

Themenbericht

Antibiotika im Grundwasser viehstarker Regionen Niedersachsens

Daten 2015 bis 2017



Niedersachsen



Grundwasser

Band 34

Niedersächsischer Landesbetrieb für
Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz

Themenbericht

**Antibiotika im Grundwasser
viehstarker Regionen Niedersachsens**

Daten 2015 bis 2017



Niedersachsen

Herausgeber:
Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft,
Küsten- und Naturschutz (NLWKN)
Am Sportplatz 23
26506 Norden

Der vorliegende Bericht wurde erarbeitet durch:
Christel Karfusehr (NLWKN Cloppenburg)
Annette Kayser (NLWKN Cloppenburg)
Dr. Arne Hein (Umweltbundesamt)

Mit Unterstützung durch:
Dr. Dorothea Berger (NLWKN Sulingen)
Dr. Lars Germershausen (NLWKN Hannover-Hildesheim)
Jona Golon (NLWKN Stade)
Andreas Roskam (NLWKN Aurich)
Katharina Rucki (NLWKN Meppen)
Marcel Troger (NLWKN Brake-Oldenburg)

Bildnachweis:
Peter Göhrs, NLWKN Cloppenburg (Foto Deckblatt)

1. Auflage: Dezember 2018, 300 Stück
Schutzgebühr: 5,00 € + Versand
Bezug:
Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft,
Küsten- und Naturschutz (NLWKN)
Drüdingstr. 25
49661 Cloppenburg
Online verfügbar unter: www.niedersachsen.de → service → Veröffentlichungen/webshop

Inhaltsverzeichnis

Verzeichnis der Abbildungen

Verzeichnis der Tabellen

Verzeichnis der Abkürzungen

Vorwort

1	Anlass und Hintergrund	1
2	Zielsetzung	4
3	Methodik	5
3.1	Untersuchungsgebiet	5
3.2	Messstellen	5
3.3	Probenahme und Analytik	8
3.3.1	Probenahme und Vor-Ort Analytik	8
3.3.2	Analytik	8
3.3.2.1	Grundprogramm	8
3.3.2.2	Wirkstoffe und Abwasserindikatoren	10
4	Ergebnisse	13
4.1	Überblick über Antibiotika- und Abwasserindikatorfunde in viehstarken Regionen	13
4.2	Antibiotikafunde und Filterlagen der Messstellen	20
4.3	Grundparameter und Antibiotikafunde	20
4.4	Regionale Verteilung der Antibiotikafunde	22
4.5	Standort- und wirkstoffbezogene Aufklärung der Funde in Bezug auf die Eintragspfade	27
4.5.1	Alleinige Funde von Antibiotika und deren Transformationsprodukten	30
4.5.1.1	Sulfadiazin	30
4.5.1.2	Sulfamethoxazol	32
4.5.1.3	Sulfadimidin	34
4.5.1.4	Sulfadimethoxin	36
4.5.2	Alleinige Funde von Antibiotika, deren Transformationsprodukten und Abwasserindikatoren	38
4.5.2.1	4-OH-Sulfadiazin und Abwasserindikatoren	38
4.5.2.2	Sulfamethoxazol und Abwasserindikatoren	39
4.5.2.3	Sulfadimidin und Abwasserindikatoren	41
4.5.3	Funde von Wirkstoffkombinationen ohne Abwasserindikatoren	42
4.5.4	Funde von Wirkstoffkombinationen und Abwasserindikatoren	46
4.5.5	Funde von Abwasserindikatoren ohne Antibiotikawirkstoffe	49
4.5.6	Zusammenfassende Beurteilung der standort- und wirkstoffbezogenen Fundaufklärung	52
5	Zusammenfassung	54
6	Ausblick und Handlungsbedarf	55
7	Literaturverzeichnis	58

Verzeichnis der Abbildungen

Abbildung 1: Abgegebene Menge antibiotisch wirksamer Grundsubstanzen (t) je Postleitzahlenregion in Deutschland 2016 (BVL 2017) und Großvieheinheiten je ha/LF der Landkreise Deutschlands (Bäuerle & Tamasy 2012) in Gegenüberstellung.	1
Abbildung 2: Intensivtierhaltungen laut PRTR (Schadstoffregister „Pollutant Release and Transfer Register“, Berichtsjahr 2016 (Thru.de, UBA).	2
Abbildung 3: Haupteintragswege für Human- und Tierarzneimittel nach (UBA 2014 b, verändert).	3
Abbildung 4: Gemeinden mit einem Viehbesatz größer oder gleich 1,75 GV/ha LF als Suchraum für Grundwassermessstellen in viehstarken Regionen.	5
Abbildung 5: Standorte, der auf Antibiotika untersuchten Messstellen in viehstarken Gebieten.	6
Abbildung 6: Lage der Filteroberkante der auf Antibiotika untersuchten Messstellen in viehstarken Regionen (n = 159).	7
Abbildung 7: Verfilterungstiefen und Nitratgehalte der innerhalb viehstarker Regionen auf Antibiotika untersuchten Messstellen (n = 159).	7
Abbildung 8: Piper-Diagramm (Einteilung nach Furtak & Langguth 1967) für die Untersuchungen der Grundparameter im Rahmen des Schwerpunktvorhabens auf Antibiotika (n = 94).	10
Abbildung 9: Anzahl der Messstellen mit Antibiotikafunden differenziert nach Wirkstoffen (Mehrfachnennungen von Messstellen möglich).	14
Abbildung 10: Anzahl von Messstellen mit Einzel- und Mehrfachfunden von Antibiotika differenziert nach Wirkstoffkombinationen.	15
Abbildung 11: Anzahl der Messstellen aus dem Projekt zum landesweiten Screening in viehstarken Regionen (n = 65) mit Antibiotika- und Indikatorenfunden (Abwasserindikator Carbamazepin).	18
Abbildung 12: Anzahl der Messstellen des Schwerpunktvorhabens in viehstarken Regionen (n = 97) mit Antibiotika- und Indikatorenfunden (Abwasserindikator Carbamazepin oder Acesulfam-K).	19
Abbildung 13: Anzahl von Messstellen (Landesweites Screening und Schwerpunktvorhaben) mit Funden von Antibiotikawirkstoffen und Abwasserindikatoren (Carbamazepin und/oder Acesulfam-K) differenziert nach Befundgruppen.	19
Abbildung 14: Auf Antibiotika untersuchte Messstellen (n = 159) und Messstellen mit Antibiotikafunden (n = 32) differenziert nach Filterlagen. Berücksichtigt sind Messstellen des landesweiten Screenings innerhalb viehstarker Gebiete und des Schwerpunktvorhabens.	20
Abbildung 15: Boxplot der Nitrat- und Kaliumgehalte der Messstellengruppen mit und ohne Antibiotikanachweis.	21
Abbildung 16: Boxplots der Härtebildner Calcium und Magnesium der Messstellengruppen mit und ohne Antibiotikanachweis.	21
Abbildung 17: Boxplot der Eisen- bzw. Mangangehalte der Messstellengruppen mit und ohne Antibiotika.	22
Abbildung 18: Boxplot der Vor-Ort-Parameter pH-Wert und Sauerstoff der Messstellengruppen mit und ohne Antibiotika.	22
Abbildung 19: Antibiotikanachweise und Abwasserindikatoren in viehstarken Regionen im Zeitraum 2015 bis 2017.	24
Abbildung 20: Antibiotikanachweise in viehstarken Gebieten unter Berücksichtigung des Viehbesatzes auf Gemeindeebene und Standorten von Intensivtierhaltungsbetrieben nach PRTR (Thru.de, UBA).	25
Abbildung 21: Antibiotikanachweise in Verbindung mit Bodenlandschaften	26
Abbildung 22: Verkaufsmengen ausgewählter Sulfonamide im Jahr 2013 in der Human- und Veterinärmedizin in Deutschland (NLWKN 2017).	27
Abbildung 23: Nachweis von ausschließlich 4-OH-Sulfadiazin in viehstarken Regionen.	31
Abbildung 24: Nachweis von ausschließlich Sulfamethoxazol (inkl. Transformationsprodukte) in viehstarken Regionen.	33
Abbildung 25: Messstellen mit ausschließlichem Nachweis von Sulfadimidin in viehstarken Regionen.	35
Abbildung 26: Messstellen mit ausschließlichem Nachweis von Sulfadimethoxin in viehstarken Regionen.	37

Abbildung 27: Nachweis von 4-OH-Sulfadiazin als Einzelwirkstoffnachweis und Abwasserindikatoren	39
Abbildung 28: Nachweis von Sulfamethoxazol und Abwasserindikatoren.	40
Abbildung 29: Nachweis von Sulfadimidin als Einzelwirkstoff und Abwasserindikatoren.	42
Abbildung 30: Nachweis von mehreren Wirkstoffen ohne Abwasserindikatoren.	46
Abbildung 31: Nachweis von mehreren Antibiotikawirkstoffen und Abwasserindikatoren.	49
Abbildung 32: Nachweis von Abwasserindikatoren (inkl. Bor) ohne Antibiotikafunde.	51

Verzeichnis der Tabellen

Tabelle 1: Vor-Ort-Parameter (Schwerpunktvorhaben viehstarke Regionen).	8
Tabelle 2: Parameter und Bestimmungsgrenzen des Grundprogramms im Rahmen des Schwerpunktvorhabens in viehstarken Regionen.	9
Tabelle 3: Nachweis- und Bestimmungsgrenzen der untersuchten Sulfonamide und Trimethoprim differenziert nach Untersuchungslabor.	11
Tabelle 4: Nachweis- und Bestimmungsgrenzen der untersuchten Abwasserindikatoren.	12
Tabelle 5: Funde von Antibiotikawirkstoffen und Transformationsprodukten in Messstellen des landesweiten Screenings innerhalb viehstarker Regionen.	16
Tabelle 6: Funde von Antibiotikawirkstoffen, Transformationsprodukten und Abwasserindikatoren in Messstellen des Schwerpunktvorhabens innerhalb viehstarker Regionen.	17
Tabelle 7: Verkehrsfähigkeit und Anzahl der im Handel befindlichen Antibiotikaproducte ausgewählter Sulfonamidwirkstoffe (Recherche DIMDI-Datenbank 2017).	28
Tabelle 8: Art der Abwasserentsorgung nach Einwohnerzahlen (Prozent) in den Landkreisen des Untersuchungsraumes im Jahr 2013 (LSN 2016, teilweise berechnet).	29
Tabelle 9: Messstellen mit ausschließlichem Nachweis von Sulfadiazin oder dessen Transformationsprodukten innerhalb viehstarker Regionen.	30
Tabelle 10: Messstellen mit ausschließlichem Nachweis von Sulfamethoxazol oder Abbauprodukt dieses Wirkstoffes in viehstarken Regionen.	32
Tabelle 11: Messstellen mit ausschließlichem Nachweis von Sulfadimidin innerhalb viehstarker Regionen.	34
Tabelle 12: Messstellen mit ausschließlichem Nachweis von Sulfadimethoxin innerhalb viehstarker Regionen.	36
Tabelle 13: Messstellen mit Nachweis von 4-OH-Sulfadiazin, Abwasserindikatoren und Bor in viehstarken Regionen.	38
Tabelle 14: Messstellen mit Nachweis von Sulfamethoxazol, Abwasserindikatoren und Bor in viehstarken Regionen.	40
Tabelle 15: Messstellen mit Nachweis von Sulfadimidin, Abwasserindikatoren (inkl. Bor) in viehstarken Regionen.	41
Tabelle 16: Messstellen mit Nachweis mehrerer Antibiotikawirkstoffen in viehstarken Regionen.	43
Tabelle 17: Nachweis von mehreren Antibiotikawirkstoffen, Abwasserindikatoren und Bor.	48
Tabelle 18: Nachweis von Abwasserindikatoren (inkl. Bor) ohne Antibiotikawirkstoffnachweise.	50
Tabelle 19: Ableitung von Eintragungspfaden.	53

Verzeichnis der Abkürzungen

ADI	erlaubte Tagesdosis (acceptable daily intake)
AMG	Arzneimittelgesetz
BG	Bestimmungsgrenze (obere laboranalytische Detektionsschwelle)
BVL	Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit
CMZ	Carbamazepin
DDD	definierte Tagesdosis (defined daily dose)
DIMDI	Deutsches Institut für medizinische Dokumentation und Information
DüV	Düngeverordnung
FOK	Filteroberkante
FUK	Filterunterkante
GFS	Geringfügigkeitsschwellenwert
GOK	Geländeoberkante
GrwV	Grundwasserverordnung
GV	Großvieheinheit
GWM	Grundwassermessstelle
HAM	Humanarzneimittel
HPLC	Hochleistungsflüssigkeitschromatographie
KKA	Kleinkläranlage
LBEG	Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie Niedersachsen
LF	Landwirtschaftlich genutzte Fläche
LK	Landkreis
LSN	Landesbetrieb für Statistik und Kommunikationstechnologie Niedersachsen
LWK	Landwirtschaftskammer
NLWKN	Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz
NN	Normalnull
NWG	Nachweisgrenze (untere laboranalytische Detektionsschwelle)
PRTR	Pollutant Release and Transfer Register
SDM	Sulfadimidin (in der englischen Literatur zumeist: Sulfamethazin)
SDZ	Sulfadiazin
SMX	Sulfamethoxazol
SVZ	Schichtenverzeichnis
TAM	Tierarzneimittel
TM	Trockenmasse
TMP	Trimethoprim
TP	Transformationsprodukt
UBA	Umweltbundesamt
UWB	Untere Wasserbehörde

Vorwort

In den letzten Jahren ist das Thema Arzneimittel-funde im oberflächennahen Grundwasser verstärkt in den Fokus der Wahrnehmung gerückt. Erhebliche Mengen Antibiotika werden in der Tierhaltung eingesetzt und gelangen mit dem Wirtschaftsdünger diffus auf die landwirtschaftlichen Flächen.

Untersuchungen zu den Ursachen des Eintrages von Tierarzneimitteln in das Grundwasser sind vom Umweltbundesamt unter Beteiligung des NLWKN von 2012 bis 2016, bzw. durch den NLWKN 2015 bis 2016 durchgeführt worden. Eine landesweite Bestandsaufnahme zur Antibiotikabelastung des Grundwassers erfolgte ab 2015 durch den NLWKN.

Durch das UBA wurde festgestellt, dass sich insbesondere die Wirkstoffgruppe der Sulfonamide als die Antibiotikagruppe erwiesen hat, die aufgrund ihrer Mobilität und Umweltrelevanz das größte Risiko für das Grundwasser darstellt. Antibiotikauntersuchungen im Grundwasser erfolgen daher im Wesentlichen in Hinblick auf Belastungen durch Wirkstoffe und Abbauprodukte der Sulfonamide. Aufgrund ihrer Stoffeigenschaften werden insbesondere die Sulfonamide relativ leicht über das Sickerwasser in das Grundwasser ausgewaschen. Insbesondere Sulfadimidin wird häufig, wenn

auch in geringen Konzentrationen, im Grundwasser nachgewiesen.

Landesweite Untersuchungen zeigten, dass in viehstarken Gebieten verstärkt Belastungen des Grundwassers mit Antibiotikawirkstoffen auftreten, jedoch auch in Ackerbauregionen Funde, z.T. in hohen Konzentrationen, nachgewiesen werden.

Projekte zur Ermittlung der Ursachen der Antibiotikaeinträge in das oberflächennahe Grundwasser machten deutlich, dass neben Wirtschaftsdünger auch häusliches Abwasser aus Kleinkläranlagen punktuell zu Belastungen des Grundwassers führen kann. Aufgrund der hohen Anzahl der Kleinkläranlagen im ländlichen Außenbereich stellen sie eine nicht zu vernachlässigende Belastungsquelle dar.

Die Auswirkungen von Antibiotikaeinträgen in das Grundwasser auf das Gleichgewicht der aquatischen Organismen sind noch nicht geklärt.

Die verdichtenden Untersuchungen in viehstarken Regionen mit einem Viehbesatz ab 1,75 Großvieheinheiten pro Hektar landwirtschaftlich genutzter Fläche (GV/ha LF) sollen weiterführende Erkenntnisse zur Belastung des oberflächennahen Grundwassers mit Antibiotikawirkstoffen bringen.

1 Anlass und Hintergrund

In der intensiven Tierhaltung werden große Mengen an Tierarzneimitteln (TAM) eingesetzt. Die verabreichten Medikamente werden nach der Ausscheidung durch die Nutztiere mit dem Wirtschaftsdünger auf landwirtschaftliche Flächen in diffuser Form ausgebracht. Mit der Versickerung können sie in den Boden, in die ungesättigte Zone und letztlich in das Grundwasser eingetragen werden bzw. in Oberflächengewässer gelangen. Insbesondere der hohe Einsatz von antibiotischen Wirkstoffen ist vor dem Hintergrund nicht auszuschließender Resistenzbildungen und nicht abschätzbarer ökotoxikologischer Wirkungen auf Nichtzielorganismen terrestrischer und aquatischer Umweltkompartimente kritisch zu sehen.

Im Tierarzneimittelmarkt rangieren Antibiotika, die der Gruppe der Antiinfektiva zugeordnet werden, mit einem Anteil von 19% mit Antiparasitika auf dem dritten Rang hinter pharmazeutischen Spezialpräparaten und Biologika (BfT 2017). Seit 2011 werden die Abgabemengen an Antibiotika gemäß

Arzneimittelgesetz (AMG) und Arzneimittelverordnung erfasst (BVL 2016). Die jährlichen Hauptabgabemengen (Stand 2016) stellen Penicilline (279 t) und Tetracykline (193 t). In deutlich geringeren Mengen werden Polypeptid-Antibiotika (69 t), Sulfonamide (69 t) und Makrolide (55 t) eingesetzt. In den letzten Jahren ist jedoch ein deutlicher Rückgang der Abgabemengen von Antibiotika zu verzeichnen. Wurden 2011 noch 1.706 t Antibiotika abgegeben, verringerte sich die Abgabemenge bis 2016 um über 50% auf 742 t. Insbesondere Makrolide (Rückgang der Abgabemengen um 68%), Tetracyklinen (Rückgang um 66%) und Sulfonamiden (Rückgang um 63%) wurden deutlich weniger eingesetzt.

Die abgegebenen Mengen antibiotisch wirksamer Tierarzneimittel variieren regional sehr stark. Insbesondere der Nordwesten Deutschlands fällt durch hohe Abgabemengen auf und spiegelt den hohen Viehbesatz der dort befindlichen Landkreise wider (Abbildung 1).

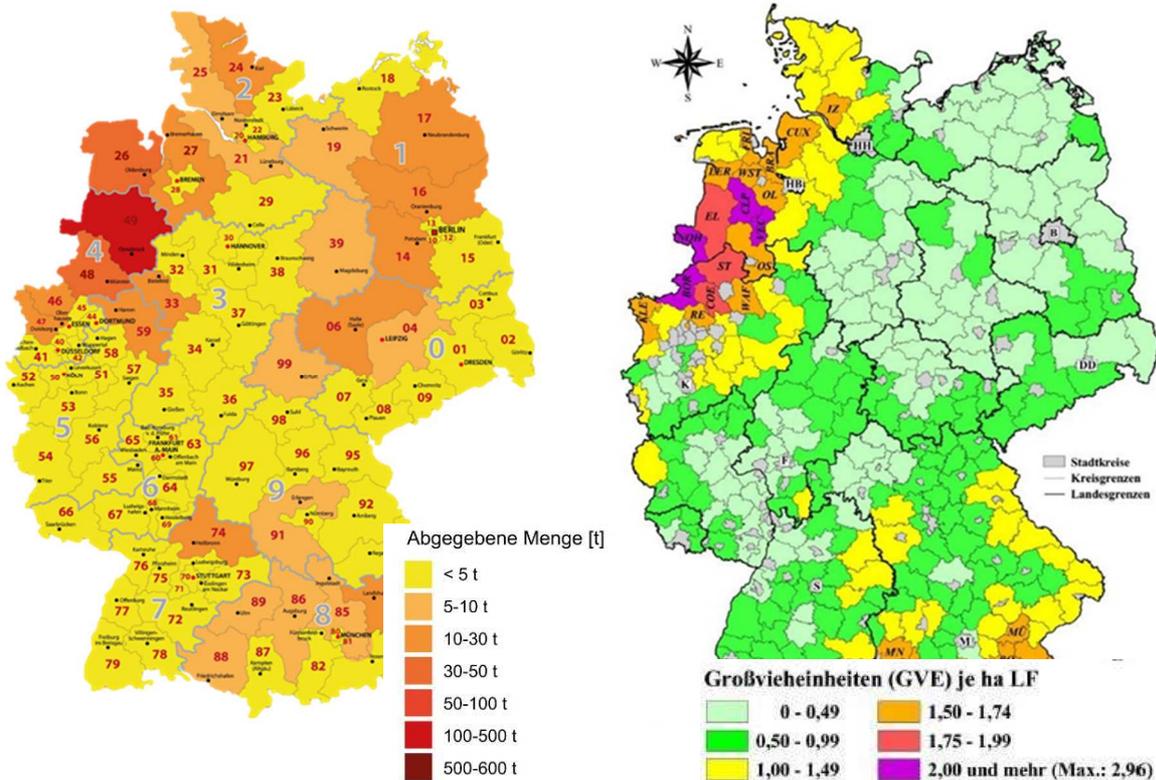


Abbildung 1: Abgegebene Menge antibiotisch wirksamer Grundsubstanzen (t) je Postleitzahlenregion in Deutschland 2016 (BVL 2017) und Großvieheinheiten je ha/LF der Landkreise Deutschlands (Bäuerle & Tamasy 2012) in Gegenüberstellung.

Insbesondere spiegeln Gebiete mit einer Konzentration an Intensivtierhaltungsbetrieben (Abbildung 2) eine erhöhte Antibiotikaabgabe



wider, wie der Vergleich mit der Verteilung abgegebener Menge Antibiotika (siehe Abbildung 1) verdeutlicht.

Intensivtierhaltung u. Aquakultur

Berichtspflichtige Betriebe:

- > 750 Sauen oder
- > 2000 Mastschweine oder
- > 40.000 Geflügel
- und
- Emission > 10 t Ammoniak

Abbildung 2: Intensivtierhaltungen laut PRTR (Schadstoffregister „Pollutant Release and Transfer Register“, Berichtsjahr 2016 (Thru.de, UBA).

Neben dem Eintrag von Tierarzneimitteln sind die in der Humanmedizin eingesetzten Medikamente eine weitere Belastungsquelle für das Grundwasser (Abbildung 3). Auch bei Einhaltung aller gesetzlichen Vorgaben können Kleinkläranlagen (KKA) insbesondere bei Verrieselung in das Grundwasser Eintragsquellen für medizinische Wirkstoffe darstellen. Da auch große Kläranlagen nach heutigem Stand nicht darauf ausgelegt sind, Antibiotika aus dem Abwasser zu eliminieren, ist hier bei Vorhandensein dieser Wirkstoffe im Abwasser von einem Eintrag in die Oberflächengewässer auszugehen. In der Humanmedizin werden jährlich ca. 700 - 800 t Antibiotika eingesetzt, 85% davon im ambulanten Bereich (BVL 2016). 2014 wurden für die ambulante Anwendung 448 Mio. Tagesdosen (DDD) Antibiotika verordnet. An erster Stelle wurden 2014 Basispenicilline verschrieben (ca. 24%), gefolgt von lokal angewendeten Antibiotika, Tetrazyklinen und Makroliden. Folsäureantagonisten, u.a. Sulfonamide und Thrimethoprim, sowie Kombipräparate daraus wie Cotrimoxazol, wurden in einem Umfang von 3% eingesetzt.

In Krankenhäusern wurden häufig Wirkstoffe der β -Lactam-Gruppe sowie Fluorchinolone, gefolgt von Makroliden angewandt. Folsäureantagonisten/Sulfonamide werden dort häufiger eingesetzt als Aminoglykoside und Tetrazykline (BVL 2016).

Ab 2012 hat sich das Umweltbundesamt (UBA) verstärkt mit der Tierarzneiproblematik und den Eintragspfaden von Antibiotika in das Grundwasser auseinandergesetzt. In verschiedenen Bundesländern, unter anderem in Niedersachsen, wurden Antibiotika im Grundwasser viehstarker Regionen untersucht (UBA 2014). Die Untersuchung umfasste insbesondere Verbindungen aus der Gruppe der Sulfonamide und Fluorchinolone, Tetrazykline und Makrolide. Dabei konnten ausschließlich Sulfonamide im Grundwasser festgestellt werden, in einigen Messstellen in niedrigen, in wenigen Messstellen jedoch auch in hohen Gehalten. In den folgenden Projekten des UBA und des NLWKN wurde der Fokus der Untersuchungen daher auf die Wirkstoffgruppe der Sulfonamide gelegt.

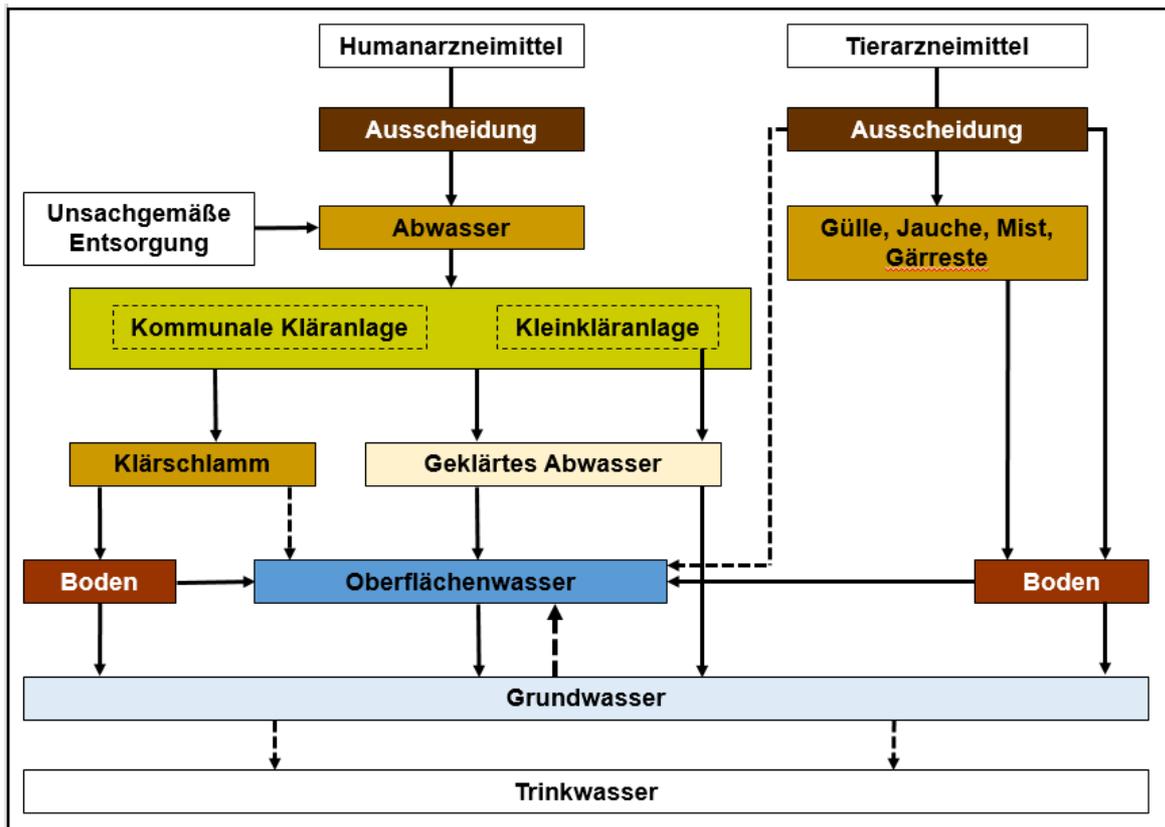


Abbildung 3: Haupteintragswege für Human- und Tierarzneimittel nach (UBA 2014 b, verändert).

