



Regionaler Themenbericht

**Ermittlung der Ursachen des Eintrages
von Tierarzneimitteln in das
oberflächennahe Grundwasser**

Datenauswertung 2012 bis 2016



Regionaler Themenbericht

**Ermittlung der Ursachen des Eintrages
von Tierarzneimitteln in das
oberflächennahe Grundwasser**

Datenauswertung 2012 bis 2016



Niedersachsen

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

Projektbearbeitung:
Dr. Stephan Hannappel
Claudia Köpp
Elzbieta Rejman-Rasinska (alle: HYDOR CONSULT GmbH, Berlin)

Projektkoordination:
Christel Karfusehr, NLWKN-Betriebsstelle Cloppenburg

1. Auflage: Mai 2017, 300 Stück
Schutzgebühr: 5,00 € + Versand

Bezug:
Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft,
Küsten- und Naturschutz (NLWKN)
Veröffentlichungen
Drüdingstraße 25
49661 Cloppenburg

download unter: <http://www.nlwkn.niedersachsen.de> → Service → Veröffentlichungen/Webshop → Zum
Downloaden → Downloads Grundwasser

Bei dem vorliegenden Themenbericht handelt es sich um die Kurzfassung eines Berichtes an den NLWKN,
dessen Langfassung ebenfalls auf der NLWKN-Seite digital zur Verfügung steht

Hinweis: Alle in diesem Bericht angegebenen download-Links wurden zu Redaktionsschluss im Dezember
2016 auf ihre Aktualität hin überprüft

Inhalt

| | |
|---|----|
| Vorwort..... | 1 |
| 1 Einleitung | 2 |
| 2 Inhalt des Projektes | 3 |
| 3 Einsatz von Antibiotika und Auswirkungen auf die Umwelt | 3 |
| 3.1 Wirkstoffbezogener Verbrauch der Sulfonamide in Human- und Tiermedizin..... | 4 |
| 3.2 Verhalten von Antibiotika in den verschiedenen Umweltkompartimenten..... | 5 |
| 4 Regionale Einordnung der sechs Untersuchungsstandorte | 7 |
| 4.1 Standortbezogene Angaben | 8 |
| 4.1.1 Bösel (Landkreis Cloppenburg) | 8 |
| 4.1.2 Lohe (Landkreis Cloppenburg) | 9 |
| 4.1.3 Markhausen (Landkreis Cloppenburg)..... | 9 |
| 4.1.4 Carum (Landkreis Vechta)..... | 10 |
| 4.1.5 Kleinringer Wösten (Landkreis Grafschaft Bentheim)..... | 10 |
| 4.1.6 Wietmarschen-Lohne (Landkreis Grafschaft Bentheim) | 11 |
| 4.2 Ausweisung unterirdischer Zustromgebiete zu den Grundwassermessstellen..... | 11 |
| 4.3 Angaben zu Kleinkläranlagen | 14 |
| 4.3.1 Aufbau und Funktion einer häuslichen Kleinkläranlage | 14 |
| 4.3.2 Standortbezogene Angaben..... | 15 |
| 5 Informationen aus den Fragebögen an die Landwirte | 16 |
| 5.1 Bewirtschaftung und Düngepraxis auf den Schlägen im Zustromgebiet..... | 17 |
| 5.2 Medikamenteneinsatz in den Betrieben im Zustromgebiet..... | 18 |
| 6 Durchführung von Geländearbeiten vor Ort..... | 18 |
| 6.1 Rammkernsondierungen zur Errichtung temporärer Grundwassermessstellen | 18 |
| 6.2 Probenentnahmen ab Juni 2015 | 19 |
| 7 Chemische Laboranalytik..... | 22 |
| 7.1 Antibiotika in organischen Wirtschaftsdüngern | 24 |
| 7.2 Antibiotika in häuslichen Kleinkläranlagen..... | 27 |
| 7.3 Bodenchemische Untersuchungen..... | 29 |
| 7.4 Antibiotika in Drän-, Sicker- und oberirdischen Gewässern | 31 |
| 7.5 Grundwasser | 33 |
| 7.5.1 Plausibilitätsprüfung der Grundwasseranalysen und Genese der Grundwässer | 33 |
| 7.5.2 Zeitliche Entwicklung und Beziehungen von Indikatorparametern | 33 |
| 7.5.3 Antibiotika im Grundwasser | 36 |
| 7.6 Modellberechnungen zum Eintrag von Sulfonamiden über den Boden in das Grundwasser | 39 |
| 7.6.1 Vorbemerkungen | 39 |
| 7.6.2 Frachtberechnung..... | 39 |
| 7.6.3 Modellberechnung zur Prognose der Sulfonamid-Konzentrationen im Grundwasser | 41 |
| 8 Aufklärung der Ursachen der Funde von Antibiotika im Grundwasser..... | 44 |
| 8.1 Standortbezogene Erläuterungen zu den stofflichen Funden..... | 44 |
| 8.2 Standort- und stoffübergreifende Fundaufklärung..... | 45 |
| 9 Resumé und Schlussfolgerungen zum weiteren Handlungsbedarf | 48 |
| 10 Literaturverzeichnis | 52 |
| Glossar | 56 |

Tabellenverzeichnis

| | |
|--|----|
| Tabelle 1: Hydrogeologische und geohydraulische Grundlagendaten zur Ermittlung der Zustromgebiete..... | 13 |
| Tabelle 2: Übersicht zur Anzahl aller entnommenen 443 Proben in den verschiedenen Umweltkompartimenten | 20 |
| Tabelle 3: Nachweisgrenzen des Labors in den verschiedenen Umweltmedien zu den ausgewählten Wirkstoffen | 23 |
| Tabelle 4: Standortbezogene Aufklärung der Eintragspfade von Sulfadiazin und dessen Transformationsprodukten | 45 |
| Tabelle 5: Standortbezogene Aufklärung der Eintragspfade von Sulfadimidin und dessen Transformationsprodukten | 46 |
| Tabelle 6: Standortbezogene Aufklärung der Eintragspfade von Sulfamethoxazol und dessen Transformationsprodukten | 47 |

Abbildungsverzeichnis

| | |
|---|----|
| Abb. 1: Verkaufsmengen ausgewählter Sulfonamide im Jahr 2013 in der Human- und Veterinärmedizin | 5 |
| Abb. 2: Prinzipskizze zu den möglichen Eintragungswegen von Tierarzneimitteln über die Anwendung bei Tieren in die betroffenen Umweltkompartimente Luft, Pflanzen, Boden, Grundwasser und oberirdische Gewässer | 5 |
| Abb. 3: Lage der sechs Standorte, Angaben zu Sulfonamid-Funden und zur Viehbesatzdichte auf Gemeindeebene | 7 |
| Abb. 4: Foto der Messstellengruppe in Bösel | 8 |
| Abb. 5: Foto der Messstellengruppe Carum | 10 |
| Abb. 6: Darstellung der Messung der Grundwasserstände zwischen drei Messstellen | 12 |
| Abb. 7: Interpolation der Grundwassergleichen und Ermittlung der Fließrichtung | 12 |
| Abb. 8: Darstellung der saisonalen Variation des Grundwasserzustroms am Standort Wietmarschen-Lohne | 14 |
| Abb. 9: Häusliche Kleinkläranlage mit SBR-Anlage | 15 |
| Abb. 10: Tierhaltung in den elf auswertbaren Betrieben im Untersuchungsgebiet | 17 |
| Abb. 11: Düngemittelauftrag an den fünf Standorten von 2009 bis 2015 | 18 |
| Abb. 12: Einsatz sulfonamidhaltiger Medikamente über sieben Jahre in zehn viehhaltenden Betrieben | 18 |
| Abb. 13: Bau einer temporären Grundwassermessstelle | 19 |
| Abb. 14: Anteile der Sulfonamid-Funde in den 60 Gülle- und Gärrestproben | 25 |
| Abb. 15: Anteile der Sulfonamid-Funde nach Art des Wirtschaftsdüngers in den 60 Proben | 25 |
| Abb. 16: Stoffbezogene Gegenüberstellung der Mittel- und Medianwerte der Fundkonzentrationen | 26 |
| Abb. 17: Vergleich der stoffbezogenen Mediankonzentrationen mit weiteren Untersuchungen | 26 |
| Abb. 18: Anteile der Sulfonamidfunde und der Funde einschließlich Trimethoprim in den KKA in Bösel | 27 |
| Abb. 19: Anteile der Antibiotikafunde in 49 Abwasserproben | 28 |
| Abb. 20: Anteile der Sulfonamid-Einzelwirkstoffe auf den Schlägen der sechs Standorte | 30 |
| Abb. 21: Anteile der Sulfonamid-Einzelwirkstoffe in den Bodenproben | 30 |
| Abb. 22: Sulfonamidgehalte aller Standorte im Boden vor und nach Wirtschaftsdüngerauftrag | 31 |
| Abb. 23: Anteile der Sulfonamid-Einzelwirkstoffe in den Proben der oberirdischen Gewässer und des Sickerwassers | 32 |
| Abb. 24: Fundanteile von Sulfonamiden und Carbamazepin in Dränauslässen und Gräben | 32 |
| Abb. 25: Entwicklung der Nitrat- Konzentrationen im Grundwasser an den sechs Landes-Messstellen im Zeitraum von 2001 bis 2016 | 35 |
| Abb. 26: Entwicklung der Ammonium-Konzentrationen im Grundwasser an den sechs Landes-Messstellen im Zeitraum von 2001 bis 2016 | 35 |
| Abb. 27: Anteile der Sulfonamid-Einzelwirkstoffe in 210 Grundwasserproben | 36 |
| Abb. 28: Entwicklung der 4-OH-SDZ-Konzentrationen im Zeitraum von 2012 bis 2016 | 37 |
| Abb. 29: Entwicklung der SDM –Konzentrationen im Zeitraum von 2012 bis 2016 | 37 |
| Abb. 30: Entwicklung der SMX-Konzentrationen im Zeitraum von 2012 bis 2016 | 37 |
| Abb. 31: Fundanteile der Tracer in 210 Grundwasserproben | 38 |
| Abb. 32: Gegenüberstellung der Fundkonzentrationen von Sulfadiazin, Sulfadimidin und hydrochemischer Indikatorparameter der Messstelle Bösel I | 39 |
| Abb. 33: Gegenüberstellung der Funde im Wirtschaftsdünger und im Boden | 40 |
| Abb. 34: Zeitliche Variabilität der in den Wirtschaftsdüngern gemessenen Sulfonamid-Konzentrationen pro Hektar auf ausgewählten Schlägen | 41 |
| Abb. 35: Gegenüberstellung der analysierten und berechneten Konzentrationen im Grundwasser für 4-OH-SDZ | 43 |
| Abb. 36: Gegenüberstellung der analysierten und berechneten Konzentrationen im Grundwasser für SDM | 43 |
| Abb. 37: Herkunft der Antibiotika-Funde im Grundwasser pro Standort und Sulfonamid-Wirkstoff | 47 |

Verzeichnis des Anhangs

| | |
|-----------|---|
| Anhang 1: | Lagepläne der sechs untersuchten Standorte der Landes-Grundwassermessstellen |
| Anhang 2: | Ergebnisse der Laboranalytik mit den Vor-Ort-Parametern, Haupt- und Nebeninhaltsstoffen, Spurenelementen und Sulfonamiden |

Verzeichnis der Abkürzungen

(Hinweis: Die nachfolgenden Abkürzungen werden an der ersten im Text verwendeten Stelle ausgeschrieben und abgekürzt und danach nur noch als Abkürzung verwendet)

| | |
|--------------------|---|
| AMG | Arzneimittelgesetz |
| BDF | Bodendauerbeobachtungsfläche |
| BG | Bestimmungsgrenze (obere laboranalytische Detektionsschwelle) |
| CMZ | Carbamazepin |
| DIMDI | Deutsches Institut für medizinische Dokumentation und Information |
| DüV | Düngeverordnung |
| GrwV | Grundwasserverordnung |
| GVE | Großvieheinheit |
| GWM | Grundwassermessstelle |
| HAM | Humanarzneimittel |
| KKA | Kleinkläranlage |
| K _{S 4,3} | Säurekapazität bei pH 4,3 |
| LBEG | Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie Niedersachsen |
| LF | Landwirtschaftlich genutzte Fläche |
| LK | Landkreis |
| LSKN | Landesbetrieb für Statistik und Kommunikationstechnologie Niedersachsen |
| LUFA | Landwirtschaftliche Untersuchungs- und Forschungsanstalt GmbH |
| LWK | Landwirtschaftskammer |
| NawaRo | Nachwachsende Rohstoffe |
| NH ₄ | Ammonium |
| NLWKN | Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz |
| NO ₃ | Nitrat |
| NWG | Nachweisgrenze (untere laboranalytische Detektionsschwelle) |
| OOWV | Oldenburgisch-Ostfriesischer Wasserverband |
| RKS | Rammkernsondierung |
| SDM | Sulfadimidin (in der englischen Literatur zumeist: Sulfamethazin) |
| SDZ | Sulfadiazin |
| SMX | Sulfamethoxazol |
| SVZ | Schichtenverzeichnis |
| TAM | Tierarzneimittel |
| TGWM | Temporäre Grundwassermessstelle |
| TMP | Trimethoprim |
| UBA | Umweltbundesamt |
| UWB | Untere Wasserbehörde |

Vorwort



Liebe Leserin, lieber Leser

das Thema Grundwasserqualität war, ist und bleibt sensibel. Viele Akteure unterschiedlicher Fachrichtungen und Interessengruppen aus der Wasser- und Landwirtschaft sind seit Jahrzehnten mit dem Grundwasserschutz befasst. Die andauernde Belastung mit Nitrat, Pflanzenschutzmitteln und weiteren durch Menschen verursachten Einträgen stellt eine Bedrohung dar.

Ein derzeit auch in der medialen Berichterstattung stark beachtetes Thema sind Arzneimittel im oberflächennahen Grundwasser in „viehstarken Regionen“. Antibiotika im Wasser können Auswirkungen auf das Gleichgewicht der Organismen in ihrem Lebensraum haben. Im Trinkwasser sind schon geringste Konzentrationen unerwünscht.

In der Tierhaltung werden erhebliche Antibiotikamengen eingesetzt und mit der Gülle auf Äcker und Grünland ausgebracht. Auch der Eintrag aus der Humanmedizin ist möglich. Die Kenntnisse darüber, wie Human- und Tierarzneimittel in das Wasser gelangen - aber auch das Wissen, mit welchen Mengen für Boden, Sickerwasser und oberflächennahes Grundwasser zu rechnen ist - sind für uns von großer Bedeutung. Das gilt insbesondere in Bezug auf die erheblichen Wirtschaftsdüngermengen in Niedersachsen, deren Verbringung und Stoffe aus der Reinigung von Abwässern.

Aus diesen Erkenntnissen ergeben sich konkrete Handlungsstrategien für den Grundwasserschutz.

Nur ein gemeinsames Vorgehen aller Beteiligten auf Basis gesicherter Erkenntnisse kann dazu beitragen, den Zustand des Grundwassers nachhaltig zu verbessern. Vordringlich ist die Vermeidung von Einträgen an der Quelle, beispielsweise bei der Zulassung von Medikamenten.

Der Eintrag von Antibiotika-Wirkstoffen in oberflächennahes Grundwasser wurde in Deutschland von den Bundesländern bisher nicht systematisch untersucht, da für diese Stoffe keine Grenz- oder Schwellenwerte vorhanden sind. Erste Untersuchungen wurden unter Beteiligung des Niedersächsischen Landesbetriebs für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN) im Auftrag des Umweltbundesamtes von 2012 bis 2016 an sechs ausgewählten Messstellen durchgeführt. Innerhalb von zwei Jahren konnte der NLWKN mit Unterstützung verschiedener Kreislandvolkverbände und der betroffenen Landwirte das Projekt Ende 2016 abschließen.

Insgesamt wurden dabei 443 Proben untersucht. An allen sechs Standorten konnten Bestandteile aus der Tiermedizin sowie an zwei Standorten aus der Humanmedizin nachgewiesen werden. Es ist besorgniserregend, dass die Wirkstoffe der untersuchten Sulfonamidgruppe in allen Umweltmedien angetroffen wurden, wenngleich mit geringen Gehalten. Untersuchungen der Wasserversorgungsunternehmen zeigen, dass die bisher im oberflächennahen Grundwasser nachgewiesenen geringen Konzentrationen zunächst keine konkrete Gefährdung der Trinkwasserversorgung darstellen.

Landesweite Untersuchungen des Grundwassers zeigen jedoch, dass es sich hier nicht um isolierte Einzelfälle handelt, sondern zahlreiche weitere Standorte betroffen sind. Das Gesamtbild ist besorgniserregend. Hier muss gehandelt werden!

Ihr

A handwritten signature in black ink that reads "Stefan Wenzel". The signature is written in a cursive, slightly slanted style.

Stefan Wenzel, Nds. Minister für Umwelt, Energie und Klimaschutz

1 Einleitung

Im Auftrag des Umweltbundesamtes (UBA) wurde in einem Forschungsprojekt an 48 Standorten in vier Bundesländern von 2012 bis 2014 mit einem „worst-case“ Ansatz belegt, dass ein Eintrag bestimmter Antibiotika primär aus der Tier-, aber auch aus der Humanmedizin in das oberflächennahe Grundwasser erfolgt (Hannappel et al. 2014a). An neun Standorten in Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen wurden von allen analysierten Antibiotika jedoch nur die drei Sulfonamid-Einzelwirkstoffe Sulfadiazin (SDZ), Sulfadimidin (SDM) und Sulfamethoxazol (SMX) im Grundwasser nachgewiesen. In einem Folgeprojekt des UBA mit Geländearbeiten bis 2015 (Hannappel et al. 2016) wurden die Ursachen und Faktoren, die zu den stoffspezifisch, quantitativ und zeitbezogen unterschiedlichen Einträgen der Sulfonamide in das oberflächennahe Grundwasser führen, untersucht. Dazu wurden auch organische Wirtschaftsdünger analysiert und die Landwirte¹ zum Einsatz von Tierarzneimitteln (TAM) in ihren Betrieben und der Bewirtschaftung der Flächen im Anstrom der Messstellen befragt. Im Ergebnis der beiden Projekte konnten noch nicht alle Eintragspfade zweifelsfrei vollständig aufgeklärt werden (Hannappel et al. 2016). Als möglich gehalten wurde z. B., dass die niedrigen Konzentrationen der im Grundwasser vorkommenden beiden Sulfonamid-Wirkstoffe SDM und SDZ (sowie deren Metabolite und Transformationsprodukte, Bedeutung s. Glossar) in den landwirtschaftlich intensiv genutzten Regionen aus einem länger zurückliegenden Eintrag stammen. Die hohen SMX-Funde dagegen deuten vermutlich auf einen kausalen Zusammenhang mit der Einleitung von Abwasser aus Kleinkläranlagen in das Grundwasser hin, wie er auch für den Eintrag aus kommunalen Kläranlagen in oberirdische Fließgewässer aktuell in Niedersachsen dokumentiert ist (Tetzlaff 2016).

Sechs der vom UBA untersuchten Standorte liegen in Niedersachsen. Im Auftrag des Niedersächsischen Landesbetriebes für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN)

wurden die Arbeiten des UBA seit Juni 2015 ergänzt (Kapitel 2). Die von einer Projekt-AG begleiteten Arbeiten beinhalteten u.a. eine sich zeitlich bis September 2016 an das letzte UBA-Projekt anschließende Beprobung aller Messstellen an den sechs Standorten sowie die Einbeziehung weiterer Umweltmedien. Ziel war die Ermittlung der Eintragspfade der Sulfonamide in das Grundwasser, um Rückschlüsse auf den Ursprung des Eintrags ziehen zu können. Weiter sollte das Verhalten der Sulfonamide in den betroffenen Umweltkompartimenten (vor allem Wirtschaftsdünger, Boden und Gewässer) besser verstanden und die noch offenen Fragen aus den beiden UBA-Projekten geklärt werden.

Aktuell befürwortet das UBA die Einführung eines Grenzwertes für Arzneimittel (sowohl aus der Human- als auch aus der Tiermedizin) im Grundwasser². Dieser soll in Anlehnung an den Schwellenwert für Pflanzenschutzmittel und Biozide 0,1 µg/l betragen. Die Empfehlung bezieht sich nicht auf die Trinkwasser- (TrinkwV), sondern auf die Grundwasserverordnung (GrwV 2010), die mit der europäischen Grundwasserrichtlinie (EG 2006) seit 2009 in Deutschland gilt. Daher wird im Folgenden nicht der Begriff „Grenzwert“ (Terminus TrinkwV), sondern „Schwellenwert“ (GrwV) verwendet. Vom UBA wird vorgeschlagen, einen Schwellenwert deshalb in die GrwV aufzunehmen, damit eine klare Rechtsgrundlage für den Schutz des Grundwassers gegeben ist, der auch das immissionsschutzrechtliche Minimierungsgebot (Vorsorgeprinzip) beinhaltet. In der Praxis würde dies die Einrichtung eines Monitorings zur Beobachtung der weiteren Entwicklung der Umweltbelastung erfordern. Bei festgestellten Überschreitungen des Wertes wäre den Ländern eine Rechtsgrundlage gegeben, adäquate Maßnahmen zum Schutz des Grundwassers einzuleiten. Die hier dokumentierten Ergebnisse der Arbeiten im Auftrag des NLWKN untermauern die Empfehlung des Umweltbundesamtes und dienen u. a. auch dazu, diese weiter mit Daten zu untersetzen.

¹ wegen der Lesbarkeit wird auf die genderneutrale Schreibweise verzichtet, der Text richtet sich gleichermaßen an Frauen und Männer

² <http://www.umweltbundesamt.de/themen/tierarzneimittel-im-grundwasser-grenzwert>

2 Inhalt des Projektes

Das als Ergänzung zum UBA-Projekt im Auftrag des NLWKN durchgeführte Projekt orientierte sich in Inhalt und Struktur primär an den beiden UBA-Projekten. So wurden die bisher untersuchten sechs Standorte mit Landesmessstellen (Lohe, Bösel, Markhausen, Carum, Wietmarschen-Lohne und Kleinringer Wösten) und die dort vom UBA neu gebauten, temporären Grundwassermessstellen (TGWM) übernommen. Zusätzlich wurden drei neue TGWM gebaut, die zeitliche Probenentnahmeintensität erhöht, neue Beprobungsmedien (Boden, Gräben, Dränauslässe) integriert und auch die tieferen Ausbauten der sechs Landesmessstellen in die Beprobung einbezogen.

Die Standorte wurden stets nach einem „worst-case“-Ansatz ausgewählt: er betraf Gebiete, in denen der TAM-Eintrag wegen der Standort- und Untergrundeigenschaften als wahrscheinlich erschien. Dazu gehörte eine hohe Viehbesatzdichte, die intensive Ausbringung von Wirtschaftsdünger (Schießl et al. 2015), hohe Stickstoffgehalte im Grundwasser, sorptionsschwache und gut belüftete Böden, fehlende bindige Deckschichten, geringer Flurabstand sowie hohe Neubildungsraten des Grundwassers mit daraus resultierenden, kurzen Verweilzeiten des Sickerwassers.

Gemäß der Zielstellung des Vorhabens im Auftrag des NLWKN wurde die Bearbeitung in drei Arbeitspaketen durchgeführt und dokumentiert. Dies betraf die Kontaktaufnahme mit den Landwirten, den betroffenen Kreis- und Ortslandvolkverbänden sowie den Behörden / Institutionen und deren Einbindung in das Projekt. Weiter gehörte die Koordination der technischen Arbeiten vor Ort und

die Durchführung von Probenentnahmen der verschiedenen Medien (Grundwasser, Boden, Abwasser aus Kleinkläranlagen, Wasser aus Gräben und Dränauslässen, Gülle- und Gärreste) unter Einhaltung gängiger Qualitätssicherungsstandards dazu. Diese Arbeiten wurden vom Unternehmen GEO TECH Servicegesellschaft mbH, Königs Wusterhausen durchgeführt. Die Proben wurden zeitnah an das vom NLWKN beauftragte Labor GWA mbH, Institut für Wasser- und Umweltanalytik (IWU), übergeben, das die Analysen durchführte. Im letzten Schritt erfolgte die Auswertung und Interpretation der Ergebnisse. Dazu gehörte u.a. die Ermittlung von Probenentnahmepunkten, die Probenentnahmelogistik, die Abstimmung mit dem Laborunternehmen, die Plausibilitätsprüfung der erhaltenen Daten, deren Bewertung sowie die Ableitung sich daraus ergebender Schlussfolgerungen. Weiterer Bestandteil war die Öffentlichkeitsarbeit mit der Erstellung von fünf Newslettern³ und der Präsentation der Ergebnisse auf öffentlichen Veranstaltungen, z. B. dem Grundwasser-Workshop des NLWKN in Cloppenburg im Juni 2016⁴.

Das Projekt begann im Juni 2015 und endete im Dezember 2016. Die im Rahmen der UBA-Projekte von 2012 bis September 2015 erhobenen Daten wurden digital mit Genehmigung des UBA in die Datenbank integriert und für die Auswertung genutzt. Der vorliegende abschließende Bericht enthält sowohl die Untersuchungsergebnisse der UBA-Forschungsprojekte als auch die Ergebnisse der ergänzenden Untersuchungen im Auftrag der Betriebsstelle Cloppenburg des NLWKN.

3 Einsatz von Antibiotika und Auswirkungen auf die Umwelt

Der Bericht des LAVES (2011) dokumentiert exemplarisch für Niedersachsen anhand der Jahre 2009 bis 2010 den Einsatz von Antibiotika in der Nutztierhaltung. Danach wurden 76 % der

Masthühner sowie zwischen 84 % und 100 % der Puten (Mast und/oder Aufzucht) antibiotisch behandelt. Bei den Mastschweinen waren es 68 % der Tiere, bei den Mastkälbern 100 % und in der

³ http://www.nlwkn.niedersachsen.de/startseite/wasserwirtschaft/sonderthemen_projekte/tierarzneimittel_im_grundwasser/ergaenzen-de-untersuchungen-zum-uba-projekt-137727.html

⁴ http://www.nlwkn.niedersachsen.de/wasserwirtschaft/veranstaltungen/grundwasserworkshop/grundwasserworkshop_2016/grundwasser-workshop-2016-in-cloppenburg-141744.html

Fresseraufzucht 92 %. Dabei wurden in 28 % der Masthuhn-Durchgänge und in 12 bis 17 % der Putenaufzucht- bzw. -mastdurchgänge Sulfonamide als Einzel- oder Kombipräparat verabreicht. Bei den Mastschweinen erhielten knapp 6 %, bei den Mastkälbern 11 % und in der Fresseraufzucht 13 % der Durchgänge ein Antibiotikum aus dieser Gruppe. Angaben zu Einzelwirkstoffen sind dort nicht aufgeführt. Eine Untersuchung des Antibiotikaeinsatzes in der Hähnchenmast in Nordrhein-Westfalen (LANUV 2012) zeigte, dass SMX als Kombinationspräparat in 78 von 168 Anwendungen verabreicht wurde, das waren 46 %. Eine weitere Studie (LANUV 2014) untersuchte den Antibiotikaeinsatz in der Putenmast. Für diese Tierart sind Arzneimittel mit den Wirkstoffen SDZ, SDM und SMX nicht zugelassen, wurden aber durch Umwidmung, wenn auch selten (2 %), eingesetzt.

Die Abgabe von Tierarzneimitteln insgesamt ist in den letzten Jahren in Deutschland zurückgegangen. Die Gesamtmenge der abgegebenen Antibiotika hat sich zwischen 2011 und 2015 von 1.706 auf 805 Tonnen mit minus 53 % mehr als

halbiert. Von 2014 zu 2015 ging die Gesamtmenge der abgegebenen Antibiotika um 433 Tonnen (35 %) zurück. Dies entspricht dem Ziel der 16. AMG-Novelle, den Einsatz auf das notwendige Maß zu beschränken und bei Überschreitung der mittleren Kennzahlen Minderungsmaßnahmen einzuleiten. Die häufigsten in 2015⁵ abgegebenen Antibiotika waren Penicilline (299 t), Tetrazykline (221 t), Polypeptidantibiotika (82 t), Sulfonamide (73 t) und Makrolide (52 t).

Für das Postleitzahlengebiet 49, in dem drei der sechs Standorte liegen - die übrigen Standorte befinden sich im angrenzenden Gebiet 26 - verzeichnet das Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit von 2014 bis 2015 einen Rückgang der Abgabemenge um etwa 198 t, dennoch sind in dieser Region die Abgabemengen deutlich am höchsten. Die regionale Zuordnung erfolgt über eine Differenzierung nach den ersten beiden Ziffern der PLZ. Übersichten aus den Vorjahren zeigen ähnliche räumliche Cluster und korrelieren mit der regionalen Verteilung der Viehbesatzdichte in Deutschland (Bäurle & Tamásy 2012).

3.1 Wirkstoffbezogener Verbrauch der Sulfonamide in Human- und Tiermedizin

In der Literatur (Loos et al. 2010, Hanke et al. 2007, Avisar et al. 2009) wird SMX primär als Humanarzneimittel (HAM) geführt und konnte bereits im Grundwasser sowie in Kläranlagenabläufen (Hein 2011, Baumgarten 2013) nachgewiesen werden. Bekannt ist, dass der Eintrag von SMX in das Grundwasser fast immer der Anwendung in der Humanmedizin und den Emissionen von kommunalen Kläranlagen über den Pfad der oberirdischen Gewässer und der Uferfiltration entstammt. Untergeordnet wird auch SDZ in der Humanmedizin angewendet. Abb. 1 dokumentiert die 2013 abgegebenen Mengen der drei im Grundwasser gefundenen Sulfonamid-Wirkstoffe in der Human- und Veterinärmedizin, neuere Zahlen dazu sind aktuell nicht öffentlich verfügbar. SMX findet eine deutlich höhere Anwendung bei Menschen im Vergleich zur Anwendung bei Tieren, der Anteil liegt bei etwa 89 % (s. Abb. 1). Demgegenüber ist der Verbrauch von SDZ in der

Humanmedizin mit etwa 0,3 % äußerst niedrig. Der Wirkstoff SDM ist seit 2003 in der Humanmedizin nicht mehr verkehrsfähig (DIMDI-Datenbank). SDZ als ein beim Menschen nur in sehr wenigen Medikamenten eingesetzter Wirkstoff sowie auch dessen Metabolit N-Ac-SDZ sind nur sehr vereinzelt in geringen Konzentrationen im Abwasser zu finden. Der in der Humanmedizin oft als Kombinationsprodukt mit SMX verschriebene Wirkstoff Trimethoprim (TMP) wurde vom UBA in Kleinkläranlagen (KKA) bis September 2015 bereits nachgewiesen, das wurde durch die aktuellen Funde bestätigt. Bei TMP, wie auch bei SMX und N-Ac-SMX, traten starke Schwankungen der Konzentrationen im Abwasser in Erscheinung. Daher wurden bei den Wasserbehörden weitere Eigentümer von KKA in der näheren Umgebung der Standorte mit SMX-Funden ermittelt.

⁵ http://www.bvl.bund.de/DE/08_PresseInfothek/01_FuerJournalisten/01_Presse_und_Hintergrundinformationen/05_Tierarzneimittel/2016/2016_08_03_pi_Antibiotikaabgabemenge2015.html

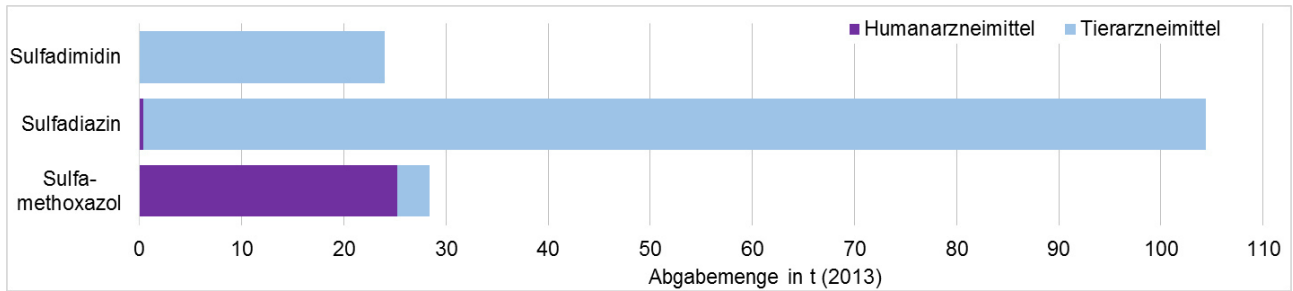


Abb. 1: Verkaufsmengen ausgewählter Sulfonamide im Jahr 2013 in der Human- und Veterinärmedizin⁵

3.2 Verhalten von Antibiotika in den verschiedenen Umweltkompartimenten

Abb. 2 zeigt die Eintragspfade für Tierarzneimittel, die im Gegensatz zu Humanarzneimittel nur sehr untergeordnet direkt in oberirdische Gewässer eingetragen werden, z. B. in der Aquakultur oder durch den direkten Oberflächenabfluss von Feldern in benachbarte Gräben. Zumeist erfolgt der Eintrag in die Gewässer sekundär über die Boden- und Grundwasserpassage nach Auftrag der organischen Wirtschaftsdünger auf die Felder. Der größte Rückhalt der Wirkstoffe erfolgt dabei durch Adsorption an die organische Substanz oder durch mikrobiellen Abbau im Oberboden. Gelangen die Stoffe jedoch in die ständig wassergefüllte Grundwasserzone, kann auch das Trinkwasser - im Falle einer wasserwirtschaftlichen

Nutzung des oberflächennahen oder tieferen Grundwassers - davon betroffen sein.

Für die Beurteilung des Risikopotenzials, inwieweit Arzneimittel in das Grundwasser gelangen können, sind die physikochemischen Eigenschaften der Substanzen und der Transformationsprodukte von Bedeutung. Dazu zählen Abbaugeschwindigkeit und Sorptionseigenschaften. Für den Transport von Stoffen in der ungesättigten Zone ist die Wasserlöslichkeit entscheidend. Die Abbaugeschwindigkeit, angegeben als DT_{50} (disappearance time) ist ein wichtiger Parameter zur Abschätzung der Persistenz einer Substanz.

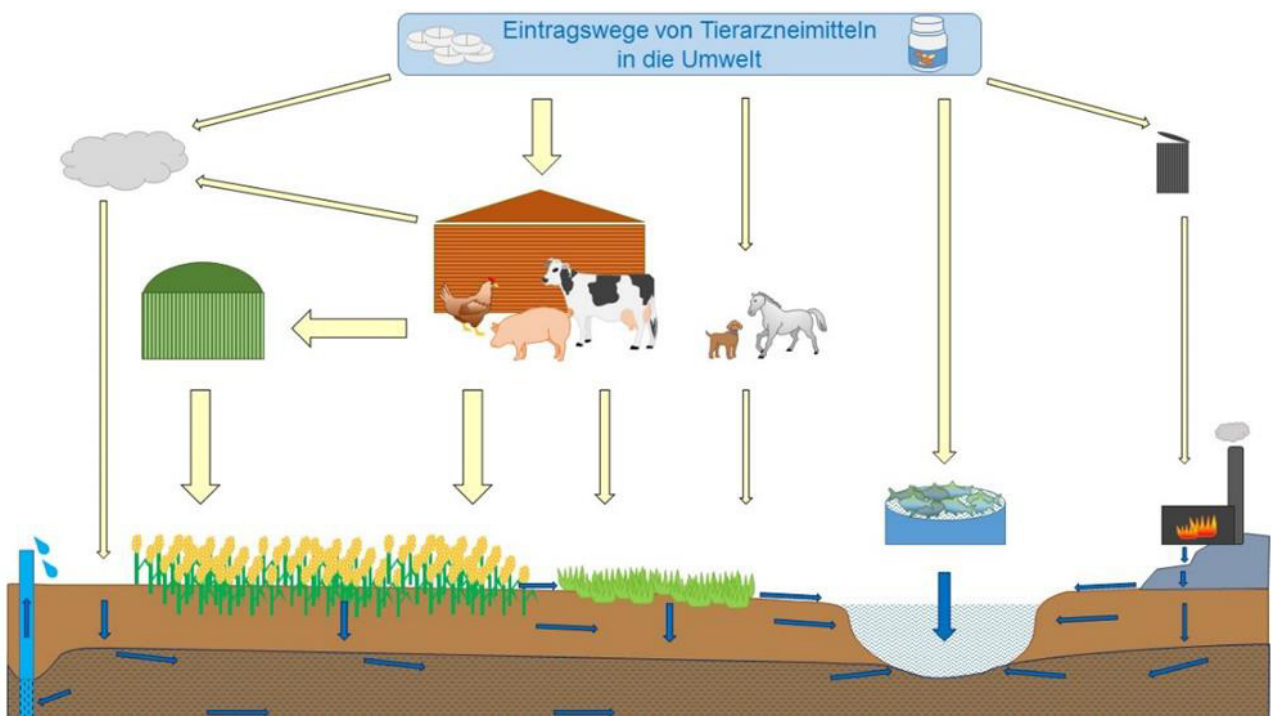


Abb. 2: Prinzipskizze zu den möglichen Eintragswegen von Tierarzneimitteln über die Anwendung bei Tieren in die betroffenen Umweltkompartimente Luft, Pflanzen, Boden, Grundwasser und oberirdische Gewässer (Fließ- und Stauwasser)

Die Sorptionseigenschaften werden durch den K_d -Wert charakterisiert. Dieser setzt sich aus verschiedenen Sorptionsmechanismen zusammen und kann deshalb für eine bestimmte Substanz bei unterschiedlichen Böden sehr variabel sein.

In der Literatur wird beschrieben, dass Sulfonamide schnell verlagerbare Substanzen sind (Hamscher et al. 2013), die insbesondere nach Starkregenereignissen kurz nach erfolgter Begüllung sowie bei Grobporenabflüssen in das Grundwasser ausgewaschen werden können (Gans & Stadlbauer, 2009). Weiter stellten Wei et al. (2011), Lü et al. (2013) und Tong et al. (2014) deutlich höhere Sulfonamid-Konzentrationen im Grundwasser als in oberirdischen Gewässern in landwirtschaftlich geprägten Regionen fest.

Chen et al. (2012) und Sattelberger et al. (2005) berichten über das Auftreten von Sulfonamiden in Wirtschaftsdüngern sowie damit korrespondierenden, aber geringeren Gehalten im Boden. Tappe et al. (2013) und Topp et al. (2013) konnten in Mittel- und Langzeitstudien für SDZ und SDM nachweisen, dass sich bei wiederholtem Auftrag der Stoffe Bakterienkolonien anreichern, die das Antibiotikum mineralisieren. Dabei ist der biologische Abbau der Antibiotika umso schneller, je höher die aufgebrauchte Stoff-Konzentration ist und je länger der Boden diesem ausgesetzt wird (Topp et al. 2013, Wang et al. 2015). Dies gilt besonders für Böden mit niedrigem Kohlenstoff-Gehalt und hohen pH-Werten (Park & Huwe 2016).

SDZ geht relativ schnell in den nicht extrahierbaren Rückstand über und ist damit nicht mehr bioverfügbar (Kreuzig & Höltge, 2005, Förster et al. 2009). Es lässt sich jedoch noch Jahre später im Boden nachweisen (Schulte-Hunsbeck 2009), wobei die Konzentrationen im Boden zur Tiefe hin abnehmen (Meuli 2015).

