t/a | Anteil in % | P in t/a | Anteil in % | P in t/a | Anteil in % |
| Gruppe I | | | | | | | | |
| Kläranlagen | 2,7 | 19,5 | 4.880 | 65,2 | 46,1 | 14 | 11.500 | 31 |
| KKA | 5,8 | 42 | | | 25,2 | 8 | | |
| Industrie/Gewerbe | | | | | 114,5 | 35 | | |
| Gruppe II | | | | | | | | |
| Misch- u. Regen- wasser | 0,5 | 3,6 | 2.600 | 34,8 | 23,1 | 7 | 4.000 | 11 |
| Dränagen | 0,25 | 1,8 | | | 1,3 | 0 | 3.500 | 9 |
| Erosion | 3,7 | 26,8 | | | 52,2 | 16 | 8.000 | 22 |
| Abschwemmung | | | | | 21,5 | 7 | 3.500 | 9 |
| Luftdeposition | 0,025 | 0,2 | | | 1,3 | 0 | < 500 | 0 |
| Grundwasser | 0,85 | 6,1 | | | 40,2 | 12 | 5.500 | 15 |
| Summe | 13,8 | 100 | 7.480 | 100 | 325,4 | 100 | 37.000 | 100 |
| Summe bezogen auf Fläche Einzugsgebiet in kg/(ha*a) | 0,73 | | 3,1 | | 0,8 | | 1,0 | |
| Anteil der Emissio- nen der Gruppe I in % | 61,5 | | 65,2 | | 57 | | 34 | |

Tab. 6: Vergleich der Ergebnisse der überschläglichen Frachtermittlung für Phosphor mittels FREMSA mit anderen Ansätzen bzw. Methoden

Die dargestellten Plausibilitätsbetrachtungen für die Nährstofffrachten Stickstoff und Phosphor verdeutlichen, dass trotz unterschiedlicher Einzugsgebiete die flächenspezifischen Gesamtemissionen nach „Behrendt Saale gesamt“, UBA und FREMSA in der Größenordnung vergleichbar sind. Höhere Beträge bei Behrendt resultieren möglicherweise daraus, dass die Reinigungsleistung im Abwasserbereich 1999 noch geringer war, bzw. die verfügbare Datenlage hohe Unsicherheiten aufgewiesen hat.

Der Anteil der Gesamtemission aus der Gruppe I (Tab. 5 und 6) liegt bei der Ermittlung mittels FREMSA deutlich niedriger als bei den älteren in den Tabellen angeführten Veröffentlichungen. Die Ursache hierfür liegt zum Teil in der in den letzten 5 Jahren verbesserten Reinigungsleistung kommunaler und industrieller Kläranlagen. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, dass im Rahmen der Ermittlung der diffusen Emissionen bei den älteren Veröffentlichungen die pauschalen Ansätze bezüglich der Emissionen aus dem urbanen Bereich etwas zu hoch angesetzt sind. Die je nach Datenverfügbarkeit gewählten unterschiedlichen Ansätze tragen ebenfalls zu o.g. Differenzen bei.

Gemäß überschläglicher Ermittlung nach FREMSA kommt der größte Anteil der in die Oberflächengewässer eingetragenen Stickstofffracht im Land Sachsen- Anhalt über das Grundwasser. Dies begründet sich mit den besonderen hydrologischen Bedingungen und den Bodeneigenschaften, welche im Land Sachsen- Anhalt maßgeblich vom Bundesdurchschnitt abweichen.

Die sehr niedrigen Gebietsniederschläge bedingen unterdurchschnittlich geringe Sickerwasserraten, welche wiederum im Zusammenwirken mit den überdurchschnittlich guten Bodeneigenschaften zu hohen Transportzeiten von gelösten Stoffen über das Sickerwasser in das Grundwasser führen.

Die vorherrschenden sehr fruchtbaren Hauptbodenformen, wie Löß- und Schwarzerden, werden schon über viele Jahrzehnte landwirtschaftlich intensiv genutzt. Das Land Sachsen- Anhalt hat mit ca. 65 % der Landesfläche den höchsten Anteil an landwirtschaftlicher Nutzfläche im Bundesvergleich.

Daher hat sich über einen längeren Zeitraum ein Nitrat-N-Depot im Grundwasser gebildet, welches noch über einen langen Zeitraum in die Oberflächenwässer „ausbluten“ wird.

Der von Behrendt für das gesamte Einzugsgebiet der Saale im Jahr 1999 ermittelte höhere Wert von 3,1 kg P/(ha*a) kann zum Teil mit seinerzeit größeren Frachten aus dem Bereich der kommunalen und industriellen Kläranlagen erklärt werden.

4. Anwendungsmöglichkeiten von FREMSA

Das Modell FREMSA zeichnet sich dadurch aus, dass es je nach Anforderung mit einem Minimum an Daten genutzt werden kann. So war es bei der Anwendung des Modells auf ausgewählte Gewässereinzugsgebiete im Land Sachsen-Anhalt möglich, mit ausschließlich behördeninternen und Daten aus der Literatur zu arbeiten. Die mittels FREMSA ermittelten Emissionen eignen sich besonders zur Darstellung von Emissionsschwerpunkten und Entwicklungstrends.

Reserven in der Steigerung der Vorhersageschärfe der Modellergebnisse bzw. der Erhöhung der Tiefenschärfe liegen u.a. im Bereich der Übernahme von umfangreicheren hydrologischen Eingangsdaten. Hier könnten z.B. starkregenereignisabhängige monatliche Landoberflächenabflüsse genutzt werden.

Auch die Aufbereitung

- der Ergebnisse der Eigenüberwachung,
- der Daten zur Erfassung der kanalisierten und nichtkanalisierten Flächen
- und der Daten zur Berechnung der Mischwasserfrachten

sind bei entsprechendem höheren Aufwand noch detaillierter möglich.