In einem Folgeprojekt des UBA (UBA 2016) wurden bis 2015 an sechs Grundwassermessstellen (GWM) mit nachgewiesenen Sulfonamid-Wirkstoffunden weitere Untersuchungen durchgeführt, um nähere Erkenntnisse über die spezifischen Einträge und Prozesse der Sulfonamide über den Wirtschaftsdünger in das Grundwasser zu erhalten.

Darauf aufbauend schloss sich 2015/2016 ein Ergänzungsprojekt des NLWKN an (NLWKN 2017), um wichtige Kenntnislücken zu den möglichen Ursachen des Eintrages von Tierarzneimitteln in das oberflächennahe Grundwasser zu schließen. Dies betraf vor allem die Verdichtung der Wasserstandsmessungen zur Lokalisation der örtlichen Anstromverhältnisse zu den Landesmessstellen, Grundwasseruntersuchungen sowie Beprobungen weiterer wichtiger Umweltmedien, um für die standortbezogene Aufklärung einen möglichst lückenlosen Datenbestand zur Verfügung zu haben. Untersucht wurden Gülle/Gärreste, Böden und Grundwasser, sowie Gräben, Drainageauslässe und an einem Standort auch das Sickerwasser. Voraussetzung für die Durchführung der Projekte zur Ermittlung der Eintragsquellen

war u. a. eine enge Zusammenarbeit mit den Landwirten und ihren Interessensvertretern. Nahezu alle ansässigen Landwirte waren zur Mitarbeit bereit, gaben Auskünfte zum Antibiotikaeinsatz in ihrem Tierbestand und ermöglichten die Probenahmen von Wirtschaftsdüngern und Boden. Auf Basis der detaillierten Untersuchungen und Zusatzinformationen konnte der Eintragspfad der Wirkstoffe aus der Tier- oder Humanmedizin nachvollzogen werden.

Neben dem Projekt zur Ermittlung der Eintragspfade führt der NLWKN seit 2015 ein landesweites Screening an Grundwassergütemessstellen zur Ermittlung der Antibiotikabelastung insbesondere der Wirkstoffgruppe der Sulfonamide und ihrer Transformationsprodukte durch. Ziel dieses Sonderuntersuchungsprogrammes ist es, einen landesweiten Überblick über die Belastungssituation des oberflächennahen Grundwassers mit Arzneimitteln in Niedersachsen zu bekommen. 2016 wurde der Untersuchungsumfang auf weitere GWM erweitert. 2017 erfolgte eine Ergänzung des Parameterumfangs auf Arzneimittel aus der Humanmedizin.

Das landesweite Screening beinhaltet ausschließlich Untersuchungen des Grundwassers.

Erste Erkenntnisse aus dem landesweiten Antibiotika-Screening des NLWKN zeigen, dass aufgrund der deutlich höheren Abgabemengen von antimikrobiell wirksamen Substanzen (NLWKN 2017) in Regionen mit hohem Viehbesatz (Abbildung 4) von einem höheren Belastungsdruck ausgegangen werden kann. So wiesen in Niedersachsen 15% der im Zeitraum 2015/2016 untersuchten 209 Messstellen mindestens einmalig einen Befund von Antibiotikawirkstoffen auf. Bei ausschließlicher Betrachtung viehstarker Regionen, hier definiert über Gemeinden mit einem Viehbesatz von mindestens 1,75 GV/ha LF, erhöhte sich der Anteil belasteter Messstellen auf 26%. 65 der 2015/2016 untersuchten 209 Messstellen sind in Gebieten mit hohem Viehbesatz verortet. In Gebieten mit geringeren Tierzahlen (unter 1,75 GV/ha LF) konnten dagegen nur an rund 10% der untersuchten Messstellen Antibiotikawirkstoffe festgestellt werden.

2 Zielsetzung

In Ergänzung des landesweiten Antibiotika-Screenings sollte im Rahmen eines Schwerpunktvorhabens ein Überblick über die Verbreitung der untersuchten Antibiotika in viehstarken Regionen, unter besonderer Berücksichtigung der Belastungssituation im oberflächennahen Grundwasser, gewonnen werden. Dazu wurde eine Verdichtung des Untersuchungsumfanges auf bisher nicht untersuchte GWM in Gemeinden mit hohem Viehbesatz von mindestens 1,75 GV/ha LF durchgeführt.

Aufbauend auf den Erkenntnissen aus den vorangegangenen Projekten des UBA und des NLWKN zur Ermittlung der Ursachen des Eintrages von Antibiotikawirkstoffen, speziell aus der Gruppe der Sulfonamide, ist es Ziel des Projektes, mögliche Ursachen der Grundwas-

Der NLWKN hat diese Erkenntnisse zum Anlass genommen, ergänzend zum landesweiten Screening ein Schwerpunktvorhaben (Projektdauer 2016 bis 2017) in viehstarken Regionen mit über 1,75 GV/ha LF durchzuführen. Es wird erwartet, mit der verbesserten Kenntnislage über die Verbreitung von Antibiotika-Einträgen ins Grundwasser vorhandene Datenlücken zu schließen.

Im vorliegenden Projektbericht werden sowohl die Untersuchungsergebnisse des Schwerpunktvorhabens 2016 und 2017 als auch die Erkenntnisse des landesweiten Screenings der Jahre 2015 bis 2016 auf Ebene viehstarker Regionen zusammenfassend ausgewertet und dargestellt.

Die standort- und wirkstoffspezifische Bewertung der Antibiotikafunde erfolgt auf Basis der Erkenntnisse aus den Projekten des Umweltbundesamtes und des NLWKN der Jahre 2012 bis 2016.

serbelastungen in viehstarken Regionen abzuleiten. Messstellen, die einer weiteren, detaillierten Untersuchung hinsichtlich der Eintragsursachen bedürfen, sollen identifiziert bzw. benannt werden.

Da sich die Untersuchungen sowohl des landesweiten Screenings als auch des Schwerpunktvorhabens ausschließlich auf die Untersuchung des Grundwassers beziehen und andere Umweltmedien wie z. B. Gülle/Gärreste, Boden, Oberflächenwasser und Abwasser aus Kleinkläranlagen nicht untersucht werden, kann der Eintragspfad nur über Analogieschlüsse auf bisherigen Erkenntnissen erfolgen. Somit bleibt eine gewisse Unsicherheit bei der Einschätzung der Eintragsursache bestehen.

3 Methodik

3.1 Untersuchungsgebiet

Für die Messstellenauswahl war die Lage innerhalb viehstarker Gemeinden ausschlaggebend. Der durchschnittliche Viehbesatz beträgt in Niedersachsen 1,12 GV/ha LF. Als viehstark gelten im Rahmen dieses und der vorangegangenen Projekte Gemeinden mit einem Viehbesatz von 1,75 GV/ha LF oder mehr. Für Gemeinden innerhalb der Landkreise Cloppenburg, Vechta, Osnabrück, Grafschaft Bentheim, Emsland, Leer, Friesland, Wesermarsch, Oldenburg, Ammerland, Diepholz, Cuxhaven und Rotenburg/Wümme trifft das Auswahlkriterium zu (Abbildung 4). In diesen Gemeinden wurden die GWM für das Schwerpunktvorhaben ausgewählt (siehe auch Kapitel 3.2).

penburg, Vechta, Osnabrück, Grafschaft Bentheim, Emsland, Leer, Friesland, Wesermarsch, Oldenburg, Ammerland, Diepholz, Cuxhaven und Rotenburg/Wümme trifft das Auswahlkriterium zu (Abbildung 4). In diesen Gemeinden wurden die GWM für das Schwerpunktvorhaben ausgewählt (siehe auch Kapitel 3.2).



Abbildung 4: Gemeinden mit einem Viehbesatz größer oder gleich 1,75 GV/ha LF als Suchraum für Grundwassermessstellen in viehstarken Regionen.

3.2 Messstellen

In Anlehnung an die nunmehr abgeschlossenen Projekte des UBA/NLWKN zur Ermittlung der Eintragspfade und des landesweiten Screenings erfolgte die Messstellenauswahl für das Schwerpunktprojekt nach einem worst-case Ansatz. Die Messstellen sollten:

- im Bereich sandiger, gut durchlässiger Böden/Untergrund liegen und
- möglichst oberflächennah verfiltert sein, um das oberflächennahe Grundwasser erfassen zu können,
- möglichst hohe N-Gehalte aufweisen.

Hohe Nitratgehalte deuten auf eine intensive landwirtschaftliche Nutzung und eine deutliche Stoffverlagerung in das Grundwasser hin.

Gleiches gilt für Nachweise von Pflanzenschutzmitteln oder anderen Spurenstoffen, die ebenfalls eine Stoffverlagerung ins Grundwasser aufzeigen.

- Am Standort sollten keine Deckschichten vorhanden aber
- eine hohe Grundwasserneubildungs- bzw. Auswaschungsrate gegeben sein.

Für eine umfassende Auswertung im Rahmen des vorliegenden Berichtes konnte auf die Untersuchungsergebnisse des landesweiten Screenings für den Zeitraum 2015 und 2016 zurückgegriffen werden. Innerhalb dieses Screenings wurden 209 landeseigene Messstellen des Grundwasser-Gütemessprogramms untersucht. 65 dieser Güte-Messstellen sind im Untersuchungsraum „Viehstarke Gebiete“ verortet. Dies entspricht 31% der im landesweiten Screening untersuchten GWM.

Für das Schwerpunktvorhaben wurden insgesamt 94 (2016) bzw. 97 (2017) Grundwasser-Standsmessstellen innerhalb des in Kapitel 3.1 näher bezeichneten Untersuchungsraumes (Gemeinden mit mindestens 1,75 GV/ha LF) ausgewählt. Grundwasser-Standsmessstellen dienen der Mengenermittlung des Grundwas-

sers, sie sind aktuell nicht Teil eines Güte-Programms.

Drei Messstellen sind sowohl Teil des landesweiten Screenings als auch Teil des Schwerpunktvorhabens. Sie dienen der Verifizierung der Untersuchungsergebnisse über Doppelbeobachtungen und durch Untersuchungen durch verschiedene Labore (NLWKN-Labor Hildesheim bzw. Gesellschaft für Wasser und Abwasserservice mbH).

Durch die zusammenfassende Aus- und Bewertung beider Untersuchungsprogramme stehen insgesamt 159 Messstellen innerhalb des Untersuchungsraumes zur Verfügung (Abbildung 5). Durch das Schwerpunktvorhaben hat sich die Untersuchungsichte in viehstarken Regionen von 1 Messstelle/350 km² auf 1 Messstelle/140 km² erhöht.

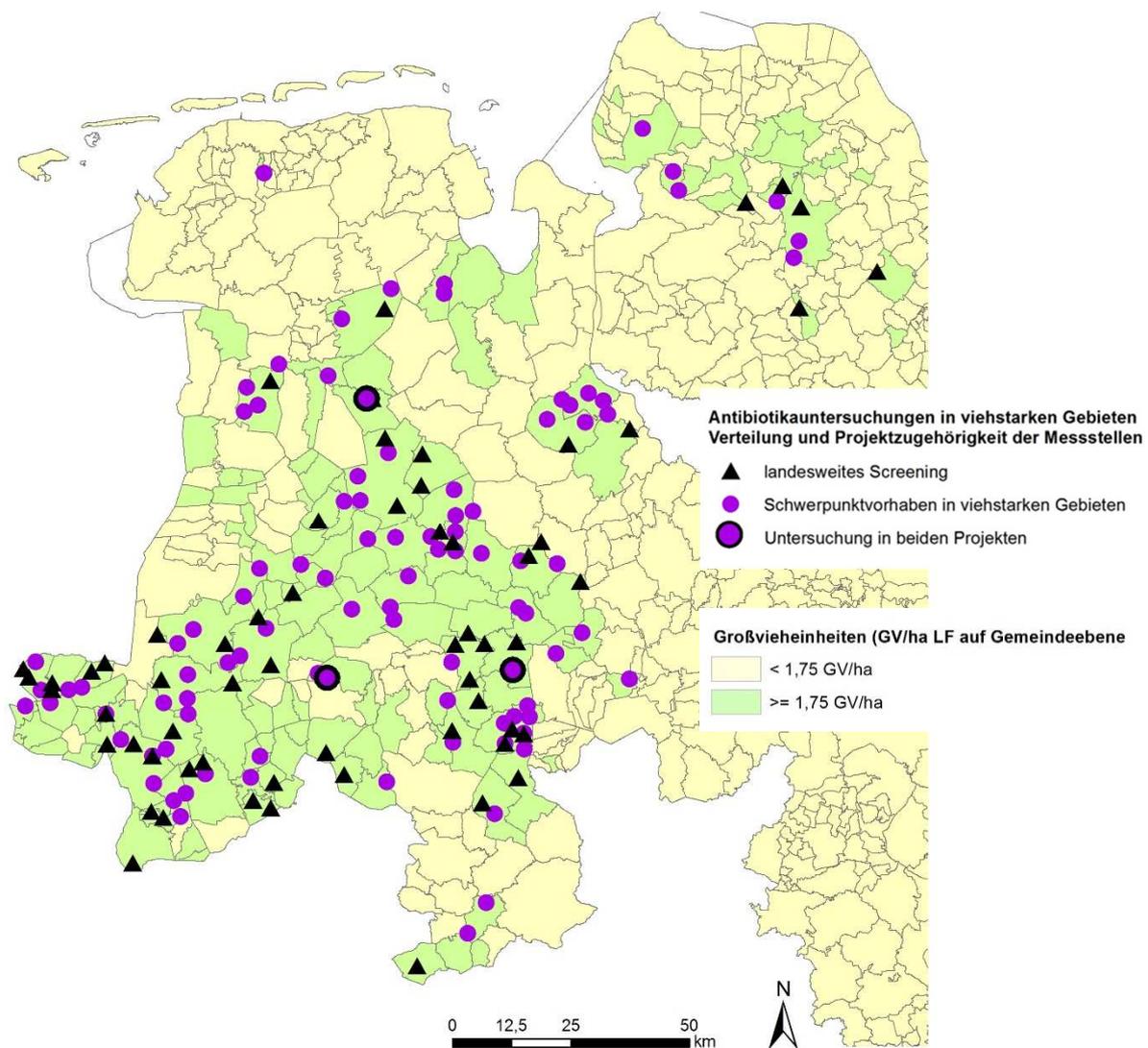


Abbildung 5: Standorte, der auf Antibiotika untersuchten Messstellen in viehstarken Gebieten.

Für das Antibiotika-Screening wurden vor allem oberflächennah verfilterte Messstellen ausgewählt (Abbildung 6). 54,7% (Anzahl 87) der untersuchten Messstellen weisen Filteroberkanten (FOK) bis 10 m unter Geländeoberkante (GOK) auf. Bei 32,7% (Anzahl 52) der Messstellen liegt die FOK im Bereich von 10 bis 20 m unter GOK. Lediglich 12,6% der Messstellen (Anzahl 20) sind mit FOK unterhalb von 20 m tiefer verfiltert. Die Mehrzahl der ausgewählten Messstellen (84%) weist Filterstrecken bis 2 m auf, sodass der Eintragsbereich der Messstelle begrenzt ist. 16% der

Messstellen sind mit längeren Filterstrecken ausgebaut, wobei 4% eine Filterlänge von 10 m überschreiten. Bei diesen Messstellen kann von einem größeren Eintragsbereich ausgegangen werden.

Neben den erwartungsgemäß hohen Nitratgehalten der nach worst-case Kriterien ausgewählten Messstellen mit FOK bis 10 m unter GOK treten auch deutlich erhöhte Nitratgehalte in den tiefer verfilterten Messstellen auf, so dass auch an diesen Standorten von einer hohen Austragsgefährdung ausgegangen werden kann (Abbildung 7).

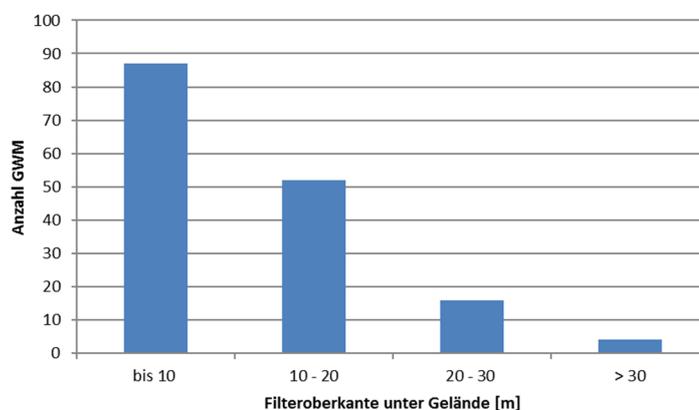


Abbildung 6: Lage der Filteroberkante der auf Antibiotika untersuchten Messstellen in viehstarken Regionen (n = 159).

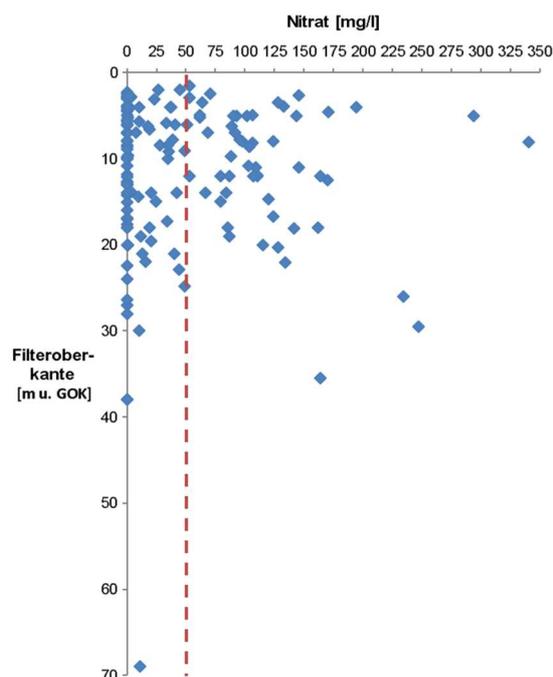


Abbildung 7: Verfilterungstiefen und Nitratgehalte der innerhalb viehstarker Regionen auf Antibiotika untersuchten Messstellen (n = 159).

3.3 Probenahme und Analytik

Die Probenahme und die Analytik des landesweiten Screenings der Antibiotika im Grundwasser wurde im Rahmen der Routineuntersuchungen des NLWKN durchgeführt.

3.3.1 Probenahme und Vor-Ort Analytik

Die Probenahme zum landesweiten Screening der Antibiotikabelastungen des Grundwassers wurde 2015 in zwei Beprobungszyklen jeweils im Frühjahr (Mitte Februar und Anfang Mai) und im Herbst (September /Oktober) durchgeführt (NLWKN 2015). 2016 wurde der Untersuchungsumfang an den Kenntnisstand angepasst und neu ausgewählte Messstellen sowie Messstellen mit Befunden in 2015 ebenfalls zweimal in einer Frühjahres- und Herbstbeprobung analog zu 2015 auf Antibiotikawirkstoffe untersucht. Die übrigen Messstellen wurden einmalig beprobt (NLWKN 2016). Die Analytik erfolgte durch das NLWKN Labor in Hildesheim.

Die Probenahme und die Analytik des Schwerpunktvorhabens in viehstarken Regionen erfolgte durch die GWA Umweltanalytik. Neben den organoleptischen Parametern wurden Leitfähigkeit, Sauerstoff, pH-Wert und Wassertemperatur erfasst, die eine erste Einschät-

zung der Grundwasserbeschaffenheit ermöglichen (Tabelle 1). Die Beprobung der GWM erfolgte im Herbst 2016 und im Frühjahr 2017, um jahreszeitlich bedingte Unterschiede der hydrologischen Verhältnisse erfassen zu können, um Messergebnisse zu plausibilisieren und Überinterpretationen von Einzelergebnissen zu minimieren. Die Herbst-Probenahme erfolgte im Zeitraum 01.11.2016 bis 13.11.2016. Die Frühjahresbeprobung wurde vom 31.03.2017 bis 12.04.2017 durchgeführt.

Auf Basis der Erkenntnisse aus der Herbstuntersuchung 2016 wurde der Messstellenumfang für die Frühjahresuntersuchung 2017 um drei Messstellen erweitert. Zur Plausibilisierung der Untersuchungsergebnisse wurden diese drei Messstellen sowie acht Messstellen mit nicht bestätigten Antibiotikafunden im Herbst 2017 ein weiteres Mal beprobt und auf Antibiotika untersucht.

Auf Basis der Erkenntnisse aus der Herbstuntersuchung 2016 wurde der Messstellenumfang für die Frühjahresuntersuchung 2017 um drei Messstellen erweitert. Zur Plausibilisierung der Untersuchungsergebnisse wurden diese drei Messstellen sowie acht Messstellen mit nicht bestätigten Antibiotikafunden im Herbst 2017 ein weiteres Mal beprobt und auf Antibiotika untersucht.

Tabelle 1: Vor-Ort-Parameter (Schwerpunktvorhaben viehstarke Regionen).

Vor-Ort-Parameter	
Geruch	Leitfähigkeit (25 °C)
Trübung	Sauerstoff
Färbung	pH-Wert
Bodensatz	Wassertemperatur

3.3.2 Analytik

3.3.2.1 Grundprogramm

Der Untersuchungsumfang der Grund- und Ergänzungsparameter ist bei dem landesweiten Screening durch die Kenngrößen der untersuchten Güteprogramme gemäß Gewässerüberwachungssystem Niedersachsen (NLWKN 2014) vorgegeben und deutlich umfangreicher als die für das Schwerpunktvorhaben geforderte Parameterliste. Eine Plausibilisierung der Untersuchungsergebnisse erfolgt über die Erstellung von Ionenbilanzen und den

Ableich mit langjährigen Zeitreihen der untersuchten Parameter im Routinebetrieb des NLWKN.

Für das Schwerpunktvorhaben in viehstarken Regionen wurde auf Grundparameter untersucht, die eine Plausibilisierung der Analytik über eine Ionenbilanz ermöglichen (Tabelle 2). Dies ist von großer Bedeutung, da für die untersuchten GWM größtenteils keine aktuellen

Analysedaten zur Plausibilisierung vorliegen. Ergänzend dazu soll die Auswahl der Grundparameter allgemeine Informationen zur Grundwasserbeschaffenheit bereitstellen und eine Interpretation der Antibiotika-Funde unterstützen.

Hohe Nitratgehalte im Grundwasser weisen beispielsweise auf einen austragsgefährdeten Standort hin. Bor kann als Leitparameter für eine mögliche Kontamination mit Abwasser aus Kleinkläranlagen dienen. Zur Beurteilung

der Borgehalte wird der Geringfügigkeits-schwellenwert (GFS-Wert) herangezogen. GFS-Werte dienen zur Beurteilung lokal begrenzter Grundwasserveränderungen.

Bis zu einem GFS-Wert von 180 µg/l Bor wird davon ausgegangen, dass keine relevanten ökotoxikologischen Wirkungen auftreten (LAWA 2017). Die Trinkwasserverordnung benennt für Bor einen Grenzwert von 1 mg/l.

Die Analytik erfolgt nach aktuellen DIN-Vorschriften.

Tabelle 2: Parameter und Bestimmungsgrenzen des Grundprogramms im Rahmen des Schwerpunktvorhabens in viehstarken Regionen.

Grundprogramm (GP)	Bestimmungsgrenze [mg/l]
TOC	1
Ammonium - Stickstoff	0,05
Nitrit - Stickstoff	0,01
Nitrat - Stickstoff	0,1
Ortho-Phosphat-Phosphor	0,02
Chlorid	0,2
Sulfat	0,5
Calcium	0,5
Magnesium	0,1
Natrium	5
Kalium	1
Eisen gelöst	0,2
Mangan	0,05
Aluminium gelöst	0,01
Bor	0,005
Hydrogenkarbonat	1

Alle 191 Datensätze des Schwerpunktvorhabens weisen Abweichungen in der Ionenbilanz unter 10% auf. Für 91% der Analysen konnte ein Bilanzfehler unter 3% festgestellt werden, lediglich 8 Messstellen zeigen einen Bilanzfehler von mehr als 5%, sodass insgesamt qualitativ gute Analyseergebnisse vorliegen.

Die Auswertung der Grundwasser-Genese erfolgt anhand eines Piper-Diagrammes (Abbildung 8). Mit Hilfe eines Piper-Diagramms kann die unterschiedliche Zusammensetzung der Hauptinhaltsstoffe von Wasserproben verglichen werden. In Dreiecken werden die Ionenäquivalente der Kationen und der Anionen einander gegenübergestellt. In der Raute wer-

den beide Informationen zur Überschneidung gebracht. Über eine weitere Unterteilung nach Furtak & Langguth (1967) können die Wasserproben einem Wassertyp zugeordnet werden. Die im Schwerpunktvorhaben untersuchten Messstellen zeigen demnach überwiegend einen sulfatisch/chloridischen Charakter. Die Mehrzahl der Proben liegt in der oberen Hälfte der Raute. Unter Berücksichtigung des Hydrogeochemischen Genesemodells nach Löffler (Hotzan 2011) kann hier auf junges, noch unter dem Einfluss der Neubildung stehendes Grundwasser geschlossen werden, wodurch sich die für die Fragestellung gute Auswahl der Messstellen bestätigt.