Die Vergärung von Gülle in Biogasanlagen kann dazu beitragen, dass TAM unter diesen anaeroben Bedingungen abgebaut werden. So fanden Mohring et al. (2009) und Hamscher & Mohring (2012), dass SDZ überwiegend in 4-Hydroxy-Sulfadiazin transformiert wurde.

Andere Sulfonamide darunter SMX waren nicht mehr nachzuweisen, SDM dagegen wurde nicht

abgebaut. Auch Kreuzig et al. (2014) und Spielmeier et al. (2014) kamen zu dem Schluss, dass eingetragene Antibiotika durch die anaerobe Stoffumwandlung in Biogasanlagen nicht komplett eliminiert werden. Über Fermenter- und Nachgärmaterialien nehmen diese zwar ab, steigen in den Gärresten aber fast wieder auf das Niveau der Ausgangsgülle an.

Generell ist für Sulfonamide festzuhalten, dass ein Eintrag aus Wirtschaftsdünger oder Kläranlagen in das Grundwasser stattfinden kann. Die Stoffe werden unverändert oder als Metabolit zu teilweise sehr hohen Anteilen wieder ausgeschieden (Baumgarten 2013, Kümmerer et al. 2011, Graefe et al. 2011, LANUV 2007). Aber auch bereits metabolisierte Substanzen können sich wieder in ihre Ausgangssubstanz zurückwandeln (Kümmerer et al. 2011, Hamscher & Mohring, 2012). In allen Medien (Boden, Sickerwasser, Grundwasser und oberirdische Gewässer) sowie auch in Pflanzen wurden bereits Sulfonamide nachgewiesen, was im Falle von möglichen Übertragungen von Pflanzen auf Organismen (z. B. auf den Menschen durch die Nahrungskette) aufgrund der damit verbundenen Resistenzgefahr problematisch ist (Hu et al. 2010).

Der Eintrag von SMX in die Umwelt wird nach Literaturstudien (LANUV 2007, Hannappel et al. 2014a) zumeist auf den Eintrag von Humanpharmaka zurückgeführt. Modellrechnungen anhand bekannter K_d - und DT_{50} -Werte zeigen, dass unter bestimmten Voraussetzungen und abhängig von Verdünnungseffekten und Fließgeschwindigkeiten des Grundwassers, ein Eintrag von SMX mit dem Abwasser in das Grundwasser möglich ist (Hannappel et al. 2016). Dies zeigt auch Avisar et al. (2009), die in einem seit über 50 Jahren mit Abwasser behandelten Gebiet SMX in einer Konzentration von 20 ng/l in 109 Meter Tiefe fanden.

Insgesamt ist der Kenntnisstand aus der Literatur zum Auftreten und Verhalten von Sulfonamiden in der Umwelt (Vidaurre et al. 2016) und vor allem im Grundwasser (in Niedersachsen z. B. NLWKN 2016) noch nicht sehr gefestigt und zeigt damit die Notwendigkeit weiterer aktueller, standortbezogener Fundaufklärungen unter den dortigen siedlungsabhängigen, naturräumlichen und landwirtschaftlichen Rahmenbedingungen an.

4 Regionale Einordnung der sechs Untersuchungsstandorte

Die Messstellen an den sechs Standorten befinden sich alle im westlichen Niedersachsen in den drei Landkreisen Cloppenburg, Vechta und Grafschaft Bentheim. Vor dem Hintergrund des tatsächlichen Stickstoffanfalls pro Landkreis inkl. der Berücksichtigung der Gärreste, die nach dem aktuellen Entwurf zur Novelle der Düngeverordnung (DüV) anzurechnen sind, wird die Obergrenze von 170 kg N/ha in der gesamten Region Weser-Ems mit durchschnittlich 171 kg Stickstoff (N) pro Hektar (ha) bereits leicht überschritten (LWK 2016). Alle untersuchten Messstellen liegen in Landkreisen mit sehr hohen Stickstoff-(N)-Einträgen. Die N-Überschüsse unter Berücksichtigung aller organischen Dünger liegen in allen drei Landkreisen nach den Berechnungen der Landwirtschaftskammer über 170 kg N/ha.

Zugleich liegen auch alle sechs Messstellen in Regionen mit - im landesweiten und bundesweiten Vergleich - sehr hohen Viehbesatzdichten. Der bundesweite Schnitt von etwa 1 GVE je ha LF

wird an allen sechs Standorten deutlich übertrafen. Die Daten zur Tierhaltung aus dem Jahr 2010 wurden vom Landesbetrieb für Statistik und Kommunikationstechnologie Niedersachsen (LSKN) geliefert. Aktuellere Daten sind derzeit noch nicht verfügbar. Auch Baurle und Tamásy (2012) zeigen, dass sich Viehbesatzdichten mit mehr als 1,75 GVE je ha LF auf Landkreise in Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen konzentrieren.

Abb. 3 zeigt die Lage der sechs untersuchten Standorte mit den entsprechenden Angaben zur gemeindlichen Viehbesatzdichte, in einer höheren räumlichen Auflösung. Zudem sind die Kombinationen der Sulfonamid-Wirkstoffparameter, die an den Standorten im Grundwasser seit 2012 nachgewiesen wurden, dargestellt. In der Karte ist die sehr heterogen verteilte Viehbesatzdichte erkennbar, die in der Weser-Ems-Region fast überall deutlich über dem bundesweiten Durchschnitt liegt.

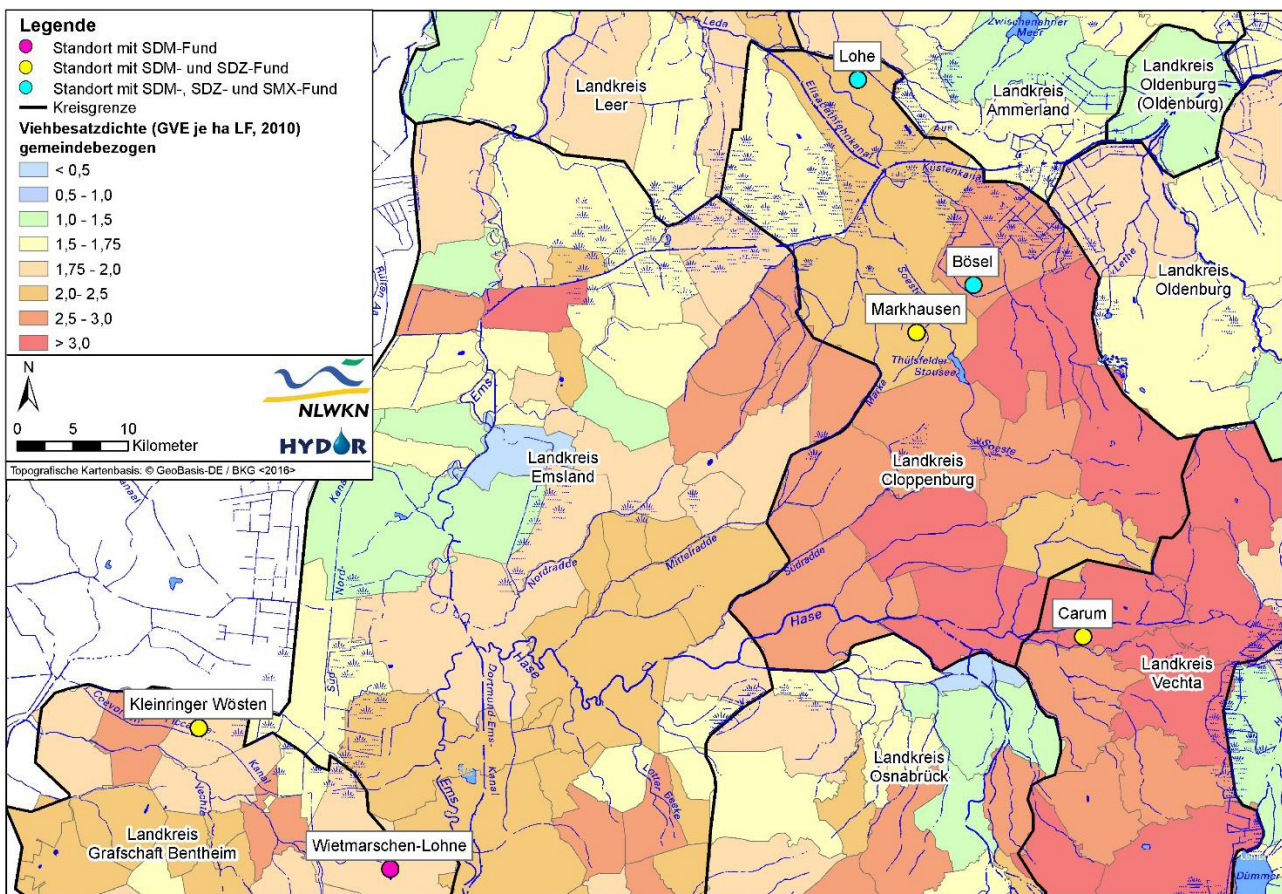


Abb. 3: Lage der sechs Standorte, Angaben zu Sulfonamid-Funden und zur Viehbesatzdichte auf Gemeindeebene

4.1 Standortbezogene Angaben

Standortbezogen wurden die geologischen Schichtenverzeichnisse und Ausbaurdarstellungen der Messstellen ausgewertet. Die Lage aller sechs Messstellen ist kartografisch in Anhang 1 dokumentiert. Zudem wurden die betroffenen Landwirte umfassend nach Besonderheiten der landwirtschaftlichen Standorte befragt, damit ein Maximum an Informationen bilateral ausgetauscht werden konnte. Die Methodik der Ausweisung des unterirdischen Zustromgebietes des Grundwassers auf die jeweilige Messstelle ist in Kapitel 4.2 beschrieben.

4.1.1 Bösel (Landkreis Cloppenburg)

Am südlichen Ortsrand von Bösel im LK Cloppenburg liegt die Messstelle „Bösel I“. Es handelt sich um den oberen Ausbau einer Messstellengruppe (s. exemplarisches Foto in Abb. 4) in unmittelbarer Nähe einer kleinen Häuseransammlung.



Abb. 4: Foto der Messstellengruppe in Bösel (der obere Ausbau ist links im Bild)

Der Zustrom zur Messstelle erfolgt aus überwiegend westlicher Richtung mit einer saisonalen Schwankungsbreite der Grundwasserfließrichtung von 40°. Anhand einer Toplage der Grundwasseroberfläche wenige Hundert Meter nordwestlich der Messstelle (StAWA 1992) wurde eine Grundwasserscheide ausgewiesen. Zusätzlich zu den vier Schlägen im Zustromgebiet der Landesmessstelle wurde ein weiterer Schlag im Zustrom zu einer TGWM mit einem Antibiotika-Fund im Grundwasser für die Recherchen berücksichtigt. Auf den insgesamt fünf Schlägen dominiert Maisanbau. Die Daten des LSKN weisen im Viehbestand für die Gemeinde Bösel hauptsächlich Rinder und Schweine auf. Das Schichtenverzeichnis (SVZ) der Bohrung zeigt bis in eine Tiefe von

Für die Umgebung der sechs Landes-Messstellen wurde bei den Unteren Wasserbehörden (UWB) recherchiert, ob sich diese in Wasserschutzgebieten befinden. Im Ergebnis zeigte sich, dass sich nur die Messstelle Markhausen-BDF im LK Cloppenburg in der Schutzzone III B des Wasserwerks Thülsfelde befindet. Das zuständige Wasserversorgungsunternehmen ist der Oldenburgisch-Ostfriesische Wasserverband (OOWV), bei dem daraufhin eine Anfrage zu dessen Anlagenbestand durchgeführt wurde (s. Kap. 4.1.3).

4,50 Meter unter Gelände pufferarme Fein- und Feinstsande ohne bindige Zwischenlagen.

Diese altpleistozänen Sande weisen niedrige C_{org} -Gehalte und geringe Sorptionskapazitäten auf. Dies deckt sich mit den hydrochemischen Daten (s. Anhang 2), vor allem den niedrigen pH-Werten des Grundwassers. Eine Ursache der Versauerung des Grundwassers könnten Ammoniaketräge aus der Landwirtschaft (Mohr et al. 2005, Federolf et al. 2012) oder eine zu geringe landwirtschaftliche Kalkung sein.

An der Basis des etwa 4,5 Meter mächtigen Grundwasserleiters befinden sich stark bis schwach tonige Schluffe der Lauenburger Schichten, eines regional bedeutsamen Grundwasserhemmers. Je nach saisonal unterschiedlichem Grundwasserstand ist die ungesättigte Zone hier etwa 2,0 bis 2,5 Meter mächtig. Die aus der Bodenart, dem Flurabstand und der Grundwasserneubildungsrate am Standort resultierende Verweilzeit des Sickerwassers beträgt knapp zwei Jahre. Im Grundwasser der Messstelle wurden stark schwankende SMX-Konzentrationen gemessen. Im August 2013 betrug der höchste Wert 950 ng/l SMX. Der zusätzliche Nachweis von SDM im Grundwasser wurde bereits im UBA-Projekt (Hannappel et al. 2016) als erster Hinweis auf eine gleichzeitige Beeinflussung des Grundwassers durch den Eintrag von HAM und TAM gewertet, da SDM seit 2003 nicht mehr bei Menschen therapeutisch eingesetzt wird.

4.1.2 Lohe (Landkreis Cloppenburg)

Die Messstelle „Lohe I“ in der Gemeinde Barßel (LK Cloppenburg) ist ebenfalls Teil einer Messstellengruppe und befindet sich am Rand einer aktuell nicht mehr landwirtschaftlich bewirtschafteten Hofstelle. Beide Messstellen sind im oberen, unbedeckten Grundwasserleiter ausgebaut. Der obere Ausbau befindet sich innerhalb eines mittel-sandigen Bereichs und hat damit eine deutlich bessere hydraulische Ergiebigkeit als der innerhalb von schwach schluffigen Feinsanden ausgebaute Unterpegel. Die Verweilzeiten des Sickerwassers variieren saisonal zwischen sieben Monaten im Winter und 14 Monaten im Sommer.

Der Zustrom zur Messstelle erfolgt primär aus vier landwirtschaftlich genutzten Schlägen im Südosten. Das Zustromgebiet ist aufgrund des deutlich ausgeprägten geohydraulischen Gradienten und der groben Lithologie mit durchschnittlich 465 Meter im Vergleich mit den übrigen untersuchten Standorten am ausgedehntesten. Im unmittelbaren Zustrom befindet sich ein nicht mehr genutzter Güllekeller, etwas außerhalb des Zustromgebietes

4.1.3 Markhausen (Landkreis Cloppenburg)

Die Messstelle „Markhausen-BDF“ (LK Cloppenburg) östlich von Markhausen (Gemeinde Friesoythe) liegt in der Nähe der Bodendauerbeobachtungsfläche (BDF) des Landesamtes für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG). Sie befindet sich in der Trinkwasserschutzzone III B des Wasserwerks Thülsfelde und ist identisch mit der GWM 268 des OOWV. Das Einzugsgebiet ist durch intensive landwirtschaftliche Nutzung geprägt, was sich in steigenden Nitratwerten im Grundwasser zeigt. Die Lage auf sandigen und damit durchlässigen Böden bei gleichzeitig hohen Grundwasserneubildungsraten begünstigt einem möglichen Schadstoffeintrag in das Grundwasser.

Eine Besonderheit des Standortes ist es, dass hier durch Untersuchungen des OOWV auf Antibiotika an Vorfeldmessstellen im WSG Thülsfelde weitere Funde aus dem Jahr 2014 bekannt sind, und zwar ebenfalls von SDM und einmal von SMX (OOWV 2015). Von den 17 im Schutzgebiet Thülsfelde untersuchten Messstellen zeigten

liegen Truthahnmastanlagen. Nach den Daten zur Agrarstatistik des LSKN dominieren in der Gemeinde Barßel Rinder.

Wie am Standort Bösel wurde zusätzlich zu den sich im Zustromgebiet befindlichen Flächen ein weiterer Schlag mit einem Antibiotikafund in die Untersuchungen mit einbezogen. Die Landesmessstelle führt sehr stark nitrathaltiges Grundwasser, die Redoxpotentiale bestätigen das oxidierende Milieu, Ammonium wurde nur in sehr niedrigen Konzentrationen nachgewiesen. Bei der ersten Probenentnahme 2012 im Rahmen des UBA-Projektes wurden keine Sulfonamide, 2013 jedoch SDM unterhalb der Bestimmungsgrenze (BG) gefunden. Seit 2014 wurde SDM in mittleren Konzentrationen von 10 ng/l nachgewiesen. Aufgrund des schlechten baulichen Zustands der Messstellengruppe wurden im Oktober 2015 vom NLWKN zwei neue Messstellen gebaut und im Frühjahr 2016 erstmalig beprobt. Wegen der Konsistenz der Daten wurde aber weiterhin die ursprüngliche Messstelle beprobt.

sechs SDM-Konzentrationen von 5 bis 30 ng/l. Anlässlich einer Nachuntersuchung im Juli 2015 wurde der Umfang auf eindeutig dem häuslichen Abwasser zuzuordnende Parameter erweitert. Im Ergebnis bestätigten sich die SDM-Funde, während ein Eintrag durch häusliche Abwässer ausgeschlossen werden konnte. Alle untersuchten Trinkwasserbrunnen des OOWV im WSG Thülsfelde waren dagegen frei von jeglichen Arzneimittelrückständen.

Der Zustrom des Grundwassers erfolgt von Süden aus einer landwirtschaftlichen Nutzfläche heraus. Der überwiegende Teil des Zustromgebietes ist von einem kleinen Wald bedeckt. Auf den beiden Schlägen überwiegt der Anbau von Mais. In der Gemeinde Friesoythe dominieren nach der Agrarstatistik des LSKN Hähnchen. Im SVZ der Bohrung sind für die Versickerungszone Fein- und Mittelsande ausgewiesen.

Der Flurabstand liegt bei etwa 2,5 Meter und die berechneten Sickerwasserverweilzeiten bei 21

Monaten. Unterhalb der Grundwasseroberfläche sind stark schluffige Zwischenschichten mit einer Mächtigkeit von zwei Metern ausgewiesen, die den vertikalen Stofftransport nach unten zeitlich verzögern und die Sorption von Stoffen begünstigen können. Erst darunter befindet sich der Filterausbau der Messstelle in Fein- und Mittelsanden. Das Grundwasser ist stark nitrathaltig und oxidiert. SDM-Funde wurden erstmals 2013 im Grundwasser unterhalb der BG detektiert und liegen seitdem im Mittel bei 7 ng/l.

An diesem Standort ergab sich durch die in unmittelbarer Nähe liegende BDF die Möglichkeit, den

4.1.4 Carum (Landkreis Vechta)

Die Messstelle „Carum I“ im LK Vechta (s. Abb. 5) liegt am Rand einer Hofstelle, die seit 2002 nicht mehr bewirtschaftet wird (Bauamt LK Vechta).



Abb. 5: Foto der Messstellengruppe Carum (rechts: „Carum I“)

Der Standort liegt nördlich von Carum. Der Zustrom des Grundwassers erfolgt saisonal stark variierend aus Südosten bis Südwesten (Kapitel 4.2) mit einer Schwankungsamplitude von etwa 100°. Auch die Sickerwasserverweilzeit schwankt mit 13 Monaten im Winter und 20 Monaten im Sommer stark. Es befinden sich zwei Schläge mit überwiegend Getreide- und Maisanbau sowie ein früherer Güllekeller im Zustromgebiet.

Das SVZ dokumentiert für den Filterbereich in 2 bis 4 Meter Tiefe Mittel- und Feinsande und damit

4.1.5 Kleinringer Wösten (Landkreis Grafschaft Bentheim)

Die Messstelle „Kleinringerwösten I“ (Hinweis: Bezeichnung vom Ortsnamen aufgrund der NLWKN-internen Festlegung abweichend) in der Gemeinde Ringe (LK Grafschaft Bentheim) ist umgeben

Pfad Wirtschaftsdünger → Boden → Sickerwasser → Grundwasser parallel zu betrachten. Das LBEG stellte die Grundwassermessstelle „Mark B032-P2“ sowie Wasserproben der dort eingebauten Sickerwassersammler zur Verfügung. Damit kam auch hier neben den beiden Schlägen im Zustrom zur Landesmessstelle ein zusätzlicher Schlag in die Auswertung. Die SDM-Funde an der Messstelle lagen mit 50 ng/l deutlich über denen der anderen Messstellen. Zusätzlich wurde hier noch 4-OH-SDZ, ein Metabolit des SDZ, in Konzentrationen bis zu 64 ng/l gefunden.

eine gute hydraulische Durchlässigkeit. Die ungesättigte Zone darüber ist feiner ausgeprägt, wodurch die Verweilzeit des Sickerwassers trotz geringen Flurabstandes relativ hoch ist. Die Ammonium-Konzentrationen im Grundwasser der Messstelle sind deutlich erhöht und zeigen ein reduziertes Milieu an. Jedoch wurden wiederholt oxidierte Zustände mit erhöhten Nitrat- und geringen Ammonium-Gehalten angetroffen, was auf instabile hydrochemische Gleichgewichtsreaktionen in dem jungen Grundwasser hinweist.

SDM und SDZ bzw. 4-OH-SDZ (als Transformationsprodukt von SDZ) wurden nur vereinzelt in geringen Konzentrationen, zumeist unterhalb der BG, detektiert. Die Kalium- und Sulfat-Gehalte im Grundwasser, die anthropogen sowohl durch landwirtschaftlich als auch durch human bedingte Einträge erhöht sein könnten, sind hier jedoch vermutlich geogen - durch salinares Tiefenwasser - erhöht. Bor als häuslicher Abwasserindikator wurde nicht in erhöhten Konzentrationen nachgewiesen. Der Abwassereinfluss benachbarter örtlicher KKA ist durch die Einleitung der Abwässer in oberirdische Gewässer eher unwahrscheinlich.

von landwirtschaftlichen Nutzflächen (Anhang 1 mit der Darstellung der Schläge). Es handelt sich um den oberen Ausbau einer Messstellengruppe mit Zweifachausbau.

Der Zustrom des Grundwassers erfolgt aus Südwesten. Die nur etwa einen Meter mächtige ungesättigte Zone mit saisonalen Verweilzeiten von im Schnitt acht Monaten im Winter bzw. zwölf Monaten im Sommer ist fein- bis mittelsandig, der Grundwasserleiter ist etwas gröber aufgebaut. Die Größe des Zustromgebietes variiert mit dem hydraulischen Gradienten, so dass ein zusätzlicher Schlag in die Bewertung aufgenommen werden musste. Neben Mais werden auch Kartoffeln, Getreide und Gras angebaut. Im Gemeindegebiet Ringe weist die Agrarstatistik des LSKN einen hohen Bestand an Schweinehaltung aus. Das Grundwasser ist oxidiert und stark nitrathaltig,

Ammonium wurde nur in sehr niedrigen Konzentrationen nachgewiesen. SDM wurde durchgehend mit im Mittel 12 ng/l im oberen Ausbau gefunden. Der untere Ausbau der Landesmessstelle mit einer Filterlage von 39 bis 40 Meter unter Gelände wurde bisher nicht beprobt. SDZ wurde im UBA-Projekt nur zweimal mit Konzentrationen unter der BG nachgewiesen. Die Kaliumgehalte sind deutlich erhöht. Die Borkonzentrationen liegen innerhalb der geogenen Hintergrundwerte (Kunkel et al., 2004). Im Zustromgebiet befinden sich neben den beiden bewirtschafteten Flächen ein Güllelager und eine KKA. Auffällig ist der pH-Wert, der mit 4,6 einen deutlich sauren Bereich anzeigt.

4.1.6 Wietmarschen-Lohne (Landkreis Grafschaft Bentheim)

Die Messstelle „Wietmarschen-Lohne I“ (LK Grafschaft-Bentheim) ist der obere Ausbau einer Messstellengruppe mit Dreifachausbau. Sie liegt etwa 250 Meter westlich der Autobahn A 31 in einem ausschließlich landwirtschaftlich geprägten Umfeld in der Gemeinde Wietmarschen. Der Zustrom des Grundwassers erfolgt aus südöstlicher Richtung mit einem gering ausgeprägten hydraulischen Gradienten, so dass die saisonal differenzierte Ausweisung des Zustromgebietes recht konstant ist. Auf den Schlägen dort wird überwiegend Getreide angebaut. Das SVZ dokumentiert in dem von dem Filterausbau betroffenen Tiefenbereich von 2 bis 16 Meter unter Gelände Fein-, Mittel- und Grobsande, bindige Deckschichten sind nicht vorhanden. Die ungesättigte Zone ist

sehr geringmächtig. Es handelt sich um ein Entlastungsgebiet, in dem das Grundwasser in die angrenzenden oberirdischen Gewässer, die Vorfluter, strömt. Der Flurabstand des Grundwassers liegt bei nur 1,25 Meter unter Gelände, die Schwankungsamplituden betragen nur wenige Zentimeter. Die Verweilzeiten des Sickerwassers liegen relativ konstant bei zwölf Monaten. Die sehr niedrigen Redoxpotentiale sowie die erhöhten Ammoniumgehalte des Grundwassers zeigen ein reduzierendes Milieu an, in dem der eingetragene Stickstoff mikrobiell nicht zu Nitrat umgewandelt wird. Seit Mai 2013 wird im Grundwasser der Messstelle SDM in einer Konzentration von durchschnittlich 9 ng/l gemessen, andere Stoffe wurden nicht nachgewiesen.

4.2 Ausweisung unterirdischer Zustromgebiete zu den Grundwassermessstellen

Auf Basis der im Gelände gewonnenen Messdaten wurde die Fließrichtung des Grundwassers auf die (im Folgenden als „stationär“ bezeichneten) Landesmessstellen jeweils als sog. „Zustromgebiet“ ausgewiesen. In diesen Gebieten wurden anschließend die weiteren Recherchen i. S. einer Fund- oder Fundstellenaufklärung (Hannappel et al. 2014b) zur Identifizierung der Grundwasserbelastung durch Antibiotika vorgenommen.

Methodisch ist darauf hinzuweisen, dass damit grundsätzlich nur horizontale Fließkomponenten berücksichtigt werden können. Diese dominieren jedoch im Grundwasser gegenüber den vertikalen

Fließkomponenten. Weiter ist die Grundwasserfließrichtung in räumlicher und zeitlicher Hinsicht nicht konstant. Deren Nachbildung würde numerische Grundwasserströmungsmodelle erfordern. Da hierauf verzichtet wurde, unterliegen die Zustromgebiete räumlichen Unsicherheiten, die mit ansteigender Entfernung von den Messstellen zunehmen.

Bei der Konstruktion von Grundwassergleichen werden punktuell gewonnene Informationen über Grundwasserstände oder Druckspiegelhöhen durch Interpolation auf die Fläche bzw. den Raum übertragen (Abb. 6). Dabei müssen folgende

Punkte beachtet werden: Filterlage der verwendeten Grundwassermessstellen im gleichen Grundwasserleiter, Messung zu vergleichbaren Zeitpunkten und Berücksichtigung hydraulisch wirksamer Störungen.

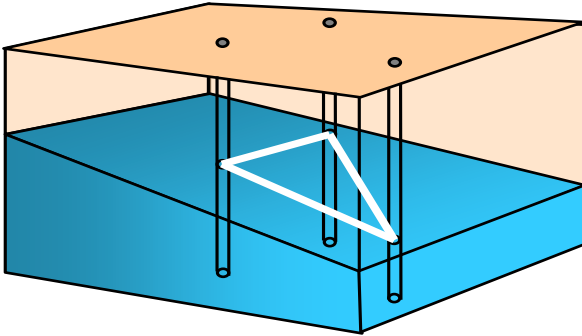


Abb. 6: Darstellung der Messung der Grundwasserstände zwischen drei Messstellen

Die Grundwassergleichen zwischen den Messpunkten werden durch Interpolation der gemessenen Grundwasserstände (Abb. 7) gewonnen und die Fließrichtung ermittelt.

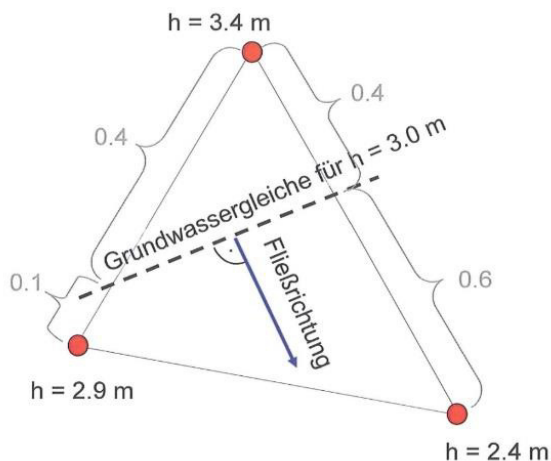


Abb. 7: Interpolation der Grundwassergleichen und Ermittlung der Fließrichtung

Mit Hilfe des Interpolationsverfahrens Kriging (Schafmeister 1999) wurde ein Grundwassergleichen-Plan erstellt. Für die Ausweisung der Zustromgebiete wurde das schematische Vorgehen zur GIS-basierten Konstruktion nach Hannappel et al. (2014b) vereinbart:

- die Zustromgebiete werden in Form gleichschenkliger Dreiecke, beginnend an der Messstelle senkrecht zum nachgewiesenen Anstrom, erstellt;

- der Öffnungswinkel der Dreiecke wird konstant mit 45° festgelegt;
- die Reichweiten der Zustromgebiete entsprechen einer einheitlichen summarischen Versickerungszeit in der ungesättigten Zone und der Fließzeit im Grundwasser von fünf Jahren;
- für die Berechnung der Fließzeiten werden die aus den SVZ abgeleiteten Daten zur Durchlässigkeit und die Auswertungen zur Fließrichtung des Grundwassers verwendet;
- auf Basis der Feldmessungen werden die Zustromgebiete an erkennbaren Grenzen oder an morphologischen Hochlagen abgeschnitten, um keine Überinterpretation der schematisch ermittelten Daten zu erhalten.

Die auszuweisenden Zustromgebiete sind also aufgrund der geohydraulischen Grundlagendaten unterschiedlich groß. Eine gleich große Ausweisung der Gebiete würde zu unterschiedlichen Fließzeiten von mehreren Jahren führen. Beim durchgeführten Verfahren sind die Eintragszeiten mit den gewählten fünf Jahren gleich lang, was die Interpretation der Befunde erleichtert. Der Öffnungswinkel wurde mit 45° bewusst groß gewählt, um Unsicherheiten des Grundwasserzustroms im Ergebnis der Feldmessungen berücksichtigen zu können. Zur Abschätzung der Verweilzeiten des Sickerwassers in der Grundwasserüberdeckung wurde die Methode der DIN 19732 angewendet. Bevorzugte Fließwege (z. B. Makroporenfluss) können je nach Aufenthaltsort des Stoffes die Geschwindigkeit erhöhen (wenn der Stoff direkt an der Oberfläche von Poren vorliegt) oder verringern (wenn der Stoff in der Bodenmatrix vorliegt).

Tabelle 1 zeigt die für die Berechnung der Länge der Dreiecke notwendigen Daten, getrennt nach Sicker- und Grundwasser. Die Feldkapazitäten in der ungesättigten Zone wurden aufgrund der Lithologie nach der bodenkundlichen Kartieranleitung KA 5 vergeben.

Die Grundwasserneubildungsraten wurden mit den in den Ländern verfügbaren GIS-Daten bzw. des Hydrologischen Atlas von Deutschland (HAD) ermittelt. In der gesättigten Zone wurde zur Ermittlung der Fließgeschwindigkeiten des Grundwassers das Darcy'sche Gesetz (Hölting & Coldewey

2009) verwendet. Die Festlegung der Zustromgebiete an den einzelnen Standorten dient als Überblick über die Anzahl der landwirtschaftlich genutzten Flächen in diesem Gebiet und weiterer potentieller Sulfonamid-Eintragsquellen. Zu den landwirtschaftlichen Schlägen, Güllelagerstätten und Kleinkläranlagen dort wurden anschließend bei Privatpersonen und Institutionen weitere Auskünfte eingeholt, um den Eintragspfad der Sulfonamide klären zu können (s. Kap. 4.3 und 5).

Aufgrund der saisonalen und räumlichen Variabilität der Grundwasserstände gelten die Zustromgebiete nur für den Zeitraum, für den sie berechnet und ausgewiesen wurden. Dabei können sich zu jedem Messzeitpunkt die Grundwasserstände bei den verwendeten Messstellen pro Standort unterschiedlich entwickeln. Das repräsentative Zustromgebiet für die ab Oktober 2014 gewonnenen Daten zu den Grundwasserständen ist in den Lageplänen in Anhang 1 dokumentiert.

Tabelle 1: Hydrogeologische und geohydraulische Grundlagendaten zur Ermittlung der Zustromgebiete

| Name der Grundwasser-messstelle | Parameter Sickerwasser | | | Parameter Grundwasser (GW) | | | Einzugsgebiet | | |
|---------------------------------|------------------------|---------------|---------------|----------------------------|-----------------------------------|-----------------------|-----------------------------|-----------------------------------|---------------------|
| | Flurabstand (MW) | GW-Neubildung | Feldkapazität | Sickerwasser-verweilzeit | Durchlässigkeitsbeiwert [k_f] | hydraul. Gradient [i] | effekt. Porosität [n_e] | Abstandsgeschwindigkeit [v_a] | Länge Zustromgebiet |
| Maßeinheit | Meter | mm/a | mm/dm | Monate | m/s | -/- | -/- | m / Monat | Meter |
| Bösel I | 2,18 | 175 | 14 | 21 | $7 \cdot 10^{-5}$ | 0,0025 | 0,1 | 4,6 | 122 |
| Lohe I | 1,27 | 175 | 12 | 10 | $6 \cdot 10^{-4}$ | 0,0009 | 0,13 | 11,4 | 553 |
| Markhausen-BDF | 2,35 | 175 | 12 | 19 | $2 \cdot 10^{-4}$ | 0,0016 | 0,12 | 6,7 | 268 |
| Carum I | 1,14 | 125 | 14 | 15 | $3 \cdot 10^{-4}$ | 0,0005 | 0,12 | 3,4 | 158 |
| Kleinsingerwösten I | 1,35 | 175 | 11 | 10 | $5 \cdot 10^{-4}$ | 0,0004 | 0,13 | 4,4 | 221 |
| Wietmarschen-Lohne I | 1,20 | 175 | 14 | 12 | $4 \cdot 10^{-4}$ | 0,0008 | 0,15 | 5,2 | 252 |

Steigt der Grundwasserspiegel aufgrund von Niederschlägen, wie dies typischerweise im Winterhalbjahr der Fall ist, verringert sich der Flurabstand. Dadurch erreicht das Sickerwasser schneller das Grundwasser und kann innerhalb der fünf Jahre eine längere Strecke zurücklegen, was zu einer Vergrößerung des Einzugsgebietes führt. Die Schwankungsbreite des Flurabstandes an den temporären und Landes-Messstellen variiert je nach Standort. Die Schwankungen reichen von weniger als einen Meter in Wietmarschen-Lohne und Markhausen bis zu knapp zwei Meter an den anderen Standorten. Im Mittel liegt der Flurabstand des Grundwassers bei 1,5 m unter Gelände und zeigt damit deutlich an, dass es sich um oberflächennahes Grundwasser handelt.

Variationen des Einzugsgebietes um einige Grad in eine andere Richtung liegen im natürlichen lokalen Schwankungsbereich (Abbildung 9). Für alle sechs Standorte wurden von Juni 2015 bis Mai 2016 in zumeist monatlichen Abstand die Grundwasserstände an den Messstellen gemessen und daraus die Grundwasserfließrichtung und -geschwindigkeit bestimmt. In Carum zeigten sich

dabei starke lokale Variationen des Zustroms. Auch am Standort Bösel ist eine gewisse saisonale Variation der Grundwasserfließrichtung - wenn auch geringer ausgeprägt - zu erkennen. Im hydrologischen Sommerhalbjahr bildet sich zudem eine Grundwasserscheide aus, die zu einer Verkürzung des Zustromgebietes führt. Inklusiv der einzuberechnenden Sickerwasserverweilzeit stellt die Gesamtlänge dann nicht mehr fünf Jahre, sondern im Mittel 3,5 Jahre dar. Die Ausbildung der Grundwasserscheide ist durch geologische und hydrologische Einflussgrößen, wie undurchlässige Schichten, Makroporenfluss sowie Niederschlagsereignisse bestimmt und unterliegt damit zeitlichen Veränderungen.

Der Befragung der im Zustrom zu den Messstellen wirtschaftenden Landwirte liegt die Auswertung der Daten zu den Zustromgebieten von Oktober 2014 und April 2015 zugrunde. Die sich im Verlaufe des Projektes an einzelnen Standorten ergebenden Erkenntnisse zu weiteren potentiellen Eintragsquellen wurden bei der Auswertung und Interpretation der Funde berücksichtigt.

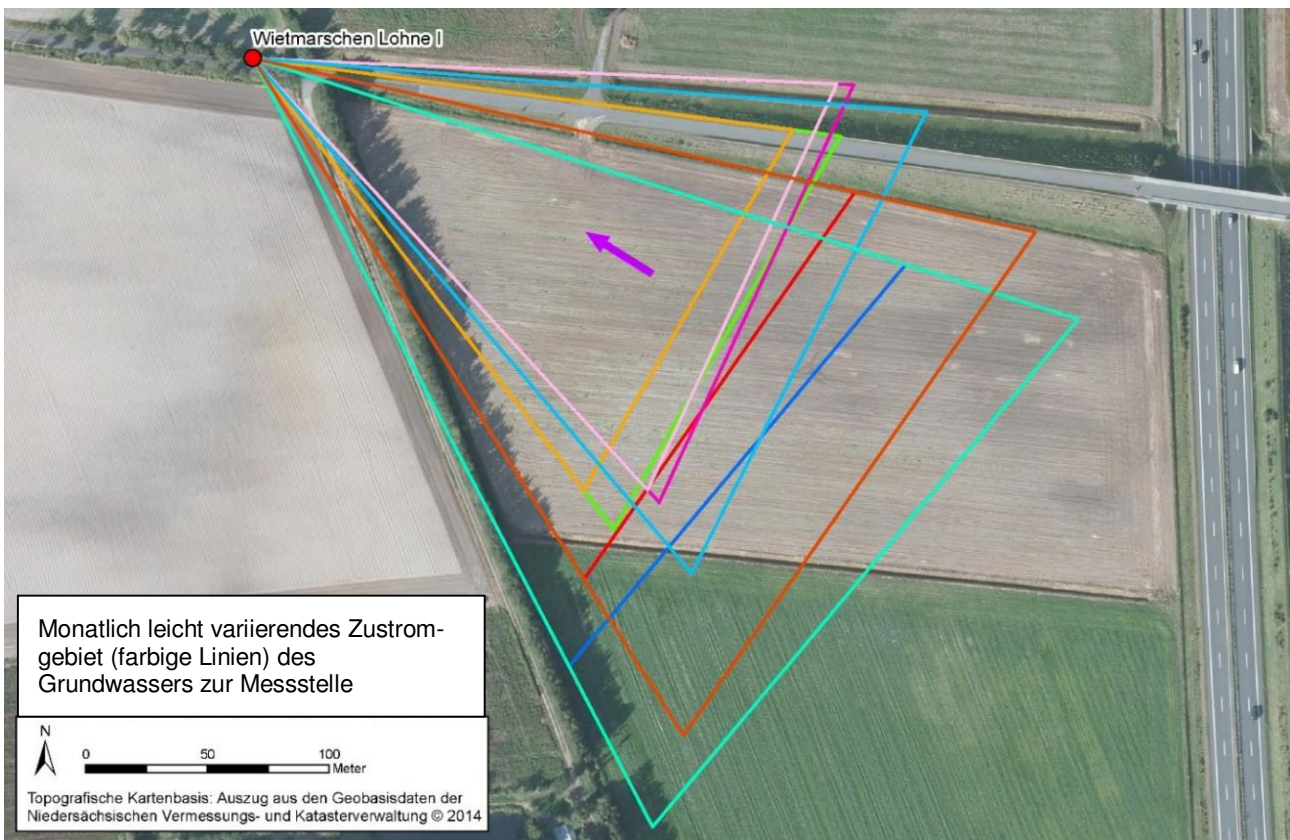


Abb. 8: Darstellung der saisonalen Variation des Grundwasserzustroms am Standort Wietmarschen-Lohne

4.3 Angaben zu Kleinkläranlagen

4.3.1 Aufbau und Funktion einer häuslichen Kleinkläranlage (KKA)

KKA sind Anlagen zur Behandlung häuslichen Abwassers. Nach den Regeln der Technik (DIN 4261 Teil 1, 2 und 4) bestehen sie aus einer mechanischen und einer biologischen Reinigungsstufe. Das geklärte Abwasser kann in den Wasserkreislauf zurückgeführt werden, wenn die Anforderungen nach § 4 Anlage 1 AbwV eingehalten werden. Befindet sich die Anlage in einem Wasserschutzgebiet, gelten weitere Richtwerte. Abwasser kann über eine Sickermulde oder -schacht oder einen Verrieselungsstrang in den Untergrund eingeleitet werden, wobei ein Flurabstand von mindestens 1,5 m nach DIN 4261 einzuhalten ist. Die Einleitung in ein oberirdisches Gewässer ist nach § 9 WHG genehmigungspflichtig.