Besonders hervorzuheben ist, dass sich das im Rahmen der Beantwortung der Fragestellung „Ermittlung der Bedeutung der aus dem Abwasserbereich emittierten Frachten für den Gewässerschutz im LSA“ entwickelte Modell auch zur Lösung anderer Fragestellungen im Bereich des Gewässerschutzes einsetzen lässt.

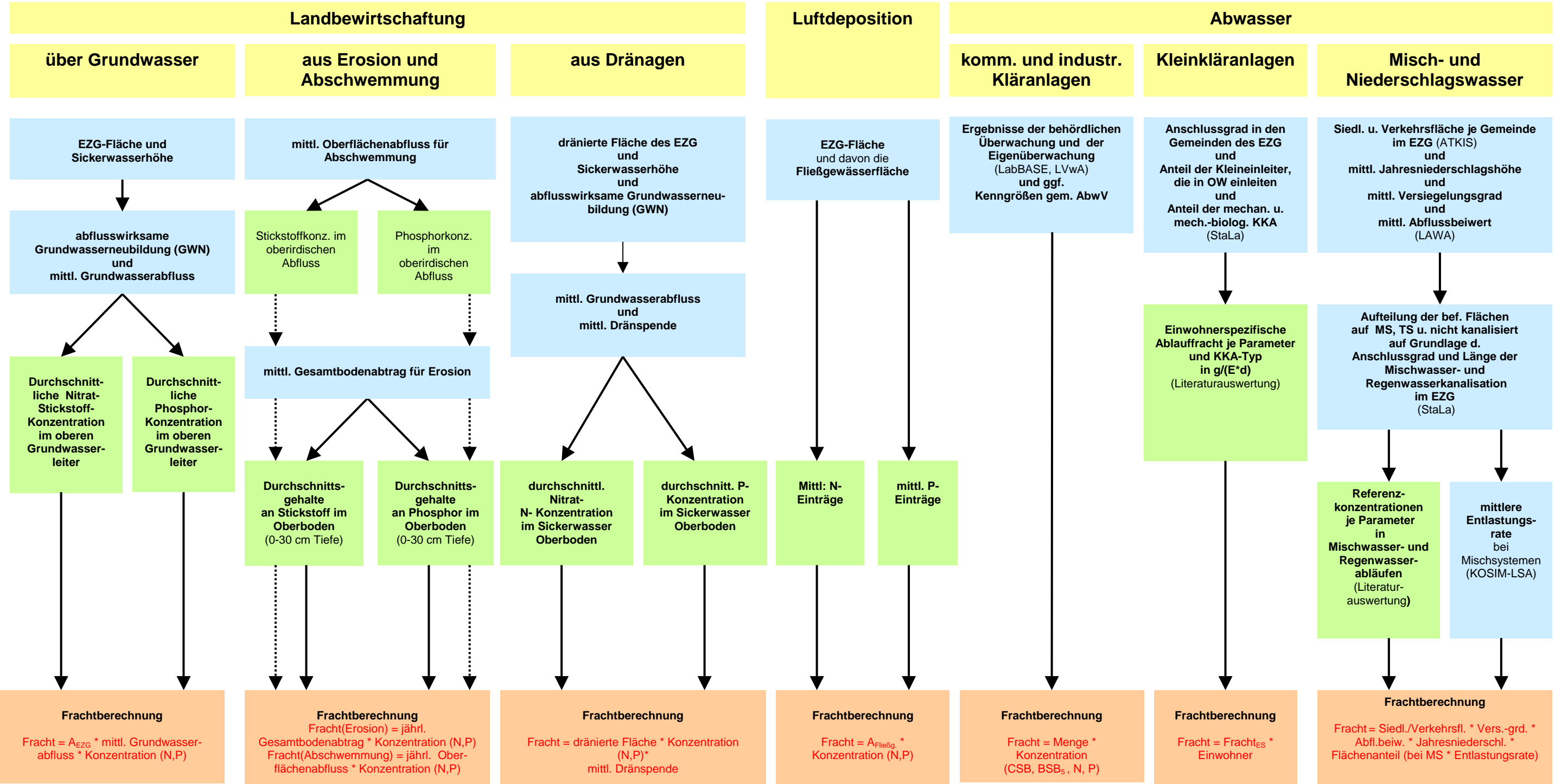
Insbesondere bezieht sich das auf