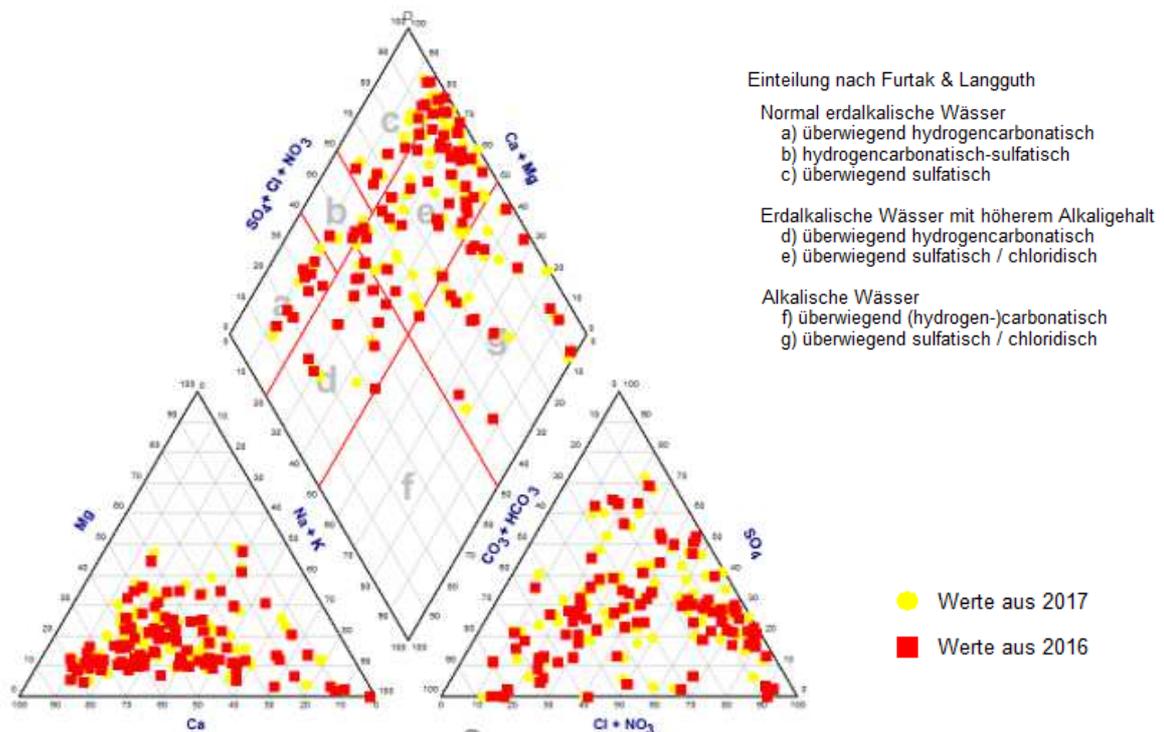


Abbildung 8: Piper-Diagramm (Einteilung nach Furtak & Langguth 1967) für die Untersuchungen der Grundparameter im Rahmen des Schwerpunktvorhabens auf Antibiotika (n = 94).

3.3.2.2 Wirkstoffe und Abwasserindikatoren

Im Rahmen der UBA-Studie „Antibiotika und Antiparasitika im Grundwasser unter Standorten mit hoher Viehbesatzdichte“ (UBA 2014) wurden GWM auf 23 Tierarzneimittelwirkstoffe untersucht, wobei alle im Grundwasser nachgewiesenen Einzelwirkstoffe der Gruppe der Sulfonamide angehören. Literaturrecherchen im Kontext mit der oben genannten UBA-Studie ergaben, dass Sulfonamide die am häufigsten im Grundwasser analysierte TAM-Wirkstoffgruppe darstellen (UBA 2014). Daher erfolgte in den Folgeprojekten des UBA (UBA 2016) und des NLWKN (NLWKN 2017) zu dieser Studie eine Einschränkung des Untersuchungsspektrums auf Sulfonamide. Die Auswahl der Antibiotikawirkstoffe und Transformationsprodukte sowohl für das landesweite Screening als auch für das Schwerpunktvorhaben basiert auf den Erkenntnissen der vorausgegangenen Projekte und umfasst ausschließlich Stoffe aus der Gruppe der Sulfonamide sowie Trimethoprim.

Sulfonamide wirken bakteriostatisch und verursachen eine Hemmung der Folsäuresynthese. Aufgrund der synergistischen Wirkung wird Trimethoprim oft als Kombipräparat mit Sulfo-

namiden eingesetzt. Trimethoprim greift ebenfalls in die Folsäuresynthese von Bakterien ein.

Das Untersuchungsspektrum beinhaltet zehn Sulfonamid-Wirkstoffe, drei Transformationsprodukte und das Antibiotikum Trimethoprim (Tabelle 3). In Abhängigkeit vom analysierenden Labor (Labor NLWKN H/Hi bzw. GWA Umweltanalytik) bzw. Vorgaben durch Leistungsausschreibung variieren die Nachweis- und Bestimmungsgrenzen der analysierten Parameter. Die vom NLWKN Labor Hildesheim verwendeten Bestimmungsgrenzen liegen im Bereich der durch die GWA Umweltanalytik angegebenen Nachweisgrenzen. Antibiotikakonzentrationen im Bereich oberhalb der Nachweisgrenze und unterhalb der Bestimmungsgrenze werden im Schwerpunktvorhaben als Funde gewertet. Das NLWKN Labor Hildesheim benennt hingegen aufgrund der sehr niedrig angesetzten Bestimmungsgrenzen bei der Antibiotika-Analytik keine Nachweisgrenzen. Innerhalb des landesweiten Antibiotika-Screenings werden daher nur Konzentrationen oberhalb der Bestimmungsgrenze als Funde berücksichtigt.

Tabelle 3: Nachweis- und Bestimmungsgrenzen der untersuchten Sulfonamide und Trimethoprim differenziert nach Untersuchungslabor.

Parameter	Wirkstoff (W) oder Transformationsprodukt (TP)	Labor GWA Umweltanalytik		Labor NLWKN Hildesheim
		Nachweisgrenze	Bestimmungsgrenze [ng/l]	Bestimmungsgrenze (*)
Sulfadiazin	W	2	6	2
4-Hydroxy-Sulfadiazin	TP	6	18	6
N-Ac-Sulfadiazin	TP	2	6	2
Sulfamethoxazol	W	4	6	4
N-Ac-Sulfamethoxazol	TP	6	18	2
Sulfadimidin	W	2	6	1
Sulfamerazin	W	2	6	2
Sulfathiazol	W	2	6	2
Sulfadoxin	W	2	6	2
Sulfaethoxypyridazin	W	2	6	2
Sulfamethoxypyridazin	W	2	6	2
Sulfachlorpyridazin	W	6	18	2
Sulfadimethoxin	W	2	6	2
Trimethoprim	W	2	6	2

(*) aufgrund der niedrigen Bestimmungsgrenze keine Nachweisgrenze benannt

Einige Sulfonamide wie beispielsweise Sulfamethoxazol und im geringem Umfang auch Sulfadiazin werden sowohl in der Tiermedizin als auch in der Humanarzneimedisin eingesetzt. Als Ursachen für Sulfonamid-Funde im Grundwasser können daher neben landwirtschaftlich bedingten Einträgen auch Emissionen aus dem häuslichen Abwasser (Kleinkläranlagen-Abläufe) in Frage kommen. Um eine mögliche Beeinflussung durch Abwasser aus Kleinkläranlagen aufzudecken, ist eine ergänzende Untersuchung auf Abwasserindikatoren notwendig.

Die Auswahl der Indikatoren wurde in Anlehnung an das Projekt „Ermittlung der Ursachen des Eintrages von Tierarzneimitteln in das oberflächennahe Grundwasser“ (NLWKN 2017) vorgenommen. Die gute Eignung von Carbamazepin und Acesulfam-K als Abwasserindikatoren hat sich in diesem Projekt bestätigt. Carbamazepin und Acesulfam-K eignen sich aufgrund ihrer hohen Persistenz gut als Indikatoren für häusliches Abwasser. Carbamazepin ist ein häufig angewendetes Antiepileptikum und wird darüber hinaus als Antidepressivum sowie gegen Trigeminusneuralgie eingesetzt. Das Medikament wird kaum im Boden oder Wasser abgebaut. In der

biologischen Abwasserreinigung werden Acesulfam-K und Carbamazepin lediglich bis zu 10% abgebaut (Jekel & Dott 2013). Carbamazepin und Acesulfam-K sind in der Veterinärmedizin nicht zugelassen, Carbamazepin kann jedoch als Tierarzneimittel umgewidmet werden. Bekannt ist die Anwendung beim Kopfschüttelsyndrom des Pferdes.

Während in kommunalen Kläranlagen Carbamazepin in hohen Konzentrationen detektiert wird, muss im Umfeld von KKA zumindest ein Einwohner das Medikament eingenommen haben, damit der Wirkstoff im Grundwasser nachgewiesen werden kann. Der Süßstoff Acesulfam-K ist aufgrund seiner persistenten Eigenschaften eine gute Ergänzung zum Abwasserindikator Carbamazepin.

Die nachgewiesene Umweltrelevanz von Carbamazepin hinsichtlich der ökotoxikologischen Wirkung ist nicht Gegenstand des vorliegenden Berichtes.

Für das Schwerpunktvorhaben wurden als Abwasserindikatoren Carbamazepin und Acesulfam-K ausgewählt (Tabelle 4).

Für das landesweite Screening im Zeitraum 2015 bis 2016 wurden Carbamazepin und Koffein als Indikatoren für Abwasser analog zum UBA-Folgeprojekt „Aufklärung der Ursachen von Tierarzneimittelfunden im Grundwasser“ (UBA 2016) verwendet. Koffein hat sich aufgrund der weitverbreiteten Verwendung im täglichen Leben und der damit verbundenen großen Gefahr einer Probenkontamination bei der Probenahme und im Laborbereich als nicht geeigneter Abwasserindikator herausgestellt (Hillebrandt et al. 2012). Koffein wurde für die vorliegenden Auswertungen daher nicht berücksichtigt. In der Datenauswertung zur Ermittlung der Ursachen des Eintrages von Tierarzneimitteln in das oberflächennahe Grundwasser (NLWKN 2017) hat sich insbesondere Carbamazepin als guter Indikator für eine humane Beeinflussung des Grundwas-

sers gezeigt. Mit 67% war hier Carbamazepin das am häufigsten in den Abwasserproben vertretene Medikament. Auch alle auf Acesulfam-K untersuchten Abwasserproben wiesen deutliche Funde auf (NLWKN 2017).

Die Untersuchungen auf Antibiotika- und Indikator-Wirkstoffe im Rahmen der landesweiten Bestandsaufnahme wurden im NLWKN Labor Hildesheim mittels Hochleistungsflüssigkeitschromatographie (HPLC-MS/-MS) qualitätsgesichert durchgeführt. Für das Schwerpunktvorhaben erfolgten die Analysen durch die GWA Umweltanalytik. Die von der GWA Umweltanalytik verwendete Bestimmungsgrenze für Carbamazepin ist deutlich niedriger als die des NLWKN Labor Hildesheim. Sämtliche Untersuchungen wurden in Doppelbestimmungen durchgeführt.

Tabelle 4: Nachweis- und Bestimmungsgrenzen der untersuchten Abwasserindikatoren.

Parameter	Labor GWA Umweltanalytik		Labor NLWKN Hildesheim
	Nachweisgrenze	Bestimmungsgrenze [ng/l]	Bestimmungsgrenze (*)
Carbamazepin	0,3	0,9	5
Acesulfam-K	6	18	nicht bestimmt

(*) aufgrund der niedrigen Bestimmungsgrenze keine Nachweisgrenze benannt

Zur Beurteilung der Grundwasserbeeinflussung durch häusliches Abwasser ist neben der Analytik von Indikatoren als Abwasseranzeiger die Kenntnis über Lage und Einleitungen von Kleinkläranlagen von Bedeutung. KKA sind Anlagen zur Behandlung häuslichen Schmutzwassers von bis zu 50 Einwohnerwerten (Vergleichswert für die Schmutzfracht pro Einwohner) und einem Schmutzwasserzufluss von weniger als 8 m³/ Tag. Der Einsatz von KKA erfolgt, wenn der Anschluss an die öffentliche Kanalisation aus technischen oder finanziellen Gründen nicht möglich ist (UAN 2013). Nach einer mechanischen Vorbehandlung schließt

sich eine biologische Reinigungsstufe an. Das gereinigte Abwasser wird vorzugsweise in ein Fließgewässer eingeleitet, die Versickerung in das Grundwasser ist jedoch nach Erlaubnis durch die Untere Wasserbehörde möglich, wenn beispielsweise in erreichbarer Entfernung kein Fließgewässer vorhanden ist.

Bei Messstellen mit Nachweisen von Sulfadiazin (und Transformationsprodukte) und Sulfamethoxazol im Grundwasser wird das Vorhandensein von KKA im Zustrom überprüft und über Indikatoren ein möglicher Abwassereintrag plausibilisiert.

4 Ergebnisse

4.1 Überblick über Antibiotika- und Abwasserindikatorfunde in viehstarken Regionen

In viehstarken Regionen wurden 159 GWM im Zeitraum 2015 bis 2017 auf Antibiotikawirkstoffe aus der Gruppe der Sulfonamide (inkl. Trimethoprim) untersucht. Neben den 65 Grundwasser-Güte Messstellen des landesweiten Antibiotika-Screenings (Untersuchungsergebnisse 2015 und 2016) wurden 94 weitere Messstellen, vorrangig GWM aus dem Grundwasserstandsprogramm, im Schwerpunktvorhaben auf Antibiotika analysiert (siehe auch Kapitel 3.2). Insgesamt wurden an 32 von 159 Messstellen (20%) Antibiotikawirkstoffe als Einzel- oder Mehrfachnachweis in Kombination mit anderen Wirkstoffen nachgewiesen.

- Von den 65 innerhalb des landesweiten Screenings in viehstarken Regionen untersuchten GWM wiesen 17 Messstellen (26%) Sulfonamide auf (Tabelle 6). Landesweit konnten hingegen im Rahmen des Screenings an 15% der untersuchten Messstellen An-

tibiotikawirkstoffe nachgewiesen werden (NLWKN 2016).

- 97 Messstellen wurden im Zeitraum 2016 bis 2017 im Schwerpunktvorhaben auf Antibiotika beprobt. Hier konnten ebenfalls bei 17 Messstellen (18%) Antibiotikawirkstoffe detektiert werden (Tabelle 5).
- In zwei (Grafeld, Südlohne) der insgesamt drei parallel in beiden Projekten untersuchten Messstellen konnten im Schwerpunktvorhaben die Antibiotikafunde der landesweiten Untersuchung bestätigt werden (Tabelle 6). Die innerhalb des landesweiten Screenings im ersten Halbjahr 2016 detektierten Sulfonamidfunde in der GWM Lohe I (Neu) konnten hingegen im Schwerpunktvorhaben nicht bestätigt werden.

Antibiotikafunde im Grundwasser

Von den untersuchten 10 Wirkstoffen, drei Transformationsprodukten und Trimethoprim konnten 6 Wirkstoffe und 2 Transformationsprodukte im Grundwasser nachgewiesen werden. In Abbildung 9 werden die Fundanteile differenziert nach Wirkstoffen dargestellt, wobei Grundsubstanz und Abbauprodukt als Wirkstoffgruppe zusammengefasst sind. Die meisten Antibiotikanachweise im Grundwasser entfallen auf den Wirkstoff Sulfadimidin. 25 der 32 GWM mit Befunden (78%) weisen diesen

Wirkstoff in geringen Konzentrationen als Einzelnachweis oder in Kombination mit anderen Wirkstoffen auf (Abbildung 9, Tabelle 5). Lediglich die Messstelle Bethen 2/6 I wies Sulfadimidingehalte bis 54 ng/l auf. Die detektierten Gehalte liegen damit deutlich unterhalb des vom UBA in Anlehnung an die geltende Grundwasserqualitätsnorm für Pestizidwirkstoffe vorgeschlagenen Schwellenwertes von 0,1 µg/l im Grundwasser.

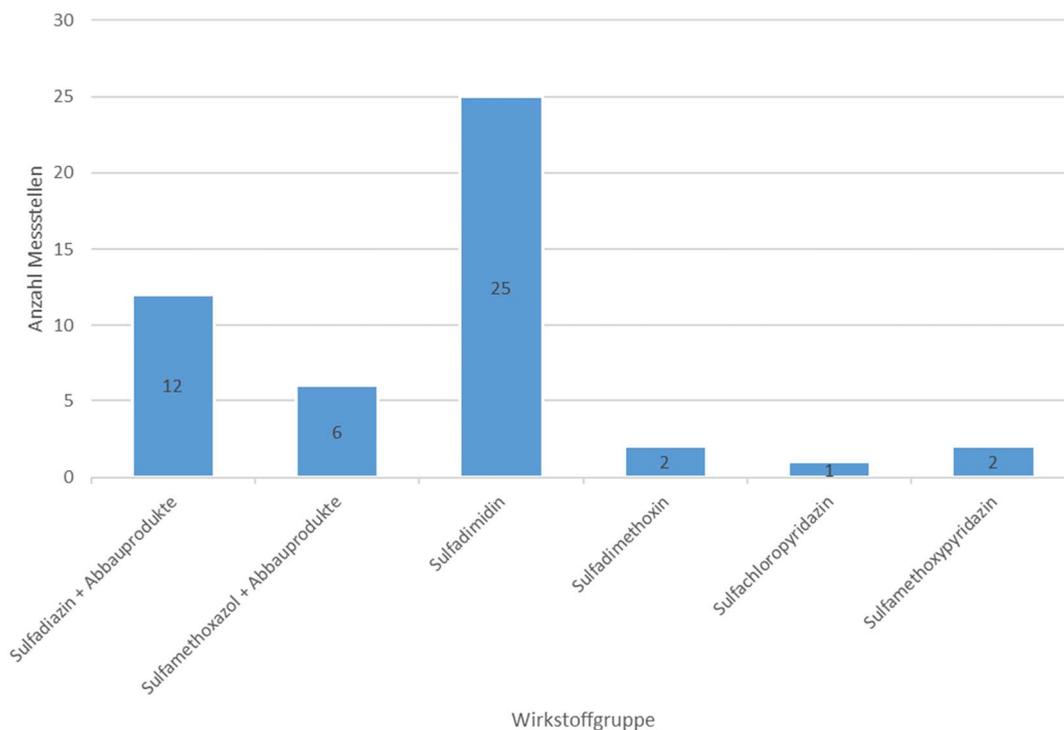


Abbildung 9: Anzahl der Messstellen mit Antibiotikafunden differenziert nach Wirkstoffen (Mehrfachnennungen von Messstellen möglich).

Sulfadiazin bzw. dessen Abbauprodukt 4-Hydroxy-Sulfadiazin konnte in 12 Messstellen nachgewiesen werden, wobei lediglich in der GWM Bethen 2/6 I einmalig neben 4-OH-Sulfadiazin auch die Ausgangssubstanz Sulfadiazin in niedriger Konzentration von 2,6 ng/l detektiert werden konnte. Im Jahr 2015 konnten nur geringe Gehalten an 4-OH-Sulfadiazin festgestellt werden. Die Frühjahresbeprobung 2016 ergab keinen Nachweis. Im Herbst 2016 wies die GWM jedoch mit 94 ng/l 4-OH-Sulfadiazin einen Antibiotikamesswert im Bereich des vorgeschlagenen Schwellenwertes von 100 ng/l auf (Tabelle 5). Das Transformationsprodukt N-Ac-Sulfadiazin konnte in den GWM des Untersuchungsgebietes bisher nicht detektiert werden.

Bei 4 Messstellen wurde Sulfamethoxazol und an 2 Messstellen das Abbauprodukt N-Ac-Sulfamethoxazol nachgewiesen, wobei in der Messstelle Bösel I an einem Probenahmetermin neben der Ausgangssubstanz zeitgleich auch N-Ac-Sulfamethoxazol nachgewiesen werden konnte. Diese GWM wies 2015 an beiden Beprobungsterminen mit 130 bzw. 135 ng/l Funde deutlich oberhalb des vorgeschlagenen Schwellenwertes auf. Auch 2016 konn-

ten hohe Gehalte von 89 bzw. 95 ng/l detektiert werden.

Die GWM Hagel I wies hingegen nur einmalig N-Ac-Sulfamethoxazol oberhalb der Nachweisgrenze auf.

An je zwei Messstellen konnte Sulfadimethoxin bzw. Sulfamethoxyypyridazin in geringen Konzentrationen detektiert werden.

Bei der Herbstbeprobung 2016 konnte in der GWM Calveslage I lediglich Sulfadimidin oberhalb der Nachweisgrenze nachgewiesen werden. In 2017 traten jedoch zusätzlich Funde von Sulfachloropyridazin mit Werten von 0,15 bzw. 0,17 µg/l deutlich oberhalb von 0,1 µg/l auf.

Die Befundhäufigkeit der Sulfonamide im oberflächennahen Grundwasser nimmt von Sulfadimidin über Sulfadiazin zu Sulfamethoxazol ab. Siehe dazu auch Kapitel 4.5.

Sulfamethoxyypyridazin und Trimethoprim wurden an keiner der 159 GWM detektiert.

Bei den 32 Messstellen mit Antibiotika-Befunden können 10 Wirkstoffkombinationen unterschieden werden (Abbildung 10). Nach Sulfadimidin als Einzelwirkstoffnachweis stellt

die Wirkstoffkombination Sulfadiazin/Sulfadimidin die zweitgrößte Befundgruppe dar.

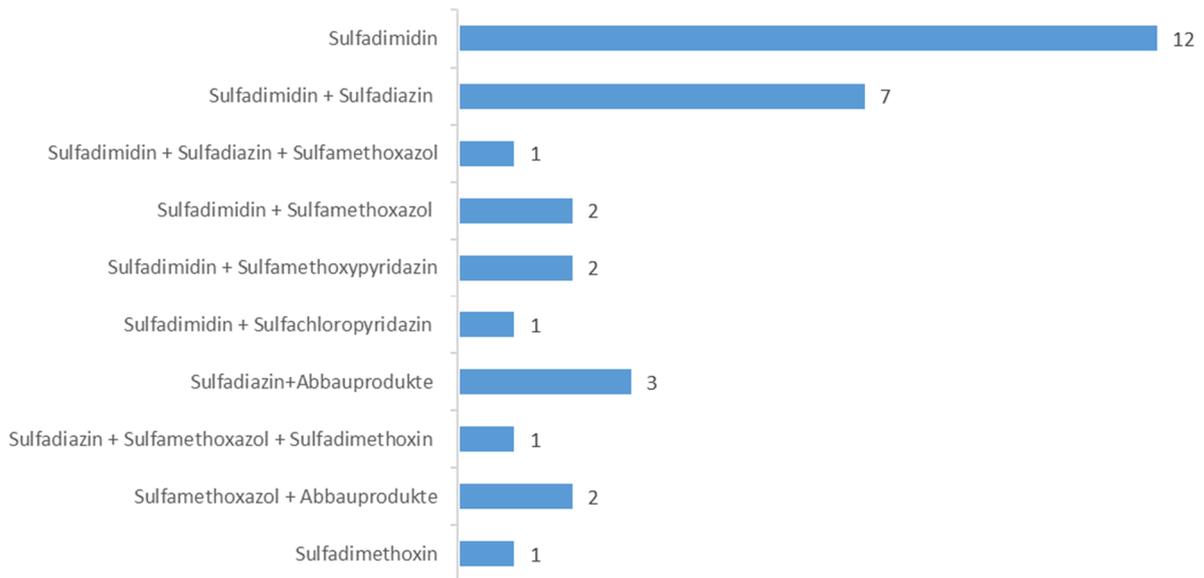


Abbildung 10: Anzahl von Messstellen mit Einzel- und Mehrfachbefunden von Antibiotika differenziert nach Wirkstoffkombinationen.

Tabelle 5: Funde von Antibiotikawirkstoffen und Transformationsprodukten in Messstellen des landesweiten Screenings innerhalb vierstarker Regionen.

Messstelle	Sulfadiazin		4-Hydroxy-Sulfadiazin				Sulfamethoxazol				N-Ac-Sulfamethoxazol				Sulfadimidin				Sulfamethoxypyridazin		
	2016		2015		2016		2015		2016		2015		2016		2015		2016		2015		
	1HJ	2HJ	1HJ	2HJ	1HJ	2HJ	1HJ	2HJ	1HJ	2HJ	1HJ	2HJ	1HJ	2HJ	1HJ	2HJ	1HJ	2HJ	1HJ	2HJ	
Abbenseth UE 129																					
Bethen 2/6 I		3																			
Bösel I			14	10		94															
Carum I																					
Echternfeld I																					
Elbergen						8															
Grafeld																					
Hollenstede						7															
Kleiningerwösten I																					
Lohe I (alt)																					
Lohe I (neu)																					
Markhausen BDF																					
Neu-Ebersdorf UE 60																					
Niederrochtenhausen UE 130 FI																					
Nordhorn II																					
Südlohne																					
Wietmarschen-Lohne I																					
Anzahl Nachweis		1		5		5		0		3		1		16		2					

(*) 1HJ = 1. Halbjahr des angegebenen Jahres, 2HJ = 2. Halbjahr des angegebenen Jahres

(**) rot = Überschreitung 0,1 µg/l

X keine Probenahme

Funde von Abwasserindikatoren im Grundwasser

Acesulfam-K wurde bei 21 der 97 im Rahmen des Schwerpunktvorhabens untersuchten GWM (22%) mindestens einmalig festgestellt. Im Herbst 2016 konnte an 9 Messstellen Acesulfam-K nachgewiesen werden. Diese Funde bestätigten sich im Frühjahr 2017. Auffällig ist, dass bei der Frühjahrsbeprobung 2017 an 12 weiteren Messstellen der Süßstoff Acesulfam-K detektiert werden konnte, wobei 6 Messstellen sehr geringe Werte oberhalb der Nachweisgrenze von 6 ng/l aufwiesen.

Insgesamt zeigten 3 Standorte Acesulfam-K Werte über 1.000 ng/l, die auch in Folgeuntersuchungen bestätigt werden konnten. Durch einen saisonal bedingten höheren Verbrauch von Süßstoff (beispielsweise in den Sommermonaten) sind jahreszeitlich variierende Acesulfam-Konzentrationen möglich (Jekel & Dott 2013).

Die Messstelle Groß Hesepe wies mit 4.000 ng/l (4 µg/l) den höchsten Acesulfam-K-Wert innerhalb des Untersuchungszeitraumes auf. Der aus dem ADI-Wert (erlaubte Tagesdosis) für Acesulfam-K von 9 mg/kg Körpergewicht abgeleitete Trinkwasser-Leitwert von 2,7 mg/l (UBA 2003) wird jedoch in allen Messstellen sehr deutlich unterschritten.

4 Messstellen wiesen sowohl Carbamazepin als auch Acesulfam-K auf. Eine Messstelle des

Schwerpunktvorhabens wies als Abwasserindikator lediglich Carbamazepin in geringen Konzentrationen bis 31 ng/l auf. In 13 Messstellen wurden ausschließlich Indikatoren festgestellt. Das Untersuchungsspektrum des landesweiten Screenings umfasste im Zeitraum 2015/2016 kein Acesulfam-K, sodass eine gemeinsame Betrachtung der Indikatorfunde mit den Untersuchungsergebnissen des Schwerpunktvorhabens nur eingeschränkt möglich ist.

Im Zuge des landesweiten Screenings konnte lediglich bei der Messstelle Bethen 2/6 I Carbamazepin in einem Wertebereich von 10 bis 42 ng/l detektiert werden (Tabelle 6). Daneben konnte in dieser Messstelle Sulfadimidin sowie auch 4-Hydroxy-Sulfadiazin und Sulfamethoxazol detektiert werden.

Insgesamt wiesen 10 Messstellen des landesweiten Screenings und des Schwerpunktvorhabens (Abbildung 11 und Abbildung 12) sowohl Antibiotikawirkstoffe als auch Abwasserindikatoren auf, die auf eine Beeinflussung der Messstellen durch häusliches Abwasser hinweisen. Daneben zeigten auch 13 Messstellen des Schwerpunktvorhabens mit ausschließlich Indikatorfunden einen Abwassereinfluss auf.