Abb. 9 zeigt als Beispiel den Aufbau einer typischen Kleinkläranlage, einer sog. „SBR-Anlage“. Nach dem Absetzen der festen Bestandteile in der Vorklärung, bilden sich durch die Belüftung im SBR-Becken (sequencing batch reactor⁶) Belebtschlammflocken. Das sind freischwimmende Mikroorganismen, die das Wasser reinigen. Nach einer Absetzphase wird das Klarwasser abgezogen. Zuständig für die Überwachung von KKA sind die UWB. Solange die Anforderungen der Abwasserverordnung⁷ erfüllt und durch eine Qualitätsüberwachung nachgewiesen werden, können KKA mit einer biologischen Reinigungsstufe weiterbetrieben werden. Entspricht eine KKA nicht

⁶ <http://www.umweltaktion.de/magazin/artikel.php?artikel=345&type=&menuid=44&topmenu=11>

⁷ Merkblatt „Kleinkläranlagen in Schleswig-Holstein“ (2014): <http://www.schleswig-holstein.de/DE/Fachinhalte/A/abwasser/Downloads/Kleinklaeranlagen.html>

mehr dem Stand der Technik, kann sie unter bestimmten Voraussetzungen vollständig nachgerüstet werden mit gleicher Funktionalität wie neu errichtete Anlagen.

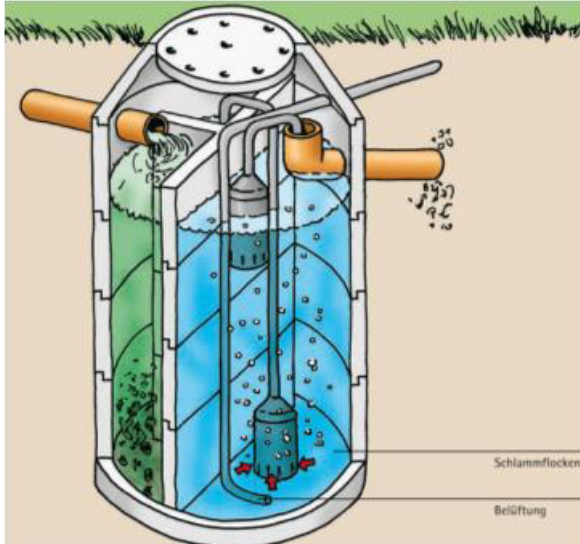


Abb. 9: Häusliche Kleinkläranlage mit SBR-Anlage⁶

Nach der Abnahme einer KKA hat diese 15 Jahre Bestandsschutz⁸. Im Abwasserbeseitigungskonzept der Gemeinden und Wasserverbände ist geregelt, wie das Abwasser und der in den KKA

4.3.2 Standortbezogene Angaben

Aus dem UBA-Projekt (Hannappel et al. 2016) waren die im Umfeld der Landesmessstellen an den Standorten Bösel, Markhausen und Carum befindlichen KKA bereits bekannt und anhand der Einleitung des geklärten Abwassers in das Grund- bzw. in oberirdische Gewässer bewertet worden (Anhang 1). Dabei wurden nur die in das Grundwasser einleitenden KKA im Anstrom der Landesmessstellen als relevant erachtet. Bei den in große Vorfluter einleitenden KKA ist aufgrund zusätzlicher Verdünnungs- und Abbaueffekte eine Verunreinigung des Grundwassers unwahrscheinlich. Die bereits gewonnenen Daten zeigten, dass sowohl SMX als auch SDZ im häuslichen Abwasser anzutreffen sind. Der Humanverbrauch von

anfallende Schlamm beseitigt werden. Die konventionelle Abwasserreinigung kommunaler Kläranlagen ist, ebenso wie die von KKA, nicht darauf ausgelegt, Antibiotika vollständig aus dem Wasser zu entfernen (Ternes 1998, Glassmeyer et al. 2005, DBU 2015), das zeigen auch aktuelle Untersuchungen in Niedersachsen mit entsprechenden Funden im Grundwasser (NLWKN 2014). Hierfür sind spezielle Reinigungsverfahren beispielsweise mit Wasserstoffperoxid oder Ozon notwendig^{9,10}. Seis et al. (2016) weisen aktuell auf die Risiken der Abwasserverbringung auf landwirtschaftliche Nutzflächen aufgrund des Auftretens u. a. von Arzneimitteln im Grundwasser hin.

In Niedersachsen ist die Verbringung von Klärschlamm aus KKA als Düngemittel unter Einhaltung der Schadstoffgrenzwerte nach § 10 Abs. 3 DüMV und § 3 und 4 AbfKlärV erlaubt. Zuständig für die Überwachung sind die Abfallbehörden der Landkreise. Auf Nachfrage bei den betroffenen Gemeinden sowie bei der LWK Niedersachsen wurde in einem Radius von 500 m um alle sechs Messstellen diese Möglichkeit in den letzten fünf Jahren nicht in Anspruch genommen, das wurde auch von den Landwirten bestätigt.

SDZ gegenüber der Anwendung in der Veterinärmedizin spielt eine untergeordnete Rolle (Kapitel 3.1). Da Sulfonamid-Funde im Abwasser starken zeitlichen Schwankungen unterliegen, wurde bei der Auswahl der zu betrachtenden KKA zunächst nur der Standort Bösel mit hohen im Grundwasser nachgewiesenen SMX-Funden einbezogen. Im weiteren Projektverlauf wurden die Recherchen auf die Standorte Markhausen und Carum ausgeweitet. Auch hier befinden sich in das Grundwasser einleitende KKA im Zuström zur Landesmessstelle, die u.a. SDZ-Funde aufwiesen.

Alle vier KKA in Bösel leiten in das Grundwasser ein. Nach Auskunft der UWB entsprachen zwei KKA nicht mehr den technischen Anforderungen und wurden nach Ende des Bestandsschutzes

⁸ <http://www.voris.niedersachsen.de/jportal/?quelle=jlink&query=VVND-282000-MU-20111221-SF&psml=bsvorisprod.psml&max=true>

⁹ <http://www.igb.fraunhofer.de/de/presse-medien/presseinformationen/2013/schad--und-spurenstoffe-aus-abwasser-entfernen.html>

¹⁰ <http://www.umweltbundesamt.de/themen/chemikalien/arzneimittel/arzneimittel-umwelt>

2016 aufgerüstet. Die vier Betreiber der KKA konnten zur Mitarbeit an diesem Projekt gewonnen werden und erklärten sich zu einer monatlichen Probenentnahme bereit. Bei der KKA I handelt es sich um eine Dreikammer-Kläranlage in Einbehälter-Ausführung mit SBR-Anlage, deren Klarwasser in einer Sickermulde 27 Meter nordwestlich der Messstelle verrieselt. Die KKA II befindet sich etwas weiter südwestlich, knapp außerhalb des Zustromgebietes. Es handelt sich um eine gemauerte Dreikammergrube mit angeschlossenen Rieselrohrnetz. Die einzige Auflage für diese Anlage war die jährliche Fäkalschlammabfuhr. Diese Anlage wurde im April 2016 auf den Stand der Technik gebracht. Die KKA III und KKA IV sind neu in das Untersuchungsprogramm aufgenommen worden. Sie befinden sich westlich der Messstelle und aufgrund der Grundwasserscheide etwas außerhalb des Zustromgebietes. Da die Ausbildung der Grundwasserscheide saisonal variabel und abhängig vom Grundwasserstand ist

(siehe Kapitel 4.2), kann ein Abwassereinfluss dieser beiden Anlagen nicht ausgeschlossen werden. Bei der KKA III handelt es sich um eine SBR-Anlage, bei der KKA IV um eine Mehrkammergrube mit Schwebbettdverfahren, die im April 2016 modernisiert wurde.

Bei beiden KKA (KKA VII und VIII) in Markhausen handelt es sich um SBR-Anlagen mit Einleitung in das Grundwasser. Die nahe der Landesmessstelle in Carum befindliche KKA V wurde bereits im UBA-Projekt beprobt. Nach Ablauf der Genehmigung für die biologische Nachreinigung im Oktober 2014 wurde die KKA technisch aufgerüstet. Seitdem wird das Abwasser über einen nur temporär wasserführenden, kleinen Graben abgeleitet, so dass überwiegend von einer Einleitung in das Grundwasser auszugehen ist. Neu hinzugekommen ist die KKA VI, die ebenfalls mit einer Belebungsanlage ausgestattet ist und in das Grundwasser einleitet.

5 Informationen aus den Fragebögen an die Landwirte

Den Landwirten, die auf den 17 Schlägen im Zustromgebiet wirtschaften, wurde ein Fragebogen zugesandt. Er beinhaltet Fragen zur Bewirtschaftung der Fläche und zur Tierhaltung einschließlich der Verabreichung ausgewählter Medikamente, deren Einzelwirkstoffe im Grundwasser nachgewiesen wurden. Durch den über das Kreislandvolk ermöglichten, direkten Kontakt zu den Landwirten konnten offene Fragen zu Bewirtschaftung und Viehhaltung unmittelbar geklärt werden. Ebenso wurde die Zusammensetzung der Gülle und Gärreste für die spätere Auswertung abgefragt. Auch Anregungen der Landwirte konnten eingearbeitet werden. So wurden Hinweise zum Verlauf früherer kommunaler Abwasserleitungen in die weiteren Untersuchungen einbezogen.

Die von den Landwirten übermittelten Daten zur Düngepraxis auf den Schlägen bis 2015 sowie vor-Ort Besichtigungen der Höfe und der jeweiligen Güllelagerstätten im Januar 2016 dienten der Vorbereitung auf die Probenentnahme der Wirtschaftsdünger im zeitigen Frühjahr 2016 unmittelbar vor der Aufbringung der Dünger auf die Schläge.

Drei der 17 Schläge befinden sich außerhalb der ausgewiesenen Zustromgebiete zu den sechs Landesmessstellen. In Bösel wurde ein weiterer Schlag durch SDM-Funde in einer angrenzenden TGWM in die Untersuchung aufgenommen. In Lohe wurde ein zusätzlicher Schlag im Nahbereich zum Zustromgebiet der Landesmessstelle mit aufgenommen, der dort wirtschaftende Landwirt hatte hier seine Bereitschaft zur Mitarbeit erklärt. In Markhausen konnte die in der Nähe der Landes-Messstelle liegende BDF in die Untersuchungen eingebunden werden. Hier ergibt sich durch den auf der Fläche befindlichen Sickerwassersammler und die Grundwassermessstelle des LBEG die Möglichkeit, den Eintragspfad der Sulfonamide vom Wirtschaftsdünger über den Boden bis in das Grundwasser nachzuvollziehen.

An allen Standorten bis auf Lohe haben die Landwirte neben ihrer Bereitschaft, Gülle- bzw. Gärrestproben abzugeben auch den Fragebogen ausgefüllt. In Lohe haben zwei der vier betroffenen Landwirte Gülleproben abgegeben, drei der vier stimmten einer Wiederholung der Bodenprobenentnahme zu.

5.1 Bewirtschaftung und Düngepraxis auf den Schlägen im Zustromgebiet

Insgesamt konnten 13 Schläge von elf Bewirtschaftern an den fünf Standorten mit Fragebogenrücklauf (ohne Lohe) ausgewertet werden. Zu einem überwiegenden Anteil (47 %) wird Mais angebaut, Getreide folgt mit 37 %, Gras bzw. Grünlandflächen mit 12 % und Kartoffeln mit 4 %. Dabei gibt es deutliche regionale Unterschiede, so ist der Kartoffelanbau ausschließlich auf die Standorte in der Grafschaft Bentheim beschränkt. Abb. 10 zeigt die Tierhaltung in den einzelnen Betrieben.

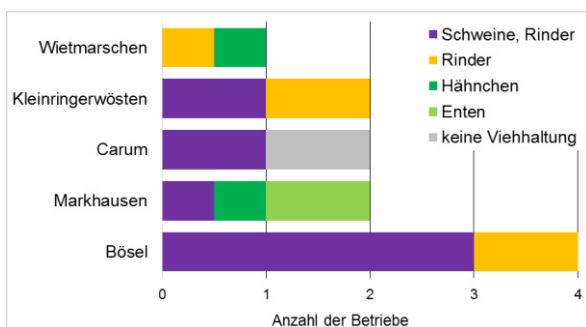


Abb. 10: Tierhaltung in den elf auswertbaren Betrieben im Untersuchungsgebiet

Bis auf zwei Betriebe werden überall Rinder – Mastbullen bzw. Milchvieh oder Kälber – gehalten. Mit Ausnahme der beiden Standorte in der Grafschaft Bentheim wird gleichzeitig auch Schweinemast betrieben. Ein Betrieb hält Flugenten, ein weiterer betreibt keine Viehwirtschaft mehr und lässt die Ackerfläche ausschließlich mineralisch düngen. Zwei weitere Betriebe halten Hähnchen, deren Mist aber verkauft und nicht auf die im Zustrom liegenden Schläge aufgebracht wird. Die Art der Tierhaltung bestimmt also nicht automatisch die Art des aufgebrauchten Düngemittels. Weiterhin bringen einige Landwirte keine Mischgülle (Schwein, Rind) auf die Flächen im Zustromgebiet

aus, sondern ausschließlich Rinder- bzw. Kälbergülle. In Wietmarschen-Lohne wechselte 2015 der Bewirtschafter der im Zustromgebiet liegenden Fläche. Die Grafik in Abbildung 10 stellt den jetzigen Betrieb vor, zuvor handelte es sich um einen Ferkelaufzuchtbetrieb, deren Gülle (Sau, Ferkel) auf der Fläche verbracht wurde.

Abb. 11 zeigt die Ausbringung an Wirtschaftsdünger von 2009 bis 2015 auf die 13 auswertbaren Schläge an den fünf Standorten im Untersuchungsgebiet. Die Zuordnung der fortlaufend nummerierten und damit anonymisierten Schlagnummern zu den Standorten ist in der Bildunterschrift dokumentiert. Die Lagepläne im Anhang 1 zeigen die Konfiguration der Schläge ohne die konkrete Schlagbezeichnung, um die Anonymität zu wahren.

Mist oder Klärschlamm wurde auf den 13 Schlägen nicht ausgebracht. Das Hauptdüngemittel ist mit 65 % Gülle, wobei es sich zumeist um eine Mischung aus Bullen- und Schweinegülle handelt. Der Einsatz von Gärresten (11 %) variiert und wird meist zusätzlich zur Gülle ausgebracht. Eine Ausnahme bildet der Betrieb F9 mit Entenhaltung, der zugleich auch eine Biogasanlage betreibt und ausschließlich mit Gärresten aus Flugentengülle und -mist sowie Entenmist düngt. Neben der ausschließlich mineralischen Düngung wird nach den Angaben der Landwirte in den Fragebögen Mineraldünger als Unterfußdüngung bei der Maisaussaat oder beim Kartoffelsaatgutbau aber auch wetterbedingt im Februar eingesetzt, wenn eine Gülleausfuhr nicht möglich ist. Der Anteil der Mineraldüngung liegt bei 24 %. Im Mittel werden 35 m³ Gülle oder Gärrest pro Hektar aufgebracht, abhängig vom jeweiligen Nährstoffgehalt des Wirtschaftsdüngers.

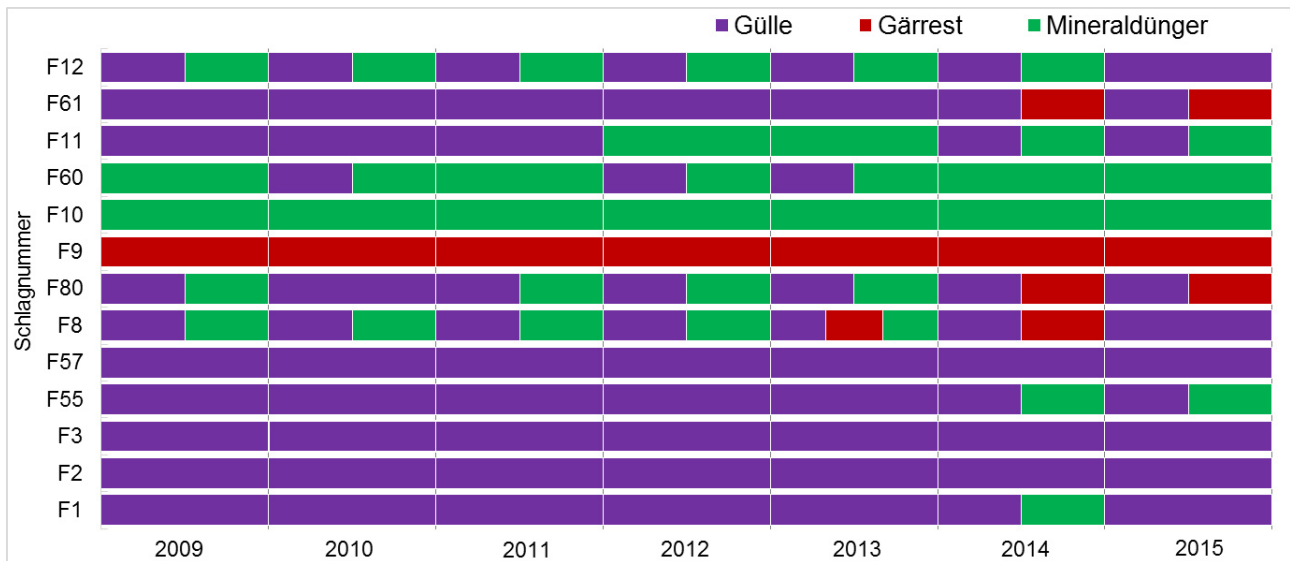


Abb. 11: Düngemittelauftrag an den fünf Standorten von 2009 bis 2015 (Schläge F 1 bis F 57: Bösel, F 8, F 9 und F 80: Markhausen, F 10 und F 60: Carum, F 11 und F 61: Kleinringer Wösten, F 12: Wietmarschen-Lohne)

5.2 Medikamenteneinsatz in den Betrieben im Zustromgebiet

Die Landwirte wurden zum Einsatz der im Grundwasser gefundenen Sulfonamide SDZ, SDM und SMX in ihrem Betrieb befragt. Von den zehn Betrieben mit Viehhaltung setzten sechs sulfonamidhaltige Medikamente mit den Wirkstoffen SDZ und SDM ein. SMX wurde nicht verabreicht.

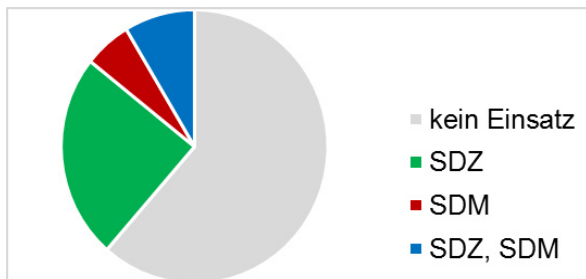


Abb. 12: Einsatz sulfonamidhaltiger Medikamente über sieben Jahre in zehn viehhaltenden Betrieben

In den sieben Jahren von 2009 bis 2015 wurden in den zehn Betrieben mit Viehhaltung im Untersuchungsgebiet mit Viehhaltung diese drei

Wirkstoffe jahresübergreifend gewichtet in etwa zwei von drei Fällen nicht eingesetzt („kein Einsatz“ in Abb. 12). Dabei wurde zumeist SDZ verabreicht, dass ausschließlich als Kombi-Präparat mit TMP, einem weiteren Antibiotikum erhältlich ist. Die in der Kälber- und Hähnchenmast eingesetzten Sulfonamide werden mit dem Mist in Biogasanlagen verbracht und gelangen nicht direkt auf den Schlag. Aus diesem Grund wurde von den Landwirten die Abgabe der Wirkstoffe nicht angegeben (Hähnchenmast) bzw. keine Angaben zu den Verbrauchsmengen geliefert (Kälbermast). Für Enten sind nach „Vetidata¹¹“ keine Sulfonamid-Präparate zugelassen. Allerdings kann nach AMG § 56 Abs.2 eine Umwidmung von Arzneimitteln für Hühner vorgenommen werden. Nach Angaben des Betriebes wurde davon aber kein Gebrauch gemacht und Sulfonamide in der Entenmast nicht eingesetzt.

6 Durchführung von Geländearbeiten vor Ort

6.1 Rammkernsondierungen zur Errichtung temporärer Grundwassermessstellen

In Lohe, Markhausen und Kleinringer Wösten wurden von der Firma GEO TECH jeweils weitere TGWM errichtet (Abb. 13). Die hierbei erstellten

geologischen Schichtenverzeichnisse beinhalten nach EN ISO 14688 (ehemals DIN 4022) die tiefenbezogene lithologische Schichtansprache der

¹¹ Veterinärmedizinischer Informationsdienst für Arzneimittelanwendung, Toxikologie und Arzneimittelrecht (www.vetidata.de)

angetroffenen Sedimente, Bemerkungen zu Besonderheiten der Schichten, die Tiefenlage des Grundwasseranschnittes sowie den sich einstellenden Ruhewasserspiegel.

Wie im Ablauf des Projektes geplant, wurden sämtliche TGWM im September 2016 wieder zurückgebaut.



- A: Vorschichten und Bohrgutentnahme inkl. Schichtansprache
- B: Ausbau Bohrloch und Bohrkernentnahme
- C: Schichtansprache und Bestimmung des Wasseranschnittes anhand der Bohrkern
- D: Einbau der Messstelle, Setzen der Filterstrecke
- E: Klarpumpen der Messstelle vor der Probenahme

Abb. 13: Bau einer temporären Grundwassermessstelle (TGWM) mittels Rammkernsondierung

6.2 Probenentnahmen ab Juni 2015

Tabelle 2 gibt einen Überblick zu den im Gelände entnommenen und im Labor analysierten insgesamt 443 Proben in den verschiedenen Medien im Zeitraum von Juni 2015 bis September 2016.

Die **Wasserprobenentnahme** (Grund- und oberirdisches Wasser) sowie die Boden- und Wirtschaftsdüngerproben wurden ebenfalls von GEO TECH durchgeführt. Die jeweils dunkel und kühl gelagerten Proben wurden anschließend in das Labor geschickt. Seit Juni 2015 wurden die stationären Grundwassermessstellen monatlich und die TGWM je nach Höhe und Häufigkeit ihrer bisherigen Funde im UBA-Projekt bis 2014 bis Septem-

ber 2016 differenziert beprobt. Im September 2016 erfolgte die abschließende Probenentnahme an ausgewählten Messstellen. Die Beschaffenheit des Grundwassers in der Messstelle und im Ringraum ist durch Adsorption, Desorption, Sedimentation sowie durch chemische und biologische Reaktionen beeinflusst. Aus diesem Grund sind die Messstellen vor der Entnahme einer Probe abzupumpen. Das optimale Abpumpvolumen ist bei Erfüllung des Beschaffenheitskriteriums (Konstanz der Leitkenwerte, LAWA AQS 1995) und des hydraulischen Kriteriums (DWA 2012) erreicht. Die Probenentnahme des Grundwassers erfolgte im Anschluss an den Abpumpvorgang.

Tabelle 2: Übersicht zur Anzahl aller entnommenen 443 Proben in den verschiedenen Umweltkompartimenten von Juni 2015 bis September 2016

| Medium | Standort | Jun 15 | Jul 15 | Aug 15 | Sep 15 | Okt 15 | Nov15 | Dez 15 | Jan 16 | Feb 16 | Mrz 16 | Apr 16 | Mai 16 | Aug 16 | Gesamt |
|---|--------------------|--------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|
| organischer Wirtschaftsdünger (Gülle, Gärreste) | Bösel | | | | | | | | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | | |
| | Lohe | | | | | | | | 2 | 2 | 2 | 2 | | | |
| | Markhausen | | | | | | | | 2 | 4 | 3 | 2 | | 2 | |
| | Carum | | | | | | | | 1 | 1 | 4 | 1 | | | |
| | Kleininger Wösten | | | | | | | | 2 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | |
| | Wietmarschen Löhne | | | | | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | |
| Boden | Bösel | 4 | | | | | 6 | 2 | | | | 5 | 7 | | |
| | Lohe | | | | | | 8 | | | 2 | | 5 | 6 | 3 | |
| | Markhausen | 8 | | | 2 | 1 | 2 | | | 2 | 4 | 2 | 6 | 2 | |
| | Carum | | | | 2 | | | | | 2 | | 4 | 4 | 2 | |
| | Kleininger Wösten | | | 2 | | | | | | | 4 | 4 | 5 | 1 | |
| | Wietmarschen Löhne | | | | | | 2 | | | | | 2 | 2 | | |
| | Bösel | | | | | | 1 | 1 | 1 | | | 1 | 1 | | |
| | Lohe | | | | | | 1 | 1 | 1 | 2 | | | | | |
| | Markhausen | | | | | | 1 | 1 | 1 | 3 | 2 | | | | |
| | Carum | | | | | | | | 1 | 1 | | | | | |
| | Kleininger Wösten | | | | | | | 1 | 1 | 1 | | | | | |
| | Grundwasser | Wietmarschen Löhne | | | 1 | | | | 1 | | 1 | | | | |
| Bösel | | 3 | 3 | 3 | 2 | 4 | 5 | 3 | 4 | 3 | 3 | 5 | 3 | | |
| Lohe | | 3 | 2 | 3 | 1 | 3 | 4 | 2 | 3 | 1 | 2 | 4 | 2 | | |
| Markhausen | | 3 | 2 | 2 | 2 | 5 | 5 | 4 | 5 | 4 | 5 | 4 | 4 | | |
| Carum | | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 4 | 1 | 3 | 1 | 1 | 4 | 1 | | |
| Kleininger Wösten | | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 4 | 2 | 3 | 3 | 2 | 4 | 3 | 1 | |
| Wietmarschen Löhne | | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 4 | 1 | 4 | 2 | 1 | 5 | 1 | | |
| Bösel | | | | 4 | | | 3 | 8 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | | |
| Lohe | | | | | | | | | | | | | | | |
| Markhausen | | | | | | | | | | | | | | 2 | |
| Carum | | | | | | | | | | | | | | 2 | |
| Kleinkläranlagen | | Kleininger Wösten | | | | | | | | | | | | | |
| | Wietmarschen Löhne | | | | | | | | | | | | | | |
| Summe | | 30 | 13 | 24 | 15 | 25 | 50 | 30 | 43 | 45 | 43 | 57 | 52 | 16 | 443 |

Im Juli 2015 begann die Entnahme der ersten **Bodenproben** mit Zustimmung der Landwirte. Vom LBEG wurden im März entnommene Proben der BDF in Markhausen zur Verfügung gestellt. Pro Schlag waren zwei Bodenmischproben zu zwei Terminen geplant. Der erste Termin war für den Herbst bzw. Winter 2015 angesetzt und sollte als Ausgangswert fungieren. Die zweite Probenentnahme erfolgte bis maximal einen Monat nach Ausbringung des Wirtschaftsdüngers. Zur Vergleichbarkeit der zu verschiedenen Zeitpunkten genommenen Proben wurden die Entnahmepunkte eingemessen. Die Bodenproben wurden analog zu Hamscher et al. (2005) als Mischprobe aus je 16 Einzelproben der oberen 20 Zentimeter des Bodens gewonnen. Bis September 2016 wurden auf den 17 Schlägen 104 Bodenproben genommen, davon wurden zehn doppelt analysiert. Abweichungen zu den ursprünglich geplanten vier Proben pro Schlag sind durch zusätzlichen Aufklärungsbedarf, widerrufenen Zustimmungen der Landwirte oder den Anteil des Schlages am Zustromgebiet begründet.

Nach einer Befahrung aller sechs Standorte im August 2015 wurden vorhandene **Dränauslässe** der Schläge im Zustrom der Messstellen und oberirdische Gewässer für eine Beprobung ausgewählt. An jedem Punkt wurden zur Verifizierung der erhaltenen Daten mindestens zwei Probenentnahmen durchgeführt. Insgesamt wurden vier Dränauslässe beprobt, einer davon als Düker (Unterquerung einer Straße), und sieben Gräben. Die Probenentnahme konnte nur bei entsprechender Wasserführung, die in den Sommermonaten nicht immer gegeben war, durchgeführt werden.

Die Probenentnahme des **Sickerwassers** an der Saugsondenanlage auf der BDF nahe der Messstelle B032-P2 in Markhausen wurde vom LBEG durchgeführt. Die hier gewonnenen Daten stellen ein wichtiges Bindeglied zwischen dem Eintrag von TAM in den Boden und dem Auftreten im Grundwasser dar. Da sich die Saugsonden in unterschiedlichen Tiefen befinden, wurde eine tiefendifferenzierte Probenentnahme angestrebt. Aufgrund einer nur geringen Fördermenge und dem Einhalten von Wasser durch das LBEG für eigene Untersuchungen, konnte zu einzelnen Zeitpunkten keine ausreichende Probenmenge

gewonnen werden. Daher wurden zu verschiedenen Terminen entnommene Proben einer Tiefe zu einer Mischprobe zusammengestellt. Nach Rücksprache mit dem LBEG verzichteten diese bei späteren Einzelterminen auf ihr Beprobungsprogramm und stellten den gesamten Sickerwasserertrag zur Verfügung. Insgesamt konnten fünf Sickerwasserproben analysiert werden, zwei Mischproben, zwei Einzelproben aus 120 cm und eine Einzelprobe aus 80 cm Tiefe.

Entgegen der sonst üblichen Probenentnahme im Rahmen der Qualitätsüberwachung nach den Anforderungen der Abwasserverordnung aus dem Ablauf wurden die **Abwasserproben** aus der Vorklärung der KKA entnommen. Dieser Entnahmepunkt wurde gewählt, da anzunehmen ist, dass sich hier die Stoffe eher ansammeln als im geklärten Wasser, das zudem einem hohen Durchsatz unterliegt. Die im Februar 2015 im UBA-Projekt (Hannappel et al. 2016) begonnene Beprobung von KKA am Standort Bösel wurde ab August 2015 durch den NLWKN ergänzt und ab November 2015 auf vier KKA erweitert. Zusätzlich wurden die beiden im Zustromgebiet befindlichen KKA in Carum und Markhausen beprobt. Die Proben in Bösel und Markhausen wurden von der Firma A. Meyer, KKA-Service genommen, die in Carum von der Firma L. Pohlmann. Beide Firmen übernehmen auch Wartungen und Probenentnahmen für die UWB. Um den Schlamm in der Vorklärung nicht aufzuwirbeln, verbietet sich eine Homogenisierung der Probe durch Vermischung. Mit dem Schlammspiegelmesser ist die Entnahme einer Probe über den gesamten Querschnitt möglich.

Die Beprobung der **Wirtschaftsdünger** begann 2015 im Auftrag des UBA und wurde im Januar 2016 im Auftrag des NLWKN fortgeführt. Voraussetzung für ein aussagekräftiges Ergebnis einer Gülleuntersuchung ist das Entnehmen einer repräsentativen Probe aus dem vollständig homogenisierten Güllebehälter. Bei der Probenentnahme im Januar war an einigen Standorten eine vorherige Homogenisierung nicht möglich, da die Keller bereits zu voll waren. Hier wurden stattdessen Mischproben genommen. Ebenso wurde mit der sehr dünnflüssigen Kälbergülle verfahren, da die Öffnungen des Kellers zu klein für das Einbringen eines Rührgerätes sind. Die Probenentnahmen der homogenisierten Wirtschaftsdünger erfolgten

an allen Standorten innerhalb einer Woche. Um jedoch unnötiges Aufrühren der Güllen zu vermeiden, wurde davon abweichend am Termin der Ausbringung die monatliche Probe genommen. Dies konnte mit Hilfe der LWK Niedersachsen realisiert werden.

Bei der Beprobung der drei Biogasanlagen wurde neben einer Probe aus dem Fermenter ab Februar 2016 eine weitere aus dem jeweiligen Endlager genommen. Bei Lagerung im Hochbehälter werden die Gärreste täglich gerührt. Insgesamt konnten elf Güllelagerstätten und drei Biogasanlagen mit Ausbringung zu 14 Schlägen beprobt werden. Die Probenentnahmen der Wirtschaftsdünger erfolgten ab Januar 2016 monatlich bis

April 2016, also möglichst viermal. In einem Betrieb war wegen der im April bereits komplett erfolgten Gülleausbringung eine vierte Probenentnahme nicht mehr möglich. Auf einer Tauschfläche in Kleinringer Wösten wurden im Mai nochmals Gärreste aufgebracht, die vor der Ausbringung beprobt wurden. Zusätzlich wurde im August eine Probe der Gülle mit den hohen Sulfonamid-Funden (G F61) zur Verifizierung der bisherigen Daten genommen. Außerdem erfolgte die Entnahme von zwei repräsentativen Geflügelmistproben, die zur Vergärung kamen. Zusätzlich zur Analyse auf TAM wurden einmalig Gülle- und Gärrestproben zur Bestimmung auf Stickstoff an die LUFA Nord-West (Institut für Düngemittel und Saatgut) geschickt.

7 Chemische Laboranalytik

Die bei der Grundwasser-Probenentnahme erhobenen Daten sowie die im Labor ermittelten Konzentrationen zu den Haupt- und Nebeninhaltsstoffen des Grundwassers liefern umfassende Informationen zur Interpretation des Beschaffenheitsstatus des Grundwassers. Die Analysen wurden durch IWU Luisenthal durchgeführt. Als Ursachen für Sulfonamid-Funde im Grundwasser kommen, neben landwirtschaftlich bedingten Emissionen, auch lokale Abwassereinträge über KKA bzw. von kommunalen Kläranlagen in Frage. Der NLWKN hat hierzu Untersuchungen in Verregnungsgebieten durchgeführt und Pharmakafunde, darunter Sulfonamide, im Grundwasser dokumentiert (NLWKN 2014). Vor diesem Hintergrund wurden der Arzneimittelwirkstoff Carbamazepin (CMZ) und der Süßstoff Acesulfam-K als Tracer ausgewählt, die in der Veterinärmedizin nicht zugelassen sind (BMG¹², Emmerich & Ungemach 2009 und Verordnung (EG) Nr. 1831/2003). Beide Stoffe stellen gute Tracer dar (Jekel & Dott 2013, Humer et al. 2012, UBA & AGES 2015, LUBW 2015, Reh et al. 2016). Tracer-Funde in Kombination mit SMX können auf den Einfluss kommunaler Abwässer hinweisen, umgekehrt kann jedoch bei Funden von SMX ohne Tracer-Funde nicht auf den eindeutigen Einfluss von

TAM geschlossen werden (Rushton et al. 2014, Scheurer et al. 2011, Schramm et al. 2006).

Basierend auf den Erkenntnissen vorausgegangener Studien (Hannappel et al. 2014a und 2016) wurden für die Laboranalytik zehn Einzelwirkstoffe und drei Transformationsprodukte aus der Gruppe der Sulfonamide sowie TMP als in der Human- und Tiermedizin eingesetztes Kombinationspräparat ausgewählt. Außerdem wurden Koffein, CMZ und Acesulfam-K als Tracer für humanen Abwassereintrag ausgewählt. Obwohl Koffein gut in der biologischen Abwasserreinigung abgebaut wird (Jekel & Dott 2013, Reh et al. 2016), wird es aufgrund seiner weitverbreiteten Verwendung überall in abwasserbeeinflussten Gewässern gefunden (Buerge et al. 2003, Hillebrand et al. 2012). Allerdings ist genau deswegen leicht eine Querkontamination bei der Probenentnahme und Probenvorbereitung möglich (Hillebrand et al. 2012). Laboranalytisch kann es mit der gleichen Methode bestimmt werden wie die Sulfonamide. Um eine Überinterpretation der Koffeinfunde zu vermeiden, ist die Betrachtung weiterer Tracer und Spurenstoffe wie z. B. Bor erforderlich. Tabelle 3 beinhaltet Angaben zu den Nachweisgrenzen für Wasser (Grundwasser und oberirdische Gewässer), Klärwasser, Boden sowie von Gülle und Gärresten

¹² <https://www.pharmnet-bund.de/dynamic/de/arzneimittel-informationssystem/index.html>

des IWU Luisenthal zu den 14 Arzneimittel-Wirkstoffen sowie den drei Tracern.

Die Bestimmung der 14 Antibiotika-Einzelstoffe sowie der drei Tracer-Substanzen erfolgte nach

DIN 38407 F47 (Entwurf) durch das Labor IWU Luisenthal. Das Institut ist Mitglied im DIN Arbeitskreis „LC/MS/MS Verfahren“ und war fachlich an der Entwicklung der oben genannten Norm beteiligt.