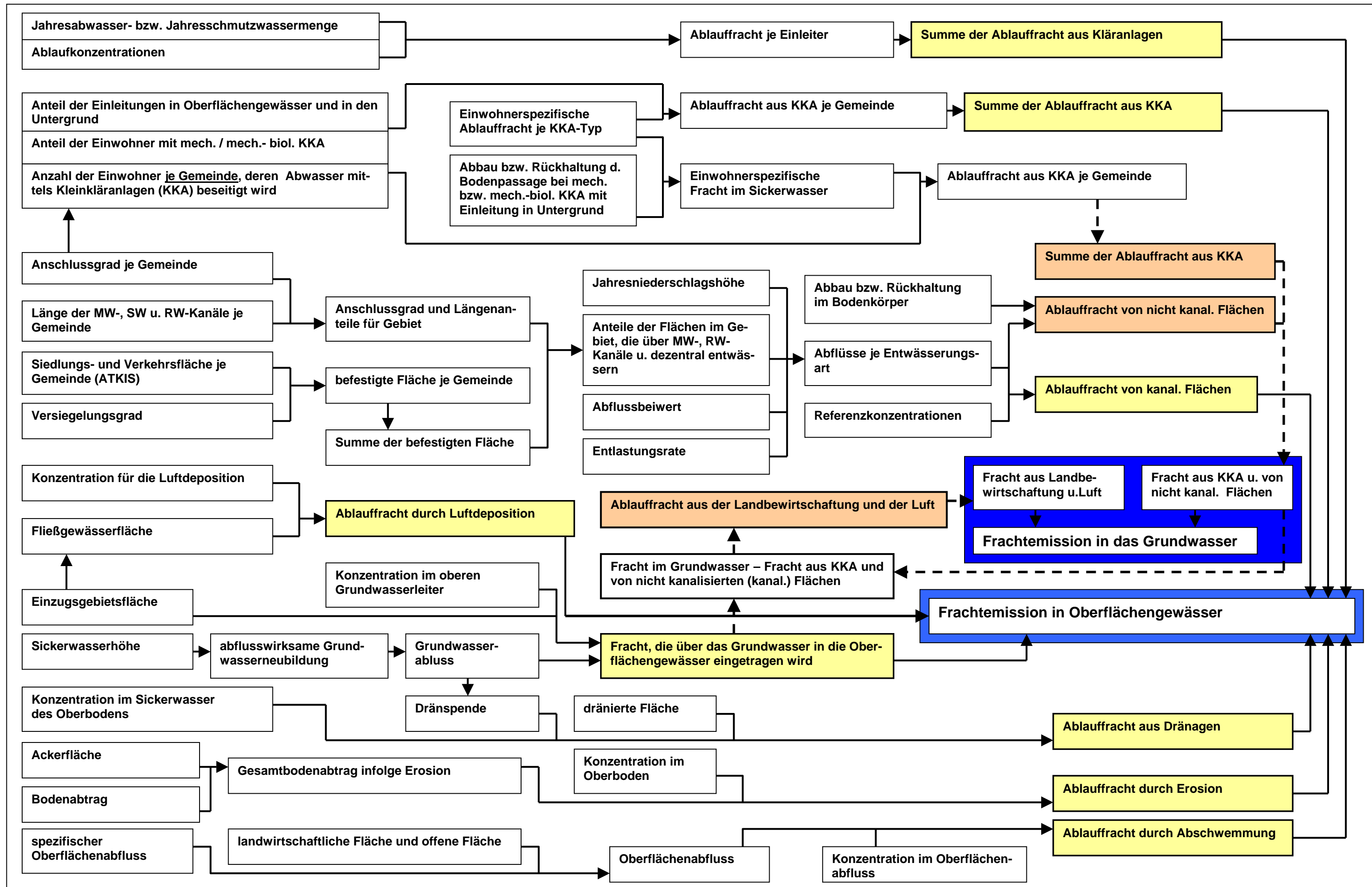
- die Anwendbarkeit auf weitere regionale Einzugsgebiete,
- die Einbeziehung weiterer Parameter
- und die Prognose bezüglich der Wirkung alternativer Maßnahmen zur Verringerung von Emissionen.

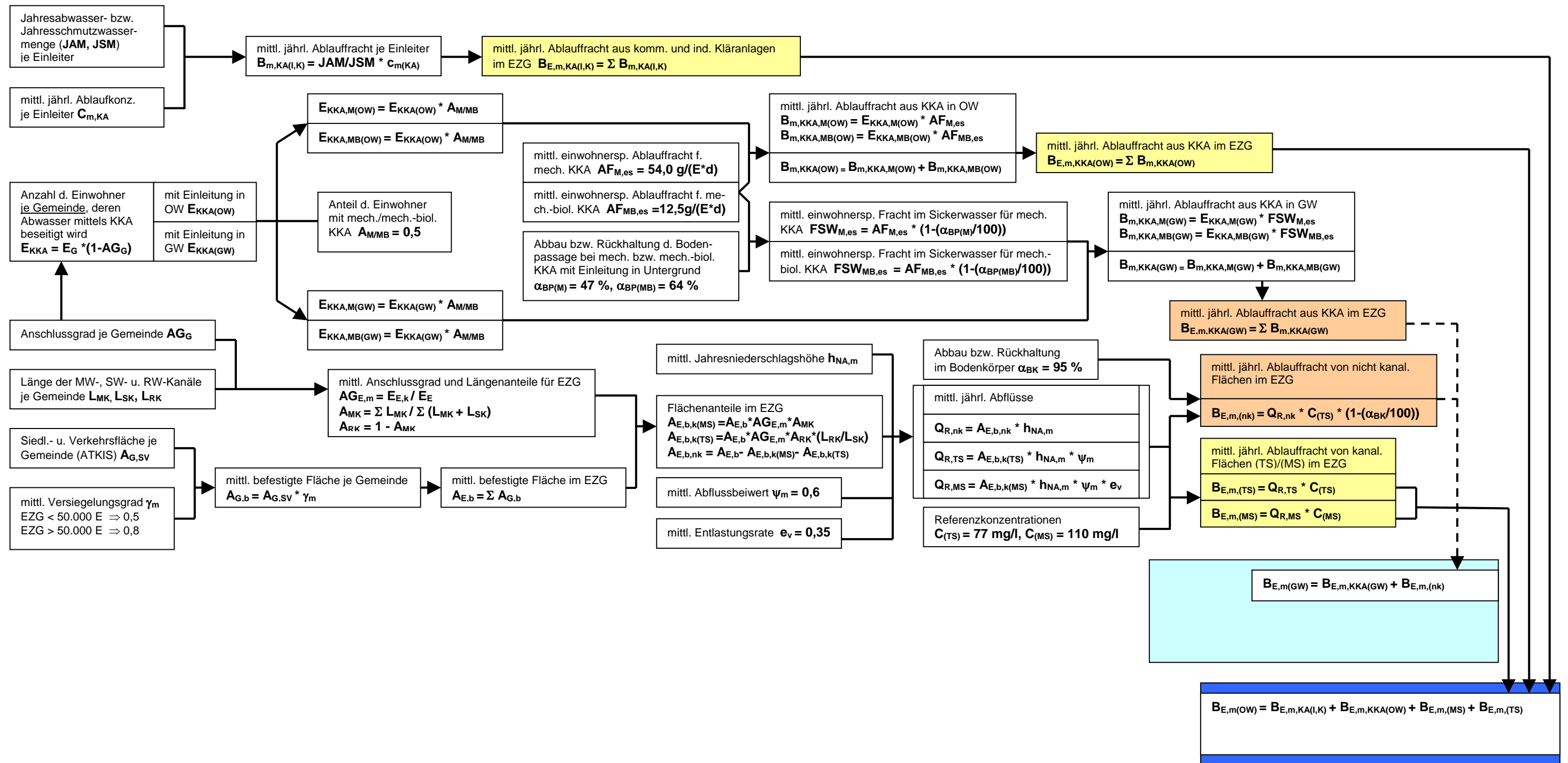
Aufbauend auf daraus erkannten Schwerpunktemissionen lässt sich dann gezielt die Notwendigkeit weitergehender Untersuchungen ableiten.