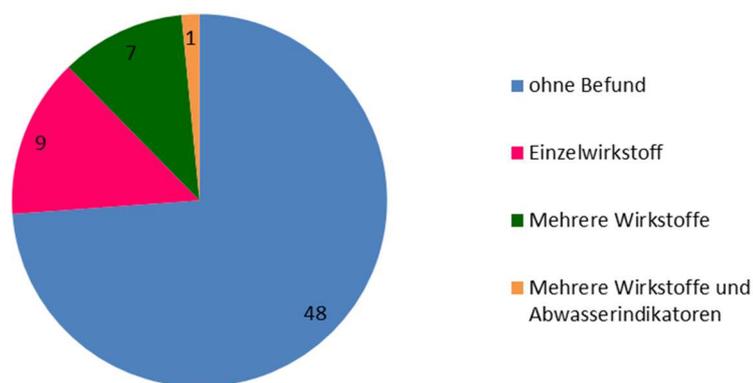


Abbildung 11: Anzahl der Messstellen aus dem Projekt zum landesweiten Screening in viehstarken Regionen (n = 65) mit Antibiotika- und Indikatorfunden (Abwasserindikator Carbamazepin).

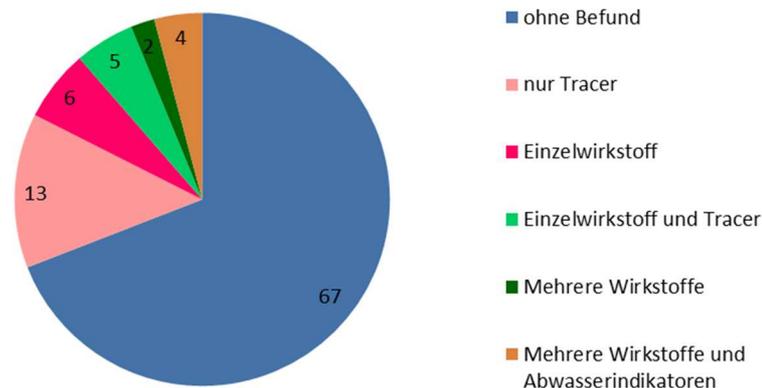


Abbildung 12: Anzahl der Messstellen des Schwerpunktvorhabens in viehstarken Regionen (n = 97) mit Antibiotika- und Indikatorenfunden (Abwasserindikator Carbamazepin oder Acesulfam-K).

Bor wurde bei den 97 Messstellen des Schwerpunktvorhabens untersucht. Drei Messstellen wiesen Borgehalte über den GFS-Wert von 0,18 mg/l auf. In einer Messstelle konnte nur Bor, einer weiteren Messstelle Bor und Acesulfam-K in Gehalten bis 2.700 ng/l detektiert werden. In der Messstelle Oevringen I konnte neben Bor in Gehalten bis 0,88 mg/l auch der Abwasserindikator Cabamazepin und die Sulfonamide Sulfamethoxazol und das Transformationsprodukt 4-OH-Sulfadiazin nachgewiesen werden.

Bei der Betrachtung der Fund-Kombinationen der Abwasserindikatoren Carbamazepin und Acesulfam-K mit Antibiotikawirkstoffen zeigt sich ein heterogenes Bild. Sowohl Wirkstoffe, die hauptsächlich im Humanbereich eingesetzt werden, als auch ausschließlich im Tierarzneimittelbereich zugelassene Wirkstoffe wurden zusammen mit den Indikatoren nachgewiesen (Abbildung 13). Dies lässt auf eine Doppelbelastung des Grundwassers durch Austräge aus landwirtschaftlichen Flächen und punktuell durch häusliches Abwasser schließen.

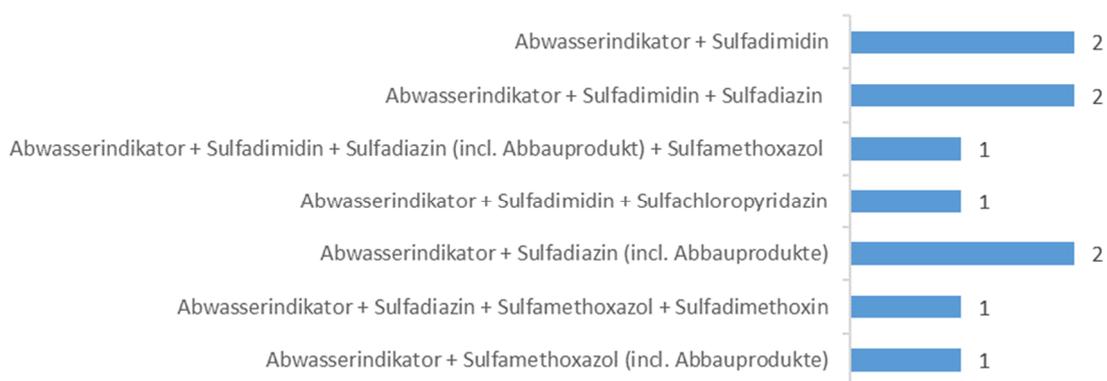


Abbildung 13: Anzahl von Messstellen (Landesweites Screening und Schwerpunktvorhaben) mit Funden von Antibiotikawirkstoffen und Abwasserindikatoren (Carbamazepin und/oder Acesulfam-K) differenziert nach Befundgruppen.

4.2 Antibiotikafunde und Filterlagen der Messstellen

Von den in viehstarken Gebieten insgesamt untersuchten 159 GWM weisen 87 GWM Filteroberkanten bis 10 m unter GOK auf (Abbildung 14). 27 der 32 GWM mit Antibiotikanachweis sind sehr flach verfiltert (FOK bis 10 m unter GOK). Bei Messstellen mit einer

Filteroberkante der Klasse 10 bis 20 m u. GOK konnte lediglich bei 10% der Messstellen (Anzahl 5) ein Antibiotikanachweis erfolgen. Bei Messstellen mit FOK unter 20 m unter GOK konnten hingegen keine Antibiotikawirkstoffe nachgewiesen werden.

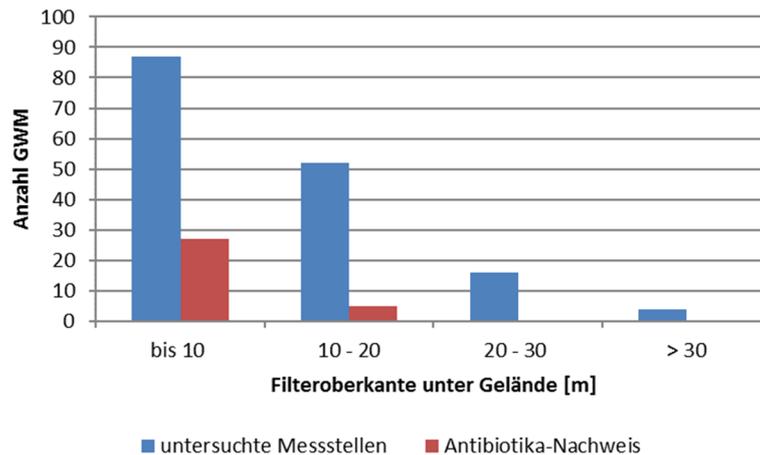


Abbildung 14: Auf Antibiotika untersuchte Messstellen (n = 159) und Messstellen mit Antibiotikafunden (n = 32) differenziert nach Filterlagen. Berücksichtigt sind Messstellen des landesweiten Screenings innerhalb viehstarker Gebiete und des Schwerpunktvorhabens.

4.3 Grundparameter und Antibiotikafunde

Für die auf Antibiotika untersuchten Messstellen (159 GWM) wurden für ausgewählte Grundparameter Boxplots erstellt (Abbildung 15 bis Abbildung 18). Es wurden die Analyseergebnisse aus 2016 näher betrachtet, da für dieses Jahr sowohl Untersuchungsergebnisse aus dem landesweiten Screening als auch aus dem Schwerpunktvorhaben vorlagen. Messstellen ohne Antibiotikanachweis wurden den Messstellen mit Antibiotikafunden (n = 32) gegenübergestellt. Bei der Interpretation der Ergebnisse muss berücksichtigt werden, dass der Stichprobenumfang der genannten Gruppen unterschiedlich groß ist und daher nur eine erste Einschätzung abgegeben werden kann.

In natürlichen Böden stellt Nitrat ein Mangel-element dar. Durch langjährige Düngung tritt jedoch ein Überschuss an Nitrat auf, der durch Auswaschung zu einem Nitratanstieg im

Grundwasser führt. Neben den diffusen Nitratreinträgen können jedoch auch punktuelle Einträge z.B. durch Abwasserversickerung aus häuslichen Kleinkläranlagen zu einem Anstieg der Nitratgehalte führen. Unbeeinflusstes Grundwasser weist Nitratgehalte bis 10 mg/l auf. Bei der Messstellengruppe mit Antibiotikanachweisen ist der Median der Nitratwerte mit 21 mg/l im Vergleich zur Gruppe ohne Antibiotikanachweis (Median 9,7 mg/l) deutlich erhöht (Abbildung 15). Die Messstellen mit Antibiotikanachweisen zeigen Standorte mit besonders hoher Austragsgefährdung auf.

Anthropogen kann Kalium über Dünger und Abwasser ins Grundwasser eingetragen werden. Die höheren Kaliumgehalte der Messstellen mit Antibiotikafunden (Abbildung 15) weisen auf besonders austragsgefährdete Standorte hin.

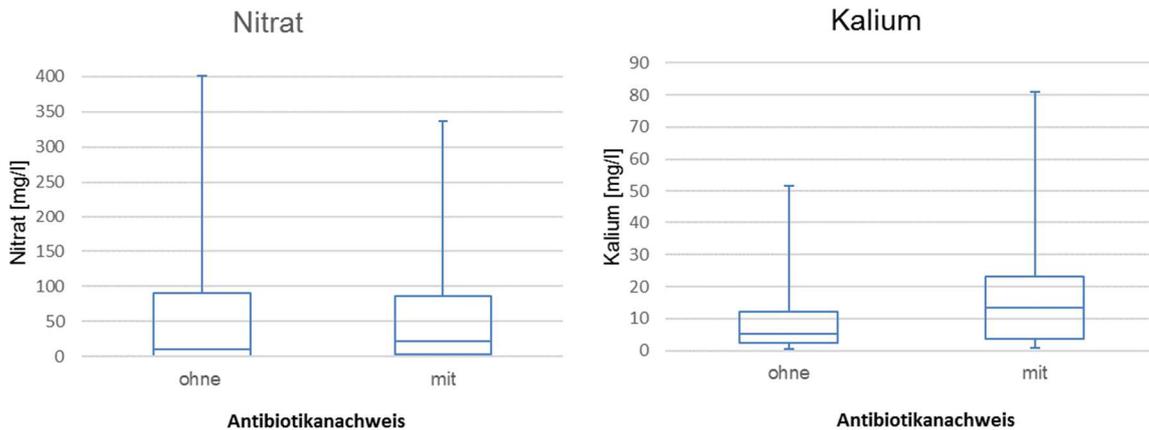


Abbildung 15: Boxplot der Nitrat- und Kaliumgehalte der Messstellengruppen mit und ohne Antibiotikanaachweis.

Auffällig ist, dass die Messstellengruppe „mit Antibiotikanaachweis“ niedrigere Calcium- und Magnesiumgehalte aufweist, also Parameter

die wesentlich für die Gesamthärte des Grundwassers verantwortlich sind (Abbildung 16).

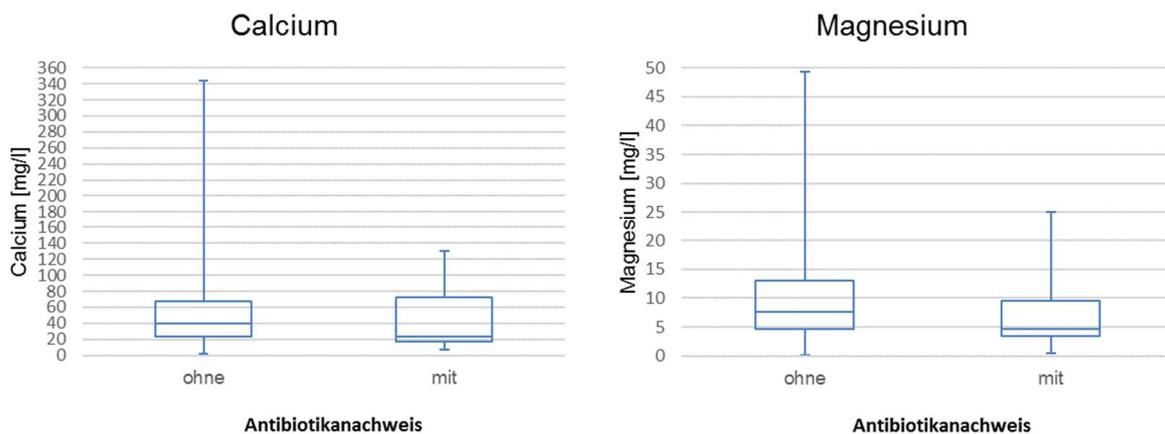


Abbildung 16: Boxplots der Härtebildner Calcium und Magnesium der Messstellengruppen mit und ohne Antibiotikanaachweis.

Niedrigere Eisen- bzw. Mangangehalte in der Gruppe mit Antibiotikanaachweis deuten daraufhin, dass unter Standorten mit oxidierenden Verhältnissen eher mit einem Austrag von Antibiotikawirkstoffen zu rechnen ist (Abbildung 17). Durch den Vergleich der Sauerstoffgehalte (Abbildung 18) kann dies jedoch nicht bestätigt werden. Sowohl die Gruppe „ohne“ als auch die Gruppe „mit Antibiotikanaachweisen“ zeigen Sauerstoffgehalte in einer weiten Spanne von kleiner 0,2 mg/l bis über 9 mg/l. Der Median beider Gruppen unterscheidet sich nur geringfügig

(ohne Antibiotikanaachweis 0,42 mg/l, mit Antibiotikanaachweis 0,53 mg/l). In der Gruppe mit Funden weisen 33% der Messstellen sauerstoffreiches Grundwasser (> 2 mg/l) auf, bei Messstellen ohne Fund sind dies noch 25%. Hier ist jedoch die ungleiche Grundgesamtheit zu berücksichtigen.

Bei der Betrachtung der pH-Werte (Abbildung 18) zeigt sich ein niedrigerer Median (pH 5,46) in der Messstellengruppe „mit Antibiotikanaachweis“ im Grundwasser gegenüber der Gruppe ohne Antibiotikafunde (pH-Wert 5,79).

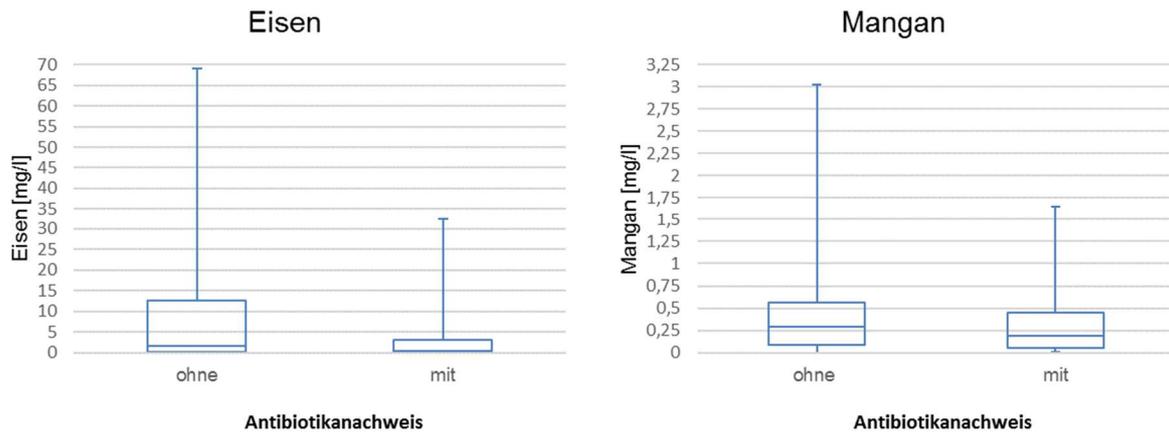


Abbildung 17: Boxplot der Eisen- bzw. Mangangehalte der Messstellengruppen mit und ohne Antibiotika.

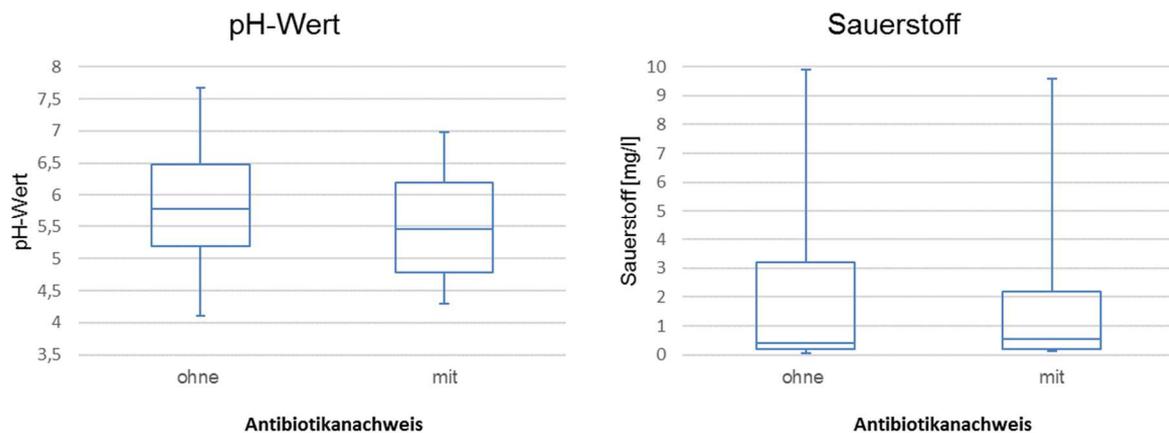


Abbildung 18: Boxplot der Vor-Ort-Parameter pH-Wert und Sauerstoff der Messstellengruppen mit und ohne Antibiotika.

4.4 Regionale Verteilung der Antibiotikafunde

Die untersuchten 159 Messstellen sind innerhalb des Untersuchungsraumes „viehstarke Region“ räumlich gut verteilt, so dass für das Untersuchungsgebiet eine abgesicherte Bewertung der Antibiotika-Belastung möglich ist (Abbildung 19). Insgesamt konnten an 44 GWM Antibiotikawirkstoffe und bzw. oder Abwasserindikatoren (Carbamazepin, Acesulfam-K) nachgewiesen werden. An 32 GWM wurden Antibiotikawirkstoffe oder deren Transformationsprodukte nachgewiesen.

Die Fragestellung der vorliegenden Auswertung ist auf die Belastung des Grundwassers mit Sulfonamiden ausgerichtet. Im Folgenden werden daher insbesondere Messstellen mit Antibiotikanachweisen näher betrachtet. Mess-

stellen, die ausschließlich Abwasserindikatoren aufweisen, werden daher nicht explizit hinsichtlich der Belastungsquelle untersucht. Entsprechende Messstellen sollten jedoch bei Fragestellungen hinsichtlich einer Belastung des Grundwassers mit Humanarzneimitteln berücksichtigt werden, da hier nachweislich eine Beeinflussung des Grundwassers durch häusliches Abwasser vorliegt.

Anhand der räumlichen Verteilung der 32 GWM mit Antibiotika-Befunden können regionale Belastungsschwerpunkte identifiziert werden (Abbildung 19), die jedoch keine eindeutige Beziehung zur Höhe des Viehbesatzes aufzeigen (Abbildung 20). Neben der hohen Fundhäufigkeit in Gemeinden mit einem Vieh-

besatz über 3 GV/ha LF im Osten des Untersuchungsraumes treten insbesondere Fundhäufungen im Südwesten bzw. im Nordosten des Untersuchungsraumes in Gemeinden mit einem Viehbesatz der Klasse 1,75 bis 2 GV/ha LF auf.

Auffällig ist ein verstärktes Auftreten von Antibiotikafunden in Bereichen mit einer großen Anzahl an Intensivtierhaltungsbetrieben (lt. Schadstoffregister PRTR aus Thru.de, UBA). Meldepflichtig sind hier landwirtschaftliche Betriebe mit intensiver Haltung von Schweinen bzw. Geflügel (siehe auch Abbildung 2).

Auch eine Beziehung zwischen Antibiotikafunden und Bodenlandschaften ist nicht klar erkennbar (Abbildung 21). Zwar deutet sich eine Fundhäufung von Sulfonamidwirkstoffen im oberflächennahen Grundwasser der Verbreitungsgebiete von Talsanden an, doch treten Funde auch in anderen Bodenlandschaften auf. Talsandgebiete sind geprägt von grundwasserabhängigen und stark austragsgefährdeten Gley-Podsolen. Durch die Antibiotikafunde wird die Umweltrelevanz dieser Standorte hinsichtlich einer Grundwassergefährdung bestätigt.

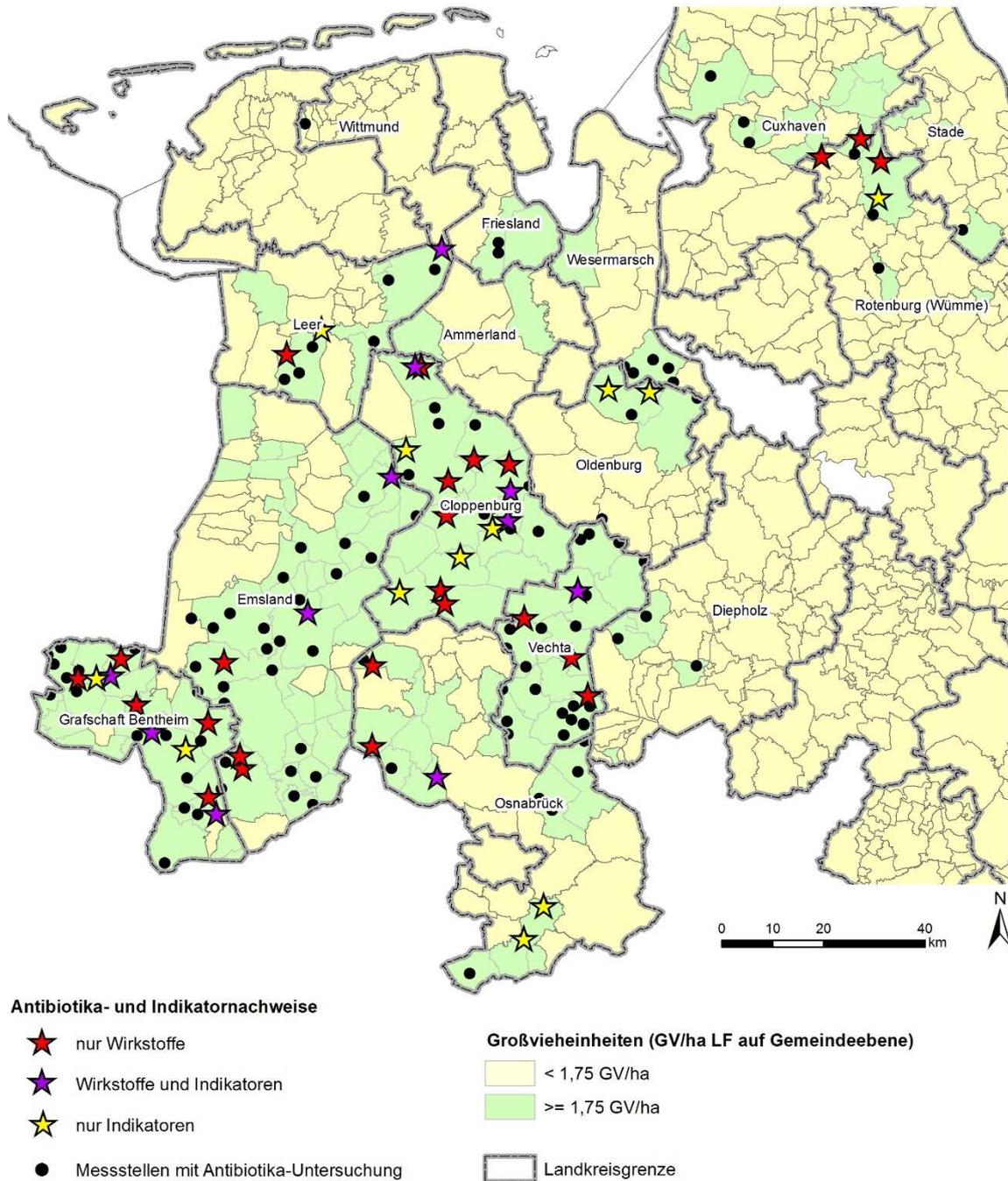


Abbildung 19: Antibiotikanachweise und Abwasserindikatoren in viehstarken Regionen im Zeitraum 2015 bis 2017.

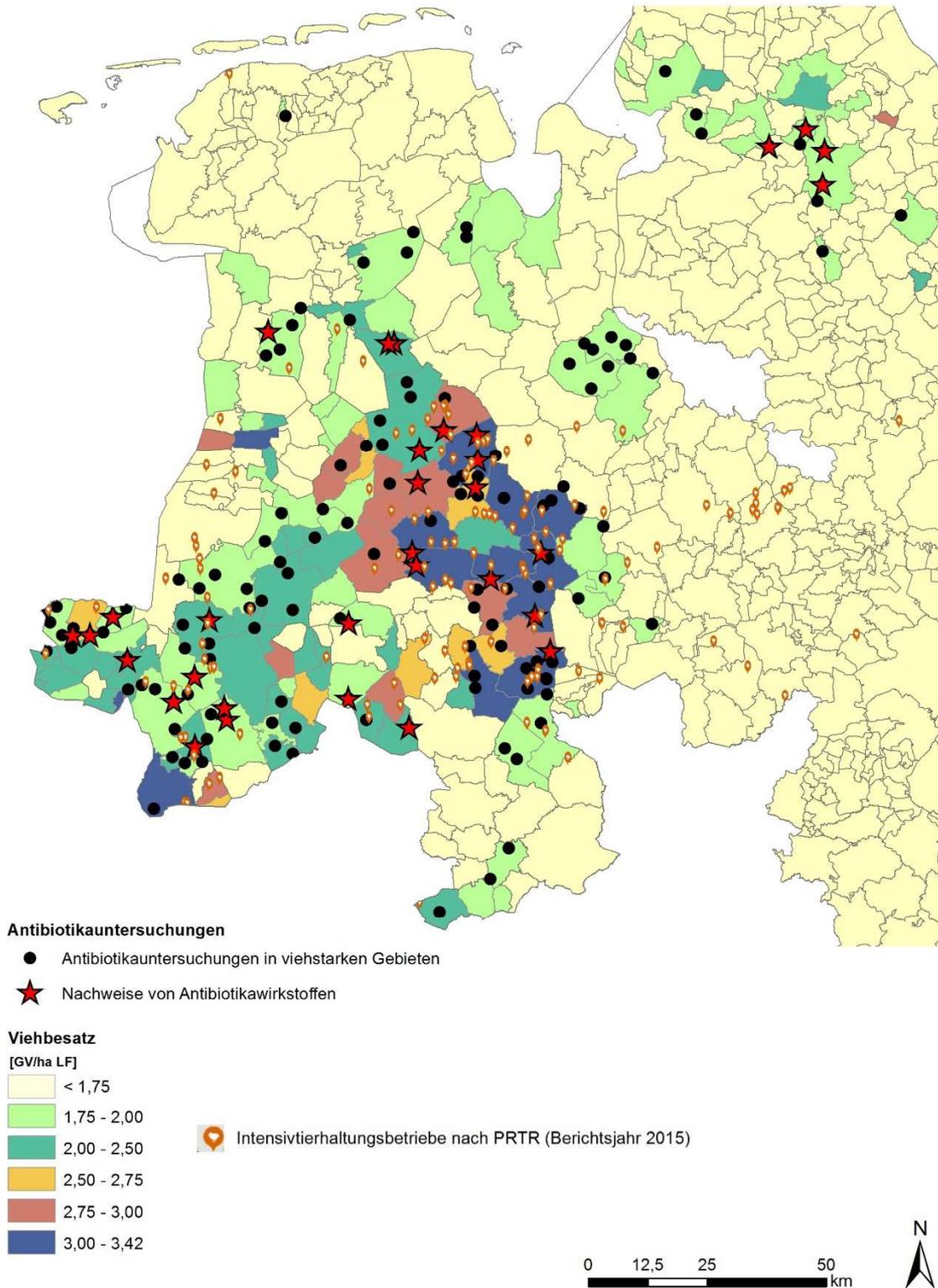


Abbildung 20: Antibiotikanachweise in viehstarken Gebieten unter Berücksichtigung des Viehbesatzes auf Gemeindeebene und Standorten von Intensivtierhaltungsbetrieben nach PRTR (Thru.de, UBA).