Tabelle 3: Nachweisgrenzen (NWG) des Labors in den verschiedenen Umweltmedien (TM: Trockenmasse; n.u.: nicht untersucht) zu den ausgewählten Wirkstoffen

| Wirkstoff | NWG Wasser [ng/l] | NWG Klärwasser [ng/l] | NWG Gülle [ng/g TM] | NWG Gärest [ng/g TM] | NWG Boden [ng/g TM] |
|--|-------------------|-----------------------|---------------------|----------------------|---------------------|
| Sulfonamid-Einzelwirkstoffe und Transformationsprodukte sowie Trimethoprim | | | | | |
| 4-Hydroxy- Sulfadiazin | 6 | 6 | 20 | 20 | 2 |
| Sulfaethoxyimidazin | 2 | 2 | 20 | 20 | 2 |
| Sulfamerazin | 2 | 2 | 20 | 20 | 2 |
| Sulfadiazin | 2 | 2 | 20 | 20 | 2 |
| Sulfathiazole | 2 | 2 | 20 | 20 | 2 |
| Sulfadimidin | 2 | 2 | 20 | 20 | 2 |
| Sulfadoxin | 2 | 2 | 20 | 20 | 2 |
| Sulfamethoxyimidazin | 2 | 2 | 20 | 20 | 2 |
| N-Ac-Sulfadiazin | 2 | 2 | 20 | 20 | 2 |
| Sulfachloropyridazin | 6 | 6 | 20 | 20 | 2 |
| Sulfamethoxazol | 2 | 2 | 20 | 20 | 2 |
| Sulfadimethoxin | 2 | 2 | 20 | 20 | 2 |
| N-Ac- Sulfamethoxazol | 6 | 6 | 20 | 20 | 2 |
| Trimethoprim | 2 | 2 | 20 | 20 | 2 |
| Tracer-Wirkstoffe für lokalen Abwassereintrag über häusliche Kleinkläranlagen | | | | | |
| Koffein | 15 | 15 | n.u. | n.u. | n.u. |
| Carbamazepin | 0,3 | 0,3 | n.u. | n.u. | n.u. |
| Acesulfam-K | 6 | 6 | n.u. | n.u. | n.u. |

Die Analytik auf Sulfonamide erfolgte mittels Flüssigkeitschromatographie (LC) und tandemmassenspektrometrischer (MS) Detektion nach Direktinjektion der Probe bzw. des aufbereiteten Extraktes. Wegen der zu erwartenden geringen Konzentrationen der Rückstände im Grund- und Sickerwasser (wenige ng/l), sind mögliche Interferenzen durch eine sorgfältige Probenvorbereitung zu beseitigen oder zu kompensieren. Dies gilt in besonderem Maße auch für die Vorbereitung der Gärrest- und Gülle- sowie Bodenproben, um die in der LC-MS bekannten Matrixeffekte auszuschließen. Sämtliche Bestimmungen wurden als Doppelbestimmung durchgeführt. Die Quantifizierung erfolgte durch externe Kalibrierung unter Einbeziehung der internen Standards. Gegebenenfalls wurden Positivbefunde mittels Standardadditionsverfahren abgesichert.

Zu Beginn der Bodenanalytik wurden zwei verschiedene Aufschlussverfahren nach Hamscher et al. (2005) und nach Förster et al. (2008) angewendet. Zusätzlich führte IWU eine hausinterne Extraktion analog DIN 38414 S14 durch. Diese Untersuchung diente der Qualitätssicherung. Der Vergleich der Aufschlussmethoden ergab für die Analytik nach Förster et al. (2008) die höchsten Befunde. Um den Ansatz des worst-case Szenarios weiter zu verfolgen, wurden die weiteren Proben mit dieser Methode vorbereitet. Die Angabe der Ergebnisse der Feststoffproben erfolgte bezogen auf deren Trockenmasse (DIN EN 12880), um die Vergleichbarkeit von Substanzen bei Proben mit unterschiedlichem Wasseranteil zu ermöglichen.

8 Ergebnisse und Interpretation

In diesem Kapitel werden alle erhobenen Daten zur chemischen Beschaffenheit des Grundwassers mit den Ergebnissen der Analytik des Bodens, des Sickerwassers und des oberirdischen Wassers, der Wirtschaftsdünger und des häuslichen Abwassers in Beziehung gesetzt. Die Reihenfolge der Beschreibung erfolgt von den potentiellen Quellen (Dünger, Abwasser) über die

Transportpfade (Boden, Wasser) bis zum Grundwasser. Ergänzend dazu werden in die Interpretation Daten des UBA, die seit 2012 gewonnen wurden (Hannappel et al. 2014a, 2016), mit frdl. Genehmigung des UBA einbezogen. Anhang 2 enthält die Grundwasserdaten in tabellarischer Form.

8.1 Antibiotika in organischen Wirtschaftsdüngern

An jedem der sechs Standorte konnten Wirtschaftsdünger beprobt werden. Zehn Betriebe gaben Gülleproben ab, zusätzlich wurden drei Biogasanlagen beprobt. Insgesamt wurden 42 Gülle- und 18 Gärrestproben analysiert. Weiterhin wurden zwei Proben von Hühnermist genommen, der anschließend zur Vergärung in eine Biogasanlage verbracht wurde. Von der LUFA Nord-West wurden einmalig neun Dünger- und drei Gärrestproben auf Nährstoffe analysiert.

Die exemplarische Auswertung von Gesamtstickstoff in kg/m^3 beprobter Frischmasse zeigt, dass die Konzentrationen in den Gärresten höher sind als in den beprobten Güllen. Bei den Gärresten reichen die Konzentrationen bis nahezu 8 kg N/m^3 und bei den Güllen bis fast 6 kg N/m^3 bei einer deutlichen Varianz der Gehalte.

Zur Berechnung der jährlichen Ausfuhrtonnage von Stickstoff auf die Schläge wurden die Angaben aus den Fragebögen an die Landwirte zur Verbringung von Wirtschaftsdünger in Kubikmeter seit 2009 gemittelt. Für Schläge mit Aufbringung von Gülle und Gärresten wurden die jeweiligen Anteile gewichtet. Alle Standorte mit ausschließlicher oder teilweiser Gärrestdüngung überschreiten die Obergrenze des Stickstoffanfalls nach der (geplanten) Neuregelung der DüV. Damit ist die sehr hohe potentielle Belastung der Standorte im Hinblick auf den Eintrag von Stickstoff in das Grundwasser nachgewiesen.

Für die Antibiotikanachweise erfolgte bis auf die Januarproben von vier Betrieben sowie in zwei

Proben eines weiteren Betriebes die Probenentnahme aus homogenisierter Gülle. Lediglich bei einem Betrieb war eine Homogenisierung nicht möglich, hier handelte es sich aber um sehr dünnflüssige Kälbergülle, die als Mischproben gewonnen wurden. Die Probenentnahmen der Gärreste erfolgten sowohl aus dem Fermenter als auch dem Endlager in homogenisierter Form.

Die beiden Hühnermistproben enthielten keine Sulfonamide und werden im Folgenden nicht weiter berücksichtigt. Von den insgesamt 60 Gülle- und Gärrestproben enthielten 47 Sulfonamid-Funde. Das entspricht 78 %. Dabei ist der Anteil der verschiedenen Sulfonamid-Einzelwirkstoffe sehr verschieden, wie Abb. 14 zeigt.

Den größten Anteil halten SDZ und 4-OH-SDZ. N-Ac-SDZ wurde ausschließlich zusammen mit SDZ und 4-OH-SDZ gefunden. SDM wurde in einem deutlich geringeren Umfang (36 % der Proben gegenüber 60 % bei SDZ bzw. 4-OH-SDZ) und SMX in nur einer Probe analysiert. Als weitere Sulfonamide wurden vereinzelt Sulfadimethoxin, Sulfamethoxypyridazin, Sulfachloropyridazin und Sulfamerazin in niedrigen Konzentrationen gefunden. Sulfadimethoxin wurde am Standort Bösel (TGWM 22, F1) sowie in Lohe (F6) einmalig unter der BG im Grundwasser bzw. im Boden festgestellt. Weiterhin wurde in fünf Proben TMP, das in der Tiermedizin zumeist als Kombinationspräparat mit SDZ angewendet wird, gefunden.

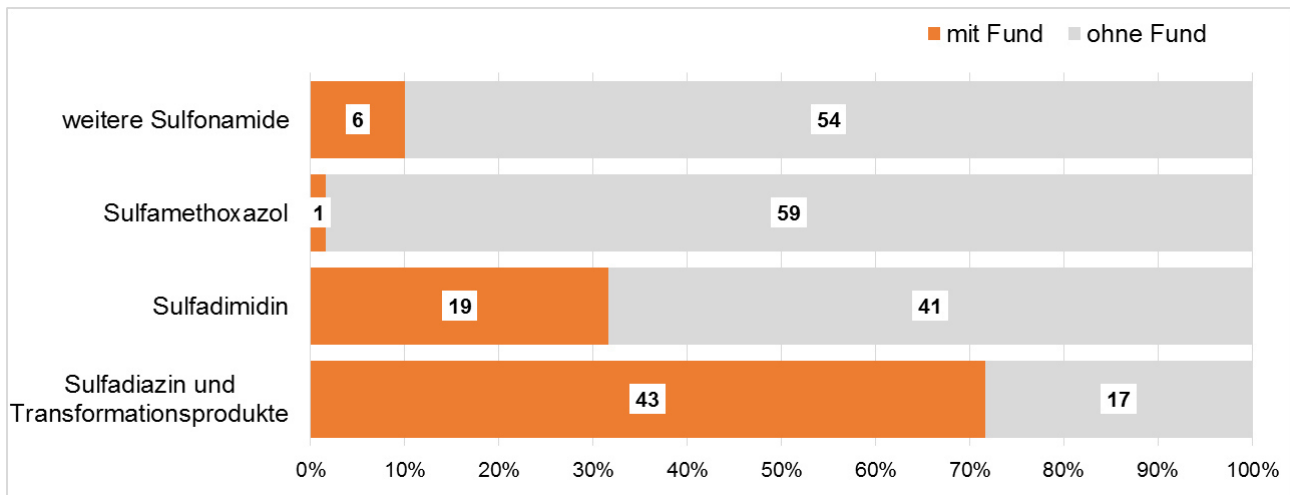


Abb. 14: Anteile der Sulfonamid-Funde in den 60 Gülle- und Gärrestproben (Zahlen: Anzahl der Proben)

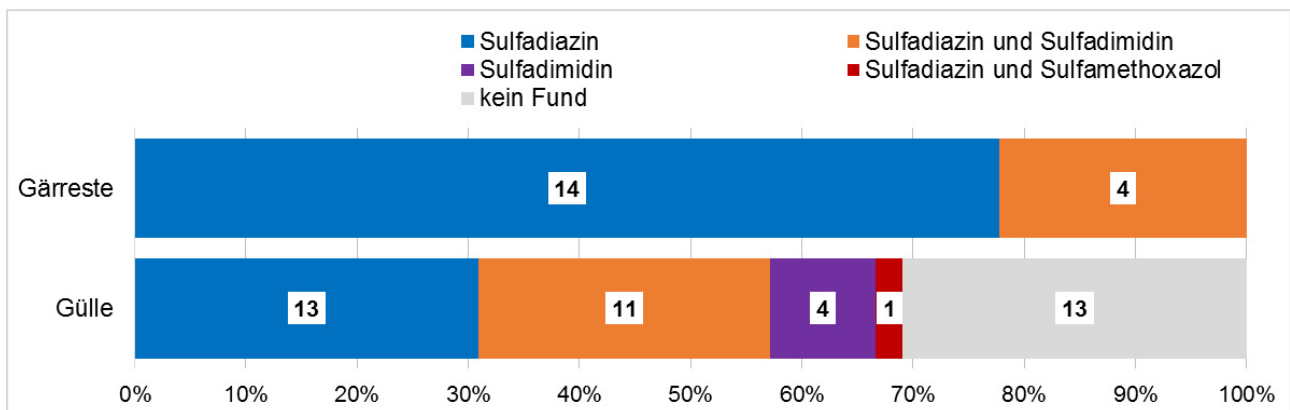


Abb. 15: Anteile der Sulfonamid-Funde nach Art des Wirtschaftsdüngers in den 60 Proben (Zahlen: Anzahl Proben)

In allen Gärrest- und in 69 % der Gülleproben wurden Sulfonamide analysiert (s. Abb. 15). In den Gärresten wurde stets SDZ und 4-OH-SDZ gefunden, untergeordnet auch SDM. In den Gülleproben war die Verteilung heterogener. Hier gab es sowohl keine Funde als auch Kombinationen von SDZ-, SDM-, SMX- und weitere Sulfonamid-Funde. Der einmalige SMX-Fund lag unterhalb der BG von 50 ng/g TM und wurde in den Wiederholungsbeprobungen nicht bestätigt. Nach Aussage des Landwirtes werden in diesem Betrieb keine Sulfonamide eingesetzt. Zwei der drei anschließenden Probenentnahmen erfolgten als nicht homogenisierte Proben, die dritte sowie auch die Probe mit dem Fund erfolgten aus homogenisierter Gülle. Die gegenüber der Humanmedizin deutlich geringere Verabreichung des Einzelwirkstoffes SMX spiegelt sich auch in den Fundhäufigkeiten anderer Untersuchungen wider. Harms (2006) detektierte drei SMX-Funde in Schweinegülle mit einem maximalen Gehalt von

50 ng/g TM. Das entspricht einem Fundanteil von 0,8 %. Auch Ratsak et al. (2013) fanden - mit einem nur geringfügig höheren Anteil von 4,3 % - SMX in Gärresten mit einer Maximalkonzentration von 160 ng/g TM. Obgleich in allen Gärresten Sulfonamide gefunden wurden, sind deren Konzentrationen deutlich niedriger als in den Gülleproben und über den gesamten Zeitraum der Probenentnahmen stabiler. Die Ausbringung der Wirtschaftsdünger an den fünf Standorten erfolgte nicht vor Februar 2016.

Bei den Gehalten in der Gülle ist eine hohe Schwankungsbreite zu sehen. Die höchsten Sulfonamid-Gehalte wurden zumeist im Januar gemessen. Das Maximum lag bei 15.000 ng/g TM 4-OH-SDZ. Generell liegen die mittleren Gehalte der Funde mit 2327 ng/g TM deutlich über denen der SDZ-Funde mit 1092 ng/g TM. Die SDM-Gehalte liegen im Mittel bei 240 ng/g TM. Im Vergleich zu den Gülleproben wurden bei den Gärresten

niedrigere Konzentrationen und ein Maximum von 4-OH-SDZ von 2900 ng/g TM gemessen. Im Mittel liegen Gehalte von 460 (4-OH-SDZ), 326 (SDZ) bzw. 39 (SDM) ng/g TM vor. Aufgrund der großen Varianz der Einzelwerte wurde zusätzlich zum arithmetischen Mittelwert der Medianwert gebildet, der gegenüber Ausreißern robuster ist. Abb. 16 zeigt diese deutlichen Unterschiede, vor allem bei SDZ und 4-OH-SDZ in der Gülle.

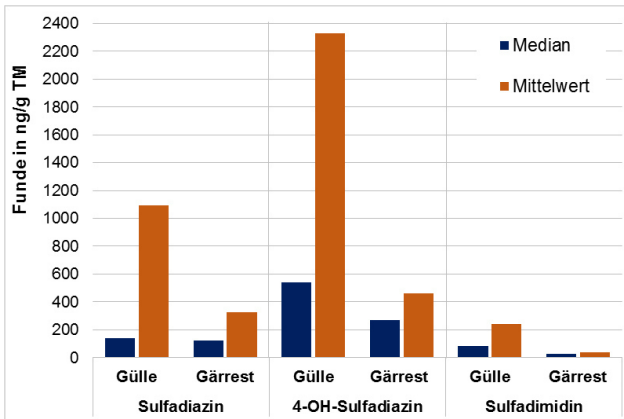


Abb. 16: Stoffbezogene Gegenüberstellung der Mittel- und Medianwerte der Fundkonzentrationen

Die vorrangig in einem Betrieb bzw. als Einzelwerte vorgefundenen hohen Gehalte dieser

beiden Wirkstoffe widerspiegeln nicht die Gesamtheit der Fundkonzentrationen über alle Betriebe. Für SDM und die Funde in den Gärresten ist diese Diskrepanz aufgrund der niedrigeren Gehalte geringer.

Abb. 17 zeigt den Vergleich mit weiteren Daten aus der Literatur, in denen die Funde ebenfalls als Medianwert angegeben sind. Die Anzahl der untersuchten Proben schwankt stark von 380 (Harms 2006) zu 69 (Ratsak et al. 2013) und 29 (Hannappel et al. 2016). Bei den vorliegenden Untersuchungen wurden 60 Wirtschaftsdünger analysiert. Harms (2006) untersuchte ausschließlich Schweinegülle. Zu berücksichtigen sind beim Vergleich der unterschiedlichen Daten auch unterschiedliche BG.

Mit den vorliegenden Daten lässt sich wegen der Varianz der Konzentrationen keine klare Aussage zur Höhe der Funde in den unterschiedlichen Wirtschaftsdüngern treffen. Auch dass die Gehalte in den Gärresten generell niedriger sind, ist aufgrund der niedrigen Probenanzahl nicht interpretationsfähig. Es ist jedoch plausibel, da Gärreste immer Mischungen mit auch unbelasteten Gülle sind.

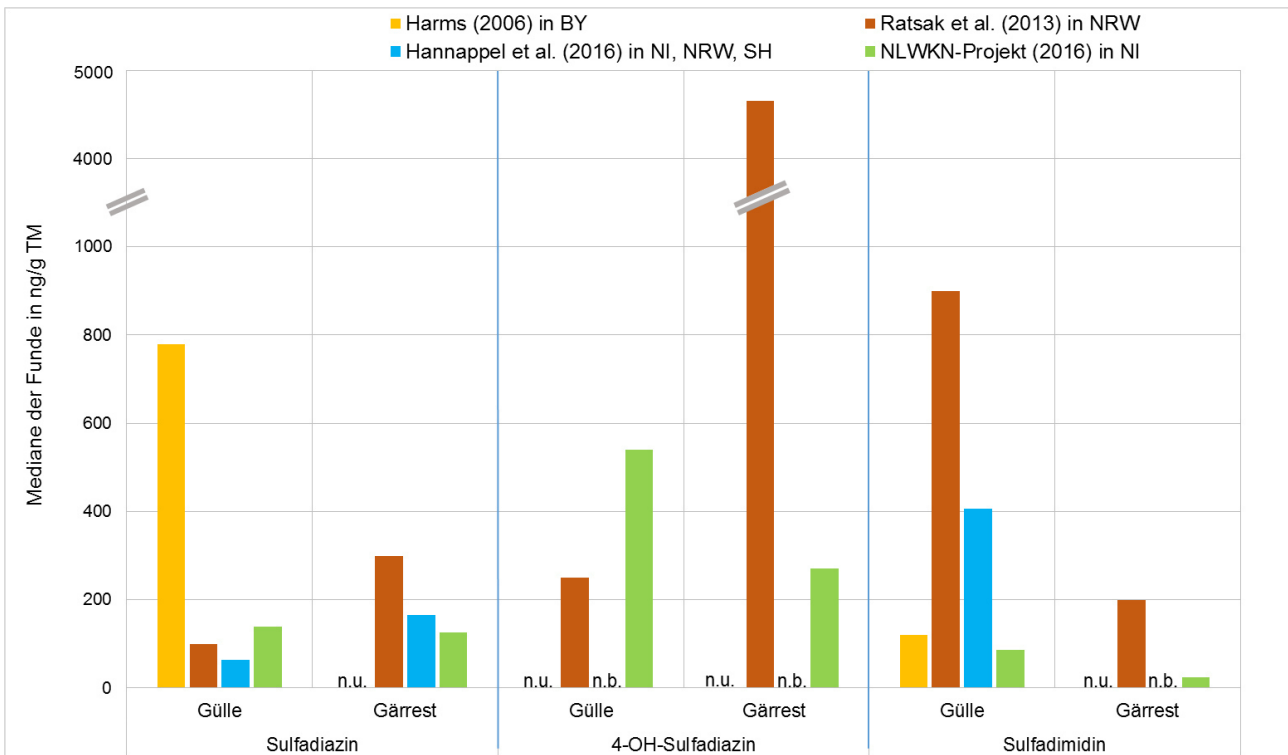


Abb. 17: Vergleich der stoffbezogenen Mediankonzentrationen mit weiteren Untersuchungen (n.u.: nicht untersucht; n.b.: nicht bestimmbar; die Ordinatachsen ist unterbrochen dargestellt)

8.2 Antibiotika in häuslichen Kleinkläranlagen

An den drei Standorten Bösel, Markhausen und Carum wurden die in das Grundwasser einleitenden Kleinkläranlagen innerhalb des Zustromgebietes beprobt. Die Intensität der Probenentnahme erfolgte nach in Kapitel 15 dargestellten Kriterien. Insgesamt wurden aus acht KKA 40 Proben entnommen. Inklusiv der Daten des UBA-Projektes (Hannappel et al 2016) stehen 49 Ergebnisse zur Verfügung.

In Bösel wurden von Februar 2015 bis Mai 2016 insgesamt 44 Wasserproben aus vier KKA entnommen und analysiert. In 13 Proben wurden Sulfonamide nachgewiesen, das entspricht etwa 30 %. Dabei variiert der Anteil der Funde je KKA (Abb. 18, links) von 50% (KKA IV) bis 13% (KKA I). Wird TMP als weiteres Antibiotikum hinzuge-rechnet (Abb. 18, rechts), beträgt der Fundanteil bis zu 75 % (KKA III).

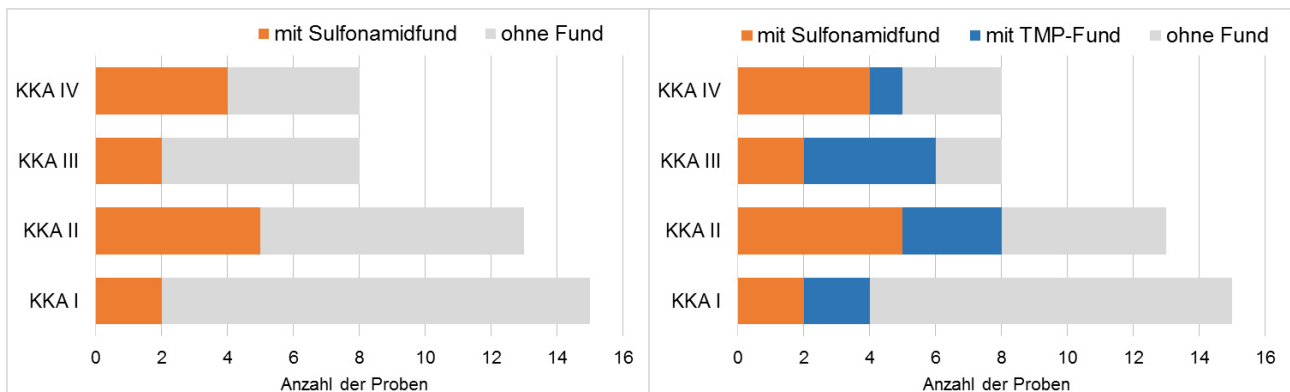


Abb. 18: Anteile der Sulfonamidfunde (links) und der Funde einschließlich Trimethoprim (rechts) in den KKA in Bösel

In den fünf Proben der Standorte Carum und Markhausen wurden keine Antibiotika (Sulfonamide und TMP) nachgewiesen. In vier Proben wurde CMZ gefunden, das Maximum aller Proben lag bei 70 ng/l. Im Schnitt wurden in 52 % der Proben Antibiotika nachgewiesen. Gänzlich frei von Arzneimitteln sind lediglich 20 % der untersuchten Abwässer, da als weiteres Medikament CMZ in zwei Dritteln der Proben detektiert wurde.

Aufgrund des hohen Durchsatzes zeigte sich eine hohe zeitliche Varianz der Konzentrationen. Überwiegend wurden SDZ und SMX sowie deren Metabolite im häuslichen Abwasser der KKA nachgewiesen. Auffällig ist, dass als Metabolit von SDZ nur N-Ac-SDZ auftritt und kein 4-OH-SDZ analysiert wurde. Neben den häuslichen Abwässern wurde N-Ac-SDZ auch zweimal in Gülle detektiert, wobei hier eindeutig das 4-OH-SDZ überwiegt. In den anderen Umweltmedien wie Boden oder Wasser, insbesondere Grundwasser, wurde dieser Stoff nicht gefunden.

Die Konzentrationen der Sulfonamid-Funde liegen überwiegend unter 100 ng/l, einzig bei SMX und

dessen Metaboliten N-Ac-SMX wurden einmalig deutlich über 1000 ng/l analysiert. Die hohen Funde an SMX und N-Ac-SMX, welcher sich leicht in den Ausgangsstoff zurückwandeln kann (Kümmerer et al. 2011, Hamscher & Mohring, 2012), lassen den Eintrag von SMX in das Grundwasser über KKA plausibel erscheinen. SDM wird seit 2003 nicht mehr in der Humanmedizin verschrieben. Der einmalige Fund im Abwasser unterhalb der BG von 6 ng/l zeigt vermutlich eine Verschleppung aus der Tiermedizin, z. B. über Hautkontakt durch Stallstäube, an. Als weitere Sulfonamide wurden einmalig Sulfamethoxy-pyridazin und Sulfaethoxy-pyridazin (beide unter 6 ng/l) detektiert. Diese Stoffe wurden nicht im Grundwasser gefunden.

Mit 41 % ist TMP das am häufigsten auftretende Antibiotikum. Es wird in der Humanmedizin sowohl als Kombinationspräparat mit SMX als auch als Einzelmedikament abgegeben. Das Maximum lag bei 710 ng/l. CMZ ist mit 67 % das am häufigsten in den Abwasserproben vertretene Medikament (Abb. 19).

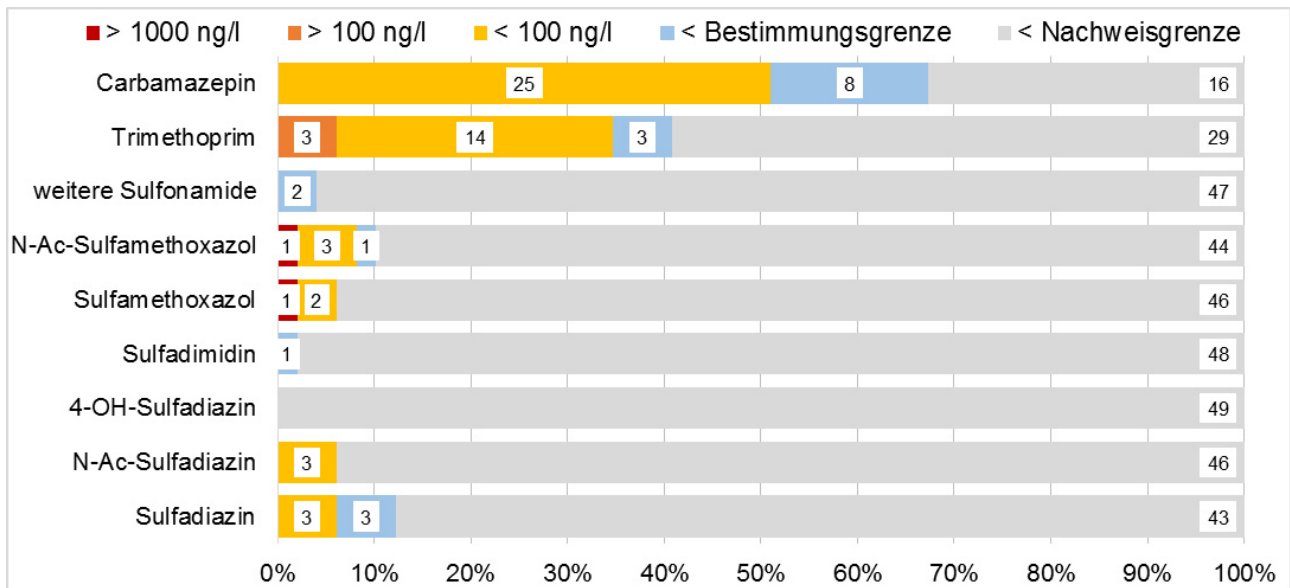


Abb. 19: Anteile der Antibiotikafunde in 49 Abwasserproben (Zahlen in der Grafik: Anzahl der Proben)

Dieser Stoff wurde neben Koffein und Acesulfam-K als Tracer für die humane Beeinflussung von Wasser verwendet. Im Grundwasser wurde CMZ vor allem in Bösel an der TGWM 22 und den beiden Dränauslässen gefunden. Das fast stetige Auftreten von CMZ an den drei Standorten zeigt, dass dieser Wirkstoff bei den KKA für diese Standorte ein guter Tracer für die humane Beeinflussung des Grundwassers ist. Alle auf Acesulfam-K untersuchten Proben wiesen deutliche Funde auf. Dies deckt sich mit der in Kapitel 7 beschriebenen weiten Verbreitung von Acesulfam. Bei der Analyse von zwölf Grundwasserproben der sechs Landesmessstellen zeigten sich ausschließlich in Bösel Funde.

Ein Eintrag von Antibiotika ist sowohl über den Pfad: Wirtschaftsdünger → Boden → Grundwasser als auch über die Abwasser-Einleitung in das Grundwasser möglich. Die Beprobung weiterer Medien wie Sickerwasser, Dränauslässe und oberirdische Gewässer und zusätzliche Tracer sollen den Eintragspfad für die einzelnen Sulfonamid-Wirkstoffe erhärten.

Während Acesulfam-K in allen untersuchten Kleinkläranlagen zu finden ist, tritt es im Grundwasser nur an der Messstelle Bösel I auf. Daneben gibt es Funde von CMZ im Grund- und Dränwasser an diesem Standort. Auch in Lohe zeigten sich im oberirdischen Gewässer CMZ-Funde. Diese beiden Standorte sind die einzigen

mit SMX-Funden im Grundwasser (Bösel I, TGWM 22 und TGWM 30). Im Zustrom zur TGWM 30 und dem beprobtem Graben in Lohe befindet sich eine in das Grundwasser einleitende KKA. Dies gilt nicht für die Messstelle Lohe I.

Aus diesen Ergebnissen lässt sich ein Zusammenhang zwischen dem Auftreten der Tracer und von SMX herstellen. Die deutliche Beeinflussung des Grundwassers durch Abwasser in Zusammenhang mit dem überwiegenden Einsatz von SMX als Humanarzneimittel (Kapitel 3.1) zeigt, dass dieser Wirkstoff über die KKA eingebracht wird. Zudem wurde SMX nach Auswertung der Fragebögen im Zeitraum der letzten acht Jahre nicht an die Tiere verabreicht und nur einmal unterhalb der BG in der Gülle analysiert. Im Boden ließen sich keine Wirkstoffrückstände finden.

Ein gänzlich anderes Bild ergibt sich für SDM und SDZ. SDM ist seit 2003 in der Humanmedizin nicht mehr verkehrsfähig und für SDZ gibt es nur wenige Anwendungsbereiche (Kapitel 3.1). Zugleich konnten diese Wirkstoffe im Gegensatz zu SMX nur in deutlich geringer Dosis im häuslichen Abwasser gefunden werden. Die häufigen Funde in Güllen, Gärresten und in den Böden belegen den Eintrag von SDM und SDZ über den Wirtschaftsdüngerpfad eindeutig.

8.3 Bodenchemische Untersuchungen

Alle Schläge in den Zustromgebieten der sechs Landesmessstellen sowie weitere ausgewählte Flächen konnten mit Zustimmung der Landwirte mindestens einmal beprobt werden. Einmalig wurden zehn Bodenproben durch die LUFA Nord-West analysiert und abhängig von der jeweiligen Bodenart sowie dem Humus- und dem Tonanteil klassifiziert. Mit dieser Einordnung werden für den Landwirt Düngeempfehlungen ausgesprochen.

Die Ergebnisse der Analytik auf den pH-Wert zeigen überwiegend saure Oberböden an den Standorten. Die Hälfte der Proben weisen pH-Werte unterhalb des „anzustrebenden“ Wertes auf. Die Nährstoffversorgung mit Phosphor, Kalium und Magnesium ist für jeden Schlag anders. Bei Phosphor zeigt sich zu etwa 80 % eine Überdüngung. Nur zwei der untersuchten Böden weisen den anzustrebenden Nährstoffgehalt auf. Zu berücksichtigen ist, dass nach der DüV unter bestimmten Voraussetzungen auch eine höhere P-Zufuhr zulässig ist. Der Phosphor-Bedarf ist für Mais, Kartoffeln und Feldgras um 20 bis 30 kg/ha pro Jahr höher als für Getreide. Für Kalium zeigen 40 % der untersuchten Böden die anzustrebenden Gehalte, jeweils 30 % der Böden sind mit diesem Nährstoff unter- bzw. überversorgt. Für Magnesium besteht eine Unter- bzw. Überversorgung von 40 %. Eine ständige Überdüngung an Phosphor, Kalium und Magnesium ist nicht zu sehen. Nur die Böden der Schläge F1 und F9 weisen für alle drei Nährstoffe zu hohe Gehalte auf.

Für die Laboranalyse der Bodenproben auf Antibiotika standen zu Projektbeginn zwei Verfahren zur Diskussion: nach Hamscher et al. (2005) bzw. nach Förster et al. (2008). Die ersten sechs Bodenproben wurden mit beiden Methoden bestimmt, um die Ergebnisse untereinander vergleichen und darauf basierend ein Verfahren auswählen zu können. Bei der stärkeren Extraktion nach Förster et al. (2008) konnte 4-OH-SDZ nachgewiesen werden. Anschließend bereitete das Labor alle Proben noch einmal auf, um die Nachweis- und BG weiter zu verbessern. Im Ergebnis konnte zusätzlich noch SDM detektiert werden. Auch nach dem Verfahren von Hamscher et al. (2005) wurden beide Stoffe, in sehr geringen Konzentrationen, gefunden. Die Methode nach

Hamscher et al. (2005) liefert zwar für Tetrazykline relativ gute Extraktionsraten im Boden, scheint aber für Sulfonamide deutlich geringere Anteile zu extrahieren als die Methode von Förster. Ausgehend von den bisher angewandten worst-case-Kriterien und im Sinne des vorbeugenden Grundwasserschutzes wurde vereinbart, die Methode nach Förster et al. (2008) zu verwenden. Unklar bleibt allerdings, welcher Anteil der damit quantifizierten Sulfonamide-Gehalte im Boden tatsächlich auswaschungsrelevant bzw. auf Dauer mobilisierbar ist.

In 74 % der 94 nach Förster et al. (2008) analysierten Bodenproben wurden Sulfonamide nachgewiesen. Die zehn zusätzlichen Doppelbestimmungen nach Hamscher et al. (2005) ergaben keine Funde. Auffällig ist der hohe Fundanteil an 4-OH-SDZ gegenüber dem Ausgangswirkstoff SDZ. Diese Umwandlung kann entweder metabolisch erfolgen oder nach dem Auftrag auf den Boden durch Umwelteinflüsse. Weiterhin wurde SDM und in zwei Fällen auch Sulfadimethoxin gefunden. SMX wurde nicht analysiert. Die Gehalte liegen unterhalb oder etwas oberhalb der BG. Auffällig sind die 4-OH-SDZ-Konzentrationen auf dem Schlag F61 mit Werten um die 100 ng/g TM. Dies ist schon deshalb ungewöhnlich, weil Sulfonamide nicht gut an den Boden adsorbieren, sondern mit der flüssigen Phase weiter transportiert werden. Aufgrund dieses Ergebnisses wurde im Projektverlauf entschieden, die Probenentnahmeintensität an allen Standorten zu erhöhen. Im August fand daher an ausgewählten Standorten eine weitere Probenentnahme statt.

Ähnlich den Funden im Grundwasser sind auch im Oberboden 4-OH-SDZ und SDM an allen Standorten anzutreffen. Dadurch ist der Eintrag dieser Stoffe über die Wirtschaftsdünger in den Boden und das Grundwasser nachgewiesen. Für SDZ besteht zusätzlich noch die Möglichkeit eines Eintrags über häusliche Abwässer. Abb. 20 zeigt die Fundanteile im Boden auf den Schlägen an den sechs Standorten. Dabei reicht die Verteilung der Wirkstoffe auf den Schlägen von nicht analysiert bis sowohl SDZ als auch SDM gefunden. Die Darstellung SDZ beinhaltet hier auch immer das Transformationsprodukt 4-OH-SDZ.

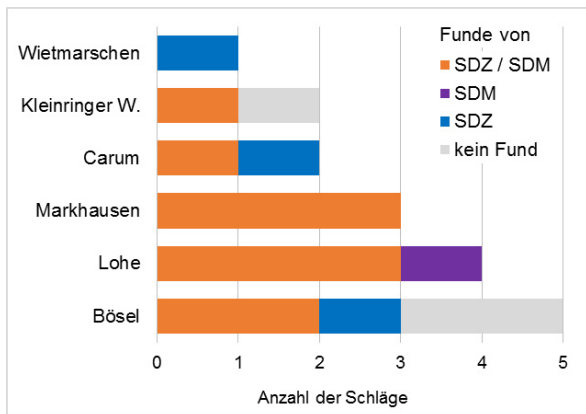


Abb. 20: Anteile der Sulfonamid-Einzelwirkstoffe auf den Schlägen der sechs Standorte

Pro Schlag wurden zumeist zwei Mischproben zu zwei verschiedenen Terminen genommen. Insbesondere niedrige SDM-Funde wurden teilweise nur in einer der beiden Proben eines landwirtschaftlichen Schlages gefunden, der gesamte Schlag aufgrund des Fundes aber dennoch als „Funde von SDZ / SDM“ klassifiziert. Einzig auf zwei Schlägen in Bösel und einem in Kleinringer Wösten wurden keine Sulfonamide detektiert. Ein Schlag in Lohe zeigte ausschließlich SDM-Funden nahe der BG.

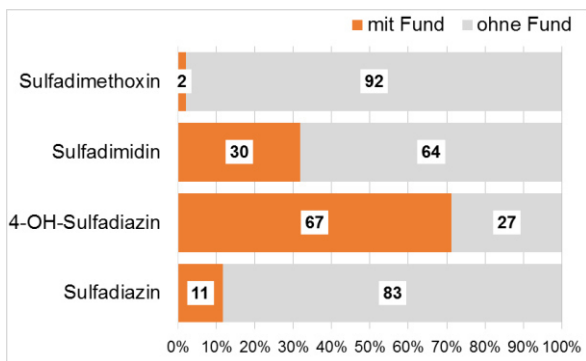


Abb. 21: Anteile der Sulfonamid-Einzelwirkstoffe in den Bodenproben (Zahlen: Anzahl der Proben)

In Abb. 21 sind die Anteile der einzelnen Sulfonamid-Wirkstoffe dargestellt. Deutlich ist das häufige Vorkommen von 4-OH-SDZ zu erkennen. 96 % der Proben mit Funden beinhalten diesen Stoff. Beim Ausgangsstoff SDZ sind es nur 16 % und bei SDM 43 % der Proben mit Funden. Ebenso unterschiedlich sind die Fundkonzentrationen ausgeprägt. Sulfadimethoxin wurde jeweils einmalig als Einzelfund auf je einem Schlag in Bösel und in Lohe unterhalb von 6 ng/g TM nachgewiesen. Im Grundwasser wurde dieser Stoff bisher einmalig

im Juli 2015 an der TGWM 22 (Bösel) unterhalb der BG nachgewiesen.