5. Literaturquellen

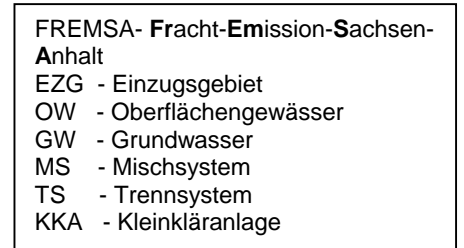
- /1/ BEHRENDT u.a., Studie zur Quantifizierung der Nährstoffeinträge im Einzugsgebiet der Querne-Weida, Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei Berlin, 24.7.98
- /2/ BEHRENDT, HUBER u.a., Forschungsbericht zur Nährstoffbilanzierung der Flußgebiete Deutschlands, UBA Texte 75/99, Oktober 1999
- /3/ CHRISTEN, ABRAHAM u.a., Gutachten zur Beschreibung der Verschmutzung des Grundwassers durch diffuse Quellen aus der Landbewirtschaftung, Institut für nachhaltige Landwirtschaft Halle e.V., März 2004
- /4/ Methodik zur überschläglichen Ermittlung bzw. Abschätzung von Emissionen in Einzugsgebieten von Gewässern, dargestellt am Beispiel des Einzugsgebietes „Querne- Weida“, Landesamt für Umweltschutz, FB 2, September 2004
- /5/ SCHRÖDER, H., Bodenübersichtskarte von Sachsen-Anhalt (BÜK 200), Geologisches Landesamt Sachsen-Anhalt, 1995
- /6/ Überschlägliche Ermittlung von Frachtemissionen in den Einzugsgebieten „Untere Saale“ und „Seege-Jeetze-Tideelbe“ sowie den Ortschaften „Ahlum“ und „Gorenzen“ auf der Grundlage des Modells „FREMSA“, Landesamt für Umweltschutz, FB 2, Januar 2005
- /7/ Karte der Mittelmaßstäbigen Landwirtschaftlichen Standortkartierung im M 1:100000, FZB Müncheberg, Bereich Bodenkunde/ Fernerkundung Eberswalde, 1990, Gesamtleitung R. Schmidt, mit Genehmigung des Geologischen Landesamtes Sachsen-Anhalt
- /8/ KUNST, S., KAYSER, K., LENZ, H.-M., Gutachten „Kleinkläranlagen – Leistungsfähigkeit und Auswirkungen auf das Grundwasser“, Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik der Uni Hannover, 1998
- /9/ WIENERT, B., MERTSCH, M., HAUßMANN, R., Erfassung von Regenwasser- und Mischwassereinleitungen in Gewässer, 37. Essener Tagung für Wasser- und Abfallwirtschaft, Band 193, 2004
- /10/ Daten zur Umwelt, Der Zustand der Umwelt in Deutschland 2000, UBA 2001
- /11/ PFÜTZNER, B., Bestimmung der Grundwasserneubildung für das Land Sachsen-Anhalt auf Grundlage des Verfahrens Bagrov/Glugla (unveröffentlicht), Juni 2001
- /12/ UMEG Karlsruhe, Emissionskataster des LSA 2002,
- /13/ Forschungsbericht zur Luftdepositionen Deutschlands (Zeitraum 1990-1999), Finalreport 299 42 210, UBA 2002
- /14/ Corine- Landcover 1996, Daten zur Bodenbedeckung Deutschlands
- /15/ BÜK 200/ MONERIS- Datensammlung, Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen Anhalt (unveröffentlicht)