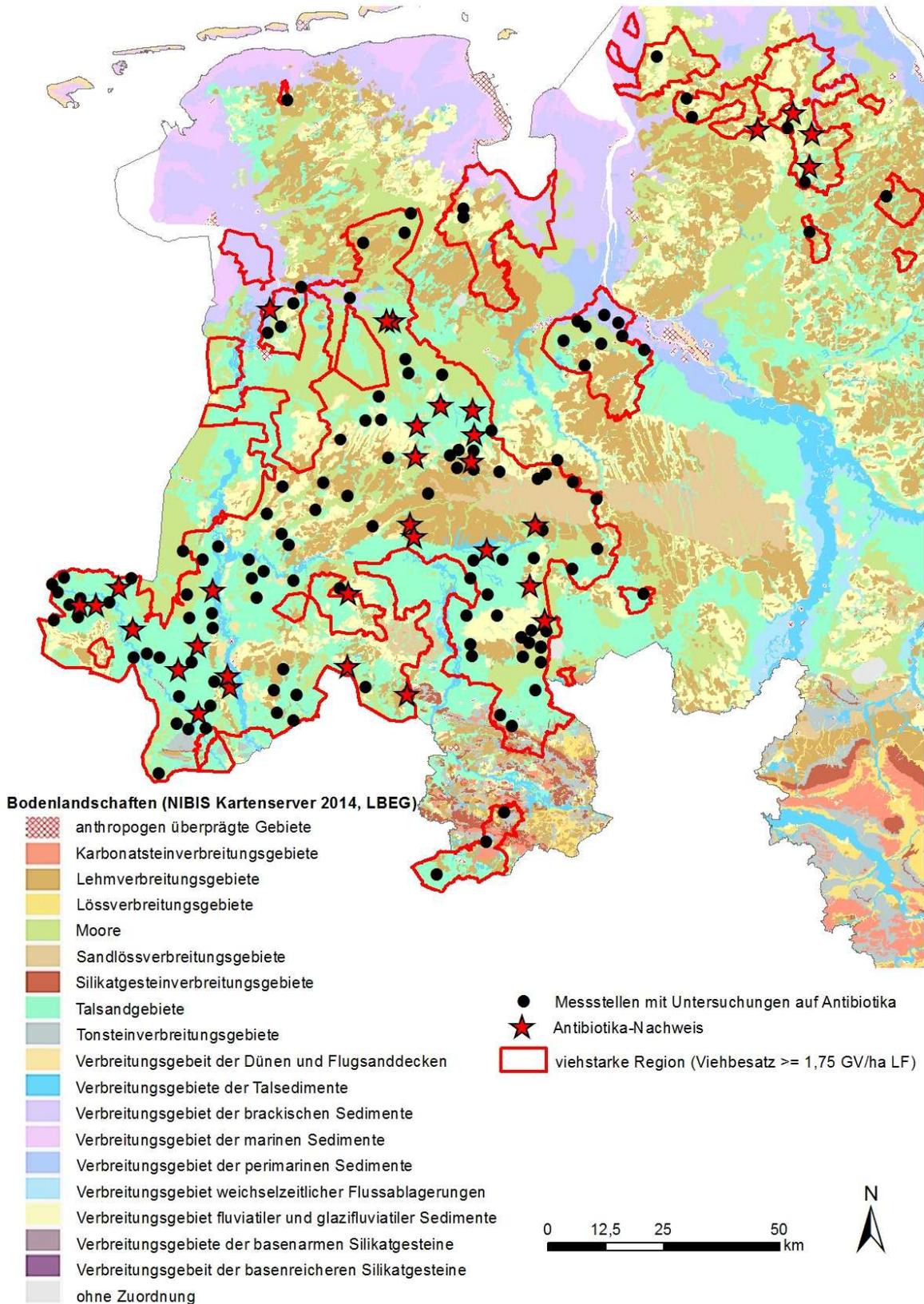


Abbildung 21: Antibiotikanachweise in Verbindung mit Bodenlandschaften

4.5 Standort- und wirkstoffbezogene Aufklärung der Funde in Bezug auf die Eintragspfade

In Bezug auf die standort- und wirkstoffbezogene Aufklärung der Funde in Hinblick auf die Eintragspfade wird auf die Ergebnisse und Erfahrungen aus den Projekten zur Ermittlung der Eintragspfade zurückgegriffen, die im Regionalen Themenbericht „Ermittlung der Ursachen des Eintrages von Tierarzneimitteln in das oberflächennahe Grundwasser, Datenauswertung 2012 bis 2016“ (NLWKN 2017) zusammengefasst sind. Die sechs Messstellen der dort näher untersuchten Standorte sind ebenfalls Teil des landesweiten Screenings und in viehstarken Gebieten verortet. Für diese Messstellen stehen daher ergänzende Untersuchungsergebnisse und Auswertungen aller Umweltmedien zur Bewertung der Antibiotikaeinträge zur Verfügung. Diese Untersuchungsdichte ist bei den übrigen Messstellen des landesweiten Screenings und des Schwerpunktvorhabens nicht gegeben.

Im folgenden Kapitel wird anhand der vorliegenden Antibiotika- und Indikatorenuntersuchungen eine Einschätzung der möglichen Eintragsursachen für Antibiotikawirkstoffe ins Grundwasser im Analogieschluss zu den Erkenntnissen des vorgenannten Projektes vorgenommen. Die Auswertung erfolgt messkampagnenübergreifend (Antibiotikascreening und Schwerpunktvorhaben). Bei der Auswertung der Antibiotikafunde wird unterschieden, ob es

sich um alleinige Funde einzelner Wirkstoffe bzw. Transformationsprodukte handelt oder ob Kombinationsfunde aufgetreten sind. Dies ist für die Ursachenaufklärung von großer Bedeutung.

Sulfonamide bestehen aus der gleichen Grundsubstanz, dem Sulfanilamid. Viele der daraus entwickelten Wirkstoffe werden sowohl in der Tier- als auch in der Humanmedizin eingesetzt. Beim Vergleich der Verkaufsmengen ausgewählter Sulfonamide in der Human- und Veterinärmedizin aus dem Jahr 2013 zeigt sich, dass Sulfamethoxazol größtenteils in der Humanmedizin, Sulfadiazin dagegen weitestgehend in der Tiermedizin verwendet wurde. Sulfadimidin hingegen ist nur als Tierarzneimittel verkehrsfähig (Abbildung 22, Tabelle 7). Die Abgabemenge für Sulfadiazin in der Veterinärmedizin in Deutschland ist von 104 t im Jahr 2013 auf 36 t im Jahr 2015 deutlich zurückgegangen. In der Humanmedizin wurden lediglich 0,33 t dieses Wirkstoffes abgegeben. Die Verkaufsmengen des Wirkstoffes Sulfamethoxazol in der Humanmedizin sind mit 22 t auf einem ähnlichen Niveau wie in 2013. Zahlen für den Veterinärbereich liegen aufgrund der Wahrung von Betriebs- und Geschäftsgeheimnissen für Sulfamethoxazol für das Jahr 2015 nicht mehr vor.

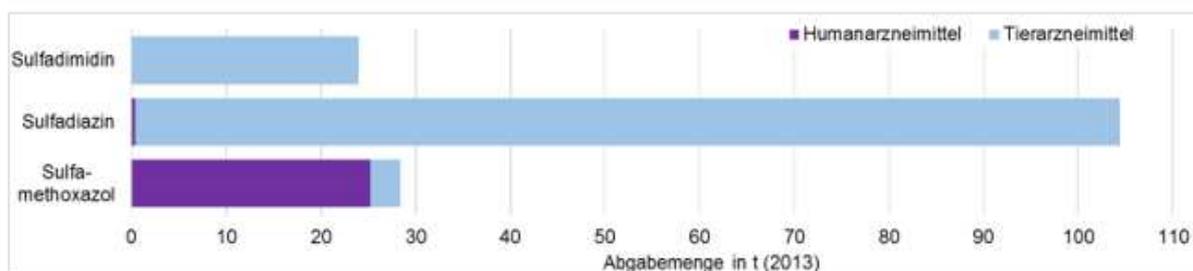


Abbildung 22: Verkaufsmengen ausgewählter Sulfonamide im Jahr 2013 in der Human- und Veterinärmedizin in Deutschland (NLWKN 2017).

Die Wirkstoffe Sulfadiazin und Sulfamethoxazol werden sowohl in der Tier- als auch in der Humanmedizin eingesetzt, daher ist bei diesen Wirkstoffen neben einem Eintrag aus der Landwirtschaft auch ein Eintrag über häusliches Abwasser möglich. In Projekten zur Fundaufklärung (NLWKN 2017) wurde Sulfamethoxazol in der GWM Bösel I in hohen Ge-

halten um den vorgeschlagenen Schwellenwert von $0,1 \mu\text{g/l}$ nachgewiesen. Einmalig wurde ein Spitzenwert von $0,95 \mu\text{g/l}$ erreicht. In einer temporären Messstelle wurde Sulfamethoxazol festgestellt, jedoch hier lediglich sporadisch und in geringen Konzentrationen.

Von vier am Standort Bösel untersuchten KKA wiesen drei KKA temporär Sulfamethoxazol oder N-Ac-Sulfamethoxazol auf. Eine KKA zeigte im Zeitraum 2015 bis 2016 einmalig sehr hohe Gehalte deutlich über 1000 ng/l Sulfamethoxazol bzw. N-Ac-Sulfamethoxazol. Die untersuchten Bodenproben wiesen hingegen kein Sulfamethoxazol oder Transformationsprodukte dieses Wirkstoffes auf. Lediglich in einer Gülleprobe konnte Sulfamethoxazol oberhalb der Nachweisgrenze detektiert werden. Dadurch ist jedoch auch ein zusätzlicher, wenn auch unwahrscheinlicher, Eintrag von Sulfamethoxazol über die Eintragsquelle Wirtschaftsdünger möglich (NLWKN 2017).

Sulfamethoxazol wird in der Tiermedizin vorrangig bei Geflügel eingesetzt und konnte in Nordrhein-Westfalen in Regionen mit hoher Geflügelproduktion im Grundwasser nachgewiesen werden (Hembrock-Heger et al. 2011). Sulfamethoxazol kann daher nur bei Standorten ohne Einträge über Haushaltsabwasser oder Kläranlagenabflüsse als eindeutiger Indikator für eine Grundwasserbeeinflussung durch intensive Tierhaltung herangezogen werden (Jekel & Dott 2013).

Sulfadiazin wird in der Tiermedizin eingesetzt. In der Humanmedizin sind jedoch ebenfalls Präparate verkehrsfähig (Tabelle 7), wobei laut DIMDI hauptsächlich sulfadiazinhaltige Salben im Handel erhältlich sind. In Projekten zur Ermittlung der Eintragspfade von Antibiotikawirkstoffen (NLWKN 2017) konnte für die GWM Bösel I nicht eindeutig der Eintrag von Sulfadiazin geklärt werden. Bei 25 Beprobungen wurde einmalig Sulfadiazin im Grundwasser nachgewiesen. Sulfadiazin bzw. N-Ac-Sulfadiazin wurde sporadisch in allen vier am Standort Bösel untersuchten KKA detektiert. Jedoch konnte Sulfadiazin bzw. 4-OH-Sulfadiazin auch in Bodenproben und Wirtschaftsdünger festgestellt werden, sodass auch im Falle des Sulfadiazin eine Doppelbelastung durch Abwasser und Wirtschaftsdünger möglich ist (NLWKN 2017).

Der aktuelle Stand der Verkehrsfähigkeit der untersuchten Sulfonamide einschließlich Trimethoprim kann der untenstehenden Tabelle (Tabelle 7) entnommen werden und beruht auf Recherchen in der Datenbank des Deutschen Institutes für medizinische Dokumentation und Information (DIMDI).

Tabelle 7: Verkehrsfähigkeit und Anzahl der im Handel befindlichen Antibiotikaproducte ausgewählter Sulfonamidwirkstoffe (Recherche DIMDI-Datenbank 2017).

Wirkstoff	Tierarzneimittel		Humanarzneimittel	
	verkehrsfähig ja/nein	Arzneimittel im Handel Anzahl Zulassung	verkehrsfähig ja/nein	Arzneimittel im Handel Anzahl Zulassung
Sulfadiazin	ja	14	ja	11
Sulfamethoxazol	ja	4	ja	26
Sulfadimidin	ja	17	bis 1996	nein
Sulfamerazin	ja	1	bis 2005	nein
Sulfathiazol	bis 2013	nein	bis 2001	nein
Sulfadoxin	ja	6	bis 1998	nein
Sulfadimethoxin	ja	7	bis 1992	nein
Sulfachloropyridazin	keine Verkehrsfähigkeit in D bekannt	nein	keine Verkehrsfähigkeit in D bekannt	nein
Sulfaethoxyridazin	bis 1988	nein	keine Verkehrsfähigkeit in D bekannt	nein
Sulfamethoxyridazin	Ja	1	bis 1992	nein
Trimethoprim	ja	37	ja	32

Die Verwendung von Sulfonamiden ist in der Tiermedizin rückläufig. Wurden 2013 bundesweit noch 152 t Sulfonamide an Tierärzte abgegeben (Tschiersky 2014) waren es 2016 nur noch 69 t. Dabei stellte 2015 Sulfadiazin mit 50% den größten Anteil, gefolgt von Sulfadimidin mit 30% (Wallmann et al. 2016).

Die Abgabemengen an Sulfonamid-Wirkstoffen spiegelt sich jedoch nicht in der Fundhäufigkeit im Grundwasser wider. Wie in Kapitel 4.1 erläutert, wird Sulfadimidin am häufigsten im Grundwasser nachgewiesen, obwohl Sulfadiazin innerhalb der Sulfonamide den größten Anteil in der Tiermedizin einnimmt.

Bei den Wirkstoffen Sulfadimidin, Sulfadimethoxin, Sulfachloropyridazin, Sulfaethoxyridazin und Sulfamethoxyridazin kann aufgrund ihrer ausschließlichen Verwendung in der Tiermedizin auf eine landwirtschaftliche Eintragsquelle geschlossen werden.

Die Wirkstoffe Sulfadiazin und Sulfamethoxazol werden sowohl in der Tier- als auch in der Humanmedizin eingesetzt, sodass auch Abwasser eine Eintragsquelle darstellen kann. In Niedersachsen sind 5,5% der Bevölkerung nicht an die öffentliche Abwasserentsorgung angeschlossen. Insgesamt nutzen in Niedersachsen 423.210 Einwohner eine Kleinkläranlage (LSN 2016), wobei regionale Unterschiede festzustellen sind. In der Region Weser Ems leiten mit 89,5% landesweit die wenigsten Einwohner in die öffentliche Kanalisation ein und sind an eine zentrale Abwasserbehandlungsanlage angeschlossen.

Auffällig ist die große Anzahl an Einwohnern in den Landkreisen des Untersuchungsgebietes, die ohne Zugang zur öffentlichen Abwasserentsorgung Kleinkläranlagen zur Abwasserentsorgung nutzen (Tabelle 8).

Tabelle 8: Art der Abwasserentsorgung nach Einwohnerzahlen (Prozent) in den Landkreisen des Untersuchungsraumes im Jahr 2013 (LSN 2016, teilweise berechnet).

Landkreis	Einwohner/innen [%]			
	mit Anschluss an öffentliche Kanalisation und Abwasserbehandlungsanlage	ohne Anschluss an öffentliche Kanalisation und Abwasserbehandlungsanlage		
			davon mit Anschluss an Kleinkläranlagen	
Ammerland	91,8	8,2	99,5	0,5
Cloppenburg	82,7	17,3	99,6	0,4
Cuxhaven	80,9	19,1	98,2	1,8
Diepholz	92,0	8,0	98,8	1,2
Emsland	88,8	11,2	98,8	1,2
Friesland	88,7	11,3	99,9	0,1
Grafschaft Bentheim	89,6	10,4	98,9	1,1
Leer	90,9	9,1	99,1	0,9
Oldenburg	86,2	13,8	94,7	5,3
Osnabrück	85,2	14,8	99,9	0,1
Rotenburg/Wümme	92,3	7,7	99,7	0,3
Stade	94,2	5,8	99,1	0,9
Vechta	90,7	9,3	99,9	0,1
Wesermarsch	84,1	15,9	98,7	1,3
Wittmund	69,3	30,7	99,7	0,3

4.5.1 Alleinige Funde von Antibiotika und deren Transformationsprodukten

4.5.1.1 Sulfadiazin

Sulfadiazin ist sowohl für die Anwendung beim Tier als auch beim Menschen zugelassen. 14 Präparate sind aktuell als Tierarzneimittel verkehrsfähig (Tabelle 7). In der Humanmedizin findet Sulfadiazin laut DIMDI Datenbank dagegen zurzeit nur als Medikament bei Haut- bzw. Brandverletzungen Verwendung. Sulfadiazin spielt folglich in der Humanmedizin eine nur untergeordnete Rolle (NLWKN 2017).

Sulfadiazin wurde in den viehstarken Regionen in keiner Messstelle alleine detektiert. Lediglich bei der Messstelle Hollenstede konnte ausschließlich das Transformationsprodukt 4-OH-Sulfadiazin nachgewiesen werden (Abbildung 23). Die Grundwassermessstelle wurde insgesamt drei Mal untersucht, das Transformationsprodukt jedoch nur in einer Probe in geringer Konzentration von 6,8 ng/l weit unterhalb des vom Umweltbundesamt vorgeschlagenen Schwellenwertes von 0,1 µg/l detektiert (Tabelle 9).

Die Recherche zu Kleinkläranlagen hat ergeben, dass sich im Umfeld zur Messstelle (Radius 500 m) mehrere Kleinkläranlagen befinden. Eine Kleinkläranlage liegt zwar im Abstrom zur Messstelle, jedoch im nahen Umfeld zur Messstelle (Entfernung zur Messstelle ca. 60 m).

Im Zustrom zur Messstelle ist in ca. 200 m Entfernung eine Kleinkläranlage verortet. Weitere 2 KKA befinden sich in 300 bis 400 m Entfernung zur Messstelle. Der sehr flache Ausbau der Messstelle (Filter 2,7 - 3,7 m u. GOK) und Feinsand im Untergrund lassen jedoch eine kurze Transportstrecke von unter 60 m vermuten, sodass ein Abwassereinfluss durch diese KKA nicht wahrscheinlich ist. Die Transportstrecke beschreibt die Strecke vom Stoffeintrag in den Boden bis zum Erreichen der Messstelle.

Auch konnte an der Messstelle Hollenstede der Abwasserindikator Carbamazepin nicht nachgewiesen werden. Untersuchungsergebnisse für Acesulfam-K liegen für diese Messstelle nicht vor. Für den relevanten Untersuchungszeitraum sind ebenfalls keine Analysedaten für Bor verfügbar. Messergebnisse des NLWKN der Jahre 2012 und 2013 weisen jedoch Borgehalte unter Bestimmungsgrenze von 0,005 mg/l auf, sodass ein Abwassereintrag als unwahrscheinlich angesehen wird.

Als Eintragsquelle für Sulfadiazin sind für die Messstelle Hollenstede daher Tierarzneimittel anzunehmen.

Tabelle 9: Messstellen mit ausschließlichem Nachweis von Sulfadiazin oder dessen Transformationsprodukten innerhalb viehstarker Regionen.

Name	FOK	FUK	Probenahme [Datum] (*)	Sulfadiazin	4-Hydroxy-Sulfadiazin [ng/l]	N-Ac-Sulfadiazin
	[m unter GOK]					
Landesweites Screening						
Hollenstede	2,7	3,7	2015_1			
			2015_2			
			2016_1			
			2016_2		7	

(*) Datum: Jahreszahl_1 = 1. Halbjahr des angegebenen Jahres, Jahreszahl_2 = 2. Halbjahr des angegebenen Jahres



Abbildung 23: Nachweis von ausschließlich 4-OH-Sulfadiazin in viehstarken Regionen.

4.5.1.2 Sulfamethoxazol

Sulfamethoxazol wird weitestgehend in der Humanmedizin verwendet. Laut DIMDI sind 26 Arzneimittel in der Humanmedizin verkehrsfähig (Tabelle 7). Im Bereich der Veterinärmedizin sind zurzeit zwar lediglich 4 Medikamente mit Sulfamethoxazol im Verkehr, dadurch ist jedoch auch ein Eintrag über landwirtschaftliche Wirtschaftsdünger nicht generell auszuschließen.

Lediglich in der Messstelle Hagel I konnte N-Ac-Sulfamethoxazol als Einzelfund festgestellt werden (Tabelle 10, Abbildung 24), wobei ein Nachweis bei drei Untersuchungen nur einmalig oberhalb der Nachweisgrenze von 6 ng/l erfolgte.

Das nahe Umfeld der Messstelle wird forstwirtschaftlich genutzt. Hohe Nitratgehalte in der Messstelle von 39 bis 44 mg/l innerhalb des Untersuchungszeitraumes deuten jedoch auf einen Einfluss der landwirtschaftlichen Nut-

zung im weiteren Umfeld zur Messstelle hin. Durch die flache Verfilterung (7 - 11 m u. GOK) ist das Einzugsgebiet der Messstelle jedoch begrenzt. Für Hagel I konnte eine mittlere Transportstrecke von 200 - 600 m ermittelt werden (NLWKN 2016, unveröffentlicht), was gegen einen Einfluss der weiter entfernt liegenden Ackerflächen spricht. Möglicherweise können auch Messunsicherheiten ursächlich für den einmaligen, sehr niedrigen N-Ac-Sulfamethoxazolfunde sein.

In Anstromrichtung zur Messstelle befinden sich zwischen dem in ca. 1 Kilometer nördlich befindlichen Vorfluter Bunner Hamstruper Moorbach und der GWM keine KKA. Auch die Bestimmungen auf Abwasserindikatoren geben keinen Hinweis auf Beeinflussung durch häusliches Abwasser, sodass als Eintragsquelle für Sulfamethoxazol an diesem Standort Wirtschaftsdünger anzunehmen ist.

Tabelle 10: Messstellen mit ausschließlichem Nachweis von Sulfamethoxazol oder Abbauprodukt dieses Wirkstoffes in viehstarken Regionen.

Name	FOK	FUK	Probenahme [Datum] (*)	Sulfamethoxazol	N-Ac-Sulfamethoxazol
	[m unter GOK]			[ng/l]	
Schwerpunktvorhaben					
Hagel I	7	11	2016_2 2017_1 2017_2		< 18

(*) Datum: Jahreszahl_1 = 1. Halbjahr des angegebenen Jahres, Jahreszahl_2 = 2. Halbjahr des angegebenen Jahres



Abbildung 24: Nachweis von ausschließlich Sulfamethoxazol (inkl. Transformationsprodukte) in viehstarken Regionen.

4.5.1.3 Sulfadimidin

Sulfadimidin wird ausschließlich in der Tiermedizin verwendet. Für den Humanarzneibereich sind seit 1992 keine Arzneimittel verkehrsfähig.

An 10 von 32 Messstellen mit Antibiotikabefund konnte ausschließlich Sulfadimidin nachgewiesen werden (Tabelle 11, Abbildung 25).

Die Konzentrationen bewegen sich im niedrigen Nanogrammbereich deutlich unterhalb des vom Umweltbundesamt vorgeschlagenen Schwellenwertes von 0,1 µg/l. Bei einem Großteil der Messstellen konnten die Sulfadimidin-Funde in Folgeuntersuchungen bestätigt werden.

Tabelle 11: Messstellen mit ausschließlichem Nachweis von Sulfadimidin innerhalb viehstarker Regionen.