Bis auf 4-OH-SDZ sind die Abweichungen zwischen den Mittel- und Maximalgehalten der Bodenproben mit Sulfonamid-Funden nur geringfügig. Der Schlag F61 zeigt 4-OH-SDZ-Konzentrationen mit durchschnittlich 42 ng/g TM bis hin zu 120 ng/kg TM und liegt damit um ein Vielfaches über denen der anderen Standorte. Hierbei muss jedoch von einer temporären Anomalie und nicht von einer Anreicherung im Boden ausgegangen werden, wie sie z. B. für Tetrazykline vermutet wurde (Hembrock-Heger et al. 2011). Zwar zeigte auch die im direkten Abstrom der Fläche errichtete TGWM 31 mit 150 ng/l im Mai 2016 den höchsten gemessenen Wert von 4-OH-SDZ im Grundwasser, weitere Bodenprobenentnahmen im März, Mai und September 2016 ergaben aber, trotz kurz zuvor erfolgter Düngung, deutlich geringere Konzentrationen. Dabei waren die 4-OH-SDZ-Gehalte der Gülle mit 8300 ng/g TM (Februar 2016) ungleich höher als die des Gärrestes (190 ng/g TM, Mai 2016). Die im weiteren Abstrom befindliche Landesmessstelle zeigte 2016 keine 4-OH-SDZ-Funde und im Jahr 2015 nur SDZ-Funde unter 4 ng/l. Im Mai 2016 wurden die beiden zurückgestellten Bodenproben mit den hohen Fundanteilen von Dezember 2015 erneut analysiert. Die Analyse nach Förster et al. (2008) ergab für 4-OH-SDZ einen deutlichen Konzentrationsabbau. N-Ac-SDZ als weiteres Abbauprodukt wurde nicht gefunden. Der Gehalt an SDZ und SDM lag unverändert nahe bzw. unterhalb der BG von 6 ng/g TM. Wie der Fund im Grundwasser an der TGWM 31 im direkten Abstrom der Fläche zeigt, adsorbiert das Transformationsprodukt 4-OH-SDZ nur zum Teil an den Boden und findet sich im Grundwasser wieder. Gleichzeitig kommt es auch während der Bodenpassage vermutlich zu einem Abbau. Dokumentiert wird das auch durch die Analytik der Rückstellprobe mit deutlich niedrigeren Konzentrationen dieses Stoffes.

Auf 14 Schlägen konnten an 26 Entnahmepunkten zu verschiedenen Zeitpunkten Proben genommen werden. Die im Herbst/Winter 2015 entnommene Probe gilt als Ausgangswert, im Februar bis Mai 2016 entnommene Proben datieren kurz nach Aufbringen des Wirtschaftsdüngers.

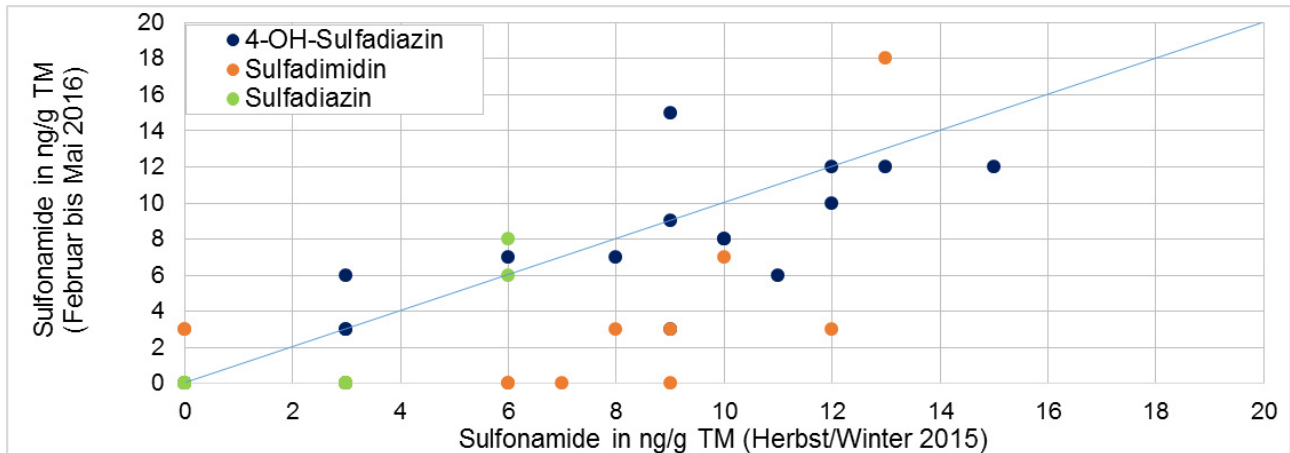


Abb. 22: Sulfonamidgehalte aller Standorte im Boden vor und nach Wirtschaftsdüngerauftrag (die blaue Linie markiert die 1 : 1-Beziehung)

Eine Ausnahme bildet die F80, bei welcher der Ausgangswert einer vom LBEG bereitgestellten Analyse vom März 2015 entstammt. In Abb. 22 ist der Bereich bis 20 ng/g TM, in dem sich die Werte überwiegend bewegen, dargestellt. Gezeigt sind die drei Sulfonamid-Einzelwirkstoffe mit mehr als zwei Funden. Die Scharung der Werte entlang der blauen Linie zeigt keine signifikante Veränderung zwischen den Entnahmetermen an. Höhere Werte nach dem Auftrag von Wirtschaftsdünger über der Linie sind dagegen nur untergeordnet. Bei SDM liegen die Konzentrationen in der Ausgangsprobe sogar oft über denen der nach Düngerauftrag entnommenen Probe. Bei SDZ und 4-OH-SDZ zeigt sich zu beiden Zeitpunkten ein ähnlicher Fundgehalt. Allerdings bewegen sich die Konzentrationen und die entsprechenden Abweichungen von maximal 9 ng/g TM auf einem äußerst niedrigen Niveau. Auf den Schlägen F2, F57, F11 und F12 wurde zu keinem Zeitpunkt SDM im Boden gefunden. Auf den Schlägen F57, F5 und F11 wurde kein 4-OH-SDZ detektiert. Die

Sulfonamid-Konzentrationen vor und nach Düngemittelauftrag sowie die späteren Probenentnahmen im Mai und August deuten auf eine fehlende Adsorption der Stoffe im Boden hin.

Dem Boden kann aufgrund der starken Bindungskräfte an seiner Matrix eine „Gedächtnisfunktion“ zukommen (Höper, 2011), Stoffakkumulationen sind möglich. Dafür sprechen auch die Funde auf dem Schlag F10, auf dem seit über zehn Jahren kein Wirtschaftsdünger mehr verbraucht wird. In zwei der drei hier entnommenen Proben finden sich geringfügige 4-OH-SDZ-Konzentrationen unterhalb der BG (< 6 ng/g TM). Auf den anderen Schlägen begannen die Bodenprobenentnahmen für den Ausgangswert im September 2015. Zu den Probenentnahmezeitpunkten lag der letzte Gülleauftrag mindestens fünf Monate zurück mit Ausnahme der F11. Hier wurden aber weder in den Gülle- noch in den Bodenproben Sulfonamide gefunden.

8.4 Antibiotika in Drän-, Sicker- und oberirdischen Gewässern

Die Probenentnahme an den Dränauslässen und den Gräben war abhängig von der saisonalen Wasserführung. Bis auf den Düker (Dr) konnten an den Entnahmestellen jeweils zwei Proben genommen werden. Aufgrund des Fundes von SMX wurde der Dränauslass 1 in Bösel ein drittes Mal beprobt. Insgesamt wurden acht Proben an vier Dränauslässen und 14 Proben aus Gräben genommen, wobei jeweils die Hälfte der Proben Funde aufwies.

Die Funde zeigen wieder ein häufiges Auftreten von 4-OH-SDZ und SDM. Aufgrund der großen räumlichen Distanz ist aber nicht überall ein kausaler Zusammenhang zwischen Eintragsort und Fund gegeben. An einigen Standorten waren die Schläge nicht drainiert. Hier wird auf die Beprobung von Entwässerungsgräben zurückgegriffen, die nicht alle ständig und auch z. T. unterschiedlich stark wasserführend sind. In einigen Gräben

wird das Wasser von mehreren Schlägen gesammelt und durch Niederschläge verdünnt. Die Photolyse durch UV-Strahlung kann dann den Abbau der Sulfonamide beschleunigen (Jekel & Dott 2013). Die analytischen Ergebnisse können dann also ein Indiz für einen Eintrag sein, dessen Lokalität nicht immer bekannt ist. Auch in Carum ist der Schlag nicht drainiert, der beprobte Dränauslass liegt etwa 300 m entfernt im Abstrom. Aufgrund des Auftretens des Carumer Bachs als Vorfluter, besteht hier die Möglichkeit, dass dieses Grabensystem über den Interflow auch Anteile des Sickerwassers aus dem untersuchten Schlag enthält. Die im Vergleich zu den anderen Wasserproben recht hohen Konzentrationen sind aber überwiegend anderen Eintragsorten zuzurechnen.

Abb. 23 zeigt die Anteile der Sulfonamid-Funde in den jeweiligen Gewässern.

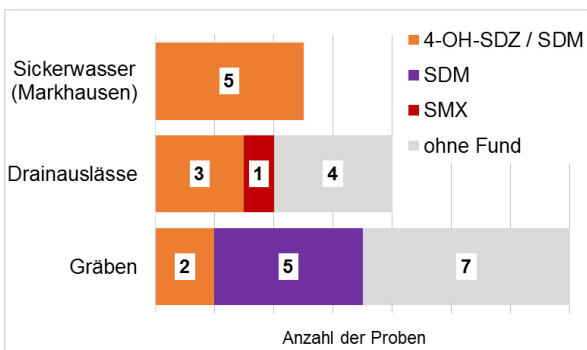


Abb. 23: Anteile der Sulfonamid-Einzelwirkstoffe in den Proben der oberirdischen Gewässer und des Sickerwassers

In 50 % der Proben aus Gräben und Dränauslässen wurden Sulfonamide gefunden. Dies war aufgrund der Verdünnungseffekte und des Abbaus von Antibiotika unter UV-Einfluss so nicht zu erwarten, allerdings ist die Datenlage bisher sehr gering. Dennoch sind diese Effekte an den deutlich niedrigeren Konzentrationen in den Gräben im Gegensatz zu denen der Dränauslässe zu erkennen. Im Sickerwasser der BDF wurden in allen fünf tiefenbezogenen Proben Sulfonamide gefunden. Die Analytik zeigte Funde von 4-OH-SDZ und SDM. Humantracer wurden nicht detektiert. Die beiden bereits im UBA-Projekt analysierten Sickerwasserproben zeigten ausschließlich SDM-Funde in geringeren Konzentrationen.

Insgesamt wurde - im Unterschied zu den Ergebnissen der Funde in Grundwasser und Boden - in

den oberirdischen Gewässern überwiegend SDM nachgewiesen, was primär auf Einträge aus der Anwendung in der Tiermedizin hindeutet. Dies könnte durch die schlechte Adsorption des Stoffes an die Bodenpartikel und einem Abbau während der Bodenpassage bedingt sein. Allerdings blieben die Funde im Sickerwasser im Zeitraum Februar März konstant, obwohl im August 2015 letztmalig vor Probenentnahme begüllt wurde. Ebenso wie im Sickerwasser wurde im Dränwasser und im Graben SDZ analytisch nicht nachgewiesen, sondern ausschließlich dessen Transformationsprodukt 4-OH-SDZ. Dies deckt sich mit den bisher erhaltenen Analysen der Bodenproben. Am Dränauslass 1 in Bösel wurde SMX in einer Konzentration von 40 ng/l gefunden. Eine Wiederholungsbeprobung zeigte keinen Befund mehr. SMX stellt einen Einzelfund dar, ebenso wie TMP, das sowohl in der Human- als auch in der Veterinärmedizin angewendet wird. Die Humantracer CMZ und Koffein wurden zeitlich schwankend an allen Standorten nachgewiesen. Wird CMZ als Arzneimittel zusätzlich zu den gefundenen Antibiotika betrachtet, erhöht sich die Fundquote der analysierten Arzneimittel auf 64 %.

Abb. 24 zeigt, dass von den elf Proben mit Sulfonamid-Funden drei zusätzlich CMZ beinhalten. Drei weitere Proben zeigen ausschließlich CMZ. An den Dränauslässen sind die CMZ-Konzentrationen mit bis zu 15 ng/l deutlich höher als in den Gräben mit Gehalten unter der BG von 0,9 ng/l.

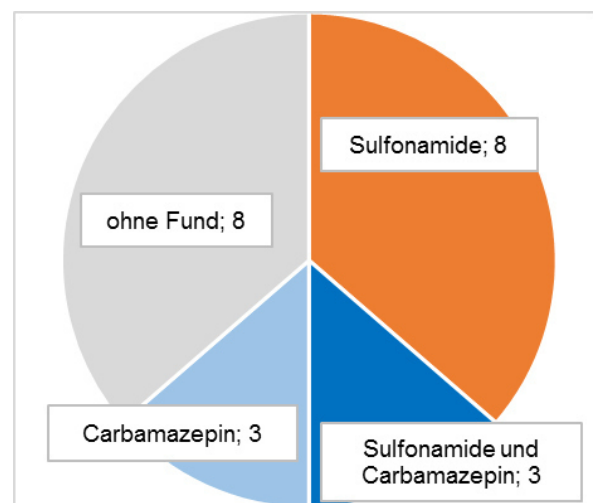


Abb. 24: Fundanteile von Sulfonamiden und Carbamazepin in Dränauslässen und Gräben

8.5 Grundwasser

8.5.1 Plausibilitätsprüfung der Grundwasseranalysen und Genese der Grundwässer

Die im Grundwasser ermittelten Konzentrationen der Haupt- und Nebeninhaltsstoffe liefern Informationen zur hydrogeochemischen Genese und lassen eine Bewertung der im Grundwasser enthaltenen Arzneimittelkonzentrationen zu. Das hydrochemische Milieu einer Probe (aerob, anaerob, anoxisch) wird anhand der vor Ort ermittelten Kenngrößen Sauerstoff und Redoxpotential sowie der laboranalytisch ermittelten Stickstoffspezies (NO_3 , NH_4) abgeleitet.

Mit dem Ionenbilanzfehler (IBF) lässt sich die Plausibilität der analysierten Konzentrationen prüfen. Ein Fehler von bis zu 5 % kann in der Praxis als tolerabel angesehen werden (LUA 2002), da nie alle ionaren Wasserinhaltsstoffe analysiert werden. Der aus den Beiträgen der Mittelwerte errechnete IBF liegt für alle stationären Messstellen inklusive der jeweiligen unteren Ausbauten und der Messstelle des LBEG bei 1,34 %. Für die TGWM ergibt sich ein leicht höherer IBF von 1,56 %, so dass sich für alle Messstellen ein Gesamt-IBF von 1,49 % ergibt. Weiter zeigt sich ein gering ausgeprägter Kationenüberschuss.

Ein weiteres Kriterium zur Prüfung der Plausibilität ist die Übereinstimmung der im Gelände und im Labor ermittelten Säurekapazität (Höltling & Col-dewey 2009). Die K_s -Wert-Bestimmung wurde sowohl im Gelände als auch im Labor durchgeführt und sollte möglichst übereinstimmen. Im Ergebnis zeigt sich ein nahezu linearer Zusammenhang mit einem sehr hohen Korrelationskoeffizienten, wodurch auch hier eine hohe Analysequalität dokumentiert ist. Bei nur wenigen Ausreißern wurden im Labor höhere Hydrogenkarbonatgehalte gemessen, hier ist ggf. also eine Beeinflussung durch die Probenentnahme denkbar.

8.5.2 Zeitliche Entwicklung und Beziehungen von Indikatorparametern

Indikatorparameterwerte stellen u.a. Gehalte an Inhaltsstoffen dar, deren Überschreitung auf eine Beeinflussung des Grundwassers durch verschiedenste Faktoren hinweist. Alle stationären und die meisten temporären Messstellen zeigen deutlich

Mit Hilfe hydrochemischer Diagramme lässt sich die chemische Zusammensetzung von Wasserproben grafisch darstellen. Die sich ergebende Positionierung der Grundwasseranalysen zeigt, dass es sich um zumeist erdalkalische Wässer mit überwiegendem Sulfat- bzw. Nitrat-Anteil handelt. In Carum und Wietmarschen-Lohne entspricht das Wasser dem Ca-HCO_3 -Typ, in Lohe, Markhausen und Kleinringer Wösten handelt es sich um Wässer des Ca-SO_4 -Typs. Am Standort Bösel ist das Grundwasser alkalisch und entspricht dem Na-K-SO_4 -Typ. Generell handelt es sich um sehr junge Grundwässer mit einem deutlich erkennbaren Sickerwassereinfluss. Das steht in Übereinstimmung mit den analysierten Vor-Ort-Parametern, die zumeist sauerstoffreiche und oxidierte Grundwässer anzeigen. Eine Ausnahme bildet Wietmarschen-Lohne mit einem eher reduzierten sauerstofffreien Milieu.

Bei den TGWM zeigt sich eine deutlich größere Variabilität der Konzentrationen, insbesondere bei den Sulfat-, den Nitrat- und den Chlorid-Gehalten. Dies ist bedingt durch den geringeren Flurabstand und zeigt damit die heterogenen Einflussfaktoren auf die Genese der Grundwässer. Insgesamt besteht jedoch eine gute Übereinstimmung der Lagepunkte zwischen den stationären Messstellen und den TGWM. Auffällig sind die großen Unterschiede in Wietmarschen-Lohne und Carum. Dies ist an beiden Landes-Messstellen durch den Zustrom älteren Grundwassers zu erklären. Wietmarschen-Lohne I führt durch den vollverfilterten Ausbau nicht nur oberflächennahes, junges, sondern in der Tiefe auch älteres Grundwasser. Bei Carum I scheint ein hydraulischer Kurzschluss zum geogen-salinaren Tiefenwasser zu existieren.

erhöhte bis sehr hohe Stickstoffkonzentrationen im Grundwasser. Dabei handelt es sich zumeist um hohe Nitratgehalte, unter reduzierenden Bedingungen ist Ammonium erhöht. Der geogen-ubiquitäre Hintergrund von Nitrat wird mit 10 mg/l

angegeben (Schleyer & Kerndorf 1992, Kunkel et al. 2004). Auch Kalium liegt zumeist über dem geogenen Hintergrund von 4 bzw. 5 mg/l und zeigt damit eine deutliche landwirtschaftliche Beeinflussung an. Niedrige Werte führen Wietmarschen-Lohne I und die TGWM 2, 11 und 23, die jedoch zugleich in der Nähe von beeinflussten Messstellen liegen und damit die kleinräumige Variabilität der Beschaffenheit des oberflächennahen Grundwassers anzeigen.

Hohe Sulfat-Konzentrationen können geogene Ursachen (gipshaltige Schichten) haben, aber auch Indikatoren für anthropogene Einträge sein. So können sie auf eine durch autotrophe Denitrifikation (DWA 2015) verdeckte Nitratbelastung hinweisen, bei der Mikroorganismen das zugeführte Nitrat unter Aufspaltung sulfidhaltiger Mineralien abbauen. In Porengrundwasserleitern stammt das Sulfat aus dem natürlichen Schwefelkreislauf. Hier sind Konzentrationen bis 100 mg/l geogen (Schleyer & Kerndorf 1992). Ebenso wie hohe Kaliumgehalte können hohe Sulfat-Konzentrationen neben landwirtschaftlicher Nutzung auf Abwassereinfluss und Deponien hindeuten. Die örtlich stark wechselnde Nitratbelastung legt allerdings eher einen autotrophen Nitratabbau nahe. TOC-Konzentrationen oberhalb von 9 mg/l können nach Kunkel et al. (2004) anthropogene Beeinflussungen anzeigen. Die Werte schwanken pro Messstelle zeitlich sehr stark in Abhängigkeit der temporären Redoxbedingungen. In oxidierten Grundwässern sind die Werte zumeist deutlich geringer. Für ortho-Phosphat (o-PO_4) wird hier der Hintergrundgehalt im oberflächennahen Grundwasser Norddeutschlands mit 0,1 mg/l angegeben. An den Standorten Carum und Wietmarschen-Lohne wird dieser Wert zum Teil deutlich überschritten. Das kann auf Abwasserbeeinflussung oder eine direkte hydraulische Kommunikation mit oberirdischen Gewässern in unmittelbarer Nähe hindeuten.

Alle Messstellen zeigen eine deutlich anthropogene Beeinflussung. Das gleichzeitige Auftreten hoher Sulfat-, Kalium- und Nitratgehalte im oberflächennahen Grundwasser ist am ehesten auf den Einsatz in der Landwirtschaft (Mineraldünger, Gülle, Gärreste) zurückzuführen. Bor als häuslicher Abwasserindikator (TZW 2002, NLÖ 2004, Schramm et al. 2006) wurde, mit Ausnahme der

im tieferen Grundwasserleiter ausgebauten Messstelle Carum II, nicht in erhöhten Konzentrationen nachgewiesen. Hier handelt es sich eher um hoch mineralisiertes Tiefenwasser. Die beiden Grafiken (Abb. 25 und Abb. 26) zeigen die Nitrat- und Ammonium-Werte an den sechs Messstellen. Die Daten von 2001 bis 2011 wurden vom NLWKN zur Verfügung gestellt und dokumentieren jeweils die Jahresmittelwerte. Die Ganglinien zeigen bei allen sechs Messstellen sehr hohe Stickstoffwerte. Je nach vorherrschendem Redox-Milieu dominiert Nitrat (oxidierende Verhältnisse) oder Ammonium (reduzierende Verhältnisse) im Grundwasser. Die gemessenen Konzentrationen im Grundwasser liegen dabei über der europäischen Umweltqualitätsnorm von 50 mg/l im Grundwasser (EG 2006) für Nitrat) oder über dem Schwellenwert für Ammonium von 0,5 mg/l in der GrwV. Aufgrund der Auswahl der Messstellen nach worst-case-Kriterien war diese deutliche landwirtschaftliche Beeinflussung zu erwarten.

Die vier Messstellen Bösel I, Lohe I, Markhausen-BDF und Kleinringerwösten I führen sauerstoffarmes, jedoch noch aerobes Grundwasser im oxidierten Milieu. Die relevanten hydrochemischen Parameter zeigen an, dass in den oberflächennahen Entnahmehorizonten wegen des noch vorhandenen Sauerstoffs keine Denitrifikation stattfindet. HCO_3 und Sulfat sowie Eisen als mögliche Abbauprodukte der mikrobiellen Denitrifikation sind langjährig konstant. Demgegenüber spielen die Nitratgehalte bei Wietmarschen-Lohne I (Abb. 26) eine untergeordnete Rolle. Die Ammoniumgehalte sind auf hohem Niveau konstant und weisen auf ein reduzierendes Milieu hin. In Carum ist Ammonium mit über 7 mg/l (2016) am höchsten. Im Verlauf des Jahres 2016 stieg Nitrat auf über 150 mg/l bei gleichzeitigem Abfall von Ammonium. Hier kam es bereits 2013 und 2015 zu einer kurzzeitigen Verschiebung der Redoxbedingungen in ein eher oxidierendes Milieu. Schwankungen der Stickstoffwerte sind typisch für die stark redoxabhängigen Stoffe Nitrat und Ammonium (Krajnov & Voigt 1990). Eine Änderung der Gehalte deutet auf eine Änderung des hydrochemischen Milieus hin. Vor allem junge, noch nicht im Gleichgewicht befindliche Grundwässer zeigen starke Schwankungen oder auch das gleichzeitige Auftreten beider Stickstoff-Spezies.

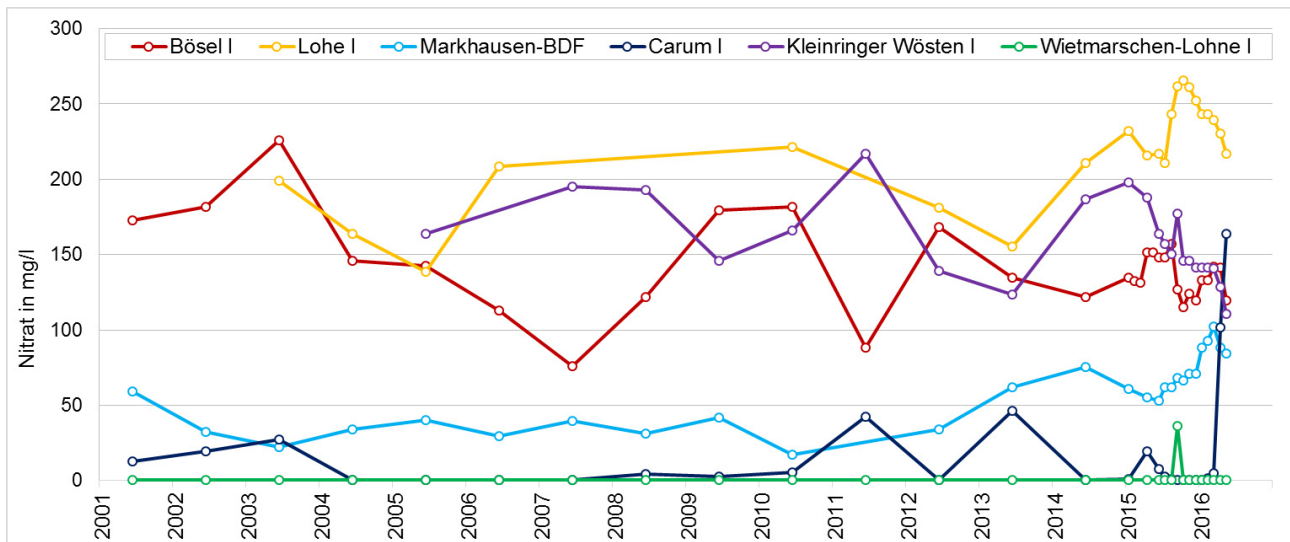


Abb. 25: Entwicklung der Nitrat-Konzentrationen im Grundwasser an den sechs Landes-Messstellen im Zeitraum von 2001 bis 2016 (Daten NLWKN und UBA)

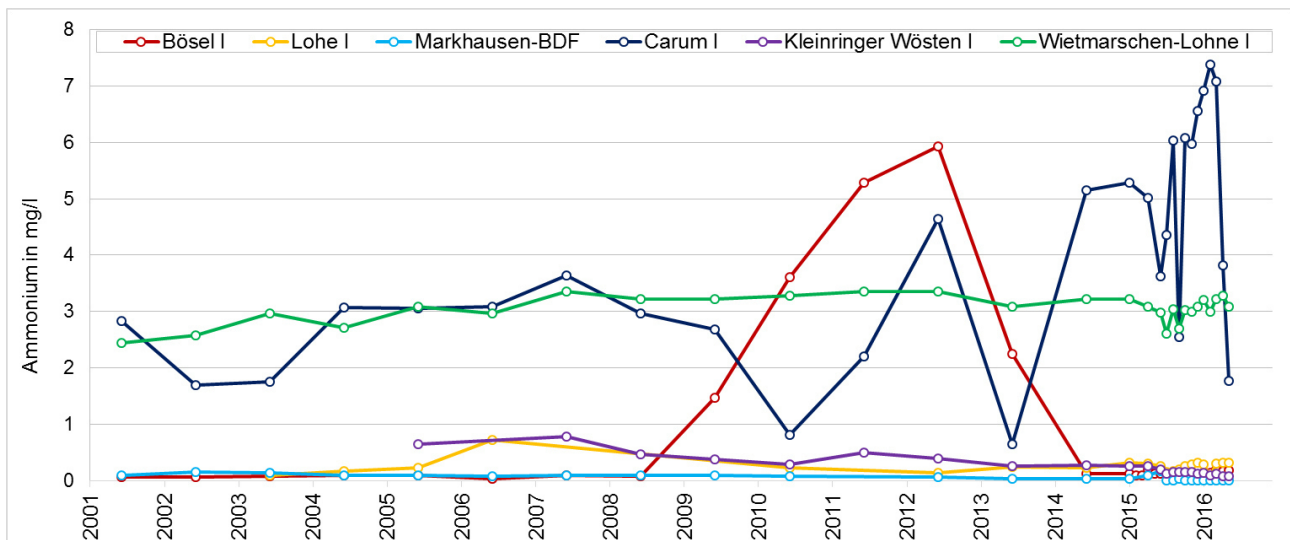


Abb. 26: Entwicklung der Ammonium-Konzentrationen im Grundwasser an den sechs Landes-Messstellen im Zeitraum von 2001 bis 2016 (Daten NLWKN und UBA)

Neben den hohen Stickstoffgehalten deuten auch die erhöhten Kaliumgehalte sowie die z. T. deutlich erhöhten TOC-Konzentrationen eine landwirtschaftliche Beeinflussung des Grundwassers an. Die Sulfat- und Chloridwerte liegen im Bereich der von Kunkel et al. (2004) ausgewiesenen Hintergrundwerte und zeigen keinen Einfluss durch geogen-salinare Tiefenwässer, worauf auch die Leitfähigkeiten hindeuten. Eine Ausnahme bildet Carum I mit elektrischen Leitfähigkeiten von im Mittel 846 $\mu\text{S}/\text{cm}$ und einem Maximalwert von 1670 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (2013). Dies zeigt ebenso wie die hydrochemische Typisierung eine hier vorhandene saline Beeinflussung aus dem tieferen Grundwasser, die durch die Messstelle Carum II belegt wird.

Das Spurenelement Bor gilt wegen seiner niedrigen geogenen Gehalte, seiner breiten anthropogenen Verwendung und seiner hohen Mobilität als Indikator für kommunale Abwässer und Siedlungsdeponien. Die Obergrenze der natürlichen Grundwasserbeschaffenheit für Sande und Kiese Norddeutschlands liegt nach Kunkel et al. (2004) bei 0,23 mg/l. Im Mittel wurde an allen sechs Messstellen Bor mit 0,07 mg/l nachgewiesen. Lediglich an der Messstelle Carum II wurde als Einzelmessung ein Wert von 1,24 mg/l erhoben, was durch salinates Tiefenwasser verursacht und dadurch geogen bedingt ist (Kunkel et al. 2004). Insgesamt lässt sich ableiten, dass die Messstellen nicht oder nur gering abwasserbeeinflusst

sind. Darauf weisen auch die Ergebnisse der Analytik auf Acesulfam-K an den sechs Landesmessstellen hin. Nur Bösel I zeigte deutliche Funde, die anderen Messstellen waren ohne Fund. CMZ als Tracer für Abwasserbeeinflussung wurde an den Messstellen nicht detektiert. Einzig

die TGWM 22 in Bösel zeigt regelmäßige Funde auf niedrigem Niveau bis maximal 3,6 ng/l. Die Eignung von CMZ als Tracer wird durch die gleichbleibenden Funde in den vier KKA an diesem Standort bestätigt.

8.5.3 Antibiotika im Grundwasser

In den Untersuchungen des UBA (Hannappel et al. 2014a und 2016) wurden die drei Sulfonamid-Wirkstoffe SDZ, SDM, SMX sowie das Transformationsprodukt 4-OH-SDZ im Grundwasser zwischen 2012 und 2015 nachgewiesen. Abb. 27 zeigt die Fundanteile von Juni 2015 bis Mai 2016

im Auftrag des NLWKN, welche den Ergebnissen der vorangegangenen UBA-Untersuchungen sehr ähnlich sind, obwohl zwei verschiedene Labors im Rahmen der bisher noch nicht standardisierten Spurenstoffanalytik tätig waren.

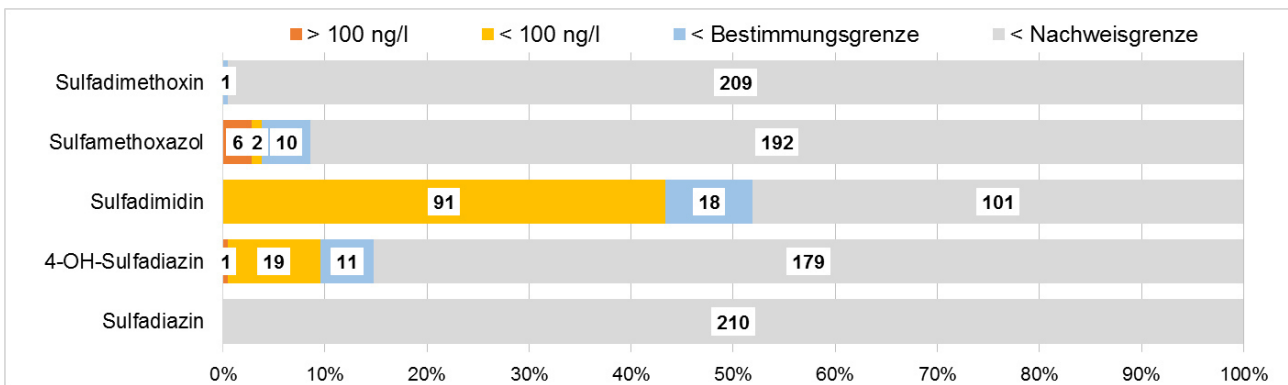


Abb. 27: Anteile der Sulfonamid-Einzelwirkstoffe in 210 Grundwasserproben (Zahlen: Anzahl der Proben)

SDZ wurde nicht gefunden, dafür in deutlich höheren Anteilen dessen Transformationsprodukt 4-OH-SDZ. Einmalig wurde auch Sulfadimethoxin (TGWM 22) detektiert. Die Anteile an SDM sind mit einem Fundanteil von über 50 % mit denen des UBA-Projektes (Hannappel et al. 2016) vergleichbar. Die Anteile der SMX-Funde sind deutlich geringer. Das liegt an der geringeren Probenanzahl des nur einen belasteten Standortes. Zusätzlich wurde SMX an zwei TGWM gefunden. Insgesamt waren die Landesmessstellen zu 70 % inklusive der unteren Ausbauten und der Messstelle des LBEG sowie der TGWM zu 47 % mit Sulfonamid-Wirkstoffen belastet. Damit hat sich der Anteil belasteter TGWM verdoppelt, derjenige der stationären Messstellen ist in etwa gleich. Die hohe Anzahl belasteter TGWM ist durch die Probenentnahmeintensität begründet, Messstellen mit Funden wurden öfter beprobt.

UBA-Daten seit 2012 für die Landesmessstellen und ausgewählte TGWM mit Funden. SDZ wurde bisher nur als Einzelfund an den Messstellen Bösel I, Carum I und Kleinringerwösten I detektiert. Im Gegensatz dazu ist dessen Transformationsprodukt 4-OH-SDZ (Abb. 28) wesentlich häufiger und in höheren Konzentrationen verbreitet. Die im August genommene Probe an der TGWM 32 zeigte ausschließlich einen 4-OH-SDZ-Fund, weswegen für dieses Diagramm der Zeitstrahl fortgeführt wurde. Die Gehalte der Funde schwanken stark zwischen unterhalb der BG bis zu 150 ng/l (TGWM 31). Dieser Fund ist nur ein Einzelwert, aber auch die Konzentrationen in den beiden Messstellen auf der BDF in Markhausen (P2 und P3) nähern sich dem vom UBA vorgeschlagenen Schwellenwert an. SDM wird an allen Standorten angetroffen (Abb. 29). Auch der Nachweis bei sehr vielen TGWM - nicht alle sind aus grafischen Gründen dargestellt, s. Anhang 2 - weist auf eine größere räumliche Ausdehnung hin. Die Konzentrationen liegen im Mittel um 10 ng/l.

Die folgenden Grafiken zeigen den zeitlichen Verlauf von SDZ, 4-OH-SDZ, SDM und SMX inkl. der

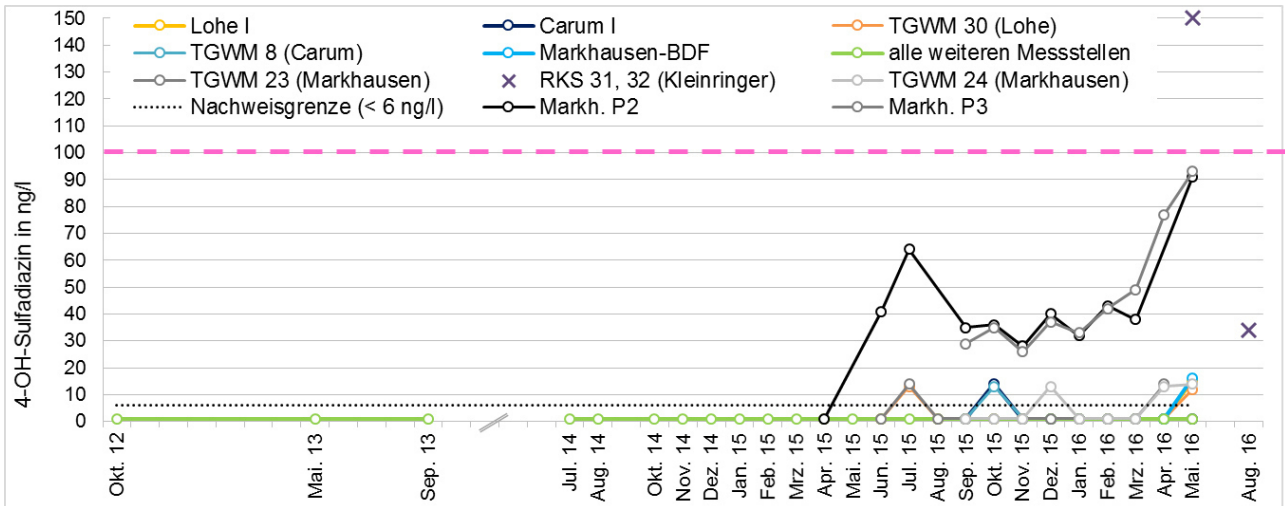


Abb. 28: Entwicklung der 4-OH-SDZ-Konzentrationen im Zeitraum von 2012 bis 2016

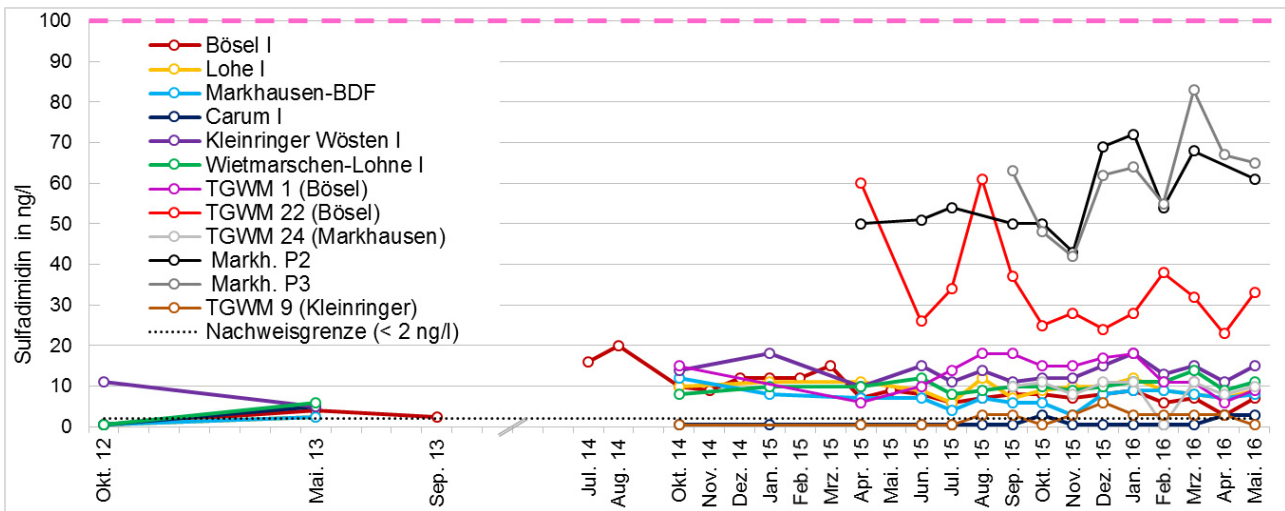


Abb. 29: Entwicklung der SDM –Konzentrationen im Zeitraum von 2012 bis 2016

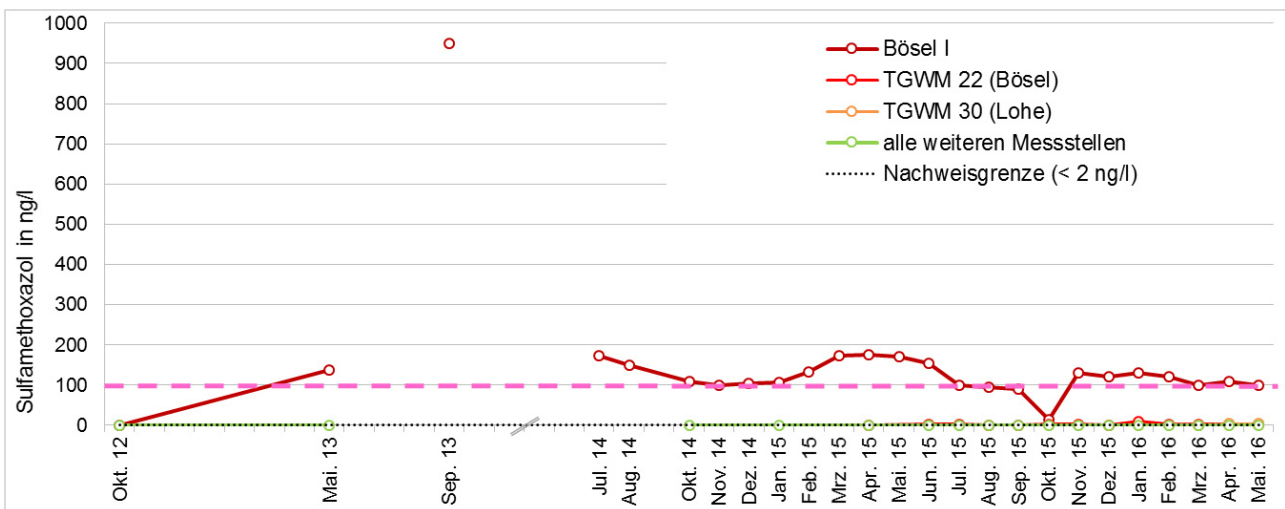


Abb. 30: Entwicklung der SMX-Konzentrationen im Zeitraum von 2012 bis 2016 (gestrichelte rosa Linie: Schwellenwert in allen drei Grafiken: Vorschlag des UBA für die GrwV; Hinweis: der Ausreißer im September 2015 ist wegen seines singulären Charakters isoliert dargestellt)

Bei einigen TGWM werden deutlich höhere Gehalte bis 83 ng/l gemessen. Dies betrifft vor allem die Standorte Bösel und Markhausen.