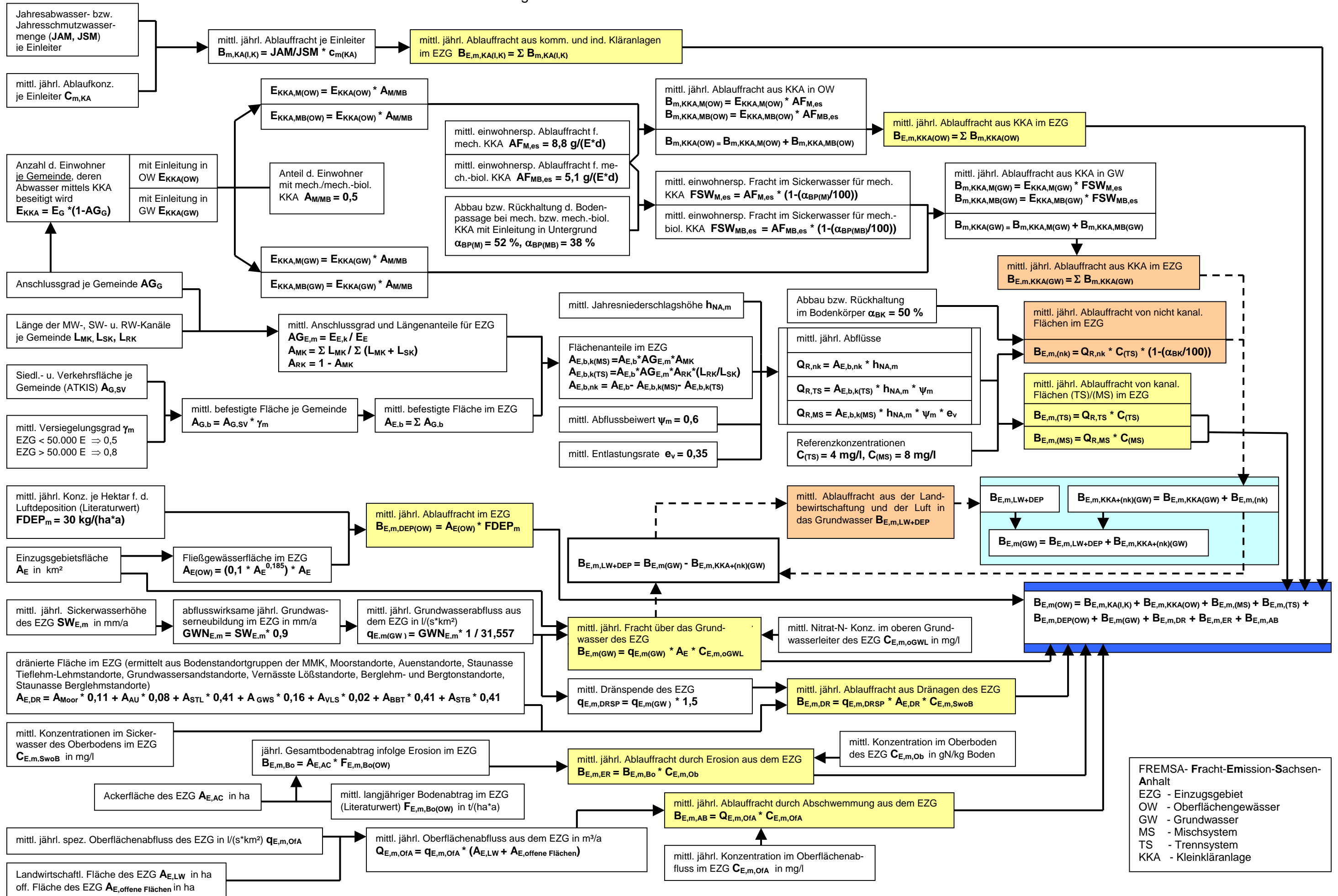


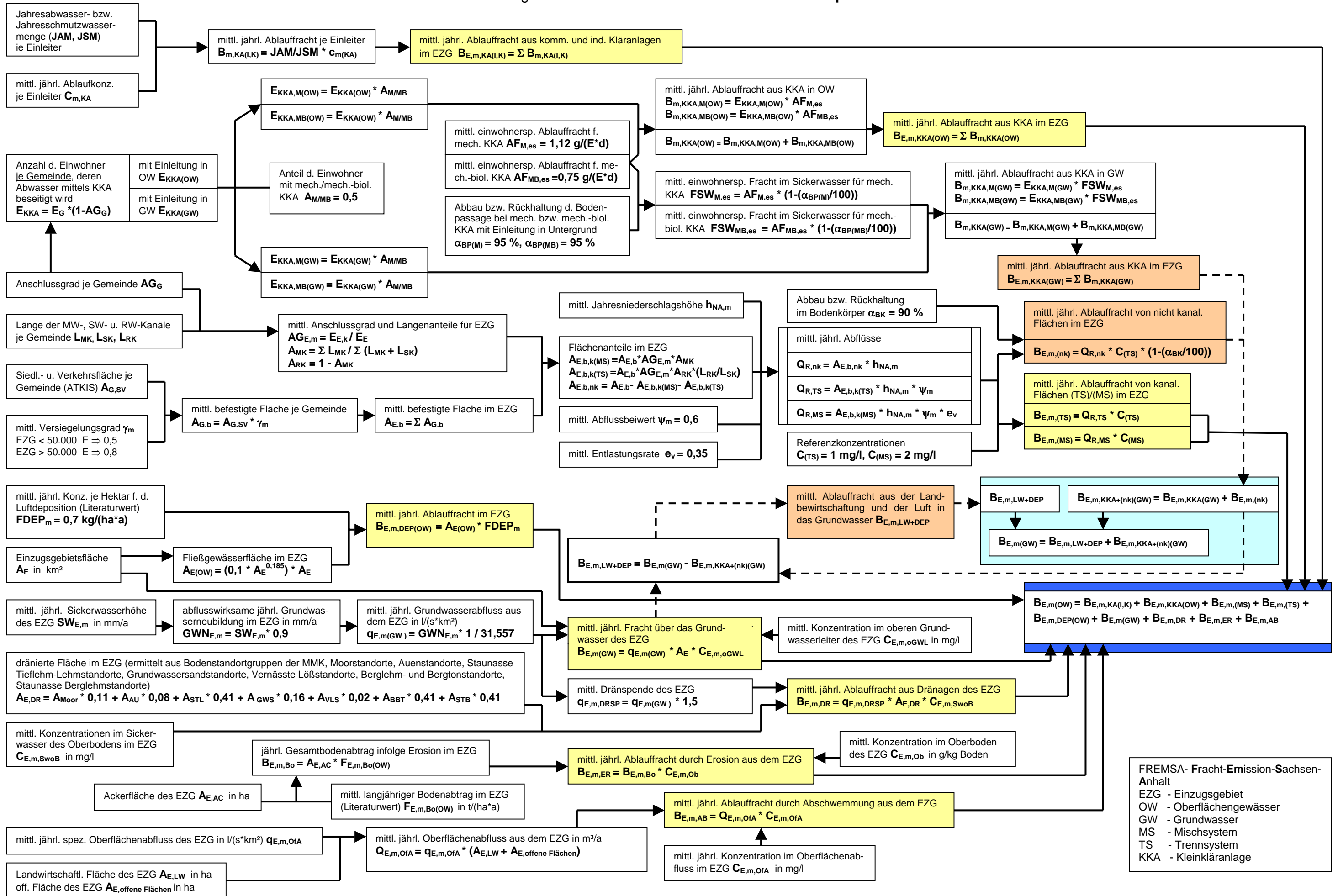




FREMSA- Fracht-Emission-Sachsen-Anhalt
 EZG - Einzugsgebiet
 OW - Oberflächengewässer
 GW - Grundwasser
 MS - Mischsystem
 TS - Trennsystem
 KKA - Kleinkläranlage