Name	FOK [m unter GOK]	FUK	Probenahme [Datum] *	Sulfadimidin [ng/l]
Landesweites Screening				
Abbenseth UE 129	6	8	2015_1	9
			2015_2	7
			2016_1	8
			2016_2	13
Echtelerfeld I	5	6	2015_1	5
			2015_2	4
			2016_1	1
			2016_2	4
Grafeld	7	14	2015_1	11
			2015_2	13
			2016_1	
			2016_2	7
Kleinringerwösten I	5	6	2015_1	19
			2015_2	13
			2016_1	11
			2016_2	12
Neu-Ebersdorf UE 60	7	9	2015_1	
			2015_2	
			2016_1	2
			2016_2	
Niederochtenhausen UE 130 FI	12	14	2015_1	
			2015_2	
			2016_1	1
			2016_2	
Nordhorn II	16,9	18,9	2015_1	6
			2015_2	17
			2016_1	7
			2016_2	9
Wietmarschen-Lohne I	2,8	16,8	2015_1	14
			2015_2	9
			2016_1	5
			2016_2	8
Schwerpunktvorhaben				
Grafeld	6	8	2016_2	8
			2017_1	14
			2016_2	
Grönheimer Feld BDF	5	6	2017_1	< 6
			2017_2	< 6
Haverbeck	7	14	2016_2	13
			2017_1	17

(*) Datum: Jahreszahl_1 = 1. Halbjahr des angegebenen Jahres, Jahreszahl_2 = 2. Halbjahr des angegebenen Jahres

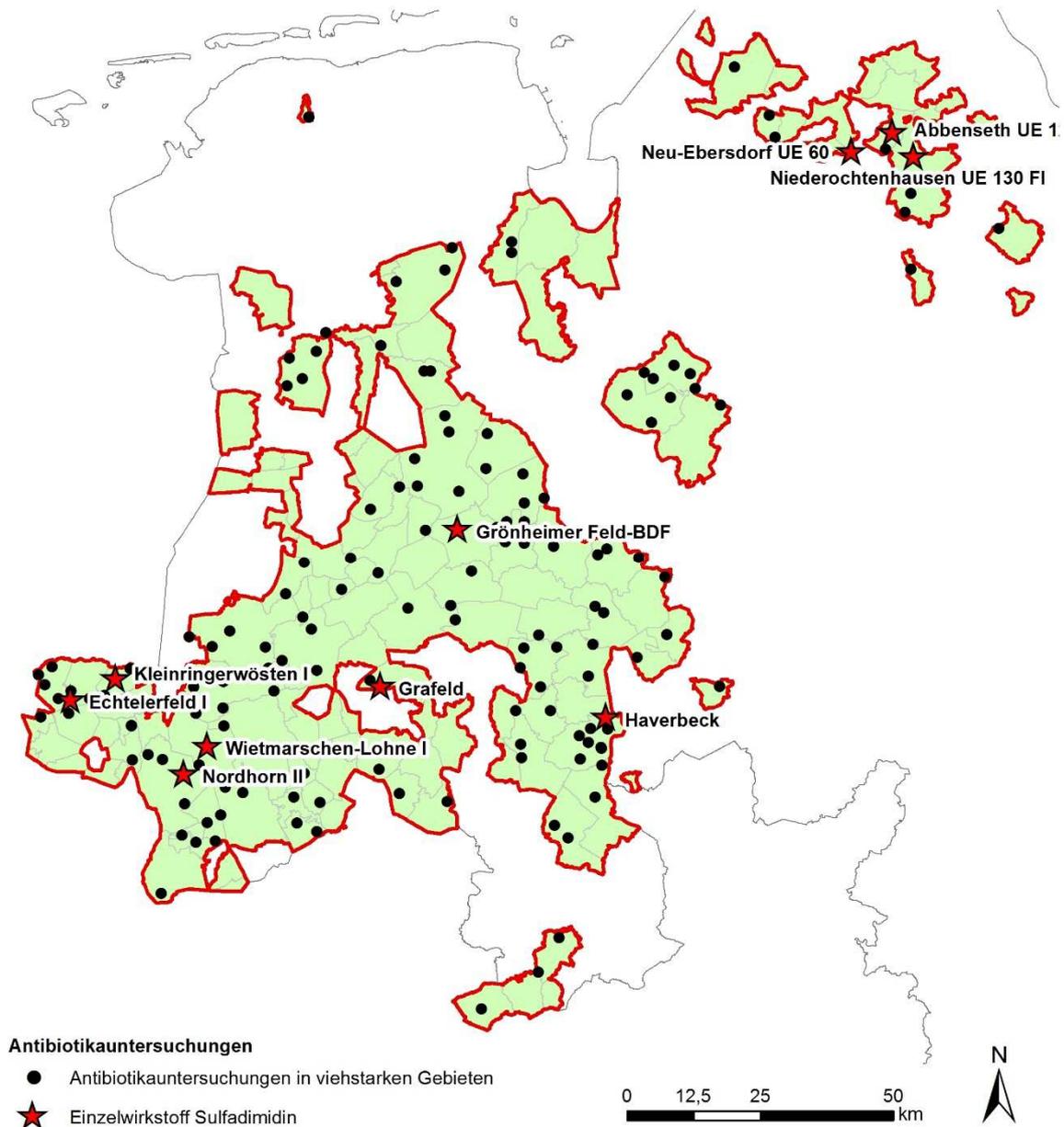


Abbildung 25: Messstellen mit ausschließlichem Nachweis von Sulfadimidin in viehstarken Regionen.

Die Messstelle Grafelfeld wurde sowohl im Rahmen des landesweiten Screenings als auch im Zuge des Schwerpunktvorhabens untersucht, so dass von zwei unabhängigen Laboren die Ergebnisse bestätigt werden konnten.

Die Messstellen Kleinringerwösten I und Wietmarschen-Lohne I wurden im Zeitraum 2012 bis 2016 als Teil des Untersuchungsprogrammes zur Ermittlung von Eintragungspfaden der Antibiotika im oberflächennahen Grundwasser (NLWKN 2017) untersucht. Die dort ermittelten Sulfadimidingehalte lagen auf einem vergleichbaren Niveau. In der Messstelle Kleinringerwösten wurde an zwei von 17 Untersu-

chungsterminen zusätzlich Sulfadiazin in sehr geringen Konzentrationen oberhalb der Nachweisgrenze festgestellt.

Für die GWM Kleinringerwösten und Wietmarschen-Lohne wurde über Detailuntersuchungen weiterer Umweltmedien der Nachweis geführt, dass der Eintrag des Sulfadimidin über Wirtschaftsdünger erfolgt ist (NLWKN 2017).

Bei den in Tabelle 9 genannten Messstellen kann daher sicher von Tierarzneimitteln als Eintragsquelle ausgegangen werden.

4.5.1.4 Sulfadimethoxin

In der Messstelle Bremervörde UE 147 FI (Abbildung 26) wurde einmalig ausschließlich Sulfadimethoxin oberhalb der Nachweisgrenze gemessen (Tabelle 12). Dieser Wert liegt deutlich unterhalb des vom Umweltbundesamt vorgeschlagenen Schwellenwertes von 0,1 µg/l. Eine weitere Untersuchung im Herbst 2017 konnte den Fund nicht bestätigen.

Als Eintragsquelle kann von Tierarzneimitteln ausgegangen werden, da zurzeit 7 Tierarzneimittel mit dem Wirkstoff Sulfadimethoxin im Verkehr sind, seit 1992 jedoch keine Humanarzneimittel mehr mit diesem Wirkstoff (Tabelle 7).

Tabelle 12: Messstellen mit ausschließlichem Nachweis von Sulfadimethoxin innerhalb viehstarker Regionen.

Name	FOK [m unter GOK]	FUK	Probenahme [Datum] *	Sulfadimethoxin [ng/l]
Schwerpunktvorhaben				
Bremervörde UE 147 FI	4	6	2016_2 2017_1 2017_2	< 6

(*) Datum: Jahreszahl_1 = 1. Halbjahr des angegebenen Jahres, Jahreszahl_2 = 2. Halbjahr des angegebenen Jahres

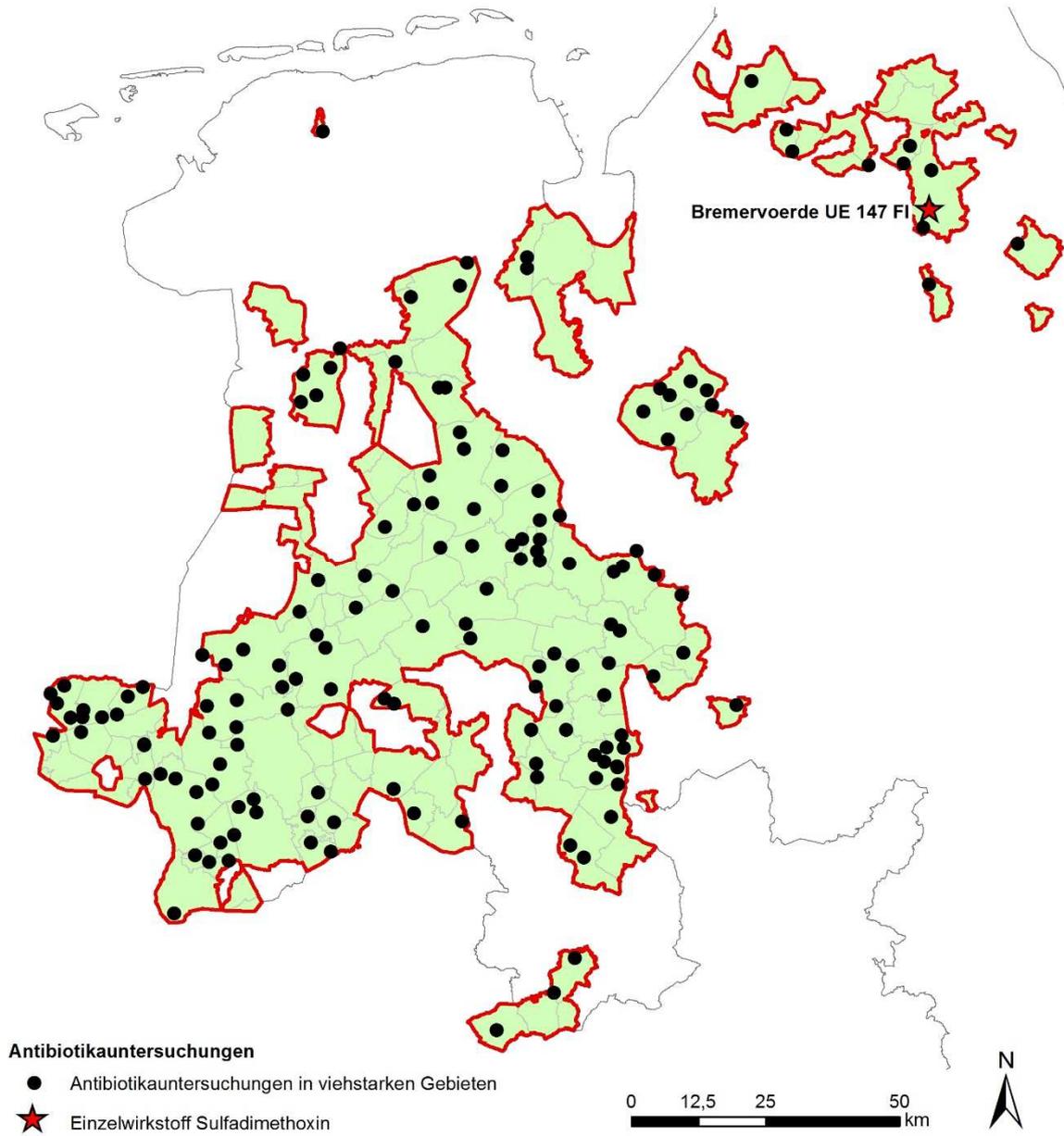


Abbildung 26: Messstellen mit ausschließlichen Nachweis von Sulfadimethoxin in viehstarken Regionen.

4.5.2 Alleinige Funde von Antibiotika, deren Transformationsprodukten und Abwasserindikatoren

4.5.2.1 4-OH-Sulfadiazin und Abwasserindikatoren

Die Messstellen Drievorden und Esche weisen 4-OH-Sulfadiazin als Transformationsprodukt von Sulfadiazin in einer Konzentration weit unterhalb des vom Umweltbundesamt vorgeschlagenen Schwellenwertes von 0,1 µg/l. auf (Tabelle 13, Abbildung 27). In den Messstellen weisen Funde der Abwasserindikatoren Carbamazepin oder Acesulfam-K auf einen Abwassereinfluss hin. Bor als weiterer Anzeiger für Abwasser zeigt hingegen keine auffälligen Gehalte an. Alle Bor-Werte liegen deutlich unter dem GFS-Wert von 0,18 mg/l.

Die Prüfung der Vor-Ort-Gegebenheiten hat gezeigt, dass im Nahbereich der Messstellen Drievorden und Esche Kleinkläranlagen verortet sind, sodass der über die Indikatoren ermittelte Abwassereinfluss des Grundwassers erklärbar ist.

Die Messstelle Drievorden ist mit einer Filterstrecke von 3,5 - 10,5 m unter GOK ausgebaut, sodass eine Beeinflussung durch die ca. 125 m entfernt im Zustrom zur Messstelle verortete KKA gegeben sein kann.

Durch die sehr flache Verfilterung der Messstelle Esche (Filterlage 2,5 - 4,5 m unter GOK)

kann von einem begrenzten Einzugsgebiet und einer kurzen Transportstrecke des Grundwassers ausgegangen werden. Ein punktueller Antibiotika-Eintrag durch häusliches Abwasser aus der nur ca. 20 m entfernten KKA ist daher möglich. Die aus der Hydrogeologischen Übersichtskarte abgeleiteten Fließrichtung des Grundwassers lässt zwar die Lage der KKA im Abstrom zur Messstelle vermuten, aufgrund der geringen Entfernung kann aber trotzdem eine Beeinflussung möglich sein.

Dagegen kann die Tatsache, dass Sulfadiazin überwiegend in der Tiermedizin und kaum in der Humanmedizin eingesetzt wird (Kapitel 4.5) und beide GWM in einem landwirtschaftlich intensiv geprägten Gebiet liegen, aber auch darauf hindeuten, dass Sulfadiazin aus der Tiermedizin über Wirtschaftsdüngerausbringungen in das Grundwasser eingetragen wurde.

Schlussendlich kann auf Basis der Grundwasser-Untersuchungen dieses Projektes nicht auf die Eintragsquelle geschlossen werden. Es sind Untersuchungen weiterer Umweltmedien notwendig, um eine eindeutige Aussage treffen zu können.

Tabelle 13: Messstellen mit Nachweis von 4-OH-Sulfadiazin, Abwasserindikatoren und Bor in viehstarken Regionen.

Name	FOK [m unter GOK]	FUK	Probenahme [Datum] *	Sulfadiazin	4-OH-Sulfadiazin [ng/l]	Carbamazepin	Acesulfam-K	Bor mg/l
Schwerpunktvorhaben								
Drievorden	3,5	10,5	2016_2 2017_1		65 49	36 20	40	0,063 0,074
Esche	2,5	4,5	2016_2 2017_1		< 18 < 18		110	0,068 0,09

(*) Datum: Jahreszahl_1 = 1. Halbjahr des angegebenen Jahres, Jahreszahl_2 = 2. Halbjahr des angegebenen Jahres



Abbildung 27: Nachweis von 4-OH-Sulfadiazin als Einzelwirkstoffnachweis und Abwasserindikatoren

4.5.2.2 Sulfamethoxazol und Abwasserindikatoren

In der Messstelle Groß Hesepe wurde der Wirkstoff Sulfamethoxazol in Kombination mit Abwasserindikatoren nachgewiesen (Tabelle 14, Abbildung 28). Die Funde von Carbamazepin und insbesondere die vergleichsweise hohen Gehalte an Acesulfam-K zeigen einen Einfluss von häuslichem Abwasser an. Mit 4.000 ng/l Acesulfam-K wurden an der Messstelle Groß Hesepe die höchsten Werte aller auf Acesulfam untersuchten Projektmessstel-

len nachgewiesen. Die Bor-Gehalte bewegen sich im Bereich des GFS-Wertes von 0,18 mg/l. Die Indikatorfunde sind durch eine mit 10 m Entfernung im unmittelbaren Umfeld zur Messstelle verorteten KKA erklärbar.

Bei der Messstelle Groß Hesepe kann von einem Sulfamethoxazol-Eintrag über das häusliche Abwasser ausgegangen werden.

Tabelle 14: Messstellen mit Nachweis von Sulfamethoxazol, Abwasserindikatoren und Bor in viehstarken Regionen.

Name	FOK	FUK	Probenahme	Sulfamethoxazol	N-Ac-Sulfamethoxazol	Carbamazepin	Acesulfam-K	Bor
	[m unter GOK]	[Datum] *						
Schwerpunktvorhaben								
Groß Hesepe	8,6	9,6	2016_2	30		4,9	2.900	0,163
			2017_1	40		3,8	4.000	0,18

(*) Datum: Jahreszahl_1 = 1. Halbjahr des angegebenen Jahres, Jahreszahl_2 = 2. Halbjahr des angegebenen Jahres



Abbildung 28: Nachweis von Sulfamethoxazol und Abwasserindikatoren.

4.5.2.3 Sulfadimidin und Abwasserindikatoren

Von 25 Fundstellen mit Sulfadimidin wurde der Wirkstoff in Kombination mit Abwasserindikatoren nur in den Messstellen Nikolausdorf (Neu) und Neuenkirchen (OS), allerdings in sehr geringen Konzentrationen, nachgewiesen (Tabelle 15, Abbildung 29/Abbildung 28). Acesulfam-K wurde nur jeweils einmalig oberhalb der Nachweisgrenze festgestellt. Aufgrund der ausschließlichen Verwendung von Sulfadimidin in der Tiermedizin kann der Antibiotikannachweis aber eindeutig einer landwirtschaftlichen Eintragsquelle zugeordnet werden.

Eine zusätzliche Beeinflussung des Grundwassers durch häusliches Abwassers ist für

beide GWM durch Acesulfam-K nachgewiesen. Die Borgehalte zeigen bei beiden Messstellen jedoch keinen Abwassereinfluss auf.

Der Acesulfam-K-Nachweis in der Messstelle Nikolausdorf (Neu) ist durch eine im nahen Umfeld bestehende KKA nachvollziehbar.

Die Haushalte im Nahbereich zur Messstelle Neuenkirchen (OS) sind jedoch an die öffentliche Kanalisation angeschlossen. Mehrere KKA befinden sich in ca. 500 m Entfernung von der Messstelle. Auch hier ist folglich der Acesulfam-K Fund erklärbar, wenn auch nicht so eindeutig wie am Standort Nikolausdorf (Neu).

Tabelle 15: Messstellen mit Nachweis von Sulfadimidin, Abwasserindikatoren (inkl. Bor) in viehstarken Regionen.

Name	FOK [m unter GOK]	FUK	Probenahme [Datum] *	Sulfadimidin	Carbamazepin [ng/l]	Acesulfam-K	Bor [mg/l]
Schwerpunktvorhaben							
Nikolausdorf (Neu)	5	6	2016_2	< 6			0,053
			2017_1	9		< 18	0,049
Neuenkirchen (Os)	2	4	2016_2	< 6			0,026
			2017_1			< 18	0,025
			2017_2	< 6			0,027

(*) Datum: Jahreszahl_1 = 1. Halbjahr des angegebenen Jahres, Jahreszahl_2 = 2. Halbjahr des angegebenen Jahres

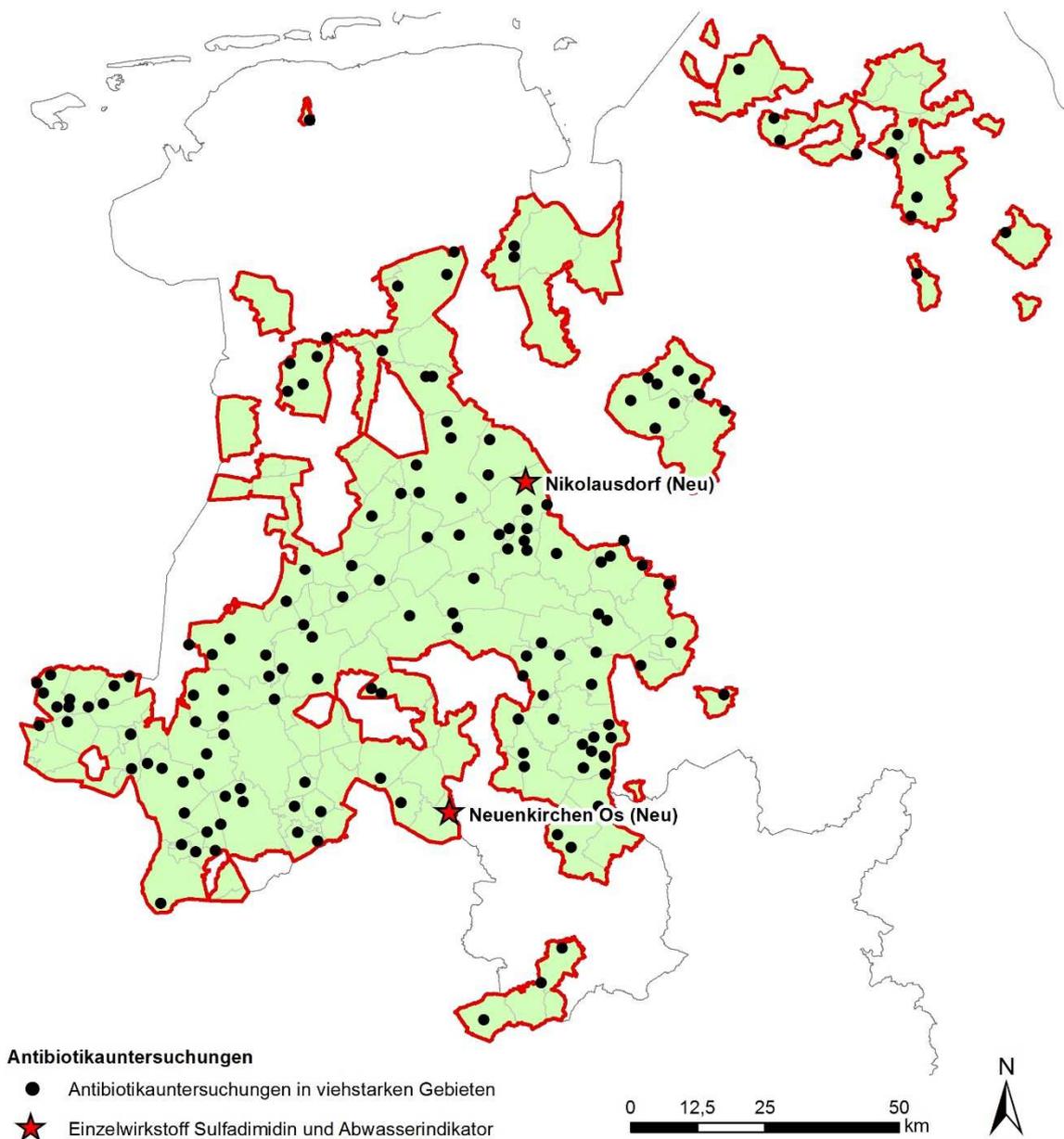


Abbildung 29: Nachweis von Sulfadimidin als Einzelwirkstoff und Abwasserindikatoren.

4.5.3 Funde von Wirkstoffkombinationen ohne Abwasserindikatoren

Bei 9 der insgesamt 32 Fundstellen mit Antibiotika konnten mehrere Antibiotikarückstände bzw. deren Transformationsprodukte innerhalb des Untersuchungszeitraums nachgewiesen werden (Tabelle 16, Abbildung 30). In allen 9 Messstellen wurde der Wirkstoff Sulfadimidin detektiert.

Zwei Messstellen (Carum I, Lohe I (Alt)) wiesen neben Sulfadimidin auch Sulfamethoxy-pyridazin auf. Beide Wirkstoffe sind nur für den Veterinärbereich verkehrsfähig, so dass hier von Tierarzneimitteln als Eintragsquelle aus-

gegangen werden kann. Beide Standorte wurden im Zeitraum 2012 bis 2016 in den Projekten zur Ermittlung der Eintragspfade intensiv untersucht (NLWKN 2017). Im Rahmen dieser Untersuchungen traten im Grundwasser der Messstelle Carum I sporadisch Funde von Sulfadimidin und Sulfadiazin auf. Sulfamethoxy-pyridazin wurde an diesem Standort hingegen in diesem Zeitraum nicht nachgewiesen. In Bodenproben der für die Messstelle Carum I relevanten Schläge konnte 4-OH-Sulfadiazin nachgewiesen werden.

Die KKA im Zustrom wiesen hingegen keine Antibiotikawirkstoffe auf, sodass der Eintragspfad „Wirtschaftsdünger“ anhand der Untersuchungen belegt werden konnte. Am Standort

Carum I stammen die im Grundwasser aufgefundenen Wirkstoffe folglich aus der Tiermedizin.

Tabelle 16: Messstellen mit Nachweis mehrerer Antibiotikawirkstoffen in viehstarken Regionen.

Name	FOK	FUK	Probenahme [Datum] *	Sulfadiazin	4-OH-Sulfadiazin	Sulfamethoxazol	N_Ac-Sulfamethoxazol	Sulfadimidin	Sulfamethoxy-pyridazin
	[m unter GOK]								
Landesweites Screening									
Bösel I	2,6	4,6	2015_1			130 **	7	10	
			2015_2			135 **	9		
			2016_1			89	5		
			2016_2			95	11		
Carum I	4	5	2015_1					3	5
			2015_2				2		
			2016_1				1		
			2016_2				2		
Elbergen (EL)	3,5	5,5	2015_1					1	
			2015_2						
			2016_1						
			2016_2		8		2		
Lohe I (Alt)	3,1	4,0	2015_1					9	9
			2015_2						
			2016_1						
			2016_2						
Lohe I (Neu)	2,5	5,5	2015_1						
			2015_2						
			2016_1		16		7		
			2016_2						
Markhausen-BDF	6,2	8,2	2015_1					8	
			2015_2				6		
			2016_1		11		6		
			2016_2		21		12		
Südlohne	8,4	9,4	2015_1			10			
			2015_2			11			
			2016_1						
			2016_2			8	2		
Schwerpunktvorhaben									
Bernte	3,95	5,95	2016_2		< 18			< 6	
			2017_1		25		12		
Lohe I (Neu)	2,5	5,5	2016_2						
			2017_1						
Neuenbunnen	5,2	6,2	2016_2		< 18			< 6	
			2017_1		< 18		< 6		
Südlohne	8,4	9,4	2016_2			< 6			
			2017_1			10			

(*) Datum: Jahreszahl_1 = 1. Halbjahr des angegebenen Jahres, Jahreszahl_2 = 2. Halbjahr des angegebenen Jahres

(**) rot = Überschreitung 0,1 µg/l

 keine Probenahme

In der Messstelle Lohe I (Alt) wurde während der weiterführenden Untersuchungen zur Ermittlung der Ursachen für den Antibiotikaeintrag ins Grundwasser neben Sulfadimidin vereinzelt 4-OH-Sulfadiazin nachgewiesen. Auch Gülle- und Bodenproben zeigten diesen Wirkstoff bzw. das Transformationsprodukt an. Anhand der differenzierten Untersuchung von Umweltmedien in den Untersuchungen von 2014 bis 2016 ist für den Standort Lohe I (Alt) Wirtschaftsdünger als Eintragsquelle nachgewiesen (NLWKN 2017).

An fünf Messstellen innerhalb viehstarker Regionen wurde Sulfadimidin und 4-OH-Sulfadiazin detektiert. Sulfadimidin als Tierarzneimittel kann eindeutig einer landwirtschaftlichen Eintragsquelle zugeordnet werden. Sulfadiazin wird größtenteils in der Tiermedizin eingesetzt. Ein Eintrag aus dem häuslichen Abwasser ist jedoch nicht auszuschließen (Kapitel 4.5). An den Standorten Markhausen, Bernte und Neuenbunnen sind KKA im näheren Umfeld vorhanden. Fehlende Abwasserindikatoren und unauffällige Borgehalte zeigen jedoch, dass eine Beeinflussung der Messstellen durch Abwasser unwahrscheinlich ist. Die Messstelle Markhausen ist im Rahmen der Projekte zur Fundaufklärung (NLWKN 2017) im Zeitraum 2012 bis 2016 mehrfach beprobt und bzgl. weiterer Umweltmedien näher untersucht worden. In der Messstelle konnte auch in diesem Zeitraum Sulfadimidin und sporadisch 4-OH-Sulfadiazin festgestellt werden. Beprobungen der nahe gelegenen KKA waren ohne Antibiotika-Befund. Sickerwasserbeprobungen und Boden- und Wirtschaftsdüngerproben im Rahmen der Ermittlung der Eintragspfade wiesen hingegen ebenfalls die genannten Wirkstoffe auf. Beim Standort Markhausen kann daher von landwirtschaftlichen Eintragsquellen für Antibiotika ausgegangen werden. Für die Standorte Bernte und Neuenbunnen kann jedoch erst eine weitergehende Fundaufklärung unter Einbeziehung zusätzlicher Umweltmedien zweifelsfrei den Sulfadiazin-Eintrag klären. Am Standort Elbergen (Emsland) und Lohe I (Neu) hingegen sind in näherer Umgebung keine KKA vorhanden. Am Standort Lohe I (Neu) befinden sich im Anstrom zur Messstelle in ca. 700 m Entfernung KKA. In Elbergen sind östlich der Messstelle in ca. 600 m KKA vorhanden. Der Anstrom zur Messstelle erfolgt jedoch aus südwestlicher Richtung, wobei hier

in ca. 2 km Entfernung keine Wohnbebauung mit KKA vorhanden ist. An den Sandorten Elbergen und Lohe können daher Sulfadimidin- und Sulfadiazineinträge aus der Veterinärmedizin als wahrscheinlich angesehen werden. Am Standort Lohe I (Neu) wurden die Wirkstoffe im Rahmen der landesweiten Bestandsaufnahme einmalig detektiert, weitere Beprobungen im Rahmen des verdichtenden Screenings konnten die Funde nicht plausibilisieren, möglicherweise bedingt durch die höheren Nachweis- und Bestimmungsgrenzen in diesem Projekt. Aufgrund der flachen Verfilterung (2,5 - 5,5 m u. GOK) ist jedoch von einem begrenzten Eintragsgebiet auszugehen, sodass nicht mit einem Abwassereinfluss zu rechnen ist. Innerhalb des verdichtenden Screenings wurde in der Messstelle jedoch einmalig Acesulfam-K oberhalb der Nachweisgrenze detektiert. Der Abwasser-Indikator Bor war unauffällig.