In Kleinringer Wösten gab es zudem noch einen singulären Fund von SDM unterhalb der BG im November 2015, der durch zwei Wiederholungsbeprobungen im Frühjahr jedoch nicht bestätigt werden konnte. Eine technisch bedingte Verschleppung während der Probenentnahme durch die Pumpe kann jedoch ausgeschlossen werden, da das Material des Pumpenkörpers (Teflon und Edelstahl) sowie das Abpumpen des mehrfachen Rohrvolumens vor der Probenentnahme ein Anhaften von organischen Spurenstoffen wirksam verhindert.

Am Standort Bösel wurde auch aktuell noch SMX gefunden (Abb. 30), sowohl in der Landesmessstelle Bösel I als auch - in deutlich geringerer Größenordnung (max. 10 ng/l) - in der TGWM 22. Die Konzentrationen in der Landesmessstelle sind nach dem isolierten und in den Wiederholungsmessungen nicht bestätigten Peak vom September 2013 deutlich geringer, aktuell aber immer noch über dem vorgeschlagenen Schwellenwert für Arzneimittel von 100 ng/l. Zusätzlich zeigten sich im April und Mai 2016 auch Funde in der TGWM 30 in Lohe, allerdings unterhalb der BG von 6 ng/l.

Von den sechs Landesmessstellen wurde Acesulfam-K als Tracer für humane Beeinflussung des Grundwassers nur in Bösel I gefunden. Im Zusammenhang mit dem punktuellen SMX-Eintrag

2013 lässt dies einen Eintrag über häusliches Abwasser aus KKA sicher vermuten. Für SDZ, welches auch in der Humanmedizin Anwendung findet, gibt es eine solche Korrelation nicht, wobei dies eine Beeinflussung durch häusliche Abwässer nicht ausschließen muss.

Generell wurden die drei Tracer Acesulfam-K, CMZ und Koffein nur selten im Grundwasser gefunden (s. Abb. 31). Bei Acesulfam-K ist der Anteil höher, es wurden aber auch nur zwölf Grundwasserproben analysiert. Die sieben Funde davon gab es nur an der Messstelle Bösel I, bei den anderen fünf Landesmessstellen gab es keinen Fund. Der Fundanteil von CMZ liegt bei 6%, die überwiegend in der TGWM 22 (Bösel) gefunden wurden. Die restlichen drei Funde, alle unterhalb der BG von 0,9 ng/l, stammen aus TGWM in Kleinringer Wösten und Wietmarschen.

Koffein wurde zu 71 % in TGWM gefunden, aber die höchsten Gehalte fanden sich in den Landesmessstellen mit einem Einzelfund von 1000 ng/l in der (nicht mehr im Landesmessnetz befindlichen) Messstelle Wietmarschen I alt. Diese Funde können wegen einer möglichen Querkontamination leicht zu einer Überinterpretation führen (Hillebrand et al. 2012), so dass weitere Tracer und Spurenstoffe betrachtet werden müssen. Die Borgerhalte sind an den sechs Standorten nicht anthropogen erhöht und eine Übereinstimmung mit den CMZ-Funden gilt nur für drei TGWM-Funde, also in 5 % aller Fälle. Damit kann Koffein nicht als Indikator für abwasserbeeinflusste Grundwässer gewertet werden.

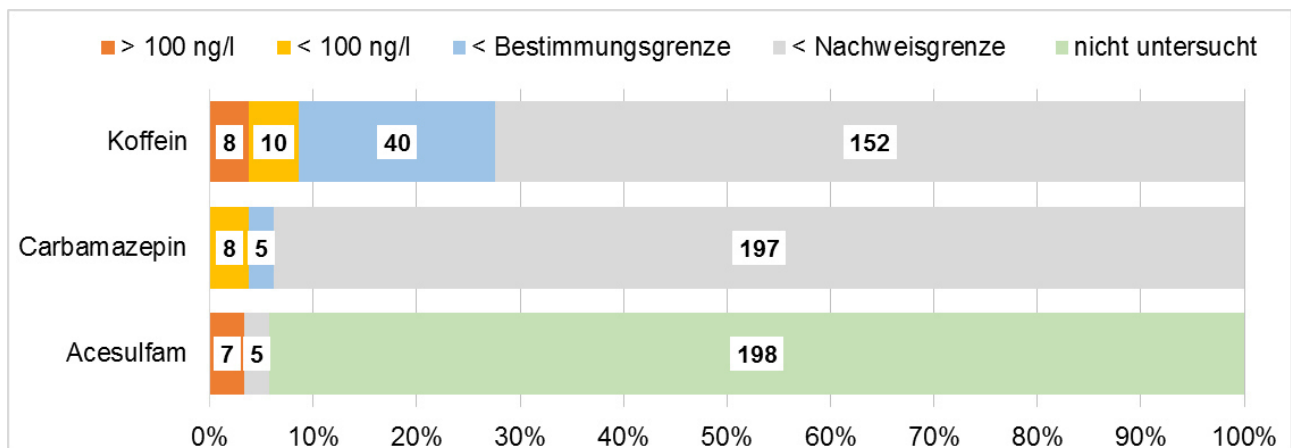


Abb. 31: Fundanteile der Tracer in 210 Grundwasserproben (Zahlen: Anzahl der Proben)

8.6 Modellberechnungen zum Eintrag von Sulfonamiden über den Boden in das Grundwasser

8.6.1 Vorbemerkungen

Während für SMX der Eintrag als HAM über häusliches Abwasser nachgewiesen werden konnte, werden die beiden ganz überwiegend bzw. ausschließlich in der Tiermedizin verwendeten Wirkstoffe SDZ und SDM primär über die Verbringung der Wirtschaftsdünger auf die Schläge in das Grundwasser eingetragen. Für SDZ kann zwar ein Eintrag über die KKA nicht gänzlich ausgeschlossen werden, dieser findet jedoch in deutlich geringerem Umfang und niedrigeren Konzentrationen statt. Zudem ist durch die Funde in Wirtschaftsdünger und Boden der Eintrag dieser Wirkstoffe über die Verabreichung als TAM nachgewiesen.

Anhand der vorliegenden Daten werden die Konzentrationen in den Düngern und im Boden gegenübergestellt und für die Schläge in den Zustromgebieten der sechs Messstellen die Frachten der Sulfonamid-Wirkstoffe in den Wirtschaftsdüngern berechnet. Weiter wird

standortbezogen der Eintrag der Sulfonamide in das Grundwasser modellhaft berechnet, die Ergebnisse mit den analysierten Konzentrationen verglichen und Schlussfolgerungen gezogen.

Bei vier der sechs untersuchten Standorte liegen stark oxidierte Grundwässer vor (Kapitel 8.5.2). In Bösel z. B. deutet sich ein Zusammenhang zwischen leicht fallenden SDM-Konzentrationen von Juli 2014 zu April 2016 (orangene Linie in Abb. 32) und dem Oxidationszustand des Grundwassers bei konstant sehr hohen Nitratgehalten an. Aufgrund der besseren biologischen Abbauraten von SDM im aeroben im Vergleich zum anaeroben bzw. anoxischen Milieu (Heberer et al. 2008) wäre das auch plausibel. An den anderen Standorten ist dieser Zusammenhang nicht zu sehen. Hier zeigt sich die größere Bedeutung des frachtbezogenen Eintrages gegenüber dem mikrobiologisch induzierten Abbau.

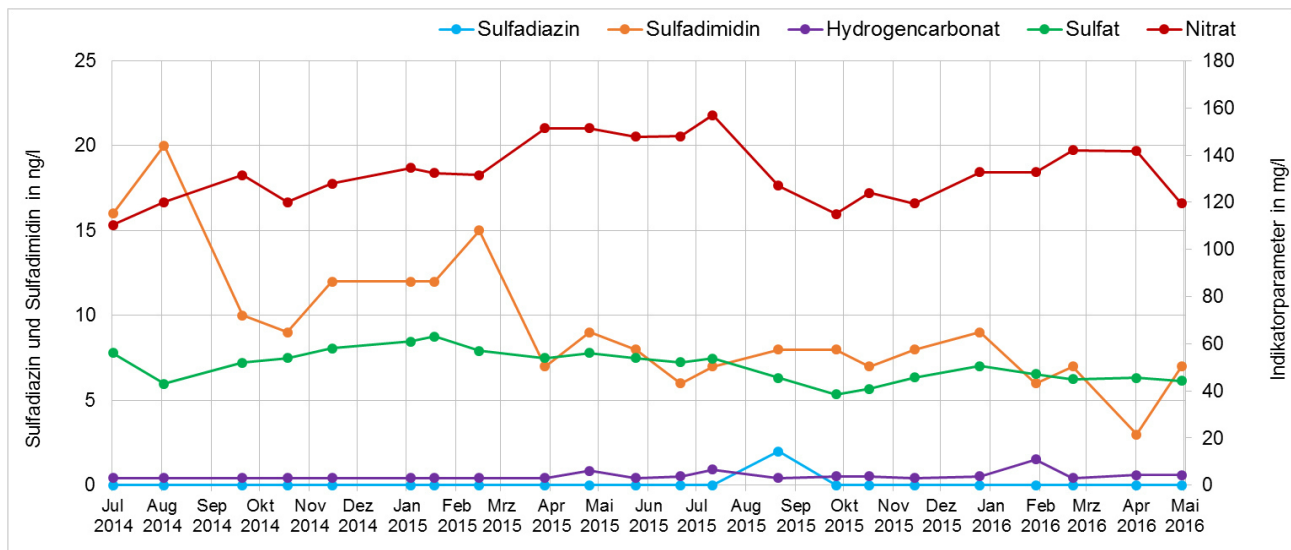


Abb. 32: Gegenüberstellung der Fundkonzentrationen von Sulfadiazin, Sulfadimidin und hydrochemischer Indikatorparameter (Hydrogencarbonat, Nitrat und Sulfat) der Messstelle Bösel I

8.6.2 Frachtberechnung

Zumeist sind nach dem Aufbringen von Sulfonamiden über Düngemittel auch Funde im Boden nachweisbar. Abb. 33 zeigt stichtagsbezogen die Konzentrationen der von Februar bis April ausgebrachten Düngemittel (auf der y-Achse) und

diejenigen der jeweils direkt danach entnommenen Bodenproben (x-Achse). Ein direkter Zusammenhang zwischen den Konzentrationen in den Dünger- und Bodenproben ist nicht erkennbar. Gerade höhere Konzentrationen im Boden sind

auch bei niedrigen Werten im Dünger erkennbar. Die aktuelle Düngegabe hat also offenbar keinen direkten Einfluss auf die Konzentrationen im Oberboden. Bei den beiden rot markierten Punkten handelt es sich um den Standort F61, auf dem im Februar Gülle und im Mai Gärreste aufgebracht wurden. Die Konzentration des Gärrestes war dabei deutlich geringer. Die jeweiligen Probenentnahmen des Bodens zeigen beide erhöhte 4-OH-SDZ-Gehalte ($> 25 \text{ ng/g TM}$).

Auch bei einer Gegenüberstellung der Mittelwerte der analysierten Wirtschaftsdünger mit den einmalig entnommenen Bodenproben ist kein

direkter Zusammenhang erkennbar. Nur für 4-OH-SDZ ist eine schwach ausgeprägte Korrelation zwischen den Funden in Gülle und Gärresten sowie Boden herstellbar. Für SDM und SDZ gilt dies nicht, was an der geringeren Funddichte und Konzentration liegen könnte. Der nicht gefundene Zusammenhang zwischen den Konzentrationen in der Gülle und im Boden ist nicht abschließend erklärbar, die zu erwartende hohe räumliche Variabilität der Konzentrationen im Boden spielt aber sicher eine Rolle. Hier besteht weiterer Aufklärungsbedarf.

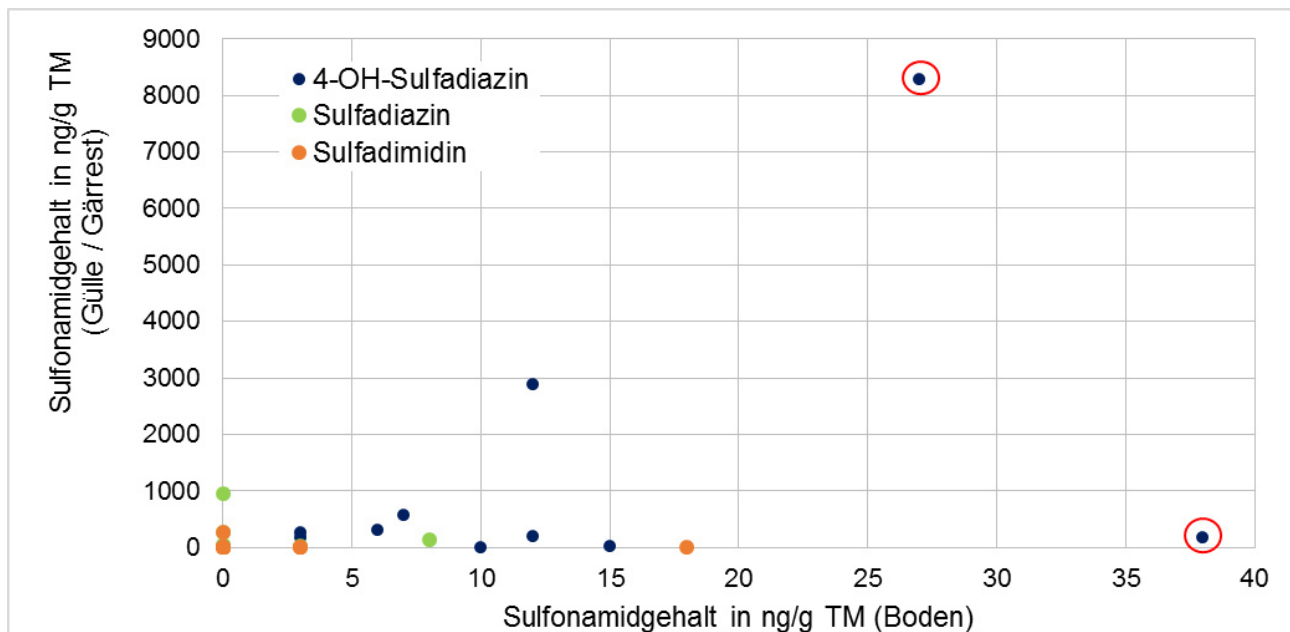


Abb. 33: Gegenüberstellung der Funde im Wirtschaftsdünger und im Boden (stichtagsbezogen, rot markiert ist der Schlag F61)

Für die Frachtberechnung erfolgte anschließend eine Umrechnung der Konzentrationen aus der Trockenmasse in die Frischmasse nach DIN EN 12880. Dazu ist die Angabe des Wassergehaltes des jeweiligen Wirtschaftsdüngers notwendig. Die Kälbergülle ist mit 2 % Trockenmasseanteil im Gegensatz zu den anderen Güllen mit im Schnitt 7 % sehr dünnflüssig. Ein m^3 Gülle wiegt ja nach Tierart und Trockenmasseanteil etwa 950 kg (mündl. Angabe LWK Niedersachsen), für die Kälbergülle wurden 1000 kg angesetzt. Aus den Fragebögen (Kapitel 5.1) ist die durchschnittliche jährliche Aufbringung von Wirtschaftsdünger in Kubikmeter pro Hektar für die verschiedenen Schläge abzulesen.

Aus der Multiplikation von Frischmasse, Düngemittelausfuhr und Umrechnungsfaktor ergibt sich die ausgebrachte Masse des Wirkstoffs, die anschließend in Kilogramm pro Hektar umgerechnet wird. Abb. 34 zeigt die ausgebrachte Masse an Sulfonamid-Wirkstoffen pro Hektar für ausgewählte Schläge. Dabei ist zu beachten, dass die Sulfonamid-Anteile in der Gülle zeitlich variieren und somit die hier angegebenen Masse nur für die Ausbringung zu diesem Zeitpunkt gelten. Im Mittel aller Schläge (rote Linie in der Grafik) liegt die Aufbringung der drei Sulfonamid-Wirkstoffe über die Gülle bei $0,0016 \text{ kg/ha}$, also 1,6 Gramm Wirkstoff/ha. Der Anteil von 4-OH-SDZ liegt dabei 2,5fach höher als für SDZ und 10fach höher als für SDM.

Zudem handelt es sich bei den betrachteten Frachten nur um die beiden Wirkstoffe SDZ und SDM, die Metabolisierungs- und Alterungsprozessen unterliegen, wie an den über die Monate abnehmenden Massen zu erkennen ist. Diese Entwicklungen sind bisher in der Literatur nur sehr schlecht mit Angaben belegt und sollten daher an

diesen oder an anderen Standorten in viehstarken Regionen unbedingt weiter untersucht werden. Die Daten der bisherigen Projekte des UBA und des NLWKN von 2012 bis 2016 sind dafür eine sehr geeignete Grundlage. Auch die vermutlich fortbestehende Bereitschaft der Landwirte und des Landvolkes zur Kooperation ist sehr wertvoll.

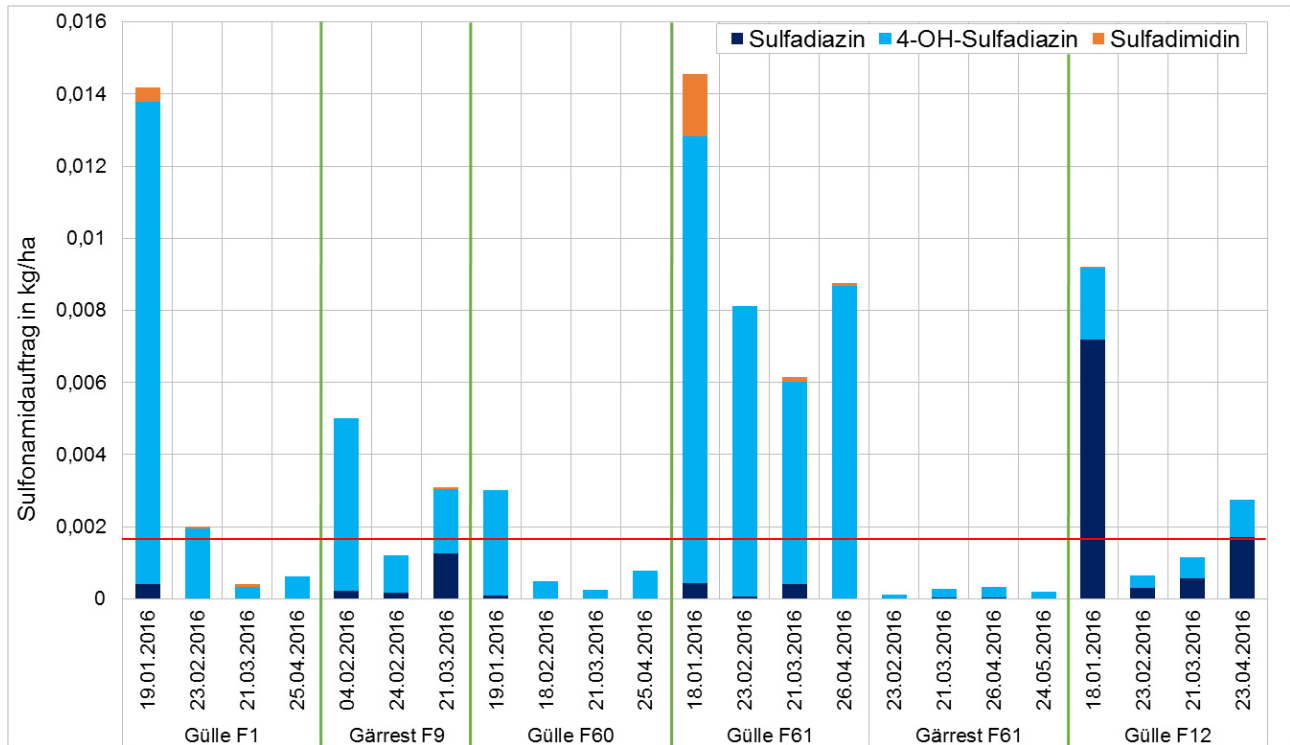


Abb. 34: Zeitliche Variabilität der in den Wirtschaftsdüngern gemessenen Sulfonamid-Konzentrationen pro Hektar auf ausgewählten Schlägen

8.6.3 Modellberechnung zur Prognose der Sulfonamid-Konzentrationen im Grundwasser

Um zu bestimmen, wieviel des über die Dünger aufgebrauchten Wirkstoffes das Grundwasser erreichen kann, wurde der Abbau der jeweils maximalen Konzentration in der Frischmasse pro Standort während der Dauer der Sickerwasserverweilzeit nach dem Zerfallsgesetz berechnet. In dieser Berechnung sind Faktoren wie der Austrag über Abschwemmung (Erosion) oder Interflow in der ungesättigten Zone nicht berücksichtigt. Der Parameter Halbwertszeit (DT_{50}) aggregiert sämtliche im Boden bzw. der ungesättigten Zone stattfindenden Prozesse des mikrobiellen Abbaus bzw. der Adsorption. Bei Modellrechnungen im UBA-Projekt (Hannappel et al. 2016) zeigte sich, dass dieser Parameter die größte Bedeutung bei der Simulation der gemessenen Werte mit dem im UBA verwendeten Programm SimBaFi (Müller et al. 2010) hatte. Für die aufgrund der stark

schwankenden Flurabstände (Kapitel 4.2) variablen Sickerwasserverweilzeiten wurde der Jahresmittelwert des jeweiligen Standortes einbezogen. Die Modellrechnung gibt die Konzentration direkt am Ort des Auftreffens im Grundwasser an, Veränderungen der Konzentrationen in der gesättigten Zone durch Retardation werden nicht berücksichtigt. Das ist möglich und sinnvoll, da die TGWM jeweils unmittelbar auf oder am Rand der Schläge gebaut wurden und somit keine langen Fließwege im Grundwasser zwischen den Auftragsflächen und den Entnahmeorten liegen. Es geht um einen groben Vergleich der aufgebrauchten zu den im Grundwasser gefundenen Sulfonamid-Konzentrationen und einer daraus ggf. resultierenden Möglichkeit der Übertragung auf andere Standorte mit Funden im oberflächennahen Grundwasser.

In der Literatur sind jeweils sehr unterschiedliche Halbwertszeiten für SDZ, 4-OH-SDZ und SDM angegeben. Rosendahl et al. (2011) führten Felduntersuchungen zur Berechnung der DT_{50} von SDZ und dessen Transformationsprodukten durch. Dabei wurde festgestellt, dass in der durchwurzelten Zone ein schnellerer Abbau stattfindet als in tieferen Schichten und unter Mais ebenfalls ein schnellerer Abbau als unter Gras. Einen weiteren - wenn auch geringfügigen - Einfluss hat die Häufigkeit des Aufbringens der Stoffe auf den Boden. Signifikant sind die Unterschiede zwischen der leicht extrahierbaren, wasserlöslichen Fraktion und der Residualfraktion. Diese schwer löslichen Anteile verbleiben im Boden und zeigen eine DT_{50} bis zu 330 Tagen. Zu ähnlichen Ergebnissen kamen Förster et al. (2009).

Die DT_{50} von SDZ wird mit 2 bis 12 (Rosendahl et al. 2011) bzw. 10 bis 24 Tagen (Förster et al. 2009) angegeben. Mit den mittleren Sickerwasserweilzeiten je Standort und den DT_{50} -Werten von 12, 17 und 24 Tagen wurden die im Grundwasser ankommenden Konzentrationen ermittelt. Im Durchschnitt liegen diese bei 0,4 ng/l, bei der Verwendung von 24 Tagen wird eine maximale Konzentration von 8 ng/l errechnet. Beide Werte passen von der Größenordnung zu den im Grundwasser gemessenen SDZ-Gehalten in einer Spannweite von unter der BG (4 ng/l) bis hin zum einmaligen Maximalfund von 10 ng/l (Carum).

Die Funde von 4-OH-SDZ und SDM dagegen sind deutlich höher. Die folgenden Grafiken zeigen die auf Basis gemessener Konzentrationen im Dünger berechneten Konzentration im Grundwasser für verschiedene DT_{50} . Die ebenfalls dargestellten Messwerte im Grundwasser sind Maximalkonzentrationen von Messstellen, die sich direkt auf den (TGWM in Markhausen und Kleinringer Wösten) oder in großer Nähe (TGWM in Bösel und Lohe, Wietmarschen-Lohne I alt, Carum I) zu den landwirtschaftlich genutzten Schlägen befinden.

Die Berechnung für 4-OH-SDZ zeigt große Variationen in der Übereinstimmung zwischen berechneten und gemessenen Werten (blaue Linien in (Abb. 35)). Es treten sowohl Über- als auch Unterschätzungen auf, insgesamt wird die Größen-

ordnung der Konzentrationen jedoch mit den Berechnungen getroffen, das wird als ein wichtiges Ergebnis gewertet.

In Wietmarschen wechselte 2015 der Bewirtschafter, so dass die bisher vereinzelt Funde ggf. in Zukunft bei ähnlichem Sulfonamid-Auftrag steigen könnten. In Markhausen wurde 2016 erstmalig ausschließlich Gärrest und keine Gülle auf die Schläge F8 und F80 verbracht. Die einmalige Gülleprobenentnahme von 2015 im UBA-Projekt zeigte jedoch auch keine Funde von SDZ und 4-OH-SDZ. Da die Variabilität in der Gülle aber deutlich höher als in den Gärresten ist, könnten - bei einer Sickerwasserweilzeit von im Schnitt 19 Monaten - frühere Sulfonamid-Aufträge die geohydraulisch direkt unterhalb der bewirtschafteten Fläche gefundenen hohen Grundwasserkonzentrationen erklären.

Bei den DT_{50} -Angaben zu SDM gibt es eine sehr breite Spanne von zwei (Topp et al. 2013) bis hin zu 237 Tagen (Schwarz 2014) bei der Untersuchung kompostierter Dünger. Hier spielt neben der Lagerdauer auch die Temperatur eine Rolle. Für die Berechnung wurde die jeweils am häufigsten genannte Spannweite von 19 bzw. 27 Tagen gewählt. Zumeist liegen die berechneten Konzentrationen unter denen der im Grundwasser gemessenen Gehalte (s. Abb. 36).

Zu berücksichtigen ist, dass die in das Grundwasser eingetragenen Konzentrationen im Laufe eines Jahres in Abhängigkeit des Flurabstandes und der Halbwertszeit schwanken können. Die Funde unterhalb der BG von 4-OH-SDZ im Boden auf der F10 zeigen, dass der Abbau dieses Stoffes, obwohl dort seit Jahren ausschließlich mineralisch gedüngt wird, sehr langsam erfolgt. Dabei kann auch das wechselnde Redoxmilieu (s. Kapitel 8.5.2) eine Rolle spielen.

Eine Abschätzung der Konzentrationen im Grundwasser mit Messungen in Wirtschaftsdüngern und damit eine Übertragung auf andere Standorte ist also grundsätzlich möglich, jedoch aufgrund der bisher geringen Datenbasis und der Variabilität mit Unsicherheiten verbunden. Die notwendige Validierung sollte daher mit Daten von weiteren Standorten (z. B. aus dem Screening in viehstarken Regionen 2016) fortgeführt werden.

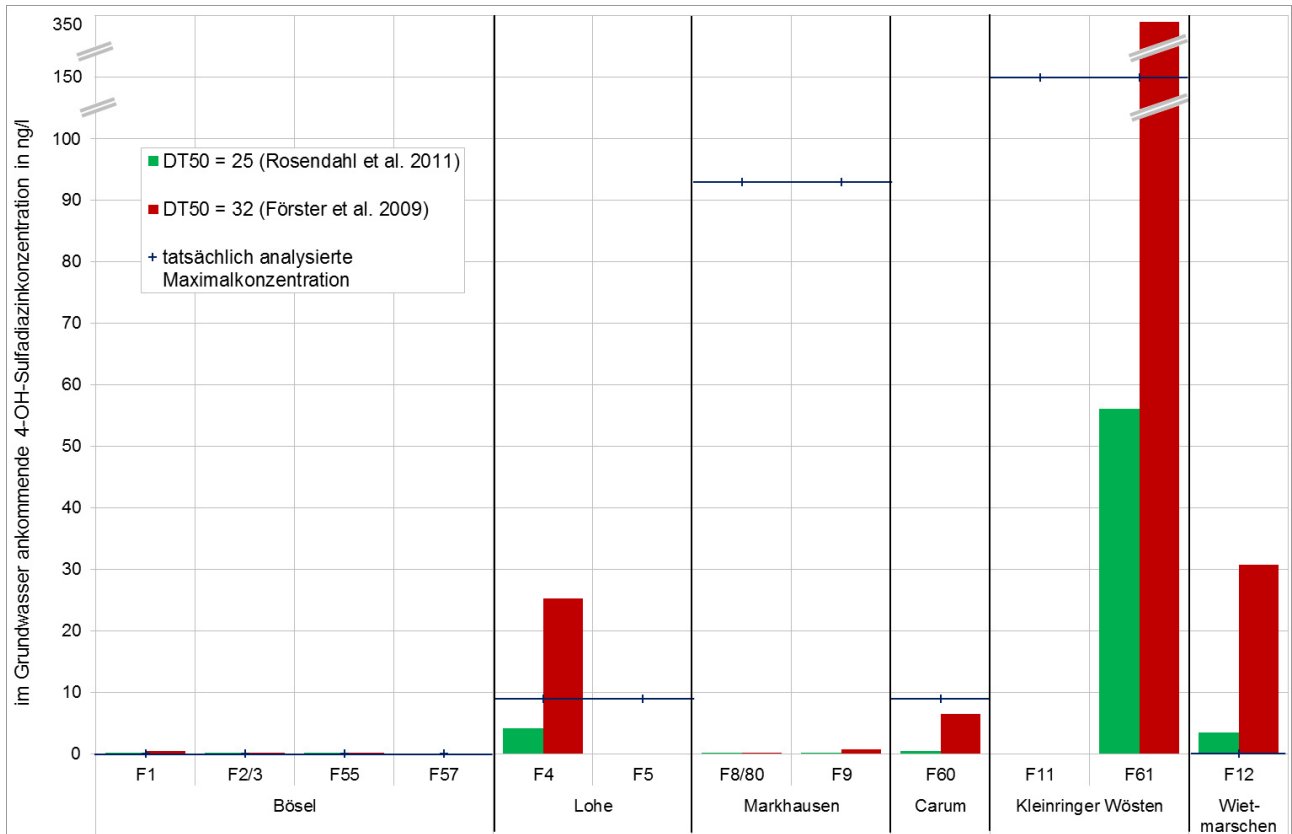


Abb. 35: Gegenüberstellung der analysierten und berechneten Konzentrationen im Grundwasser für 4-OH-SDZ (die Ordinatenachse ist unterbrochen dargestellt)

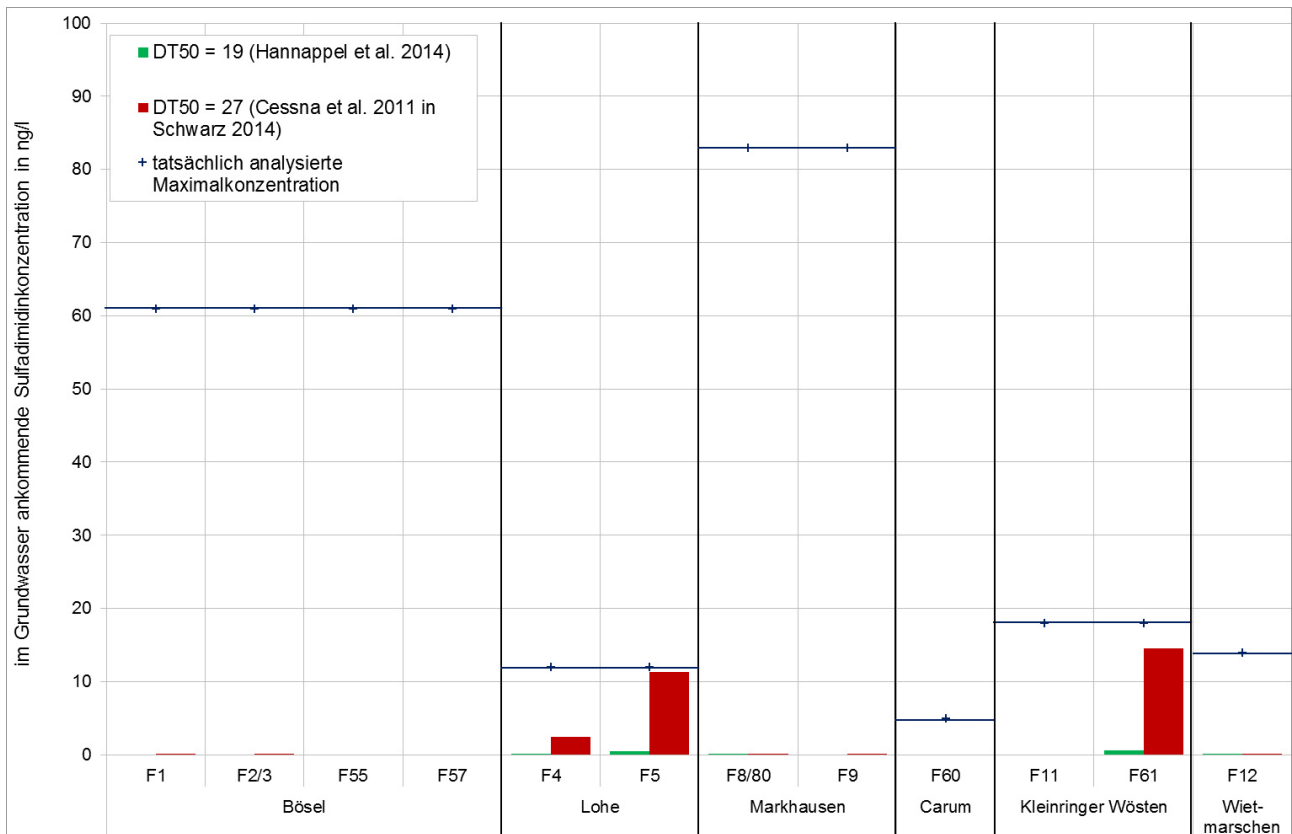


Abb. 36: Gegenüberstellung der analysierten und berechneten Konzentrationen im Grundwasser für SDM

9 Aufklärung der Ursachen der Funde von Antibiotika im Grundwasser

Das wesentliche Ziel der ergänzenden Untersuchungen zu den Geländearbeiten im Auftrag des UBA von 2012 bis 2015 war es, mit den bis September 2016 fortgeführten Geländearbeiten wichtige Kenntnislücken zu den möglichen Ursachen der langjährigen Funde von Antibiotika-Wirkstoffen im oberflächennahen Grundwasser zu schließen. Das betraf vor allem die Beprobung weiterer, bisher nicht beprobter Umweltmedien,

um für die standortbezogene Aufklärung der Eintragspfade einen möglichst lückenlosen Datenbestand zur Verfügung zu haben. Da zudem an jedem Standort ein unterschiedliches Antibiotika-Wirkstoffspektrum im Grundwasser gefunden wurde, erfolgt die nachfolgend beschriebene Aufklärung zunächst standort- und stoffdifferenziert, bevor anschließend hierzu eine übergreifende Aggregation vorgenommen wird.

9.1 Standortbezogene Erläuterungen zu den stofflichen Funden

In Bösel wurden die beiden Wirkstoffe SMX und SDM sowohl an der Landesmessstelle als auch der TGWM 22 bei allen Probenentnahmen im Grundwasser gefunden. SDZ wurde 2015 einmalig unter der BG gefunden. Ausgehend von der jeweilig möglichen Verabreichung in der Human- bzw. Tiermedizin ist an diesem Standort also von einer doppelten Belastung des Grundwassers auszugehen. Die hohen, aber stark schwankenden SMX-Befunde können durch Funde des Wirkstoffes in benachbarten KKA mit häuslichem Abwasser plausibel erklärt werden. Zusätzlich finden sich auch im Grundwasser begleitende Indikatorparameter des Einflusses häuslicher Abwässer (Acesulfam-K und CMZ). Die zugleich auftretenden SDM-Funde konnten durch Nachweise im Wirtschaftsdünger sowie im Boden erklärt werden. Bei SDZ ist das auch sehr wahrscheinlich, der Eintrag über die Humanmedizin kann jedoch nicht gänzlich ausgeschlossen werden, genauso wenig wie der Eintrag von SMX über die Tiermedizin aufgrund eines Fundes in einer KKA.

In Lohe wurde SDM, vereinzelt auch 4-OH-SDZ unter der BG gefunden. Dies stimmt mit den Funden in der Gülle und im Boden überein und zeigt die landwirtschaftliche Beeinflussung an. Ebenso wurden diese Stoffe in den Gräben im weiteren Abstrom gefunden. Eine nahe der Landesmessstelle gelegene KKA leitet in oberirdisches Gewässer ein und stellt damit keine Eintragsquelle dar. Darauf weisen auch die fehlenden Abwasser-Indikatorparameter Acesulfam-K und CMZ im Grundwasser hin. Ein anderes Bild ergibt sich für die TGWM 30. Hier wurde SMX unterhalb der BG detektiert. Im direkten Zustrom auf diese

Messstelle befindet sich eine in das Grundwasser einleitende KKA, welche die Funde erklärt.