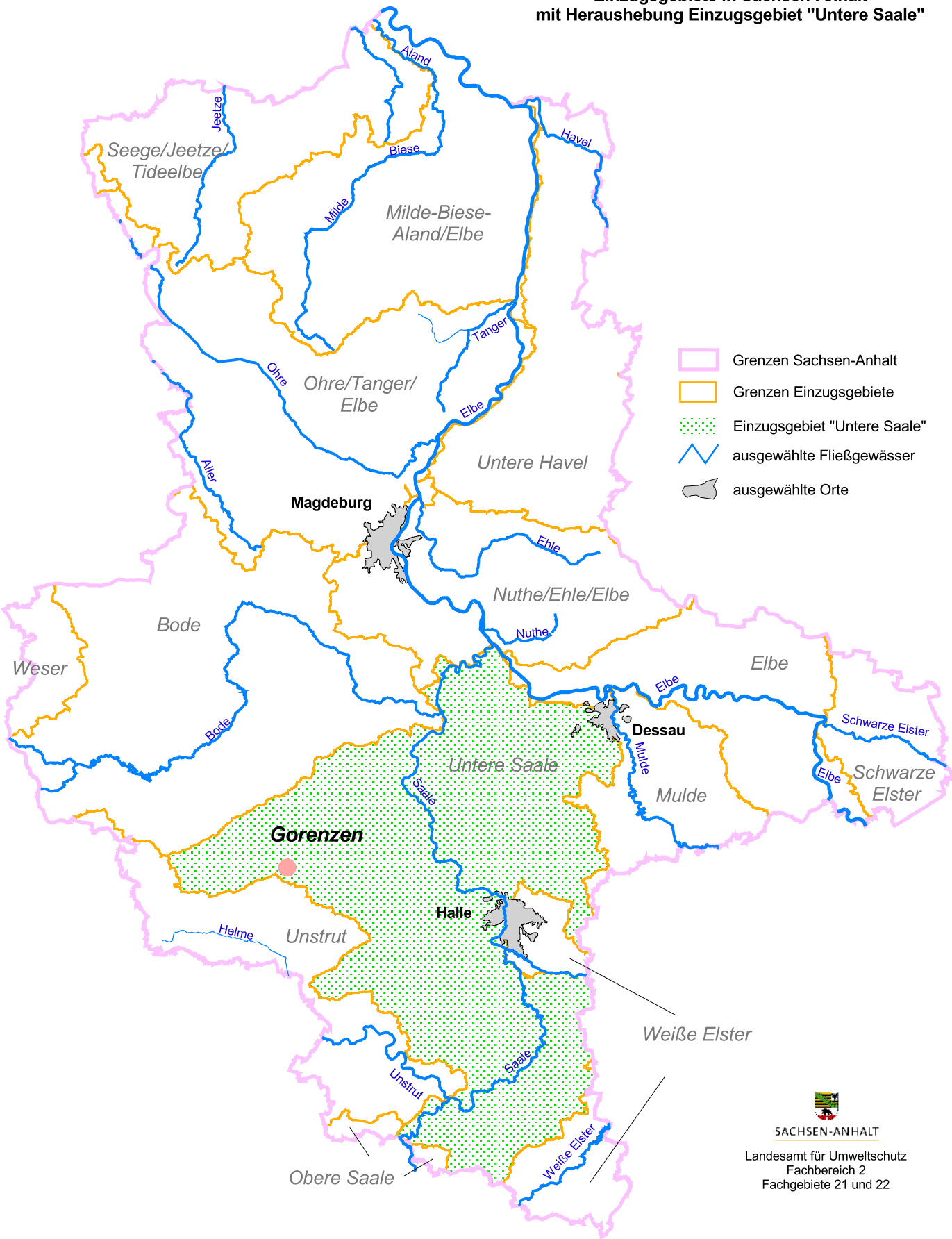






Übersichtskarte

Einzugsgebiete in Sachsen-Anhalt
mit Heraushebung Einzugsgebiet "Untere Saale"