Eine Mischbelastung durch Sulfadimidin und Sulfamethoxazol weisen die Messstellen Bösel I und Südlohne auf, wobei das Tierarzneimittel Sulfadimidin eindeutig einer landwirtschaftlichen Eintragsquelle zugerechnet werden kann. Sulfamethoxazol wird zum größten Teil in der Humanmedizin angewendet, vier Produkte mit Sulfamethoxazol sind zurzeit jedoch auch in der Tiermedizin im Verkehr (Kapitel 4.5, Tabelle 7), sodass auch ein landwirtschaftlicher Eintragspfad nicht auszuschließen ist. In Bösel wurde Sulfamethoxazol im Projektzeitraum in Konzentrationen von 89 bis 135 ng/l, also im Bereich des für Antibiotikawirkstoffe vorgeschlagenen Schwellenwertes, nachgewiesen. In direkter Nähe zur Messstelle ist eine KKA vorhanden, weitere KKA befinden sich im näheren Umfeld. Aufgrund der sehr flachen Verfilterung der Messstelle (2,6 - 4,6 m u. GOK), fehlender Deckschichten und sandigem Untergrund ist eine Beeinflussung durch häusliches Abwasser aus der unmittelbar angrenzenden KKA gegeben. Als Transportstrecke des Grundwassers von der Eintragsquelle bis zur Messstelle konnte ein Bereich unter 60 m ermittelt werden (NLWKN 2016, unveröffentlicht). Carbamazepin als Abwasserindikator konnte jedoch im Projektzeitraum nicht nachgewiesen werden. Acesulfam-K ist im Rahmen der landesweiten Bestandsaufnahme (2015/2016) nicht erfasst worden, sodass für dies Projekt keine Untersuchungsergebnisse vorliegen.

Bösel I ist in den Projekten zur Fundaufklärung (NLWKN 2017) in den Jahren 2012 bis 2016 detailliert auf Antibiotikawirkstoffe und Abwasserindikatoren untersucht worden, wobei auch Acesulfam-K erfasst wurde. Der Abwassereinfluss konnte durch sehr hohe Acesulfam-K Gehalte mit Maximalwerten bis 45.000 ng/l (45 µg/l) nachgewiesen werden. In der Messstelle wurde fast durchgängig (24 von 25 Untersuchungen) Sulfamethoxazol und Sulfadimidin erfasst. Sulfadimidin trat kontinuierlich in geringen Konzentrationen bis maximal 16 ng/l auf, Sulfamethoxazol wurde in hohen Konzentrationen mit zeitweilig extremen Sulfamethoxazol-Werten bis zu 950 ng/l erfasst. Einmalig wurde auch Sulfadiazin in niedriger Konzentration unterhalb der Bestimmungsgrenze von 4 ng/l festgestellt. In KKA im Umfeld zur Messstelle konnte sporadisch Sulfadiazin, N-Ac-Sulfadiazin, Sulfamethoxazol und N-Ac-Sulfamethoxazol festgestellt werden. Jedoch wiesen auch Proben von Wirtschaftsdüngern, die auf die für den Standort relevanten Schläge ausgebracht wurden, temporär Sulfadiazin, 4-OH-Sulfadiazin, Sulfadimidin und einmalig auch Sulfamethoxazol auf. Auch in Bodenproben konnte Sulfadiazin, 4-OH-Sulfadiazin und Sulfadimidin nachgewiesen werden. Für die Messstelle Bösel I konnte für das Tierarzneimittel Sulfadimidin Wirtschaftsdünger als Eintragsquelle bestimmt werden. Die hohen Sulfamethoxazolgehalte können durch Nachweise in der benachbarten KKA erklärt werden. Aufgrund eines Fundes in Wirtschaftsdünger kann jedoch der zusätzliche Eintrag aus der Tierme-

dizin nicht gänzlich ausgeschlossen werden. Da Sulfadiazin sowohl in KKA als auch in Wirtschaftsdünger und Bodenproben festgestellt wurde, ist eine eindeutige Zuordnung aus der Verwendung als Tierarzneimittel nicht möglich. Die deutlich höheren Abgabemengen des Wirkstoffes als Tierarzneimittel sprechen aber dafür.

In Südlohne wurde Sulfamethoxazol nur in geringen Konzentrationen um 10 ng/l festgestellt und einmalig auch Sulfadimidin in geringen Konzentrationen. Dies konnte innerhalb des verdichtenden Screenings, möglicherweise aufgrund der höheren Nachweisgrenze, nicht bestätigt werden. Carbamazepin und Acesulfam-K wurden in der Messstelle nicht festgestellt, auch der Abwasserindikator Bor war mit Werten um 0,02 mg/l unauffällig. Im direkten Anstrom zur Messstelle sind bis zu einer Entfernung von 500 m keine KKA vorhanden. Der Ortsbereich Südlohne ist an die Abwasserkanalisation angeschlossen. Für Südlohne ist eine Transportstrecke des Grundwassers von der Eintragsquelle bis zur Messstelle von unter 60 m ermittelt worden (NLWKN 2016, unveröffentlicht), sodass dadurch eine Beeinflussung durch häusliches Abwasser aus KKA ausgeschlossen werden kann. Möglich ist jedoch eine Beeinflussung durch defekte Kanalleitungen. Dagegen spricht jedoch das Fehlen von Abwasserindikatoren. Eine Beeinflussung der Messstelle Südlohne durch häusliches Abwasser ist daher nicht eindeutig aufklärbar, sodass eine weitere Fundaufklärung anzuraten ist.



Abbildung 30: Nachweis von mehreren Wirkstoffen ohne Abwasserindikatoren.

4.5.4 Funde von Wirkstoffkombinationen und Abwasserindikatoren

Kombinationen von mehreren Antibiotikawirkstoffen und Abwasserindikatoren sind an fünf der 32 Fundstellen nachgewiesen worden, wobei die Zusammensetzung der Wirkstofffunde differiert (Tabelle 17, Abbildung 31). In der Messstelle Bethen 2/6 I konnte regelmäßig das Tierarzneimittel Sulfadimidin nachgewiesen werden. Sulfamethoxazol und Sulfadiazin wurden einmalig in geringer Konzentration detektiert, das Abbauprodukt 4-OH-Sulfadiazin hingegen wurde häufig nachgewiesen. Regelmäßige Carbamazepin-Funde weisen auf eine Abwasserbeeinflussung der Messstel-

le hin. Die nächstgelegene KKA im Zustrom zur Messstelle befindet sich in ca. 500 m Entfernung zur Messstelle. Eine Vielzahl von KKA schließen sich in ca. 1.000 m im Außenbereich der Ortslage Bethen an. Aufgrund der Filterlage der Messstelle Bethen 2/6 I (18 - 20 m unter GOK) und den hydrogeologischen Gegebenheiten ist eine Beeinflussung der Messstellen durch häusliches Abwasser aus größerer Entfernung durchaus denkbar. Für die Messstelle Bethen 2/6 I wurde eine Transportstrecke von 600 - 2.000 m ermittelt (NLWKN 2016, unveröffentlicht). Insbesondere als Eintragsquelle für

Sulfamethoxazol wird daher häusliches Abwasser wahrscheinlich. Erst eine weitergehende Fundaufklärung kann jedoch die Eintragsquellen für Sulfamethoxazol und Sulfadiazin zweifelsfrei klären.

In der Messstelle Calveslage I konnte regelmäßig der Tierarzneimittelwirkstoff Sulfadimidin in geringen Konzentrationen nachgewiesen werden. Auffällig sind die hohen Sulfachloropyridazingehalte oberhalb des vorgeschlagenen Schwellenwertes von 0,1 µg/l ab 2017. Der Wirkstoff war vermutlich nie in der Tier- oder Humanmedizin in Deutschland zugelassen (Kapitel 4.5, Tabelle 7). Bisher ist Sulfachloropyridazin landesweit im Grundwasser nicht nachgewiesen worden. Im Zuge der Projekte zur Fundaufklärung von Tierarzneimitteln im oberflächennahen Grundwasser (NLWKN 2017) konnte der Wirkstoff jedoch auch in einzelnen Gülleproben an den Standorten Bösel I und Kleinringerwösten I sporadisch detektiert werden, wobei Gehalte bis 170 ng/g Trockenmasse (TM) ermittelt wurden. Möglicherweise stammen die Sulfachloropyridazin-Funde am Standort Calveslage aus länger zurückliegenden Einträgen. Für die Messstelle Calveslage I wurde eine Transportdauer von ca. 20 bis 60 Jahren vom Eintrag bis zum Erreichen der Messstelle ermittelt (NLWKN 2016, unveröffentlicht). Hinweis auf eine Abwasserbeeinflussung der Messstelle geben die Acesulfam-K-Funde. Der Abwasserindikator Bor ist jedoch mit Werten um 0,07 mg/l unauffällig. KKA befinden sich in 800 m Entfernung im Anstrom zur Messstelle. Eine Transportstrecke von 600 bis 2000 m konnte für diese Messstelle ermittelt werden (NLWKN 2016, unveröffentlicht), sodass eine Beeinflussung durch die KKA gegeben sein kann. Aufgrund des ausschließlichen Einsatzes des Wirkstoffes Sulfadimidin in der Tiermedizin ist Wirtschaftsdünger als Eintragsquelle für diese Messstelle wahrscheinlich anzusehen. Ein Eintrag über häusliches Abwasser kann jedoch aufgrund der langen Transportdauer im Grundwasser nicht gänzlich ausgeschlossen werden, da Sulfadimidin bis 1996 auch als Humanarzneimittel einsetzbar war. Bezüglich der hohen Sulfachloropyridazin-Funde ist eine Ursachenforschung unbedingt anzuraten.

In der Messstelle Garrel-Tweel I konnten Spuren von 4-OH-Sulfadiazin und des Tierarzneimittelwirkstoffes Sulfadimidin nachgewiesen werden. Carbamazepin-Funde zeigen eine Beeinflussung des Grundwassers durch häusliches Abwasser an, wobei sich die nächstliegende KKA im Zustrom zur Messstelle in ca. 600 m befindet. Der Abwasserindikator Bor weist keine Auffälligkeiten auf. Die Sulfadiazin-Funde können nicht eindeutig einer Eintragsquelle zugewiesen werden, sodass eine weitergehende Fundaufklärung anzuraten ist.

Eine deutliche Abwasserbeeinflussung zeigt die Messstelle Grotegaste Kirche auf. Sowohl Carbamazepin als auch Acesulfam-K weisen auf häusliches Abwasser hin. Die Borgehalte sind mit Werten um 0,08 mg/l jedoch unauffällig. Die Haushalte im Bereich der Ortslage Grotegaste sind nicht an die Öffentliche Abwasserentsorgung angeschlossen, sodass eine Beeinflussung des Grundwassers durch häusliches Abwassers plausibel ist. Temporär sind sehr geringe Funde des Tierarzneimittelwirkstoffes Sulfadimidin bzw. von 4-OH-Sulfadiazin festgestellt worden. Der Eintragspfad für das Sulfadiazin-Transformationsprodukt ist unklar, möglich ist sowohl ein Eintrag über Wirtschaftsdünger als auch über den Abwasserpfad.

Die Messstelle Oeveringen I weist sowohl Spuren von 4-OH-Sulfadiazin als auch von Sulfamethoxazol auf. Einmalig konnte auch das nur im Veterinärbereich zugelassene Sulfadimethoxin (Kapitel 4.5, Tabelle 7) in sehr geringen Konzentrationen erfasst werden. Carbamazepin-Funde und Borgehalte, die den GFS-Wert von 180 µg/l deutlich übersteigen, weisen auf einen Abwassereinfluss hin. In unmittelbarer Nähe zur Messstelle ist im Anstrombereich eine KKA vorhanden, die das geklärte Abwasser direkt in den Untergrund einleitet. Aufgrund der sehr flachen Verfilterung der Messstelle (Filterlage 4,3 m - 6,3 m unter GOK) und fehlender Deckschichten kann von einem begrenzten Einzugsgebiet der Messstelle ausgegangen werden und macht eine Beeinflussung durch die benachbarte KKA wahrscheinlich. Erst eine Beprobung der KKA kann jedoch zweifelsfrei einen Antibiotika-Eintrag über das Abwasser nachweisen.

Tabelle 17: Nachweis von mehreren Antibiotikawirkstoffen, Abwasserindikatoren und Bor.

Name	FOK	FUK	Probenahme [Datum] *	Sulfadiazin	4-OH-Sulfadiazin	Sulfamethoxazol	N_Ac-Sulfamethoxazol	Sulfadimidin	Sulfadimethoxin	Sulfachloropyridazin	Carbamazepin	Acesulfam-K	Bor [mg/l]
Landesweite Bestandsaufnahme													
Bethen 2/6 I	18	20	2015_1		14			46			24	n.u.	n.u.
			2015_2		10			38			43	n.u.	n.u.
			2016_1					2			10	n.u.	n.u.
			2016_2	3	94	8		54			11	n.u.	n.u.
Verdichtendes Screening													
Calveslage I	5,7	10	2016_2					< 6					0,074
			2017_1					< 6		170	42	0,073	
			2017_2					< 6		150	< 18	0,074	
Garrel-Tweel I	4	6	2016_2					< 6					0,021
			2017_1		< 18			< 6			40	0,021	
			2017_2		< 18			< 6			24	0,018	
Grotegaste Kirche	13	15	2016_2					< 6			11	470	0,074
			2017_1							17	610	0,083	
			2017_2		30					20	800	0,083	
Oeveringen	4,3	6,3	2016_2		< 18	11			< 6		31		0,88
			2017_1		< 18	11					23		0,529
			2017_2		< 18	10					16		0,378

(*) Datum: Jahreszahl_1 = 1. Halbjahr des angegebenen Jahres, Jahreszahl_2 = 2. Halbjahr des angegebenen Jahres

(**) rot = Überschreitung 0,1 µg/l

n.u. = nicht untersucht

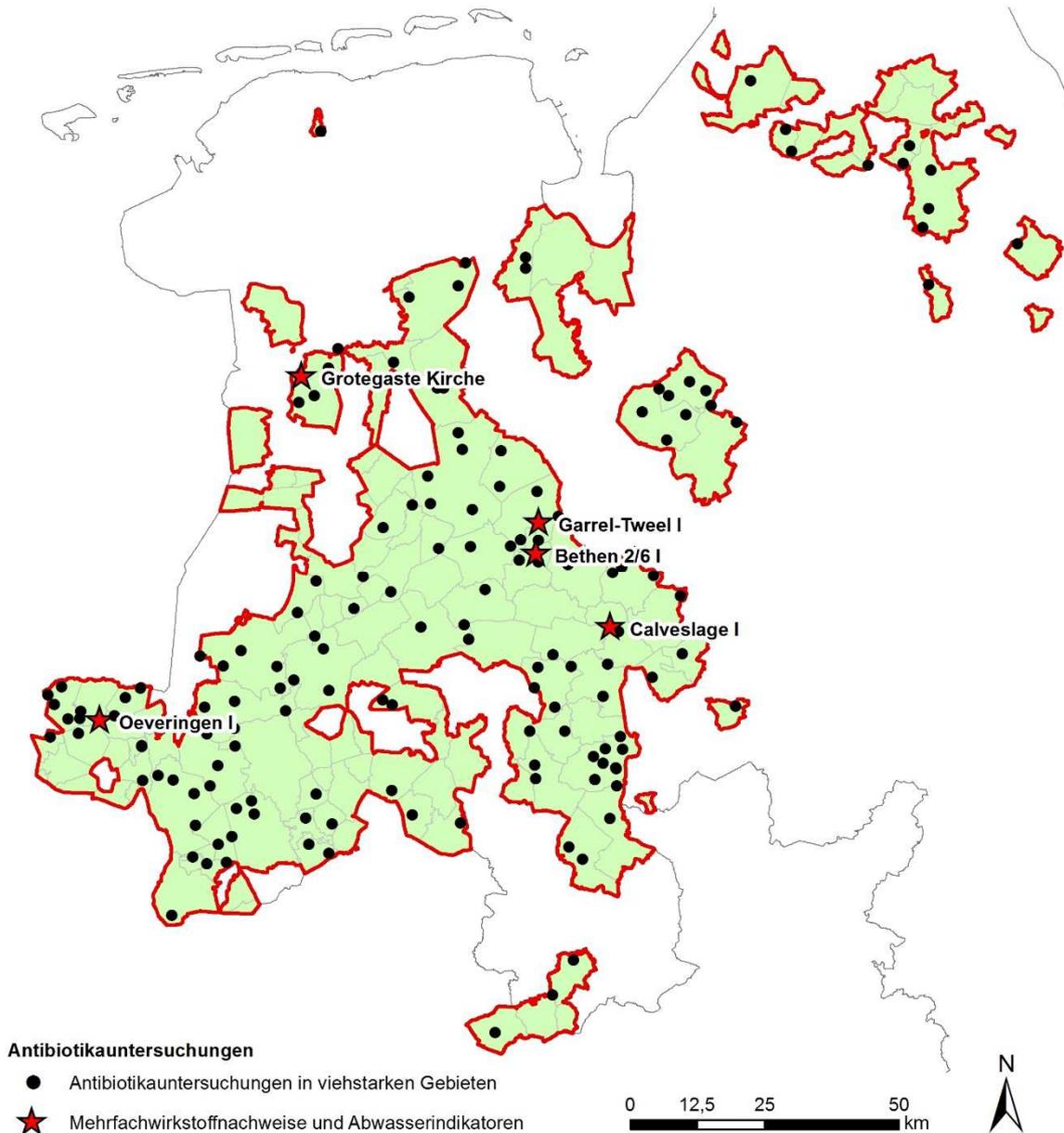


Abbildung 31: Nachweis von mehreren Antibiotikawirkstoffen und Abwasserindikatoren.

4.5.5 Funde von Abwasserindikatoren ohne Antibiotikawirkstoffe

An 14 Messstellen konnten ausschließlich Abwasserindikatoren (inkl. Bor) festgestellt werden (Tabelle 18, Abbildung 32). Die Messstellen befinden sich im ländlichen Außenbereich, sodass eine Beeinflussung des Grundwassers durch häusliches Abwasser über KKA Abläufe gegeben ist.

Die Messstelle Lohe I (Neu), die zwar bei den Untersuchungen innerhalb des Schwerpunktvorhabens keine Antibiotikafunde aufwies, jedoch einmalig Acesulfam-K oberhalb der Nachweisgrenze, wurde hier nicht berücksich-

tigt. Im Jahr 2016 wurde die Messstelle im landesweiten Screening untersucht, wobei 4-OH-Sulfadiazin und Sulfadimidin in geringen Gehalten detektiert werden konnten. Carbamazepin wurde nicht nachgewiesen und Acesulfam-K nicht analysiert.

An der Messstelle Barver I weisen sowohl die vergleichsweise hohen Acesulfam-K Gehalte als auch erhöhte Bor-Werte von bis zu 0,4 mg/l Bor auf einen Abwassereinfluss hin.

In der Mehrfach-Messstelle Krögerdorf konnten Borgehalte bis über 0,6 mg/l Bor nachgewiesen werden. Erhöhte Borkonzentrationen von bis zu 0,70 mg/l sind jedoch noch kein hinreichender Hinweis auf eine anthropogene Quelle (Külls 2015). Korreliert die Anreicherung mit Bor mit Versalzungsindikatoren wie hohen Chloridgehalten, kann eine anthropogene Eintragsquelle ausgeschlossen werden (Külls 2015). Meerwasser enthält 4,5 mg/l Bor (Kölle 2010), daher können erhöhte Borgehalte im

Bereich der Küstenversalzung auftreten. Am Standort Krögerdorf zeigen Chloridgehalte über 4.000 mg/l und Natriumgehalte über 2.500 mg/l eine Versalzung beider Messstellen an. Die Boranreicherung in den Messstellen ist daher sicher der Küstenversalzung geschuldet.

Der Parameter Bor eignet sich daher aufgrund der möglichen Beeinflussung durch Grundwasserversalzung nur bedingt als Abwasserindikator.

Tabelle 18: Nachweis von Abwasserindikatoren (inkl. Bor) ohne Antibiotikawirkstoffnachweise.

Name	FOK [m unter GOK]	FUK	Probenahme [Datum] *	Carbamazepin [ng/l]	Acesulfam-K [ng/l]	Bor [mg/l]
Schwerpunktvorhaben						
Barver I	5,8	7,8	2016_2 2017_1		1.700 2.700	0,34 0,43
Bimolten	1,5	3,5	2016_2 2017_1	< 0,9	320 47	0,057 0,074
Borgloh	27	27	2016_2 2017_1		53 69	0,091 0,099
Elbergen (CLP)	15	17	2016_2 2017_1		200 480	0,082 0,092
Eschebrügge I	9,7	10,7	2016_2 2017_1		1.200 1.100	0,092 0,104
Hilter	5	7	2016_2 2017_1		< 18	0,009 0,041
Hudermoor III	10	11	2016_2 2017_1		220 100	0,054 0,062
Krögerdorf I	3	6	2016_2 2017_1			0,585 0,646
Krögerdorf II	10	21	2016_2 2017_1			0,471 0,484
Matrum	13	14	2016_2 2017_1		27	0,029 0,033
Neuenkirchen (VEC)	14	16	2016_2 2017_1		< 18	0,039 0,045
Osterfeine	28	30	2016_2 2017_1 2017_2		33 30	0,035 0,046
Steenfelde	4,5	5,5	2016_2 2017_1		76 330	0,034 0,034
Wüstring I	4	20	2016_2 2017_1		< 18 < 18	0,089 0,107

(*) Datum: Jahreszahl_1 = 1. Halbjahr des angegebenen Jahres, Jahreszahl_2 = 2. Halbjahr des angegebenen Jahres

 keine Probenahme



Abbildung 32: Nachweis von Abwasserindiatoren (inkl. Bor) ohne Antibiotikafunde.

4.5.6 Zusammenfassende Beurteilung der standort- und wirkstoffbezogenen Fundaufklärung

Für alle Messstellen mit Sulfonamidfunden ist anhand der vorliegenden Untersuchungsergebnisse eine erste Einschätzung des Eintragspfades vorgenommen worden. Die Ergebnisse sind Tabelle 19 zusammenfassend dargestellt. Für 6 Messstellen liegen ergänzende Ergebnisse einer detaillierten Fundaufklärung (NLWKN 2017) vor und sind mit in die Beurteilung einbezogen worden.

Von den Sulfonamidnachweisen an 32 Messstellen des oberflächennahen Grundwassers können 16 wahrscheinlich einer landwirtschaftlichen Quelle zugeordnet werden, da die nachgewiesenen Wirkstoffe nur in der Tiermedizin eingesetzt werden.

An den anderen 16 Fundstellen ist eine Benennung der Eintragsquelle ohne detaillierte Fundaufklärung nicht zweifelsfrei möglich, da Sulfonamide nachgewiesen werden konnten, die sowohl in der Tier- als auch in der Humanmedizin eingesetzt werden.

- An zwei der 16 Messstellen konnten die im Vorfeld durchgeführten Fundaufklärungen (NLWKN 2017) eindeutig eine wirkstoffbezogene Eintragsquelle benennen. Für Bösel konnte eine Mischbelastung durch Einträge landwirtschaftlichen Ursprungs (Sulfadimidin) und Einträge aus häuslichem Abwasser/Wirtschaftsdünger (Sulfamethoxazol) identifiziert werden. Am Standort Markhausen stammt neben Sulfadimidin auch 4-OH-Sulfadiazin aus Tierarzneimitteln, wie Funde in Wirtschaftsdüngern und Boden belegen.
- An neun weiteren Standorten ist aufgrund der Mehrfachfunde von Wirkstoffen eine Mischbelastung möglich. Neben dem Tierarzneimittel Sulfadimidin konnten Wirkstoffe bzw. Transformationsprodukte von Sulfamethoxazol und/oder Sulfadiazin detektiert werden. Insbesondere lassen die Messstellen Bethen 2/6 I und Oeveringen I einen zusätzlichen Antibiotikaeintrag über Hausabwasser vermuten, da Sulfamethoxazol detektiert und durch Indikatoren ein eindeutiger Abwassereinfluss identifiziert werden konnte. Für drei

Standorte wird eine zusätzliche Beeinflussung durch häusliches Abwasser als unwahrscheinlich angesehen, da sich keine KKA im Zustrom zur Messstelle befinden bzw. durch das Einzugsgebiet der Messstelle (nach Beurteilung von Filterlage und Schichtenverzeichnissen) kein Einfluss zu erwarten ist. Für vier Messstellen kann keine Einschätzung abgegeben werden. KKA in unmittelbarer Nähe zur Messstelle lassen zwar eine Grundwasserbeeinflussung erwarten, Sulfadiazin kann jedoch nicht eindeutig einer Eintragsquelle zugeordnet werden. Hier ist eine Fundaufklärung unbedingt anzuraten.

- In fünf Messstellen konnte Sulfadiazin oder Sulfamethoxazol bzw. Transformationsprodukte der Wirkstoffe als Einzelnachweise nachgewiesen werden. Drei Messstellen zeigen eine deutliche Abwasserbeeinflussung an, sodass hier auch Humanarzneimittel als Quelle zu vermuten sind. Bei Hagel I hat sich der N-Ac-Sulfamethoxazolfund in der Folgeuntersuchung nicht bestätigt. Aufgrund der Lage in einem Waldgebiet ist der Eintrag insgesamt als unklar zu bewerten. Die Bewertung der Abwasserindikatoren für die Messstelle Hollenstede ist ebenfalls nicht eindeutig, da keine Acesulfam-K-Untersuchungen vorliegen. Eine Fundaufklärung ist auch hier anzuraten.

Im Untersuchungsraum sind in 27 der 32 GWM eindeutig Antibiotika aus der Tiermedizin festgestellt worden. Bei 9 dieser 27 Fundstellen ist aufgrund des Fundspektrums auch eine Mischbelastung durch Humanarzneimittel aus häuslichem Abwasser möglich. Bei fünf Messstellen mit Funden von ausschließlich Sulfadiazin oder Sulfamethoxazol kann erst eine weitergehende Fundaufklärung die Eintragsquelle Tier- oder Humanarzneimittel aufklären.

An 23 Messstellen konnte eine Beeinflussung durch häusliches Abwasser über Indikatorfunde nachgewiesen werden. Berücksichtigt werden muss jedoch, dass einige Acesulfam-K-Gehalte nur in sehr geringen Konzentrationen detektiert werden konnten.