In Markhausen wurden SDM und SDZ bzw. dessen Transformationsprodukt im Grund- und Sickerwasser, in Gräben, im Boden sowie im Wirtschaftsdünger nachgewiesen. Dabei reichen die Konzentrationen im Grundwasser bereits nahe an den vom UBA für die GrwV vorgeschlagenen Schwellenwert von 100 ng/l heran. SMX wurde nicht nachgewiesen. Zwei im Zustromgebiet liegende KKA wurden wiederholt beprobt, zeigten jedoch keine Sulfonamid-Funde. Damit ist der Eintragspfad über die Landwirtschaft identifiziert.

In Carum wurde sporadisch zu mehreren Zeitpunkten SDM und SDZ im Grundwasser jeweils nahe der BG gefunden. SMX wurde nicht nachgewiesen. An diesem Standort ist das Zustromgebiet saisonal stark schwankend ausgeprägt. Zwei im Zustromgebiet befindliche KKA wurden ohne Befund beprobt. Die Sulfonamid-Wirkstoffe wurden in allen untersuchten Medien inkl. der Dünger gefunden, die Funde am Dränauslass können aber auch von einem Schlag außerhalb des Zustromgebietes stammen. Im Boden beider Schläge konnte 4-OH-SDZ nachgewiesen werden, wenn auch nur unter der BG bei dem seit einigen Jahren ausschließlich mineralisch gedüngten Schlag („Gedächtnisfunktion“ siehe Kapitel 8.3). Damit ist die landwirtschaftlich bedingte Beeinflussung des Grundwassers hier eindeutig nachgewiesen.

In Kleinringer Wösten wurde SDM im oberen Ausbau und im November 2015 einmalig auch im tieferen Grundwasser in 40 Meter Tiefe unter der BG nachgewiesen, ohne dass dieser Fund durch

zweimalige Wiederholungen bisher jedoch verifiziert werden konnte. SMX wurde nicht, SDZ nur sporadisch unter der BG im oberen Ausbau nachgewiesen. Die im Mai 2016 erfolgte Probenentnahme an der TGWM 31 am Feldrand ergab mit 150 ng/l den höchsten analysierten 4-OH-SDZ-Fund. Dieses Ergebnis passt zu den hier gemessenen höchsten Werten im Boden (120 ng/g TM) und in der Gülle (15.000 ng/g TM). Dieses Konzentrationsniveau konnte jedoch bei der Wiederholung nicht bestätigt werden. Auch für SDM wurden mit 2100 ng/g TM die höchsten gefundenen Gehalte in Gülle gemessen. Damit ist der Eintragspfad über die Landwirtschaft belegt. Auf dem Schlag in unmittelbarer Nähe zur Landesmessstelle wurden weder in der aufgebrauchten Gülle noch im Boden Sulfonamide gefunden. Ebenfalls

keine Funde zeigte die offene Güllelagune im direkten Anstrom.

In Wietmarschen-Lohne wurde ausschließlich SDM im Grundwasser der Landes-Messstellen nachgewiesen. Im direkt angrenzenden Graben wurden keine Sulfonamide gefunden, im Boden nur SDZ bzw. 4-OH-SDZ. Auch in der Gülle wurde 2016 neben einem einmaligen SDM-Fund unterhalb der BG nur SDZ analysiert. Hier kam es 2015 zu einem Wechsel des Bewirtschafters. Die 2015 entnommene Gülleprobe zeigt neben SDZ mit 1260 ng/g TM einen deutlichen SDM-Fund. Es ist bisher unklar, ob sich die im Grundwasser gefundenen SDM-Gehalte durch den Bewirtschaftungswechsel ändern bzw. ggf. erhöhen.

9.2 Standort- und stoffübergreifende Fundaufklärung

Tabelle 4 bis Tabelle 6 zeigen schematisch jeweils die Erkenntnisse der Fundaufklärung für die drei im Grundwasser gefundenen Wirkstoffe SDZ, SDM und SMX samt ihrer Transformationsprodukte, deren Vorkommen zumeist an den Eintrag der Ausgangssubstanz geknüpft ist. Sie enthalten Angaben zum Nachweis des Stoffes („ja“ / „nein“) in den möglichen und beprobten Eintragspfaden von TAM oder HAM von der Emissionsquelle (organischer Wirtschaftsdünger oder häusliches

Abwasser) bis zur Immission, also dem Eintrag in das Grundwasser. „Ja“ bedeutet, es gab in mindestens einer der dort genommenen Proben seit 2012 (inkl. UBA-Untersuchungen) einen Fund, „Nein“ es gab nie einen Fund. „Nicht bekannt“ bedeutet, dass hier keine Informationen zum Einsatz der Wirkstoffe im Betrieb übermittelt wurden. Wurde ein Stoff nicht im Grundwasser detektiert, liegt kein zu recherchierender Eintragspfad vor, das ist entsprechend in den Schemata notiert.

Tabelle 4: Standortbezogene Aufklärung der Eintragspfade von Sulfadiazin und dessen Transformationsprodukten (Erläuterungen s. Text, KKA: Kleinkläranlage, TAM: Tier-, HAM: Humanarzneimittel, * unwahrscheinlich)

| Standort (Ortsname) | Schlagnummer | Nachweis im Abwasser der KKA seit 2015 | Einsatz im Betrieb 2009-2015 oder Nachweis in Gülle / Gärrest seit 2015 | Nachweis im Boden seit 2015 | Nachweis im Grundwasser seit 2012 (inkl. UBA) | Eintragspfad GW nachvollzogen? | Eintragsquelle |
|---------------------|--------------|--|---|-----------------------------|---|--------------------------------|----------------|
| Bösel | F1 | ja | ja | ja | ja | ja | TAM, (HAM*) |
| | F2/3 | | ja | ja | | | |
| | F55 | | ja | nein | | | |
| | F57 | | ja | nein | | | |
| Lohe | F4 | keine KKA | ja | ja | ja | ja | TAM |
| | F5 | | nein | nein | | | |
| | F6 | | nicht bekannt | ja | | | |
| | F70 | | | ja | | | |
| Markhausen | F8/80 | nein | ja | ja | ja | ja | TAM |
| | F9 | | ja | ja | | | |
| Carum | F10 | nein | nein | ja | ja | ja | TAM |
| | F60 | | ja | ja | | | |
| Kleiringer W. | F11 | keine KKA | nein | nein | ja | ja | TAM |
| | F61 | | ja | ja | | | |
| Wietmarschen-L. | F12 | keine KKA | ja | ja | nein | -/- | -/- |

Die jeweils letzte Spalte enthält Angaben zu den Eintragsquellen im Ergebnis der Wichtung aller Kenntnisse. Für den Nachweis im häuslichen Abwasser waren ausschließlich in das Grundwasser einleitende KKA im Zustromgebiet zur jeweiligen Landesmessstelle relevant, ansonsten erfolgte der Eintrag „keine KKA“ in den Schemata. Hier ist besonders zu berücksichtigen, dass wegen der kurzen Einnahmedauer im Humanbereich und den resultierenden großen zeitlichen Konzentrationschwankungen in den KKA Negativ-Funde in den (wenigen) Proben nicht mit überhaupt keinem Eintrag dort gleichgesetzt werden dürfen.

Bei SDZ (Tabelle 4) konnte an vier Standorten mit Funden der Eintrag lückenlos über den Einsatz im landwirtschaftlichen Betrieb, die Aufbringung des organischen Wirtschaftsdüngers auf den Schlag sowie den Nachweis im Boden nachvollzogen werden. Bei jeweils mindestens einer Probe eines Standortes wurde der Wirkstoff nachgewiesen. Der Eintrag über KKA ist theoretisch auch möglich, wegen der äußerst geringen Abgabemengen in der Humanmedizin im Vergleich zu der Veterinärmedizin jedoch eher unwahrscheinlich. Aus diesem Grund ist nur am Standort Bösel mit einem Fund in der KKA HAM ergänzend zu TAM

als Eintragsquelle aufgeführt. In Wietmarschen-Lohe wurde SDZ im Betrieb eingesetzt und auch im Boden nachgewiesen. Im Grundwasser wurde es aber bisher nicht gefunden, so dass kein Eintragspfad nachzuvollziehen war (letzte Zeile).

Bei den Eintragspfaden von SDM (s. Tabelle 5) ist zu berücksichtigen, dass dieser Wirkstoff in der Humanmedizin seit 2003 nicht mehr verkehrsfähig ist. Er kann aufgrund der kurzen Verweilzeiten des Sickerwassers in der ungesättigten Zone an den sechs Standorten also nur als TAM über die Dünger ursprünglich in das Grundwasser eingetragen worden sein. Der einmalige Fund in einer KKA in Bösel unterhalb der BG zeigt vermutlich eine Verschleppung des Stoffes aus der Anwendung in der Tiermedizin über Hautkontakt und/oder Stallstäube an. An allen sechs Standorten wurde SDM in mindestens einer Probe im Dünger und/oder im Boden nachgewiesen, in Lohe und Markhausen sogar in allen Proben dieser beiden Umweltmedien. Aus diesem Grund sind daher ausschließlich TAM als Eintragsquellen angegeben. An allen sechs Standorten mit Funden im Grundwasser konnten also die Eintragspfade nachvollzogen werden.

Tabelle 5: Standortbezogene Aufklärung der Eintragspfade von Sulfadimidin und dessen Transformationsprodukten (Erläuterungen s. Text, KKA: Kleinkläranlage, TAM: Tier-, HAM: Humanarzneimittel, * unwahrscheinlich)

| Standort (Ortsname) | Schlagnummer | Nachweis im Abwasser der KKA seit 2015 | Einsatz im Betrieb 2009-2015 oder Nachweis in Gülle / Gärrest seit 2015 | Nachweis im Boden seit 2015 | Nachweis im Grundwasser seit 2012 (inkl. UBA) | Eintragspfad GW nachvollzogen? | Eintragsquelle | |
|---------------------|--------------|--|---|-----------------------------|---|--------------------------------|----------------|----|
| Bösel | F1 | ja | ja | ja | ja | ja | TAM | |
| | F2/3 | | ja | ja | | | | |
| | F55 | | nein | nein | | | | |
| | F57 | | nein | nein | | | | |
| Lohe | F4 | keine KKA | ja | ja | ja | ja | TAM | |
| | F5 | | ja | ja | | | | |
| | F6 | | nicht bekannt | ja | | | | ja |
| | F70 | | | ja | | | | ja |
| Markhausen | F8/80 | nein | ja | ja | ja | ja | TAM | |
| | F9 | | ja | ja | | | | |
| Carum | F10 | nein | nein | nein | ja | ja | TAM | |
| | F60 | | nein | ja | | | | |
| Kleiringer Wösten | F11 | keine KKA | ja | nein | ja | ja | TAM | |
| | F61 | | ja | ja | | | | |
| Wietmarschen-L. | F12 | keine KKA | ja | nein | ja | ja | TAM | |

Der Wirkstoff Sulfamethoxazol (SMX) findet ganz überwiegend in der Humanmedizin Anwendung. Der Anwendungsbereich in der Tiermedizin ist sehr begrenzt, die Abgabemengen sind sehr niedrig (s. Abbildung 1), so dass diese Eintragsquelle eine stark untergeordnete Rolle spielt. SMX wurde nur an zwei Standorten im Grundwasser nachgewiesen (s. Tabelle 6). Der Eintrag in Bösel an der Landesmessstelle konnte über das Abwasser von KKA mit wiederholten Funden in z.T. sehr hohen Konzentrationen nachvollzogen werden. In Lohe wurde SMX in einer TGWM im seitlichen Abstrom zur Landesmessstelle detektiert. Im Zustrom auf diese TGWM befindet sich eine in das Grundwasser einleitende KKA, die zwar nicht beprobt wurde, deren Eintragsursache über das häusliche Abwasser aufgrund der Erkenntnisse aus Bösel aber als gesichert gelten kann. Grundsätzlich ist auch ein Eintrag über die Anwendung beim Tier möglich, wie der einmalige SMX-Fund unterhalb der BG in einer untersuchten Gülle in Bösel zeigt. Daher kann nur in Lohe die Anwendung in der Humanmedizin als Eintragsquelle sicher angegeben werden, in Bösel dagegen ist ein zusätzlicher, unwahrscheinlicher Eintrag über die Gülle möglich.

Von den zehn laboranalytisch untersuchten Sulfonamiden sind SDZ, SDM und SMX diejenigen, die im Grundwasser wiederholt gefunden wurden. Zusätzlich wurde Sulfadimethoxin einmalig unterhalb der BG am Standort Bösel im Grundwasser detektiert. Dieser Wirkstoff findet in der Humanmedizin keine Anwendung (Kümmerer et al. 2011), so dass sich an der Interpretation der Eintragsquellen zu diesem Standort nichts ändert.

Wirkstoffübergreifend zeigt sich (Abb. 37), dass an allen sechs Standorten der Eintrag von Antibiotika in das Grundwasser primär durch die Anwendung in der Tier- und nur nachgeordnet in der Humanmedizin verursacht worden ist. An einem Standort (Wietmarschen-Lohne) wurde nur ein Wirkstoff (SDM) und an drei weiteren (Markhausen, Carum und Kleinringer Wösten) zwei Wirkstoffe (SDM und SDZ) sowie deren Transformationsprodukte nachgewiesen. An zwei Standorten (Bösel und Lohe) wurde zusätzlich SMX im Grundwasser detektiert, dessen Herkunft nur in Lohe sicher der Humanmedizin zugewiesen werden kann. In Bösel dagegen konnten die Eintragsquellen nicht sicher zugeordnet werden.

Tabelle 6: Standortbezogene Aufklärung der Eintragspfade von Sulfamethoxazol und dessen Transformationsprodukten (Erläuterungen s. Text, KKA: Kleinkläranlage, TAM: Tier-, HAM: Humanarzneimittel, * unwahrscheinlich)

| Standort (Ortsname) | Schlagnummer | Nachweis im Abwasser der KKA seit 2015 | Einsatz im Betrieb 2009-2015 oder Nachweis in Gülle / Gärrest seit 2015 | Nachweis im Boden seit 2015 | Nachweis im Grundwasser seit 2012 (inkl. UBA) | Eintragspfad GW nachvollzogen? | Eintragsquelle |
|---------------------|--------------|--|---|-----------------------------|---|--------------------------------|----------------|
| Bösel | F1 | ja | nein | nein | ja | ja | HAM (TAM*) |
| | F2/3 | | nein | nein | | | |
| | F55 | | ja | nein | | | |
| | F57 | | nein | nein | | | |
| Lohe | F4 | KKA im Zustrom zur TGWM nicht beprobt | nein | nein | ja | ja | HAM |
| | F5 | | nein | nein | | | |
| | F6 | | nein | nein | | | |
| | F70 | nicht bekannt | nein | | | | |

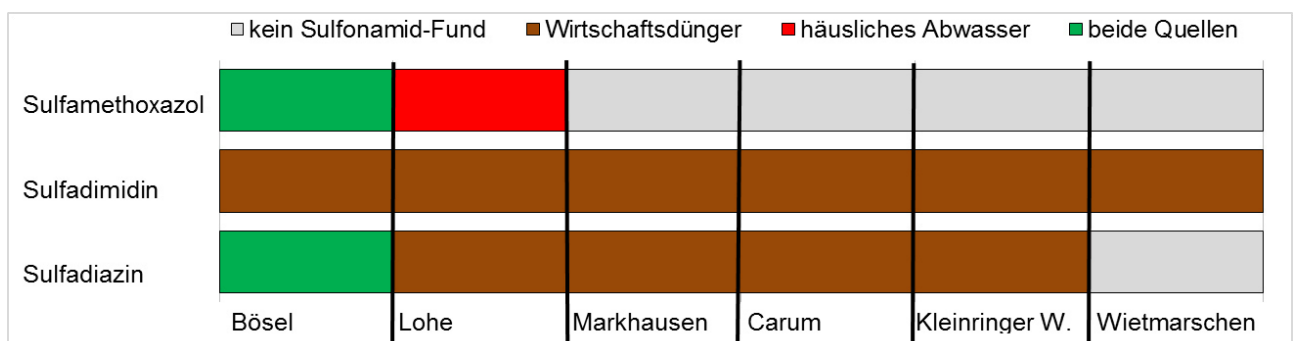


Abb. 37: Herkunft der Antibiotika-Funde im Grundwasser pro Standort und Sulfonamid-Wirkstoff

10 Resumé und Schlussfolgerungen zum weiteren Handlungsbedarf

Die von einer Projekt-AG mit Mitgliedern aus betroffenen Verbänden und Behörden begleiteten Untersuchungen dienten dazu, den bisherigen Kenntnisstand aus den beiden UBA-Projekten durch die Beprobung und Analytik weiterer relevanter Umweltmedien (organische Wirtschaftsdünger, Boden, Kleinkläranlagen, oberirdische Gewässer, Drän- und Sickerwasser) sowie der Verdichtung der Probenentnahmeintervalle bei der Grundwasseruntersuchung zu verbessern. Ziel war es, die Eintragspfade der Antibiotika in das Grundwasser sicher aufklären zu können. Eine breit angelegte Informationskampagne mit den Zielgruppen der Landwirte und der Öffentlichkeit unterstützte alle Arbeiten.

Folgendes **Resumé** kann im Ergebnis aller Arbeiten inkl. der UBA-Untersuchungen seit 2012 gezogen werden:

1. Die Gespräche mit den Landwirten unter Vermittlung der Kreislandvolkverbände führten an allen Standorten zur Bereitschaft zur Mitarbeit. Diese bezog sich auf das Ausfüllen der Fragebögen, die Lieferung von Düngerproben und die Gestattung der Entnahme von Bodenproben. Auch Nachfragen bei einzelnen Landwirten zur Klärung von Fragen wurden bereitwillig beantwortet. Nur an einem der sechs Standorte waren nicht alle Landwirte zur kompletten Mitarbeit bereit, ohne dass dadurch jedoch wesentliche Kenntnisdefizite entstanden. Die Bereitschaft zur Kooperation durch die Landwirte war Voraussetzung zum Gelingen des Projekts.
2. Wichtige Erkenntnisse im Projekt wurden durch die disziplinübergreifende Diskussion mit Vertretern der Veterinärmedizin gewonnen. Strategien und Möglichkeiten, den Einsatz von Sulfonamiden in der Tierhaltung zu reduzieren, wurden diskutiert. Die Substitution durch „grüne“, also Antibiotika mit hoher Bioverfügbarkeit ist wegen ihrer Bedeutung als Reserveantibiotika in der Humanmedizin nicht gewünscht. Aus diesem Grund wird in der Tiermedizin mit überwiegend alten Antibiotika wie Tetracyklinen und Amoxicillinen gearbeitet. Sulfonamide werden aufgrund der 16. AMG-Novelle (fallen zumeist mit zwei Wirkstoffen in die Berechnung der Therapiehäufigkeit ein) kaum noch eingesetzt, sind wegen ihres breiten Wirkungsspektrums aus veterinärmedizinischer Sicht aber therapeutisch sinnvoll. Sulfonamide durch andere Antibiotika zu ersetzen, ist nach Auskunft der in der Projektarbeitsgruppe beteiligten Tierärzte derzeit nicht möglich, da solche Präparate aktuell nicht zur Verfügung stehen. Hier besteht ein Konflikt zwischen dem Boden- und Grundwasserschutz einerseits sowie notwendiger medizinischer Behandlungen der Tiere andererseits.
3. Die Wirkung der Sulfonamide potenziert sich in Kombination mit TMP. Der Einsatz dieser Kombination ist aus therapeutischer Sicht und vor dem Hintergrund der Antibiotika-Resistenzminimierung sinnvoll und anzustreben. Bzgl. der Therapiehäufigkeit im Rahmen der 16. AMG-Novelle regten Tierärzte an, dass die Kombination aus Sulfonamiden und TMP künftig nur als ein Wirkstoff in die Berechnung einfließen sollte.
4. Das aus dem UBA-Projekt abgeleitete Vorgehen mit der Recherche und anschließenden Beprobung aller potentiellen Emissionsquellen sowie der Transportpfade der Antibiotika bis in das oberflächennahe Grundwasser ist notwendig, um standortbezogen ein Prozessverständnis zu erlangen und hat sich damit als richtig erwiesen. Nicht an jedem Standort gelang das bisher bereits zufriedenstellend. Die Gründe dafür sind unterschiedlich, z. B. nicht vorhandene Akzeptanz bei einigen der Landwirte oder Schwierigkeiten bei der Gewinnung von Sickerwasserproben aus der ungesättigten Zone.
5. Bis zum Ende der ursprünglich geplanten Beprobung im Mai 2016 gab es an einigen Standorten Auffälligkeiten bzw. unklare Befunde. In Bösel I zeigt sich z. B. ein Abfall der SMX-Gehalte im Grundwasser, in Markhausen ein starker Anstieg der 4-OH-SDZ-Gehalte in den beiden Grundwassermessstellen auf der Fläche der BDF auf über 90 ng/l, in Kleinringer Wösten ein sehr hoher Fund von 4-OH-SDZ mit 150 ng/l im Grundwasser und auch im Boden sowie in Lohe der Nachweis von SMX an der TGWM 30. Diese Funde wurden daher durch Beprobungen im September 2016 nochmals überprüft. Dabei konnten die zeitlich einmalig hohen Konzentra-

tionen nicht bestätigt werden, so dass von einmaligen Ausreißern ausgegangen wird.

6. Die Daten der temporären Grundwassermessstellen (TGWM) dienen der Verbesserung des Kenntnisstandes zur Grundwasserbeschaffenheit und zum lokalen Grundwasserfließen. Das war Voraussetzung zur ortskonkreten Probenentnahme. Die vor Projektbeginn nur lokalen Kenntnisse zu den Landes-Messstellen konnten so räumlich erweitert werden. Ein Großteil der TGWM wurde aus dem UBA-Projekt übernommen. Wie mit den Unteren Wasserbehörden sowie mit den Eigentümern der z. T. auf Privatbesitz errichteten TGWM vereinbart, wurde ein kompletter Rückbau der Messstellen zum Abschluss der Geländearbeiten durchgeführt.
7. Mit den gemessenen Grundwasserständen wurde an allen sechs Standorten der Zustrombereich des Grundwassers zu den stationären Landesmessstellen zuverlässig ermittelt. Überwiegend erwiesen sich dabei die saisonalen, witterungsbedingten Unterschiede als gering, nur an einem Standort treten aufgrund sehr geringer Potentialunterschiede der Grundwasseroberfläche erhebliche Variationen der Richtung des Zustromes auf.
8. Die zeitlich in monatlichen Abständen in den beiden Frühjahren 2015 (UBA) und 2016 durchgeführte Beprobung des organischen Wirtschaftsdüngers ergab große Variationen der Antibiotika-Befunde. Es deutet sich eine Abnahme der Konzentrationen mit zunehmender Lagerdauer an, ohne dass dazu bisher die Ursachen eindeutig bekannt sind. Die Anzahl der Proben ist auch bisher zu gering, um daraus generelle Schlussfolgerungen ableiten zu können. Aus den Gülleeinträgen resultierende Funde im Grundwasser sind aufgrund der Verweilzeiten des Sickerwassers in der ungesättigten Zone erst nach etwa zwei bis drei Jahren zu erwarten.
9. Für Probenentnahmen aus KKA wurden diejenigen Anlagen als relevant erachtet, die sich im Zustrom zur Landesmessstelle in Bösel befinden und die nach dem recherchierten und bestätigten Kenntnisstand in das Grundwasser direkt (über Mulden) oder indirekt (über zumeist trockene Gräben) einleiten. In der Humanmedizin wird überwiegend SMX, sehr untergeordnet

auch SDZ angewendet. Die Fundanteile von Antibiotika in KKA sind zeitlich z.T. sehr stark (über mehrere Größenordnungen) schwankend. Das ist aufgrund der Zuordnung einer KKA zu nur einem Haushalt plausibel, da Antibiotika zumeist nur über einen kurzen Zeitraum eingesetzt werden. Wegen der SMX-Funde im UBA-Projekt bis 2015 wurden die Probenentnahmen primär auf den Standort Bösel konzentriert. Sie konnten dort klar bestätigt werden. Beim zweiten Standort mit SMX-Funden im Grundwasser ist nicht die Landesmessstelle, sondern eine TGWM betroffen. Auch hier befindet sich eine KKA im lokalen Zustrom zur Messstelle, womit das Emissionspotential der Humanpharmaka für das Grundwasser in gleichem Maß wie in Bösel gegeben ist.

10. Die Beprobung des Bodens erbrachte keinen deutlichen Zusammenhang zu den Konzentrationen der ausgebrachten Dünger, oft lagen die Werte im Boden nach Ausbringung gleich oder unter den einigen Monaten zuvor dort entnommenen Proben. Die Ursachen sind bisher unklar, die Konzentrationen schwankten zeitbezogen zudem auch stark. Beim Sickerwasser ist die Anzahl der Proben sehr gering und nur auf den Standort Markhausen beschränkt. Die gemessenen Konzentrationen bestätigen die Eigenschaft des Umweltkompartimentes als Transportmedium zum Grundwasser und den oberirdischen Gewässern. In diesem Medium wurde bei jeder zweiten entnommenen Probe im hydraulischen Abstrom der Standorte ein Antibiotika-Wirkstoff nachgewiesen.
11. Die Sonderuntersuchungen auf Acesulfam-K im Grundwasser an allen Standorten erwiesen sich als sehr sinnvoll und ermöglichten eine Identifizierung der anthropogenen Beeinflussung des Grundwassers an den Standorten. Nur in Bösel gab es Nachweise, hier wurde die zeitliche Abfolge der Analytik intensiviert. Dadurch konnte die Beeinflussung durch Abwasser aus einer Kleinkläranlage im Zustrom bestätigt werden. Im Grundwasser wurden die höchsten national bisher dokumentierte Werte (45 µg/l) bei großen Schwankungen festgestellt. Acesulfam-K hat sich aufgrund seiner hydrochemischen Beständigkeit im Vergleich mit CMZ und

Koffein als der bessere Tracer zur Untersuchung auf eine anthropogene Beeinflussung des Grundwassers erwiesen.

12. An allen sechs Standorten wurden Grundwassermessstellen beprobt, die auch in größeren Tiefen im Vergleich zu den bisher untersuchten Oberpegeln der stationären Messstellen ausgebaut sind. In der Messstelle Kleinringerwösten II wurde dabei in 39 Meter Tiefe unter bindigen Deckschichten SDM unter der BG von 6 ng/l detektiert. Bei zwei Nachbeprobungen konnte dieser einmalige Fund jedoch nicht bestätigt werden. Er zeigt dennoch, dass eine Tiefenverlagerung dieses Antibiotika-Wirkstoffes in der gesättigten Zone nicht ausgeschlossen werden kann und auch im tieferen Grundwasser die im dortigen reduzierten Milieu hydrochemisch zu meist stabilen Sulfonamide angetroffen werden können.

13. Die im Grundwasser gemessenen Konzentrationen der beiden Sulfonamid-Wirkstoffe SDZ und SDM konnten in Ihrer Größenordnung durch die modellhafte Berechnung unter Verwendung der Eingangsparameter (I) Konzentration im Wirtschaftsdünger, (II) Verweilzeit des Sickerwassers in der ungesättigten Zone (vz) und (III) Halbwertszeit (dt_{50}) bestätigt werden – zu SMX existieren in der Literatur leider keine Werte für die Halbwertszeit. Damit ist eine Übertragung auf andere Standorte mit vergleichbar ungünstigen Eigenschaften (pufferarme Sande mit niedrigen Kohlenstoffgehalten im Boden) bei bekannten Konzentrationen im Dünger und Standorteigenschaften (Flurabstand, Feldkapazität, Neubildung) grundsätzlich möglich. Eine Validierung mit den Ergebnissen weiterer Funde (z. B. aus den Screening-Untersuchungen des NLWKN in 2015 und 2016 im Grundwasser) sowie in weiteren Gewässern wird empfohlen.

14. Generell lässt sich feststellen, dass Sulfonamide im Dünger und in allen Umweltmedien gefunden wurden. Die Konzentrationen liegen in allen Medien fast immer im niedrigen unteren ng/l- bzw. ng/kg-Bereich, so dass derzeit kein generelles Problem hinsichtlich einer Gefährdung dieser sechs Standorte vorliegt. Die Konzentrationen der Sulfonamide z. B. liegen fast immer weit unterhalb des vom UBA zur Integration in die GrwV vorgeschlagenen Schwellen-

wertes für Antibiotika im Grundwasser. Über die regionale Betrachtungsebene dieses Projektes hinausgehende Untersuchungen von Wasserversorgern oder des NLWKN (z. B. Screening 2016 in viehstarken Regionen) sollten zeigen, wie großflächig die Verbreitung der Wirkstoffe in Niedersachsen ist und ob eine Neubewertung der Situation notwendig erscheint.

15. Im Ergebnis wurde an allen Standorten der Eintragspfad der Sulfonamide in das Grundwasser ermittelt, offene Fragen aus den UBA-Projekten wurden geklärt. Es wurde nachgewiesen, dass der überwiegende Eintrag an Sulfonamiden in das oberflächennahe Grundwasser über die flächige Verbringung von Wirtschaftsdüngern auf den Boden der Schläge erfolgt. Zusätzlich gibt es den Eintrag von häuslichem Abwasser über Kleinkläranlagen als lokale Punktquelle, der bei den Untersuchungen bei zwei der sechs Standorte auftrat.

Darauf basierend ergeben sich für zukünftige Arbeiten zehn **Schlussfolgerungen**:

1. Erfolgreiche und allen betroffenen Landwirten vermittelbare Aufklärung der Eintragspfade der Antibiotikawirkstoffe im Sinne einer Fundaufklärung kann nur gelingen, wenn alle Beteiligten frühzeitig informiert und vom Sinn der Arbeiten überzeugt werden. Die Interessensvertretungen der Landwirte können hierbei wertvolle Hilfestellungen liefern, entscheidend ist aber immer die Akzeptanz beim einzelnen Landwirt.
2. Bei den im Grundwasser gefundenen Wirkstoffen der Antibiotika handelt es sich um „alte“, seit langem am Markt verbreitete und aus Sicht der Tierärzte nicht einfach ersetzbare Präparate. Aus veterinärmedizinischer Sicht sind sie sehr wertvoll zur Heilung von Krankheiten beim Tier. Dennoch handelt es sich bei den im Grundwasser gefundenen Stoffen nur um sehr wenige Wirkstoffe bzw. deren Transformationsprodukte, deren Einsatz zukünftig einer Nutzen-/Risiko-Abwägung mit den nunmehr bekannten Daten zu den festgestellten Verlagerungen in den Umweltmedien unterzogen werden sollte.
3. Aufklärung gelingt nur, wenn räumlich und zeitlich geeignete und ausreichende Daten zur Verfügung stehen. Räumlich bedeutet dies,

dass zu den Grundwassermessstellen die Zustromgebiete ausgewiesen werden müssen und genügend Messstellen in deren Umkreis vorhanden sein müssen bzw. neu errichtet werden. Zeitliche Wiederholungsbeprobungen sind unerlässlich, da sich bei vielen Proben hohe Varianzen in den Konzentrationen zeigten, die typisch für organische Komplexverbindungen sind.

4. Bei Befund von nur SDM im Grundwasser kann von einem Eintrag dieses nur in der Tiermedizin eingesetzten Wirkstoffes über den Wirtschaftsdünger und den Boden in das Grundwasser ausgegangen werden. Die Aufklärung der Ursachen von Sulfonamid-Funden im Grundwasser ist dann sinnvoll und notwendig, wenn außer SDM noch weitere Wirkstoffe (SMX, SDZ) bzw. deren Transformationsprodukte im Grundwasser gefunden werden, da diese sowohl in der Human- als auch der Tiermedizin aktuell eingesetzt werden.
5. Die sechs untersuchten Standorte zeigten sich untereinander hinsichtlich des örtlichen Vergleichs und der zeitlichen Nachvollziehbarkeit der Funde von Antibiotika in den verschiedenen Medien (Dünger, Boden, Grundwasser) als so heterogen und komplex, so dass nur eine grobe Klassifizierung der Fälle möglich erscheint. Eine einfache Übertragbarkeit der Ergebnisse auf andere Standorte mit Funden verschiedener Antibiotika-Wirkstoffe im oberflächennahen Grundwasser ist nur bedingt möglich.
6. In den Zustromgebieten müssen neben landwirtschaftlichen Quellen weitere potentielle Eintragspfade in die Fundaufklärung integriert werden. An den sechs Standorten im ländlichen Raum im nordwestlichen Niedersachsen waren das vor allem Kleinkläranlagen, deren Eintragspotential zwar pro Einzelanlage aufgrund der niedrigen Abläufe gering ist. Wegen der vielen Anlagen im ländlichen Raum kann sich dadurch aber für das oberflächennahe Grundwasser und die hydraulisch daran angeschlossenen Gräben ein bisher unbekanntes Frachtpotential ergeben.
7. Im Boden waren die Schwankungen der Konzentrationen der Wirkstoffe am größten. Zugleich gibt es zu den als versickerungsrelevant bekannten Sulfonamiden dazu bisher nur sehr

wenige Daten und unterschiedliche Analysemethoden. Intensivierte Beprobungen des Bodens an geeigneten Standorten mit Messeinrichtungen auch für die anderen Umweltkompartimente sind daher geboten. Von den sechs untersuchten Standorten bietet sich dafür die BDF des LBEG in Markhausen an.

8. Das tiefere und für die öffentliche Trinkwasserversorgung genutzte Grundwasser ist bisher nicht von einem Zutritt der Wirkstoffe nachhaltig belastet, sollte jedoch aufgrund eines bereits festgestellten Fundes und der Beständigkeit der Stoffe im reduzierten Milieu weiter beobachtet werden, vor allem auch von den betroffenen Wasserversorgern selbst mit deren geeigneter Infrastruktur an Messstellen und Brunnen.
9. Die Konzentrationen der aus der Tiermedizin stammenden Sulfonamide im Grundwasser sind gering, fast immer unter dem vom UBA vorgeschlagenen Schwellenwert von 0,1 µg/l. Bei den aus der Humanmedizin stammenden Wirkstoffen liegen die Konzentrationen oft höher, auch deutlich über dem Schwellenwert, dessen Relevanz somit bestätigt werden konnte. In den Wirtschaftsdüngern schwanken die Konzentrationen ungleich höher. Mit einfachen Modellrechnungen auf Basis der Halbwertszeit DT_{50} konnten Zusammenhänge zwischen den Eintragskonzentrationen in den verschiedenen Düngerarten und den im Grundwasser gemessenen Werten gefunden werden, die aber durch höhere Probenanzahlen validiert werden sollten.
10. Im Rahmen der Validierung bieten sich die sechs Standorte für zukünftige Beprobungen an, da hier geeignete Messstellen zur Verfügung stehen und die Landwirte vermutlich auch zur weiteren Mitarbeit bereit sind. Zudem liegen die Erkenntnisse aus den Fragebögen mit Daten seit 2009 zum Einsatz der Wirkstoffe im Betrieb, Ergebnisse der Dünger- und Bodenproben seit 2015 und gemessene Konzentrationen im Grundwasser seit 2012 (UBA-Daten) vor. Mit zukünftig zu erhebenden Daten können diese Daten verknüpft und damit Aussagen zu den Umwandlungsprozessen der Wirkstoffe während der Fließzeit des Sicker- und Grundwassers im Untergrund von der Quelle bis zum Entnahmeort abgeleitet werden.