SACHSEN-ANHALT

Landesamt für Umweltschutz
Fachbereich 2
Fachgebiete 21 und 22

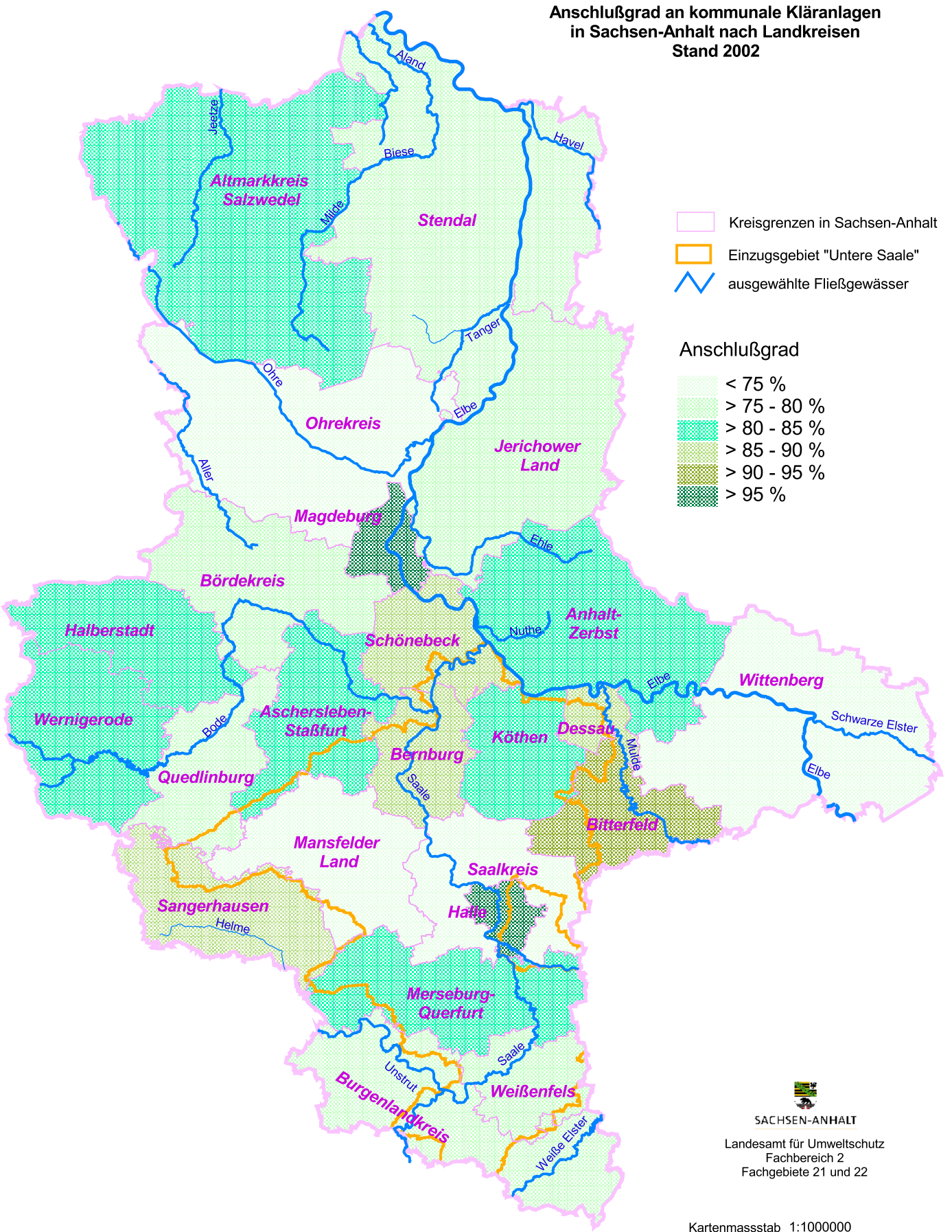
Kartenmassstab 1:1000000

5 0 5 10 15 20 25 Kilometer

Druck: 18.05.2005

Übersichtskarte

Anschlußgrad an kommunale Kläranlagen
in Sachsen-Anhalt nach Landkreisen
Stand 2002



SACHSEN-ANHALT

Landesamt für Umweltschutz
Fachbereich 2
Fachgebiete 21 und 22

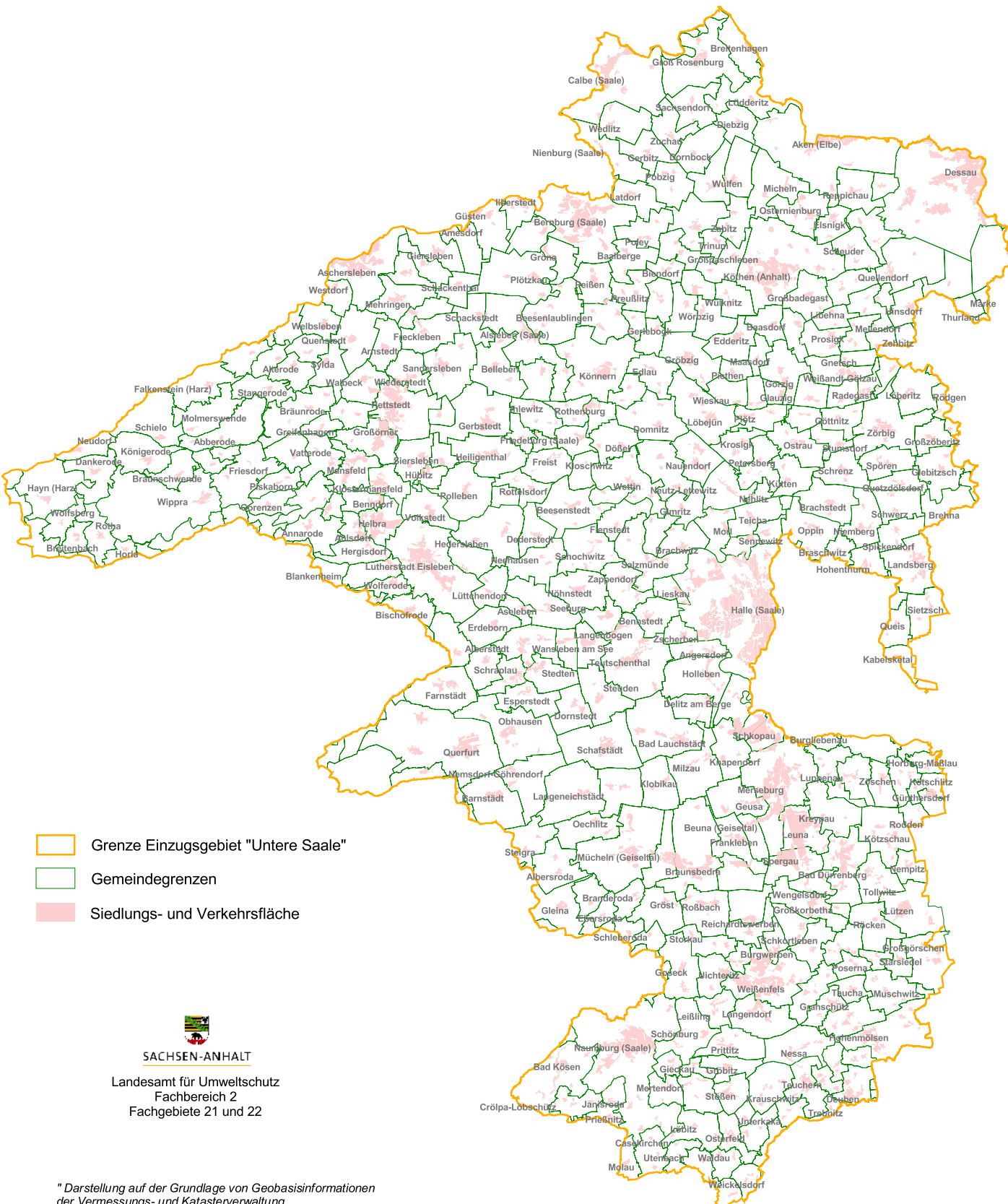
Kartenmassstab 1:1000000

5 0 5 10 15 20 25 Kilometer

Druck: 18.05.2005

Übersichtskarte

**Siedlungs- und Verkehrsflächen der Gemeinden
im Einzugsgebiet "Untere Saale"**



Kartenmassstab 1:470000

5 0 5 10 15 20 25 Kilometer

Druck: 18.05.2005

Fachinformation des Landesamtes für Umweltschutz Sachsen-Anhalt Nr.: 2/2005

Übersichtskarte

Kläranlagen mit Einleitung
in das Einzugsgebiet "Untere Saale"