Tabelle 19: Ableitung von Eintragspfaden.

Messstellen	FOK m. GOK	FUK m. GOK	Sulfadiazin	4-Hydroxy-Sulfadiazin	Sulfamethoxazol	N-Ac-Sulfamethoxazol	Sulfadimidin	Sulfadimethoxin	Sulfachloropyridazin	Sulfamethoxy-pyridazin	Carbamazepin	Acetulfam	Kleinkläranlagen	Mögliche Eintragsquelle, Tierarzneimittel (TAM), Humanarzneimittel (HAM)	Weiterer Untersuchungsbedarf notwendig	Bemerkung
Abbenseth UE 129	6,0	8,0					X							TAM	nein	Wirkstoff nur TAM
Bernte	3,95	5,95		X			X						ja	TAM, HAM	ja	Mischbelastung; TAM, HAM unklar
Bethen 2/6 I	18	20	X	X	X		X			X			ja	TAM, HAM	ja	Mischbelastung; TAM, HAM unklar
Bösel I	2,6	4,6			X		X						ja	TAM, HAM	nein	Mischbelastung; TAM, HAM, Ermittlung der Eintragsquelle erfolgt (NLWKN 2017)
Bremervörde UE 147 FI	4	6						X						TAM	nein	Wirkstoff nur TAM
Calveslage I	5,7	10					X		X		X			TAM	ja	TAM, Sulfachloropyridazin in Deutschland nie zugelassen
Canum I	4	5					X		X					TAM	nein	TAM, Ermittlung der Eintragsquelle erfolgt (NLWKN 2017)
Drievörden	3,5	10,5		X			X			X			ja	TAM, HAM	nein	deutlicher Abwassereinfluss, HAM wahrscheinlich
Echtelefeld I	5	6					X						nein	TAM, HAM	nein	Wirkstoff nur TAM
Eibergen	3,5	5,5		X			X						nein	TAM, HAM	ja	Keine KKA, TAM wahrscheinlich
Esche (742)	2,5	4,5		X			X				X		ja	TAM, HAM	ja	TAM, HAM unklar
Garrel-Tweel I (2/2 I)	4	6		X			X						ja	TAM, HAM	ja	Mischbelastung, TAM, HAM unklar
Grafeld	7	14					X							TAM	nein	Wirkstoff nur TAM
Grönheimer Feld-BDF	9,65	13,4					X							TAM	nein	Wirkstoff nur TAM
Groß Hesepe	8,6	9,6			X		X			X	X		ja	TAM, HAM	ja	Deutlicher Abwassereinfluss, HAM wahrscheinlich
Grotegaste Kirche (R131-15)	13	15		X			X			X	X		ja	TAM, HAM	nein	Mischbelastung TAM, HAM
Hagel I	7	11				X							nein	TAM, HAM	ja	Kein Abwassereinfluss, möglicherweise Ausreißer, TAM unklar
Haverbeck	14	16					X							TAM	nein	Wirkstoff nur TAM
Hollenstede	2,7	3,7					X					ja	TAM, HAM	ja	TAM, HAM unklar	
Kleinringenerwösten I	5	6		X			X						nein	TAM	nein	TAM, Ermittlung der Eintragsquelle erfolgt (NLWKN 2017)
Lohe I (Neu)	2,5	5,5		X			X			X			nein	TAM, HAM	ja	TAM, Ermittlung der Eintragsquelle erfolgt (NLWKN 2017)
Lohe I (Alt)	3,1	4,0					X						nein	TAM, HAM	nein	Wirkstoff nur TAM
Markhausen BDF	6,2	8,2		X			X					ja	TAM, HAM	nein	TAM, Fundaufklärung erfolgt (NLWKN 2017)	
Neu-Ebersdorf UE 60	7	9					X						nein	TAM	nein	Wirkstoff nur TAM
Neuenbunnen (Neuenb.)	5,2	6,2		X			X					ja	TAM, HAM	ja	Mischbelastung möglich TAM, HAM unklar	
Neuenkirchen Os (Neu)	2	4					X				X		nein	TAM	nein	Wirkstoff nur TAM
Niederlichtenhausen UE 130 FI	12	14					X						nein	TAM	nein	Wirkstoff nur TAM
Nikolausdorf (Neu)	6	8					X				X		nein	TAM	nein	Wirkstoff nur TAM
Nordhorn II	16,9	18,9					X						nein	TAM	nein	Wirkstoff nur TAM
Oeveringen I (719)	4,3	6,3		X			X				X	ja	TAM, HAM	ja	Einfluss KKA, auch Bor erhöht, Mischbelastung TAM, HAM unklar	
Südlohe	8,4	9,4		X			X				X	nein	TAM, HAM	ja	Keine KKA in der Nähe, Mischbelastung TAM, HAM unklar	
Wietmarschen-Lohne I	2,8	16,8					X						TAM	nein	Wirkstoff nur TAM, Ermittlung der Eintragsquelle erfolgt (NLWKN 2017)	

5 Zusammenfassung

Durch die landesweite Bestandsaufnahme (Zeitraum 2015 bis 2016) zur Belastungssituation des oberflächennahen Grundwassers mit Antibiotikawirkstoffen aus der Gruppe der Sulfonamide gab es an 15% der untersuchten Messstellen Positivbefunde. Deutlich erhöht waren dabei die Belastungen in Regionen mit hoher Viehbesatzdichte über 1,75 GV/ha LF (26%) gegenüber Gebieten mit geringerem Tierbesatz (10%). Durch verdichtende Untersuchungen in viehstarken Gebieten sollte die höhere Belastungslage weiter überprüft bzw. verifiziert werden. Daher wurden an 94 zusätzlichen Messstellen im Zeitraum 2016/2017 Untersuchungen durchgeführt. Für viehstarke Gebiete liegen zusammenfassend aus beiden Projekten Untersuchungsergebnisse von 159 Messstellen vor.

Nach der verdichtenden Untersuchung auf Antibiotika in viehstarken Regionen wurden an 20% der untersuchten Messstellen Antibiotikawirkstoffe bzw. -transformationsprodukte ermittelt. Die stärkere Antibiotikabelastung des Grundwassers in Gebieten mit intensiver Tierhaltung konnte bestätigt, in der Höhe (26%) jedoch nicht verifiziert werden. Eine Erhöhung der Belastungen proportional zur Viehbesatzklasse konnte nicht eindeutig festgestellt werden.

Aufgrund des relativ hohen Prozentsatzes an Messstellen mit Antibiotikafunden muss von einer weitergehenden Belastung des Grundwassers durch Tier- bzw. Humanarzneimitteln ausgegangen werden. Es handelt sich nicht um ein Problem einiger weniger Messstellen. Auffällig ist, dass in vielen Messstellen zeitgleich verschiedene Sulfonamidwirkstoffe festgestellt wurden.

Antibiotikawirkstoffe bzw. deren Transformationsprodukte wurden zumeist in geringen Konzentrationen im Grundwasser detektiert. Lediglich zwei Messstellen wiesen im Untersuchungszeitraum Konzentrationen über dem vorgeschlagenen Schwellenwert von 100 ng/l auf, wobei die hohen Sulfamethoxazolgehalte der Messstelle Bösel I vermutlich aus der Humanmedizin stammen und punktuell über zeitweilig hohe Arzneimittelfrachten des häuslichen Abwassers in das Grundwasser eingetragen wurden. Die Messstelle Calveslage I

hingegen zeigte 2017 hohe Gehalte des Tierarzneimittels Sulfachloropyridazin, obwohl für den Wirkstoff eine frühere Verkehrsfähigkeit nicht bekannt ist.

Häufig konnte Sulfadimidin im oberflächennahen Grundwasser nachgewiesen werden, allerdings in geringen Konzentrationen. Allein 25 der 32 Messstellen mit Antibiotikafunden wiesen Sulfadimidin als Einzelfund oder in Kombination mit weiteren Sulfonamiden, insbesondere Sulfadiazin, auf. Insgesamt gesehen nimmt die Fundhäufigkeit der Sulfonamide im Grundwasser von Sulfadimidin über Sulfadiazin zu Sulfamethoxazol ab. Dies deckt sich mit den Untersuchungsergebnissen der vorausgegangenen UBA/NLWKN Projekte zur Ermittlung der Eintragspfade von Tierarzneimitteln (UBA 2014, UBA 2016, NLWKN 2017). Weitere Wirkstoffe treten im Grundwasser nur sporadisch auf.

In den Landkreisen des Untersuchungsgebietes sind 12,3% der Einwohner an KKA angeschlossen (berechnet nach LSN 2016), deutlich mehr als im landesweiten Durchschnitt mit 5,5% (LSN 2016; siehe auch (Tabelle 8). Abwasserindikatornachweise (Carbamazepin, Acesulfam, Bor) im oberflächennahen Grundwasser zeigen eine deutliche Beeinflussung durch Hausabwasser an, sodass an den entsprechenden Standorten auch ohne detaillierte Betrachtung von einer Versickerung des gereinigten Abwassers in das Grundwasser ausgegangen werden kann.

Sulfadiazin und insbesondere Sulfamethoxazol sind Wirkstoffe, die sowohl in der Tier- als auch in der Humanmedizin eingesetzt werden können. Besteht eine Beeinflussung der Grundwassermessstelle durch häusliches Abwasser, kann daher ohne eine detaillierte Fundaufklärung unter Einbeziehung weiterer Umweltmedien (z.B. Boden und KKA Vorklä rung) keine eindeutige Aussage zur Ursache des Eintrages gegeben werden.

Bor zeigt sich als Indikator für eine Abwasserbeeinflussung in küstennahen Gebieten nur bedingt geeignet, da durch Versalzung des Grundwassers auch geogen erhöhte Borgehalte möglich sein können.

In 27 der 32 GWM mit Antibiotikafunden konnten unter anderem eindeutig Sulfonamidwirkstoffe aus der Tiermedizin nachgewiesen werden.

Viele Messstellen weisen nur sporadisch Antibiotikawirkstoffe bzw. Transformationsprodukte auf. Daher sind Wiederholungsuntersuchungen unerlässlich.

Auffällig ist die Beständigkeit der Sulfadimidin-gehalte im Grundwasser. Sulfadimidinfunde

6 Ausblick und Handlungsbedarf

Antibiotika sind unverzichtbar zur Therapie und Gesunderhaltung von Tieren und Tierbeständen. Ziel ist es jedoch den Antibiotikaeinsatz auch in Hinblick auf Antibiotikaresistenzen auf das notwendige Maß zu beschränken.

Das Bundesministerium für Gesundheit hat 2015 gemeinsam mit den Bundesministerien für Ernährung und Landwirtschaft sowie Bildung und Forschung die Deutsche Antibiotika-Resistenzstrategie „DART 2020“ erarbeitet. DART 2020 bündelt Maßnahmen, die zur Reduzierung von Antibiotika-Resistenzen erforderlich sind. Um den Antibiotikaverbrauch verringern zu können, ist die Vermeidung von Infektionen durch Einhaltung von Hygienestandards von entscheidender Bedeutung. Aus-, Fort- und Weiterbildungen sind Voraussetzungen für einen sachgerechten Einsatz von Antibiotika und den Umgang mit multiresistenten Erregern.

In Niedersachsen hat der interministerielle Arbeitskreis Strategie gegen Antibiotikaresistenz (IMAK-StArt) eine gemeinsame niedersächsische Strategie gegen Antibiotikaresistenzen erarbeitet. Übergeordnetes Ziel ist dabei die Wirksamkeit von Antibiotika zur Behandlung von bakteriellen Infektionskrankheiten bei Mensch und Tier zu erhalten (IMAK 2017).

In einer Fachbroschüre des UBA sind bestehende sowie ergänzende Maßnahmen zur Minderung von Arzneimitteleinträgen aus der landwirtschaftlichen Tierhaltung zusammengetragen, Hintergründe näher beleuchtet und Wirkungsweisen der Maßnahmen erläutert worden (UBA 2016 b). Ein wichtiger Aspekt ist hier die Verabreichung von Medikamenten nur

werden häufig in Folgeuntersuchungen bestätigt.

Funde von Abwasserindikatoren im Grundwasser weisen auf eine Belastung bzw. zusätzlichen Eintrag von Arzneimitteln durch häusliches Abwasser hin. 15% der 159 untersuchten Messstellen zeigen einen Abwassereintrag durch Funde von Carbamazepin oder Acesulfam-K auf.

nach tierärztlicher Untersuchung und Verordnung des Medikamentes, sodass die Behandlung des erkrankten Tiers zielgerichtet erfolgen kann. Auch durch spezielle Vorbehandlung und Lagerung von Wirtschaftsdünger kann die Arzneimittelkonzentration im Boden vermindert und somit auch der Eintrag ins Grundwasser reduziert werden. Durch Anpassung von betrieblichen Abläufen wie Wahl des Zeitpunktes der Wirtschaftsdüngeraufbringung, Durchführung von Flächenmaßnahmen wie Erosionsschutzstreifen usw. können Arzneimittelausträge in die Umwelt vermindert werden.

Positiv zu bewerten ist der generelle Rückgang bei der Verwendung von Sulfonamiden in der Tiermedizin. Sind 2011 noch 185 t Sulfonamide auf dem Tierarzneimittelmarkt gebracht worden, waren es 2016 nur noch 69 t. Die im Grundwasser nachgewiesenen Sulfonamide sind aus Sicht der Tierärzte jedoch nicht einfach zu ersetzen (NLWKN 2017). Der Einsatz dieser Wirkstoffe sollte daher zukünftig einer Nutzen-/Risikoabwägung unterzogen werden (NLWKN 2017). Bisher werden Funde im Grundwasser bei der Zulassung von Tierarzneimitteln nicht berücksichtigt.

Besonderes Augenmerk sollte auf den Wirkstoff Sulfadimidin gelegt werden, der am häufigsten im Grundwasser detektiert wurde. An 16% der 159 untersuchten Messstellen wurde dieser Wirkstoff nachgewiesen. Hinsichtlich der Grundwassergängigkeit der Sulfonamide besteht weiterer Untersuchungsbedarf. Die Bedeutung von Forschungen und weitergehenden Untersuchungen sowohl in Hinblick auf Antibiotikaresistenzen als auch zu Auswirkungen des Antibiotikaeinsatzes auf die Umwelt.

Antibiotika aus der Gruppe der Sulfonamide konnten an 20% der in viehstarken Regionen untersuchten Messstellen festgestellt werden, wobei in der Mehrzahl der Messstellen zeitgleich mehrere Wirkstoffe bzw. Transformationsprodukte nachgewiesen werden konnten. Neben einem Schwellenwert für Einzelwirkstoffe sollte daher auch über einen Summenwert analog zu Pflanzenschutzmitteln diskutiert werden.

Funde vermutlich nie in Deutschland zugelassener Wirkstoffe wie Sulfachloropyridazin werfen Fragen nach Herkunft und Eintragspfad der Mittel auf. Hier ist weiterer Untersuchungsbedarf angezeigt.

Nicht zu vernachlässigen ist der Eintrag von Antibiotikawirkstoffen und weiteren Verunreinigungen über häusliches Abwasser, da 85% der in der Humanmedizin jährlich eingesetzten Antibiotika im ambulanten Bereich verwendet werden (BVL 2016). Im ländlichen Außenbereich sind viele Einwohner nicht an kommunale Kläranlagen angeschlossen. 5,4% der Einwohner Niedersachsens bzw. 12,3% der Einwohner der Landkreise des Untersuchungsgebietes können keine öffentliche Abwasserbehandlungsanlage nutzen (LSN 2016, berechnet). Die Einleitung des in Kleinkläranlagen biologisch gereinigten häuslichen Abwassers erfolgt in ein Fließgewässer oder über Versickerung in das Grundwasser. Belastungen des Grundwassers mit Antibiotika über häusliches Abwasser treten in der Regel temporär auf und können mengenmäßig nur schwer bemessen werden. Bei zeitweilig hohen Arzneimittelfrachten kann die Konzentration im Grundwasser punktuell hohe Gehalte bis deutlich über dem vom UBA vorgeschlagenen Schwellenwert von 0,1 µg/l erreichen. In den Projekten zur Aufklärung der Ursachen von Tierarzneimittelfunden im Grundwasser (UBA 2016, NLWKN 2017) konnte das lokale Kontaminationspotential häuslichen Abwassers aus KKA als Punktquelle nachgewiesen werden.

An 15% der untersuchten Messstellen konnte ein Abwassereinfluss über die Indikatoren Carbamazepin und Acesulfam-K, wenngleich in unterschiedlicher Ausprägung, festgestellt werden. Dieses häusliche Abwasser ist Quelle weiterer Verunreinigungen. Mit dem Schmutz-

wasser können neben Arzneimittel auch Wasch- und Reinigungsmittel sowie Biozide und Chemikalien aus dem häuslichen Gebrauch in die KKA gelangen. Die Ergebnisse der in den Projekten zur Funkaufklärung beprobten KKA zeigen, dass häusliches Abwasser eine bisher unterschätzte Eintragsquelle von Mikroverunreinigungen und insbesondere von Arzneimittelwirkstoffen in das Grundwasser sind. Daher besteht Untersuchungsbedarf zur Auswirkung der Verrieselung und Versickerung des Abwassers ins Grundwasser bzw. zur Einleitung in Oberflächengewässer sowie zur Anpassung an den Stand der Technik (UBA 2016).

Auch vor dem Hintergrund, dass multiresistente Keime im Gewässer (Grund- und Oberflächenwasser) auftreten können, ist es wichtig, sowohl den Eintrag von TAM über Wirtschaftsdünger als auch HAM über den Abwassereinfluss in Zukunft intensiv zu untersuchen. Von Bedeutung ist dies, um Maßnahmen zur Verringerung des Eintrages von Mikroverunreinigungen verursachergerecht ableiten zu können.

Eine besondere Gefahr für die Ausbreitung von Antibiotikaresistenzen stellen insbesondere die Medien Gülle und Gärreste dar. Zum einen werden in diesen Medien hohe Konzentrationen von Antibiotika zum Teil als Wirkstoffgemische nachgewiesen, zum anderen können Gülle und Gärreste über die Ausscheidungen von mit Antibiotika behandelten Tieren und Menschen direkt mit antibiotikaresistenten Bakterien belastet sein. Resistente Bakterien können durch die Anwendung von Gülle und Gärresten als Wirtschaftsdünger in der Umwelt weiter verteilt werden (Schönfeld et al. 2017).

Jeder Antibiotikaeinsatz fördert die Anreicherung von resistenten Erregern in der Umwelt. Ein breiter und häufig ungerechtfertigter Einsatz von Antibiotika in der Tierproduktion sowie der Tier- und Humanmedizin führt wesentlich zur Zunahme von Antibiotikaresistenzen. Eine einseitige Fokussierung auf die Gesundheit des Menschen oder der Tierbestände hat sich im Kampf gegen Krankheiten und Resistenzbildungen nicht bewährt. Bei der Betrachtung von tier- und humanmedizinischen Fragestellungen hat sich daher schon seit längerem eine ganzheitliche Betrachtung durchgesetzt.

Der One-Health-Ansatz bietet die Möglichkeit, den Einsatz von Antibiotika und das Auftreten antibiotikaresistenter Bakterien in beiden Bereichen sowie deren Freisetzung in die Umwelt interdisziplinär zu betrachten. Wie wichtig ein umfassender Ansatz ist, zeigt auch der vorlie-

gende Bericht, da die Eintragsquelle von Antibiotika im Grundwasser häufig nicht eindeutig zu bestimmen ist und Doppelbelastungen durch Wirtschaftsdünger und Abwasser nicht selten auftreten.

7 Literaturverzeichnis

Bäuerle, H. & C. Tamasy: Regionale Konzentration der Nutztierhaltung in Deutschland, Mitteilungen Heft 79, Institut für Strukturforschung und -planung in agrarischen Intensivgebieten (ISPA), Download: https://www.uni-vechta.de/fileadmin/user_upload/ISPA/Publikationen/ISPA_Mitteilungen/MH_79_Karten_in_Farbe.pdf

BFT 2017, Downloads unter: <http://www.bft-online.de/portraet/tierarzneimittelmarkt/>

Bundesministerium für Gesundheit, Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, Bundesministerium für Bildung und Forschung: DART 2020 – Antibiotika-Resistenzen bekämpfen zum Wohl von Mensch und Tier, 13. Mai 2015.

BVL, Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit, Paul-Ehrlich-Gesellschaft für Chemotherapie e.V.: GERMAP 2015 – Bericht über den Antibiotikaverbrauch und die Verbreitung von Antibiotikaresistenzen in der Human- und Veterinärmedizin in Deutschland. Antiinfectives Intelligence, Rheinbach, 2016.

BVL 2017, Download: http://www.bvl.bund.de/SharedDocs/Bilder/09_Presse/Download_Bilddateien_Presse_Hintergrundinformationen/20170911_Tabelle_Antibiotika_Abgabemenge2016_Print.html?nn=1401276

DIMDI, <https://www.pharmnet-bund.de/dynamic/de/arzneimittelinformationssystem/index.html>, Abfrage 03.11.2017.

IMAK-StArt, Interministerieller Arbeitskreis Strategie gegen Antibiotikaresistenzen, Abschlussbericht, Stand 1. August 2017, https://www.antibiotikastrategie.niedersachsen.de/startseite/imak_start/abschlussbericht/abschlussbericht-des-imak-start-160939.html, Download 29.08.2018

Furtak, H. & Langguth, H. R.: Zur hydrochemischen Kennzeichnung von Grundwassern und Grundwassertypen mittels Kennzahlen. International Association Hydrogeology, 7, S. 86 - 96, Hannover 1967.

Hembrock-Heger, A., Nießner, M. & R. Reupert: Tierarzneimittel in landwirtschaftlich genutzten Böden und oberflächennahem Grundwasser in Nordrhein-Westfalen, Bodenschutz, 4 (2011), S. 109 - 113.

Hillebrandt, O., Nödler, K., Licha, T., Sauter, M. & T. Geyer: Caffeine as an indicator for the quantification of untreated wastewater in karst systems. Water Research 46 (2), pp. 395 - 402, 2012.

Hotzan, G.: Die Formulierung und Entwicklung des Chemismus natürlicher Grundwässer, ihre Widerspiegelung in hydrochemische Genesemodelle sowie ihre Klassifizierung auf hydrogeochemische-genetischer Grundlage, Brandenburg. Geowiss. Beitr., 18 (2011)1/2), S. 77 - 91, Cottbus.

Jekel, J. & W. Dott: Leitfaden, Polare Spurenstoffe als Indikatoren im anthropogen beeinflussten Wasserkreislauf, Ergebnisse des Querschnittsthemas „Indikatorsubstanzen“, BMBF Fördermaßnahme RiskWa, Frankfurt, 2013.

Külls, C.: Grundwasserqualität im Abstrom der Deponie Ihlenberg, PGHyWa-2015-03, Lübeck.

LAWA, Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Wasser: Ableitung von Geringfügigkeitsschwellenwerten für das Grundwasser, Aktualisierte und überarbeitete Fassung 2016, Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, Stuttgart 2017.

LSN, Landesamt für Statistik Niedersachsen: Statistische Berichte Niedersachsen, Öffentliche Wasserversorgung- und Abwasserentsorgung 2013, korrigierte Version vom 05.10.2016, Hannover.

NLWKN, Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (Hrsg.), Gewässerüberwachungssystem Niedersachsen (GÜN). Güte- und Standmessnetz Grundwasser, Reihe Grundwasser, Band 18, 46 S., Norden 2014.

NLWKN, Niedersächsischer Landesbetriebe für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz: Tierarzneimittelwirkstoffe im Grundwasser Niedersachsens, Landesweite Bestandsaufnahme, 1. und 2. Halbjahr 2015, Interner Arbeitsbericht, unveröffentlicht.

NLWKN, Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz: Ergebnisse der landesweiten Bestandsaufnahme „TAM im Grundwasser 2016“, interner Arbeitsbericht, Hannover-Hildesheim 2016, unveröffentlicht.

NLWKN, Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz: Transportstrecken und Transportzeiten im Anstrom von Grundwassermessstellen in der Kulisse Gewässerschutz, Beratungsgebiete Mittlere Ems Nord und Süd, Stand 2016, unveröffentlicht.

NLWKN, Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (Hrsg.): Regionaler Themenbericht, Ermittlungen der Ursachen des Eintrages von Tierarzneimitteln in das oberflächennahe Grundwasser, Datenauswertung 2012 bis 2016, Reihe Grundwasser, Band 29, S. 58, Norden 2017.

Schönfeld, J., Konradi, S., Berkner, S., Westphal-Settele, K.: Antimikrobielle Resistenzen in der Umwelt – Gibt es Neues zum bekannten Phänomen? Umid – Umwelt + Mensch Informationsdienst Nr. 2/2017, November 2017.

Thru.de: <https://www.thru.de/thrude/>

Tschiersky, Dr. Helmut: Antibiotikaabgabemengenerfassung 2013, Agrar-Europe 40/14, 29.09.2014.

UAN, Kommunale Umwelt-Aktion U.A.N.: Hinweise für Betreiber zum Bau und Betrieb von Kleinkläranlagen, Hannover, April 2013.

UBA, Umweltbundesamt (Hrsg.): Bewertung der Anwesenheit teil- oder nicht bewertbarer Stoffe im Trinkwasser aus gesundheitlicher Sicht, Bundesgesundheitsbl– Gesundheitsforsch–Gesundheitsschutz 2003:46.249-251 doi 10:10077S003-002-0576-7.

UBA, Umweltbundesamt (Hrsg.): Grenzwerte, Leitwerte, Orientierungswerte, Maßnahmenwerte – Aktuelle Definitionen und Höchstwerte, <http://www.umweltbundesamt.de> <http://fuer-mensch-und-umwelt.de/>, Fassung 16.12.2011, Dessau-Roßlau.

UBA, Umweltbundesamt (Hrsg.), Autoren Hannappel, S., Groeneweg, J., Zühlke, S.: Antibiotika und Antiparasitika im Grundwasser unter Standorten mit hoher Viehbesatzdichte, Texte 27/2014, Dessau-Roßlau März 2014.

UBA, Umweltbundesamt (Hrsg.): Arzneimittel in der Umwelt – vermeiden, reduzieren, überwachen, Publikationen als pdf, [http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-medien/\[XXXX\].html](http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-medien/[XXXX].html), Dessau-Roßlau, April 2014.

UBA, Umweltbundesamt (Hrsg.), Autoren Hannappel, S., Köpp, C. & S. Zühlke: Aufklärung der Ursachen von Tierarzneimittelfunden im Grundwasser - Untersuchung eintragsgefährdeter Standorte in Norddeutschland. Texte 54/2016, 149 S., Dessau-Roßlau 2016.

UBA, Umweltbundesamt (Hrsg.), Autoren Vidaurre, R., Lukat, E., Steinhoff-Wagner, J., Ilg, I., Petersen, B., Hannappel, S.: Konzepte zur Minderung von Arzneimitteleinträgen aus der landwirtschaftlichen Tierhaltung in die Umwelt. Fachbroschüre, 215 S., Dessau-Roßlau November 2016.

Wallmann, J., Reimer, I. & Th. Heberer: Abgabemengenerfassung antimikrobiell wirksamer Stoffe in Deutschland 2015, Deutsches Tierärzteblatt 11/2016, S. 1650 – 1657.