— Grenze Einzugsgebiet "Untere Saale"

● Kläranlagen mit Einleitung
in das Einzugsgebiet "Untere Saale"



SACHSEN-ANHALT

Landesamt für Umweltschutz
Fachbereich 2
Fachgebiete 21 und 22

"Darstellung auf der Grundlage von Geobasisinformationen
der Vermessungs- und Katasterverwaltung.
Mit Genehmigung des Landesamtes f. Landesvermessung
und Datenverarbeitung Sachsen-Anhalt.
Gen.-Nr.: LVermD/P/086/95"

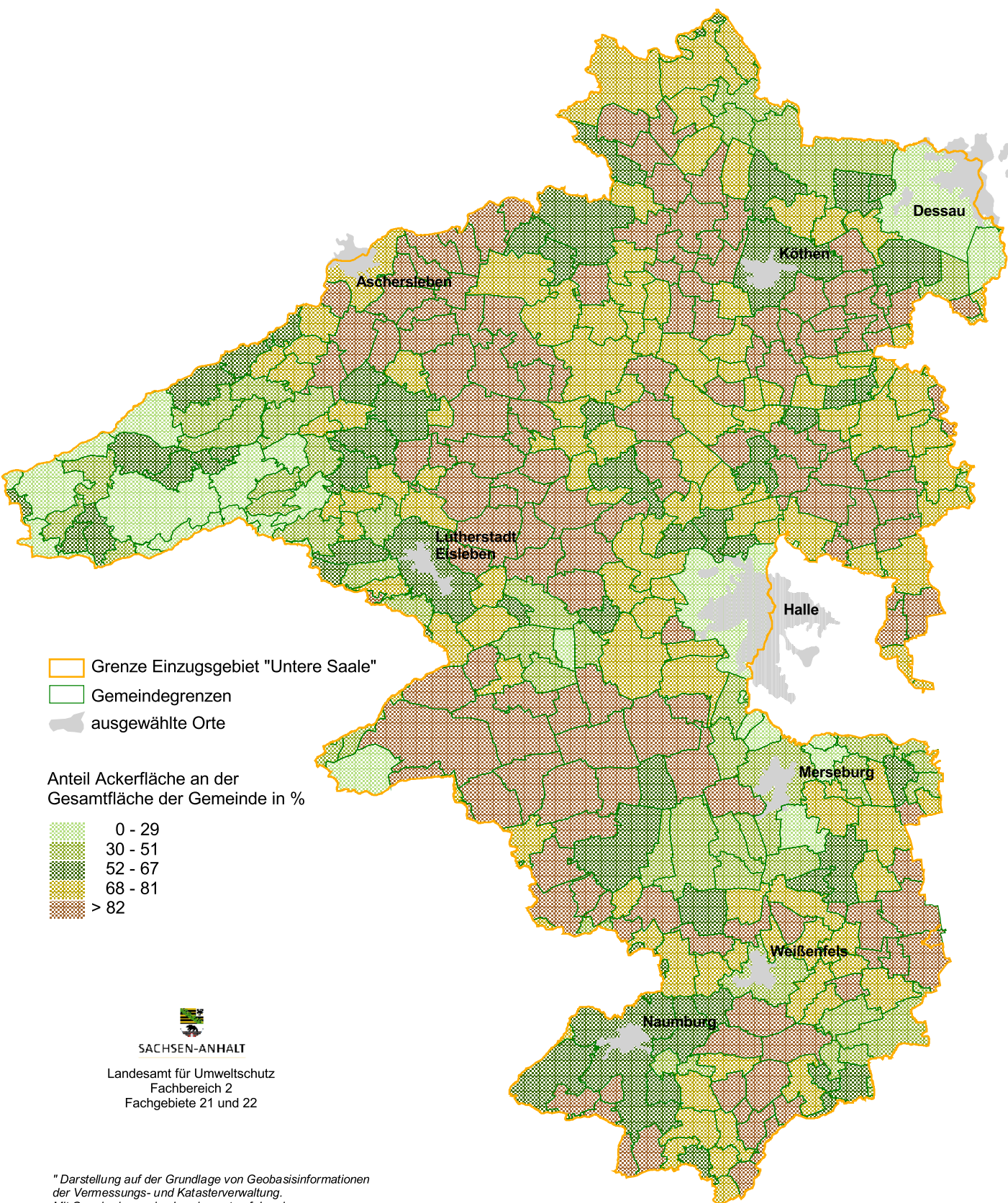
Kartenmassstab 1:330000

2 0 2 4 6 8 10 Kilometer

Druck: 18.05.2005

Übersichtskarte

Anteil Ackerfläche an der Gesamtfläche
der Gemeinden
im Einzugsgebiet "Untere Saale"



"Darstellung auf der Grundlage von Geobasisinformationen der Vermessungs- und Katasterverwaltung.
Mit Genehmigung des Landesamtes f. Landesvermessung und Datenverarbeitung Sachsen-Anhalt.
Gen.-Nr.: LVermD/P/086/95"

Kartenmassstab 1:470000

5 0 5 10 15 20 25 Kilometer