11 Literaturverzeichnis

- Avisar, D., Lester, Y., & Ronen, D. (2009). Sulfamethoxazole contamination of a deep phreatic aquifer. *Science of the Total Environment*, 407(14), 4278–4282.
- Baumgarten, B. (2013): Entfernung von SMX in der Bodenpassage.- Schriftenreihe des Institut für Technischen Umweltschutz, Bd. 20, Berlin
- Bäurle, H. & C. Tamásy, (2012): Regionale Konzentrationen der Nutztierhaltung in Deutschland. *Mitteilungen*, Heft 79, Institut für Strukturforchung und Planung in agrarischen Intensivgebieten (ISPA), Uni Vechta
- Buerge, I.J., Poiger, T., Müller, M.D. & H.-R. Buser (2003): Caffeine, an Anthropogenic Marker for Wastewater Contamination of Surface Waters.- *Environ. Sc. & Techn.* 37 (4), pp. 691–700.
- Chen, Y.S., Zhang, H.B., Luo, Y.M. & J. Sing (2012): Occurrence and assessment of veterinary antibiotics in swine manures: A case study in East China. *Chin Sci Bull*, 2012, 57: 606-614.
- DBU (2015): Arzneimittelrückstände in der Umwelt: vom Erkennen zum vorsorgenden Handeln.- Fachinformation der Deutschen Bundesstiftung Umwelt, Nr. 1, April 2015, Osnabrück.
- DIN 19732 (1997): Bestimmung des standörtlichen Verlagerungspotentials von nichtsorbiebaren Stoffen.- Normenausschuss Wasserwesen im Dt. Institut für Normung, Beuth Verlag, Berlin.
- DWA (2012): Probenentnahme von Grundwassermessstellen. Hrsg.: Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V., DWA-Themenband M 909, Hennef.
- DWA (2015): Stickstoffumsatz im Grundwasser. Hrsg.: Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V., DWA-Themenband T 2/15, Hennef.
- Emmerich, I.U. & F.R. Ungemach (2009): Neue Arzneimittel für Kleintiere 2008.- *Tierärztliche Praxis Großtiere*; Heft 6 2009; 399-409
- EG (2006): Richtlinie des Europäischen Parlamentes und des Rates zum Schutz des Grundwassers vor Verschmutzung und Verschlechterung.- 2006/118/EG, (ABl. L 372 vom 27.12.2006, S. 19, L 53 vom 22.2.2007, S. 30, L 139 vom 31.5.2007, S. 39.
- Federolf, C.M.J, Kayser, A., Kühling, G. (2012): Regionalbericht für das Hase-Einzugsgebiet. Darstellung der Grundwassersituation. *Grundwasser Band 12*. Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (Hrsg.), 121 S., Norden/Cloppenburg.
- Förster, M., Laabs V., Lamshöft M., Pütz, T. & W. Amelung (2008): Analysis of aged sulfadiazine residues in soils using microwave extraction and liquid chromatography tandem mass spectrometry.- *Anal Bioanal Chem* (2008) 391:1029–1038.
- Förster, M., Laabs V., Lamshöft M., Groeneweg J., Zühlke J.S., Spiteller M., Krauss M., Kaupenjohann M. & W. Amelung (2009): Sequestration of manure-applied SDZe in soils.- *Environmental Science and Technology* 43, 1824-1830.
- Gans, O. & H. Stadlbauer (2009): Lysimeterstudie - Verhalten von Antibiotikawirkstoffen im Sickerwasser und Boden.- Dokumentation zum Thema Gewässerschutz, Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Fachabteilung 17C, Graz.
- Glassmeyer, S.T., Furlong, E.T., Kolpin, D.W., Cahill, J.D., Zaugg, S.D., Werner, S.L., Meyer, M.T. and Kryak, D.D. (2005). Transport of Chemical and Microbial Compounds from Known Wastewater Discharges: Potential for Use as Indicators of Human Fecal Contamination. *Environmental Science & Technology* 39(14), 5157-5169.
- Graefe, K.H., Lutz, W.K. & H. Bönisch (2011): *Duale Reihe - Pharmakologie und Toxik.*, Thieme, Stuttgart
- GrwV (2010): Verordnung zum Schutz des Grundwassers, Grundwasserverordnung – GrwV, Ausfertigungsdatum: 09.11.2010, BgBl. I S. 1513.
- Hamscher, G., Pawelzick, H.T., Höper H. & H. Nau (2005): Different behavior of tetracyclines and sulfonamides in sandy soils after repeated fertilization with liquid manure.- *Environmental Toxicology and Chemistry*, Vol. 24, No. 4, pp. 861–868.
- Hamscher, G. & S. Mohring (2012): Tierarzneimittel in Böden und in der aquatischen Umwelt.- *Chemie Ingenieur Technik* 2012, 84, No. 7, VCH-Verlagsgesellschaft, Weinheim pp.1052-1061
- Hamscher, G., Mohring, S., Höper, H., Stahl, J., Kietzmann, M., Haiß, A. & K. Kümmerer (2013): Identifizierung und Charakterisierung von umweltfreundlichen Tierarzneimitteln am Beispiel der Sulfonamide.- *FKZ*:

- 26852-31, Abschlussbericht im Auftrag der Deutschen Bundesstiftung Umwelt, Gießen, Hannover, Lüneburg, Garbsen.
- Hanke, I., Singer, H., Mc Ardell, C., Brennwald, M., Traber, D., Mural, R., Herold, T., Oechlin, R. & R. Kipfer (2007): Arzneimittel und Pestizide im Grundwasser.- GWA 3, 3-12.
- Hannappel, S., Groeneweg, J. & S. Zühlke (2014a): Antibiotika und Antiparasitika im Grundwasser unter Standorten mit hoher Viehbesatzdichte.- Texte 27/2014, Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, Forschungskennzahl 3711 23 225, UBA-FB 001897, Hrsg.: Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau.
- Hannappel, S., Schöttler, M. & G. Lemke (2014b): Methoden zur Fundstellenaufklärung diffuser Nährstoffeinträge in das Grundwasser – Möglichkeiten und Grenzen.- KW Korrespondenz Wasserwirtschaft, Heft 8/14 (7), Hennef.
- Hannappel, S., Köpp, C. & S. Zühlke (2016): Aufklärung der Ursachen von Tierarzneimittelfunden im Grundwasser - Untersuchung eintragsgefährdeter Standorte in Norddeutschland. FKZ 3714232100, Berlin, download: www.umweltbundesamt.de/publikationen/aufklaerung-der-ursachen-von-tierarzneimittelfunden.
- Harms, K. S. (2006): Untersuchungen zum Nachweis und Vorkommen von Antibiotika und deren Metaboliten in Schweine-Gülle, Lehrstuhl für Tierhygiene, Department für Tierwissenschaften, Dissertation Technische Universität München.
- Heberer, T., Massmann, G., Fanck, B., Taute, T., Dünnbier, U. (2008): Behaviour and redox sensitivity of antimicrobial residues during bank filtration.- Chemosphere 73, 451– 460.
- Hein, A. (2011): Verbleib und Verhalten von Makrolid- und Sulfonamid-Antibiotika bei der künstlichen Grundwasseranreicherung mit behandeltem Kommunalabwasser.- Schriftenreihe des Institut für Technischen Umweltschutz, Bd. 16, Berlin.
- Hembrock-Heger, A., Nießner, M. & R. Reupert (2011): Tierarzneimittel in landwirtschaftlich genutzten Böden und oberflächennahem Grundwasser in NW. Bodenschutz, 4 2011, S. 100-104.
- Hillebrand, O., Nödler, K., Licha, T., Sauter, M. & T. Geyer (2012): Caffeine as an indicator for the quantification of untreated wastewater in karst systems.- Water Research 46(2), pp. 395–402.
- Hölting, B. & W. G. Coldewey (2009): Hydrogeologie.- 7. Auflage, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg.
- Höper, H. (2011): Langzeituntersuchungen zum Vorkommen von Tierarzneimitteln in Boden und Sickerwasser in NI. Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie, Status-Seminar Arzneistoffe in der Umwelt, 07./08.08.2011, Dresden (unveröff.).
- Hu, X., Zhou, Q. & Y. Luo (2010): Occurrence and source analysis of typical veterinary antibiotics in manure, soil, vegetables and groundwater from organic vegetable bases, northern China. Environmental Pollution, Volume 158, Issue 9, September 2010, Pages 2992–2998
- Humer, F.; Weiß, S.; Reinicke, S.; Clara, M.; Grath, J. & Windhofer, G. (2012): Indikatortest Verunreinigungen von Grund- und Oberflächengewässern durch kommunales Abwasser. PANGEO Austria 2012, Abstracts, Salzburg, S. 74.
- Jekel, M. & W. Dott (2013): Leitfaden Polare organische Spurenstoffe als Indikatoren im anthropogen beeinflussten Wasserkreislauf, Ergebnisse des Querschnittsthemas „Indikatortestsubstanzen“.- BMBF-Fördermaßnahme „Risikomanagement von neuen Schadstoffen und Krankheitserregern im Wasserkreislauf“ RiSKWa im Auftrag des BMBF.
- Kreuzig, R. & S. Höltge (2005): Investigations on the fate of sulfadiazine in manured soil: Laboratory experiments and test plot studies.- Environm. Toxicology and Chemistry 24(4), 771-776.
- Kreuzig, R., Schröder, U., Hartung, S., Widyasari, A. & B. Wolters (2014): Antibiotika in Schweine-Gülle: Entwicklung von Strategien für Güllebehandlungsverfahren zur gleichzeitigen Verminderung der Güllebelastung mit Antibiotika und Antibiotika-Resistenzgenen, Abschlussbericht.- TU Braunschweig, BLE-Forschungsvorhaben 2810HS032, Aktenzeichen: 514-06.01-2810HS032, Braunschweig.
- Kümmerer, K., Schuster, A., Längin, A., Happel, O., Thoma, A., Schneider, K., Hassauer, M., Gartiser S. & C. Hafner (2011): Identifizierung und Bewertung ausgewählter Arzneimittel und ihrer Metaboliten (Ab- und Umbauprodukte) im Wasserkreislauf, Texte 46/2011, UFO-Plan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, UBA-FB 001513, Hrsg.: Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau.
- Kunkel, R., Voigt, H.-J., Wendland, F. & S. Hannappel (2004): Die natürliche, ubiquitär überprägte Grundwasserbeschaffenheit in Deutschland.- FZ Jülich, Reihe Umwelt, Bd. 47, Jülich.

- LANUV (2007): Eintrag von Arzneimitteln und deren Verhalten und Verbleib in der Umwelt – Literaturstudie.- LANUV-Fachbericht 2, Hrsg.: Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NW, Recklinghausen.
- LANUV (2012): Abschlussbericht - Evaluierung des Antibiotikaeinsatzes in der Hähnchenhaltung.- Hrsg.: Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NW, Recklinghausen
- LANUV (2014): Evaluierung des Einsatzes von Antibiotika in der Putenmast.- LANUV-Fachbericht 58, Hrsg.: Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NW, Recklinghausen, Abteilung 8 Verbraucherschutz, Tiergesundheit, Agrarmarkt, Recklinghausen.
- LAVES (2011): Bericht über den Antibiotikaeinsatz in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung in Niedersachsen.- Niedersächsisches Landesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit.
- Loos, R., Locorno, G., Comero, S., Contini, S., Schwesig, D. & F. Werres (2010): Pan-European survey on the occurrence of selected polar organic persistent pollutants in ground water.- *Water Res.* 44, 4115-4126.
- LUA (2002): Bericht zur Grundwasserbeschaffenheit 1995-2000 im Land Brandenburg.- Studien und Tagungsberichte, Bd. 41, Hrsg.: Landesumweltamt Brandenburg, Potsdam.
- LUBW (2015): Grundwasserüberwachungsprogramm, Ergebnisse der Beprobung 2014.- Hrsg.: Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe.
- Lü, X., Yu, W.J., Lan, Y.Q., Li, L., Lü, S., Ye, Z.X., Zhang, Y.M., Liu, R. & L.J. Chen (2013). A study on the veterinary antibiotics contamination in groundwater of Jiaying. *Huan jing ke xue*, 2013 Sep., 34(9), 3368-3373.
- LWK (2016): Nährstoffbericht Niedersachsen.- Hrsg.: Landwirtschaftskammer Niedersachsen, download: http://www.ml.niedersachsen.de/download/103735/Naehrstoffbericht_2014_2015.pdf
- Meuli, K. (2015): Die versteckte Seite des Medikamentenkonsums, Arzneimittelrückstände und Antibiotikaresistenzen als Gefahr.- In: *Umwelt 3/2015, Dossier Gesundheit*, S. 9-12, Hrsg.: BAFU Bern.
- Mohr, K., H. Meesenburg, B. Horváth, K.J. Meiwes, S. Schaaf & U. Dämmgen (2005): Bestimmung von Ammoniak-Einträgen aus der Luft und deren Wirkungen auf Waldökosysteme, ANSWER-Projekt.- Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit FKZ UF-OPLAN 200 88 213, Oldenburg, Göttingen, Braunschweig.
- Mohring, S.A.I., Strzysch, I., Fernandes, M.R., Kiffmeyer, T.K., Tuerk, J., Hamscher, G., 2009. Degradation and elimination of various sulfonamides during anaerobic fermentation: a promising step on the way to sustainable pharmacy? *Environmental Science & Technology* 43, 2569–2574.
- Müller, B., Zippel, M., Scheytt, T., Hannappel, S., Duscher, K. & J. Klein-Goedicke (2010): A New Approach to Calculate EMEA's Predicted Environmental Concentration for Human Pharmaceuticals in Groundwater at Bank Filtration Sites.- *Water Air Soil Pollut*, Volume 217, nr. 1-4, pp. 67-82.
- NLÖ (2004): Grundwasser Nr. 6: Grundwasseruntersuchungen im Rahmen der Deponieüberwachung in Niedersachsen, Veröffentlichungsreihe des Niedersächsischen Landesamtes für Ökologie
- NLWKN (2014): Regionaler Themenbericht Arznei- und Röntgenkontrastmittelrückstände im Grundwasser, Untersuchung in Abwasser- bzw. Klärschlammverregnungsgebieten im Raum Braunschweig-Wolfsburg.- Hrsg.: NLWKN, Grundwasser, Band 20, Norden.
- NLWKN (2016): Tierarzneimittelwirkstoffe im Grundwasser Niedersachsens, landesweite Bestandsaufnahme 1. und 2. Halbjahr 2015.- NLWKN-Betriebsstelle Hannover-Hildesheim (unveröff.).
- OOWV (2015): (Tier-)Arzneimittel, Antibiotika-Rückstände im oberflächennahen Grundwasser, Ergebnisbericht 2015.- Autoren: M. Penning & J. Teppema, Brake (unveröff.).
- Park, J.Y. & B. Huwe (2016): Effect of pH and soil structure on transport of sulfonamide antibiotics in agricultural soils.- *Environmental Pollution* 213 (2016) 561e57
- Ratsak, C., Guhl, B., Zühlke, S. & T. Delschen (2013): Veterinärantibiotikarückstände in Gülle und Gärresten aus NW.- *Environmental Sciences Europe* 25:7.
- Reh, R., Nödler, K., Hillebrand, O. & T. Licha (2016): Potenziale der Nutzung organischer Spurenstoffe als Indikatoren in Grundwasserleitern.- *Grundwasser – Zeitschrift der FH Hydrogeologie*, Band 4, Springer.
- Rosendahl, I., Siemens, J., Groeneweg, J., Linzbach, E., Laabs, V., Hermann, C., Vereecken, H. & W. Amelung (2011): Dissipation and sequestration of the veterinary antibiotic SDZe and its Metabolites under field conditions.- *Environmental science & technology* 45, 516-522.
- Rushton, J., J. Pinto Ferreira and K. D. Stärk (2014): Antimicrobial Resistance: The Use of Antimicrobials in the Livestock Sector, *OECD Food, Agric. & Fish. Papers*, No. 68, OECD Publis.

- Sattelberger, R., E. Martinez & O. Gans (2005): Veterinärantibiotika in Dünger und Boden.- Hrsg.: Umweltbundesamt Österreich, Berichte 272, Wien.
- Schafmeister, M.-T. (1999): Geostatistik für die hydrogeologische Praxis.- Springer, Berlin.
- Scheurer, M., Storck, F.R. Graf, C., Brauch, H.-J., Ruck, W., Lev O. & F. T. Lange (2011): Correlation of six anthropogenic markers in wastewater, surface water, bank filtrate, and soil aquifer treatment, *J. Environ. Monit.*, 2011, 13, 966.
- Schießl, P., Krämer, C. & A. Heißenhuber (2015): Aufbereitung und Transport von Wirtschaftsdüngern.- TEXTE 80/2015 Sachverständigengutachten, Projektnummer 37240 UBA-FB 002200 im Auftrag des Umweltbundesamtes, Dessau.
- Schleyer, R. & H. Kerndorf (1992): Die Grundwasserqualität westdeutscher Trinkwasserressourcen. VCH-Verlagsgesellschaft, Weinheim.
- Schramm, C., Gans, O., Uhl, M., Grath, J., Scharf, S., Zieritz, I., Kralik, M., Scheidleder, A. & F. Humer (2006): Carbamazepin und Koffein – Potenzielle Screening-Parameter für Verunreinigungen des Grundwassers durch kommunales Abwasser? Hrsg.: UBA AUT REP-0061, Wien.
- Schwarz, L. (2014): Transformation von Tierarzneimitteln und Bioziden in Gülle – Eine Literaturstudie.- Texte 56/2014, Hrsg.: Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau.
- Seis, W., Lesjean, B., Maaßen, S., Balla, D., Hochstrat, R. & B. Düppenbecker (2016): Rahmenbedingungen für die umweltgerechte Nutzung von behandeltem Abwasser zur landwirtschaftlichen Bewässerung.- UBA Texte, Band 34/16, Dessau
- Spielmeyer, A., Ahlborn, J. & G. Hamscher (2014): Simultaneous determination of 14 Sulfonamides and tetracyclines in biogas plants by liquid-liquid-extraction and liquid chromatography tandem mass spectrometry.- *Anal Bioanal. Chem* (2014) 406:2513–2524
- StAWA (1992): Grundwassergleichen-Linien, erarbeitet im Staatlichen Amt für Wasser und Abfall.- Übergebene Daten des NLWKN (Autor: Kallert 1992), unveröff.
- Tappe, W., Herbst, M., Hofmann, D., Koepfchen, S., Kummer, S., Thiele, B., & Groeneweg, J. (2013). Degradation of sulfadiazine by *Microbacterium lacus* strain SDZm4, isolated from lysimeters previously manured with slurry from sulfadiazine-medicated pigs. *Applied and Environm Microb*, 79(8), 2572-2577.
- Ternes, T. A. (1998). Occurrence of drugs in German sewage treatment plants and rivers. *Water Research* 32(11), 3245-3260.
- Tetzlaff, B. (2016): Identifizierung und Priorisierung von niedersächsischen Fließgewässern mit erhöhter Belastung durch Human-Pharmaka.- Forschungsvorhaben im Auftrag des NLWKN, T/Z1015.03.15, Laufzeit 01.07.2015 – 30.06.2016, download unter: www.nlwkn.niedersachsen.de/download/111650.
- Tong, L., Huang, S., Wang, Y., Liu, H. & M. Li (2014): Occurrence of antibiotics in the aquatic environment of Jiangnan Plain, central China.- *Science of The Total Environ*, Vol. 497-498, Nov. 2014, pages 180-187
- Topp, E., Chapman, R., Devers-Lamrani, M., Hartmann, A., Marti, R., Martin-Laurent, F., Sabourin, L., Scott, A. & M. S. Topp (2013): Accelerated Biodegradation of Veterinary Antibiotics in Agricultural Soil following Long-Term Exposure, and Isolation of a Sulfamethazine-degrading *Microbacterium* sp.- *Journal of Environmental Quality* 42: 1: 173-178
- TZW (2002): Pharmaka und Hormone in der aquatischen Umwelt, Projekt-Nr. U33-00.01, Teilprojekt: Vorkommen von Pharmaka und Hormonen in Grund-, Oberflächenwässern und Böden in Baden-Württemberg.- Abschlussbericht Landesanstalt für Umweltschutz, Karlsruhe.
- Umweltbundesamt & AGES (2015): Humer, F. & Inreiter, N.: Monitoringprogramm von Pharmazeutika und Abwasserindikatoren in Grund- und Trinkwasser. Forschungsprojekt im Auftrag des Bundesministeriums für Gesundheit, Endbericht Juni 2015, ISBN 978-3-902611-97-0, Wien.
- Vidaurre, R., Lukat, E., Steinhoff-Wagner, J., Ilg, Y., Petersen, B., Möller, K. & S. Hannappel (2016): Konzepte zur Minderung von Arzneimittelrückständen aus der landwirtschaftlichen Tierhaltung in die Umwelt, Fachbroschüre.- UBA-FKZ 3715 63 4301, Berlin.
- Wang, N., Guo, X., Xu, J., Hao, L., Kong, D. & S. Gao (2015): Sorption and transport of five sulfonamide antibiotics in agricultural soil and soil–manure systems. *Journal of Environmental Science and Health, Part B: Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes*, Volume 50, Issue 1, 2015, pages 23-33
- Wei, R., Ge, F., Huang, S. Chen, M. & R. Wang (2011): Occurrence of veterinary antibiotics in animal wastewater and surface water around farms in Jiangsu P., China. *Chem.* 82, 1408-1414.

Glossar

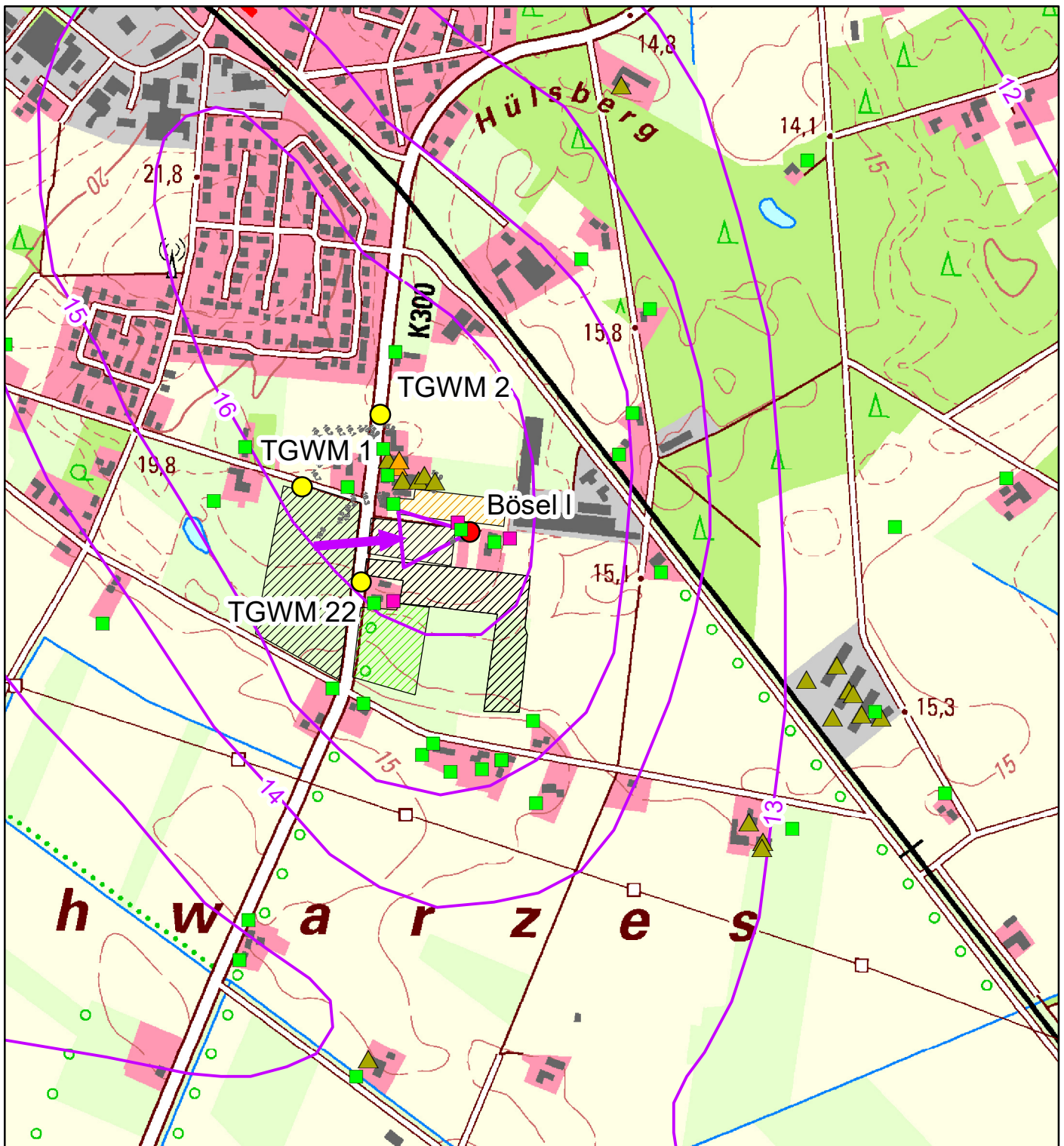
| | |
|-------------------------|--|
| Abstandsgeschwindigkeit | Transportgeschwindigkeit von Wasserteilchen. Sie ist eine fiktive mittlere Geschwindigkeit und wird aus dem Quotienten der Länge des Stromabschnittes und der Zeit, die das Grundwasser zum Durchfließen braucht, berechnet. |
| Adsorption | bezeichnet die Anreicherung von Stoffen aus Gasen oder Flüssigkeiten an der Oberfläche eines Festkörpers, allgemeiner an der Grenzfläche zwischen zwei Phasen. |
| Bestimmungsgrenze | (limit of quantification) ist die kleinste Konzentration eines Analyten, die quantitativ mit einer festgelegten Präzision bestimmt werden kann. Sie ist genauer und höher als die Nachweisgrenze. |
| bindige Deckschichten | meist lehmig oder tonige nicht- oder schwer wasserdurchlässige Deckschichten über der Grundwasseroberfläche. |
| Chromatogramm | graphische Darstellung der Messungen in der Chromatographie, also der Auftrennung der einzelnen Bestandteile eines Substanzgemisches. |
| Denitrifikation | ist die Umwandlung von im Nitrat gebundenem Stickstoff zu molekularem Stickstoff unter Sauerstoffabschluss bei Vorhandensein von Katalysatoren im gesättigten Grundwasserbereich (Pyrit oder organischer Kohlenstoff). |
| DT ₅₀ | (disappearance time 50) ist die Zeit in der sich 50 % der Ausgangskonzentration eines Stoffes in einem Umweltmedium (ungesättigte / gesättigte Zone) reduziert hat (auch: „Halbwertszeit“). |
| Drainage | (dt. Dränage) künstliche Bodenentwässerung, zum schnelleren Abfließen von Sickerwasser zur Regelung des Bodenwasserhaushaltes. |
| Feldkapazität | die „nutzbare“ Feldkapazität ist die pflanzenverfügbare Bodenwassermenge in bis zu 1 m Bodentiefe und gilt als indirektes Maß für das quantitative Rückhaltevermögen des Bodens gegenüber Sickerwasser. Sie hängt u. a. von der Bodenart ab. Die „gesamte“ F. wird aufsummiert über die gesamte ungesättigte Zone bis zur Grundwasseroberfläche. |
| Flurabstand | bei ungespannten Grundwasserleitern der terminbezogen gemessene, lotrechte Höhenunterschied zwischen der Geländehöhe und der Grundwasseroberfläche. |
| Fresser | beim Rind: Jungtiere im Alter von etwa vier bis zwölf Monaten. |
| Gärreste | flüssige oder feste Rückstände, die bei der Vergärung von Biomasse in einer Biogasanlage zurückbleiben. Wegen ihres hohen Gehaltes an Nährstoffen werden sie meist als landwirtschaftlicher Dünger verwendet. |
| Großvieheinheit | Äquivalent für das Lebendgewicht eines Rindes (etwa 500 kg). |
| Grundwasser | unterirdisches Wasser, das die Hohlräume der Erdrinde zusammenhängend ausfüllt und dessen Bewegung ausschließlich von der Schwerkraft und den durch die Bewegung selbst ausgelösten Reibungskräften bestimmt wird (DIN 4049). |
| Grundwassergleichen | auch Isohypse, Verbindungslinie gleich hoher und gleichzeitig gemessener Grundwasserstände in Messstellen. Mit ihnen können z. B. Grundwasserfließrichtungen ermittelt werden. |
| Grundwasserleiter | ist ein Gesteinskörper, in dem sich das Grundwasser aufhält und fließt. Nach oben wird er von der Grundwasseroberfläche und nach unten durch einen wasserundurchlässigen Grundwassernichtleiter begrenzt. |
| Grundwassermessstelle | ist eine Einrichtung zur Erfassung hydrologischer und hydrochemischer Daten des Grundwassers. |
| Grundwasserneubildung | ein Maß für die Wassermenge, die in den Untergrund bzw. aus dem Boden heraus in die ungesättigte Zone unterhalb der Bodenoberfläche versickert und anschließend über die vertikale Fließkomponente dem |

| | |
|----------------------------|--|
| | Grundwasser zutritt. Je höher diese Rate ist, desto schneller kann das Sickerwasser und die in ihm gelösten Stoffe das Grundwasser erreichen. |
| Grundwasseroberfläche | ist die Ausgleichsfläche in dem der absolute Druck des Grundwassers gleich dem Druck der Atmosphäre ist und bildet die obere messbare Grenze des Grundwassers in den Grundwassermessstellen. Im Falle überlagernder bindiger Deckschichten ist die Grundwasseroberfläche identisch mit der unteren Grenzfläche der bindigen Bildungen. |
| Gülle | natürlich anfallender Wirtschaftsdünger, der aus Urin und Kot landwirtschaftlicher Nutztiere besteht. Je nach Beigabe von Einstreu und Wasser spricht man von Dick- oder Dünngülle oder Flüssigmist. |
| Güllelagerstätte | Sammelbegriff für Anlagen zur Lagerung von Jauche, Gülle und Silagesickersaft (Güлетank, -behälter, -grube, -kanal, -keller, -lager). |
| hydrodynamische Dispersion | bezeichnet den Prozess der Konzentrationsverminderung durch die laterale und vertikale Ausbreitung einer Stoffwolke im Grundwasserstrom. Sie beschreibt hierbei die nicht einfach zu trennenden Effekte der mechanischen D. (laterale Ausbreitung) und Diffusion im Grundwasser. |
| Ionenbilanz | ist die Gegenüberstellung der molaren Äquivalentkonzentrationen der Kationen und Anionen als einfache Form der Plausibilitätsprüfung der Ergebnisse der chemischen Laboranalytik. |
| Interflow | auch Zwischenabfluss, ist der Anteil des Niederschlags, der nicht bis zur Grundwasseroberfläche gelangt, sondern als unterirdischer Abfluss zu Oberflächengewässern abfließt. |
| K_d | Dissoziationskonstante, Verhältnis der Konzentration eines Stoffes im Boden zu seiner Konzentration im Wasser. Der Sorptionskoeffizient gibt somit einen Anhaltspunkt dafür, wie stark ein Stoff durch Anlagerung an die Feststoffmatrix zurückgehalten bzw. wie stark er in seiner Ausbreitung verzögert werden kann. |
| Klärschlamm | beschreibt eine Mischung aus Fest- und Flüssigstoffen, die bei der Abwasserreinigung durch Sedimentation gewonnen wird. |
| Kleinkläranlage | häusliche Abwasserbehandlungsanlage mit mechanischer und biologischer Reinigung, im ländlichen Gebiet noch häufig verwendet. |
| Kombinationspräparat | Medikamente, die mehrere Wirkstoffe enthalten. Die Kombination von Wirkstoffen hat eine verbesserte Hauptwirkung oder eine Erweiterung des Wirkungsspektrums (z. B. die Kombination von Sulfonamiden mit Trimethoprim) und dient zur Verminderung der Nebenwirkungen, da die Wirkstoffe jeweils in niedrigeren Dosen enthalten sind. |
| Lysimeter | Gerät zur Ermittlung von Bodenwasserhaushaltsgrößen (Versickerungsrate, Verdunstung) und zur Beprobung von Sickerwasser, um dessen Quantität und Qualität zu bestimmen. |
| Makroporenfluss | Makroporen entstehen durch biogene Aktivität (Maulwürfe, Mäuse, Regenwürmer, Pflanzenwurzeln), durch die Quell-Schrumpf-Dynamik austrocknender tonhaltiger Böden oder durch Verwitterungsprozesse. |
| Matrixabfluss | Stofftransport primär in sandigen Böden durch Fein- und Mittelporen. |
| Metabolismus | Stoffwechsel, beinhaltet den Transport und die chemische Umwandlung von Stoffen in einem Organismus. |
| Metabolit | entsteht im Körper des Zielorganismus (Tier, Mensch) und wird in die Umwelt exponiert (siehe auch Transformationsprodukt). |
| Mineralisierung | vollständiger Abbau chemischer Substanzen in der Umwelt, im Gegensatz zum Transformationsprodukt. |
| Nachweisgrenze | (limit of detection), bezeichnet den unteren Wert eines Messverfahrens bis zu dem die Messgröße noch zuverlässig nachgewiesen werden kann. Sie liegt niedriger als die Bestimmungsgrenze. |
| Nitrifikation | in sauerstoffreichem Milieu wird Ammoniak bakteriell zu Nitrat oxidiert |

| | |
|------------------------|--|
| persistent | dauerhaft festsitzende, weitgehend immobile und nicht abbaubare Substanzen im Boden und der ungesättigten Zone. |
| Quartär | geologisches Erdzeitalter, von vor 2,58 Millionen Jahren bis heute. |
| Rammkernsondierung | technische Variante der Grundwassersondierung zur Erkundung des Bodenaufbaus und zur Entnahme von Boden- und Grundwasserproben aus Lockergesteinen, die in der Geologie, im Bauwesen und bei der Erkundung von Altlasten angewendet wird. |
| Redoxpotential | hydrochemischer Parameter, der Auskunft über das Oxidations- bzw. Reduktionsverhalten von Wässern gibt. Bei allen Oxidations- bzw. Reduktionsvorgängen werden Elektronen aufgenommen bzw. abgegeben. Sauerstoff gehört zu den oxidierenden Stoffen und puffert die negative Wirkung der reduzierenden Stoffe ab. |
| Reserveantibiotikum | ist ein Antibiotikum das wegen der Gefahr der Resistenzbildung nur unter strengen Auflagen eingesetzt werden darf. |
| Resistenzbildung | bezeichnet die Eigenschaft von Bakterien o. a. Organismen die Wirkung von antibiotisch wirkenden Substanzen durch Anpassung an extreme Umweltbedingungen abzuschwächen. |
| Rohwasser | ist ein unbehandeltes Grundwasser, bevor es (z. B. zur Trinkwassergewinnung) gereinigt oder aufbereitet wird. |
| Saugsondenanlage | dient der Gewinnung von Sickerwasserproben, zumeist mit Saugkerzen durch Anlegen von Unterdruck, in der ungesättigten Zone. |
| Schichtenverzeichnis | Dokumentation der geologischen Aufnahme der Bodenschichten, die bei einer Bohrung im Untergrund angetroffen werden. |
| Sickerwasser | ist unterirdisches Wasser, das sich mit der Schwerkraft abwärts bewegt. |
| Sorption | ist eine Sammelbezeichnung für Vorgänge, die zu einer Anreicherung eines Stoffes innerhalb einer Phase oder auf einer Grenzfläche zwischen zwei Phasen führen. |
| Sulfonamide | sind eine Gruppe von Antibiotika, die als gemeinsames chemisches Merkmal eine Sulfanilamid-Struktur enthalten. SMX, SDM und SDZ sind Sulfonamid-Einzelwirkstoffe. |
| Tetrazykline | sind eine Gruppe von Antibiotika, deren Leitsubstanz zunächst aus Streptomyces-Bakterien isoliert wurde. Sie sind eine häufig im Boden nachgewiesene Antibiotika-Wirkstoffgruppe. |
| Transformationsprodukt | entsteht in der Umwelt bzw. in den Ausscheidungsprodukten der Zielorganismen, z.B. der Gülle und stellt den teilweisen Abbau von chemischen Substanzen dar (siehe auch Metabolit). |
| Umwidmung | Ist für die Behandlung eines Tieres oder eines Bestandes kein Arzneimittel zugelassen, kann ein sog. Therapienotstand vorliegen. Der Tierarzt darf dann fallweise, unter genau geregelten und besonders strengen Vorschriften des Arzneimittelrechtes ein Arzneimittel umwidmen. |
| Viehbesatzdichte | räumliche Dichte des Flächenbesatzes mit Nutztierhaltungen, ausgedrückt in Großvieheinheiten je Hektar landwirtschaftlicher Nutzfläche. |
| Vorflut | ist das oberirdische Entwässerungsnetz. Das Grundwasser speist ein oberirdisches Gewässer (Vorfluter). |
| Wiederfindungsrate | ist ein Kriterium zur Bewertung von analytischen Verfahren oder Messverfahren. Sie ist das Verhältnis eines Analyten, der vor der Probevorbereitung zu einer Probe zugefügt wird und der Menge dieses Analyten, die als Messergebnis gefunden wird. |
| Wirtschaftsdünger | Wirtschaftseigener Dünger, organische Substanzen wie Gülle, Jauche, Mist, Stroh, Futterreste, Rindenmulch, Gärreste aus Biogasanlagen. |
| Zustromgebiet | Teil des unterirdischen Einzugsgebietes einer GWM; hier verwendet für denjenigen Teil, in dem das Grundwasser vom Eintritt in das Gebiet 5 Jahre bis zur Messstelle strömt. |

Anhang 1:

Lagepläne zu den sechs Standorten der untersuchten Grundwassermessstellen mit recherchierten Zusatzinformationen



Legende

- stationäre Grundwassermessstelle
- temporäre Grundwassermessstelle TGWM
- Kleinkläranlagen, einleitend ins Grundwasser
- Einleitestelle ausgewählter Kleinkläranlagen
- ▲ Güllelager
- ▲ Spaltenböden
- Grundwassergleichen in mNHN (StAWA 1992)
- ↔ generalisierte Grundwasserfließrichtung
- repräsentatives Zustromgebiet (Oktober 2014 bis Mai 2016)

landwirtschaftliche Nutzung 2016, schlagbezogen

- Mais
- Getreide
- Dauergrünland

**Ergänzende Untersuchungen zum UBA-Projekt:
„Ursachen der Funde von Tierarzneimitteln
im Grundwasser“**

**Anhang 1:
Übersichtskarte zu den sechs
Standorten der untersuchten
Grundwassermessstellen mit
Zusatzinformationen**

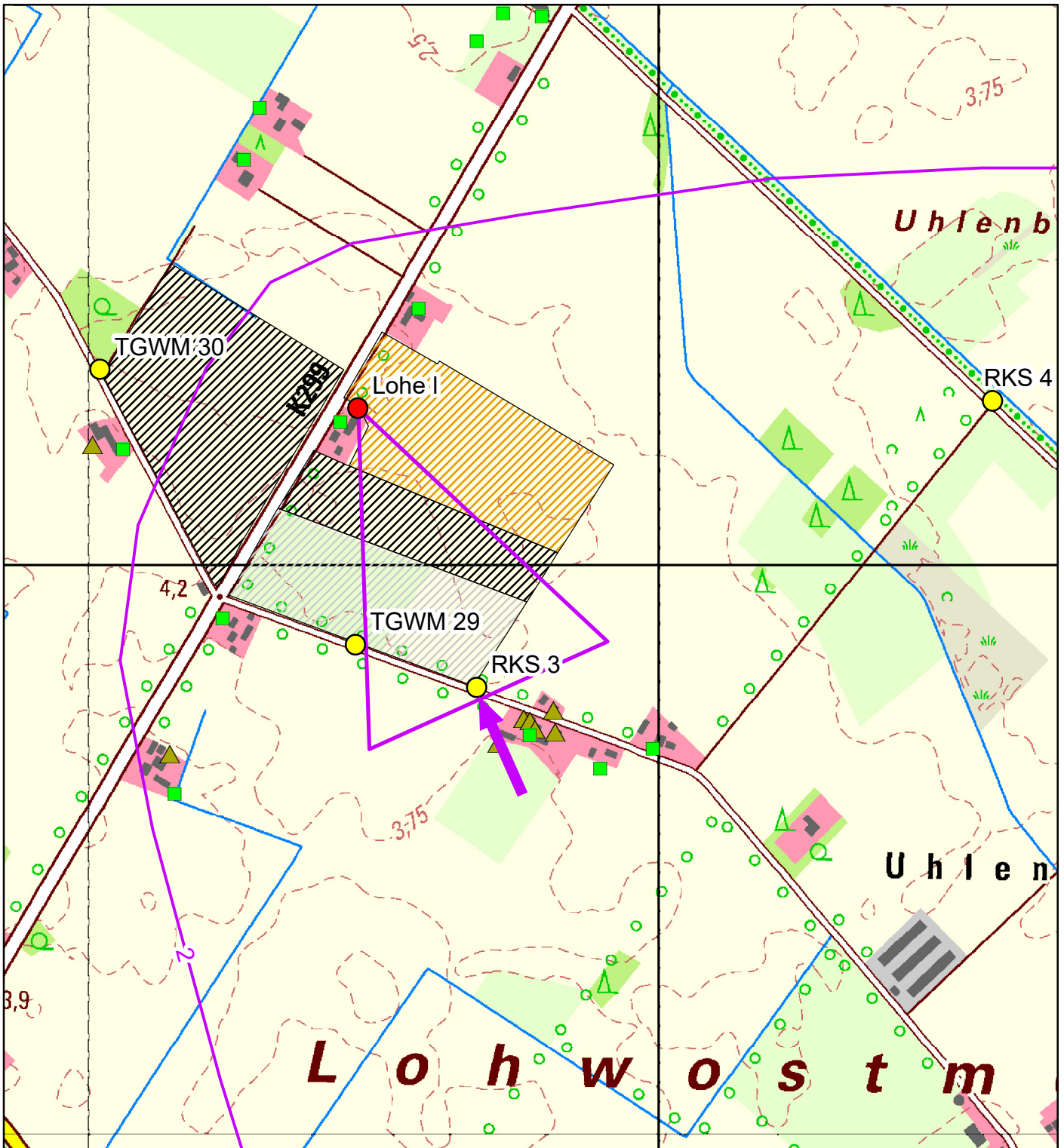


Fachliche Bearbeitung: Dr. S. Hannappel
Kartenbearbeitung: M. Sc. Geow. C. Köpp

Maßstab: 1:10,000



Thematische Kartenbasis: Fachdaten der beteiligten Ämter in NI sowie eigene Messungen
Topografische Kartenbasis: Auszug aus den Geobasisdaten der Niedersächsischen Vermessungs- und Katasterverwaltung © 2014



Legende

- stationäre Grundwassermessstelle
- temporäre Grundwassermessstelle TGWM / RKS
- Kleinkläranlagen, einleitend ins Grundwasser
- ▲ Güllelager
- Grundwassergleichen in mNHN (StAWA 1992)
- ← generalisierte Grundwasserfließrichtung
- repräsentatives Zustromgebiet (Oktober 2014 bis Mai 2016)

landwirtschaftliche Nutzung 2016, schlagbezogen

- Mais
- Getreide
- keine Angabe

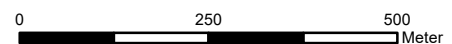
**Ergänzende Untersuchungen zum UBA-Projekt:
„Ursachen der Funde von Tierarzneimitteln
im Grundwasser“**

**Anhang 1:
Übersichtskarte zu den sechs
Standorten der untersuchten
Grundwassermessstellen mit
Zusatzinformationen**

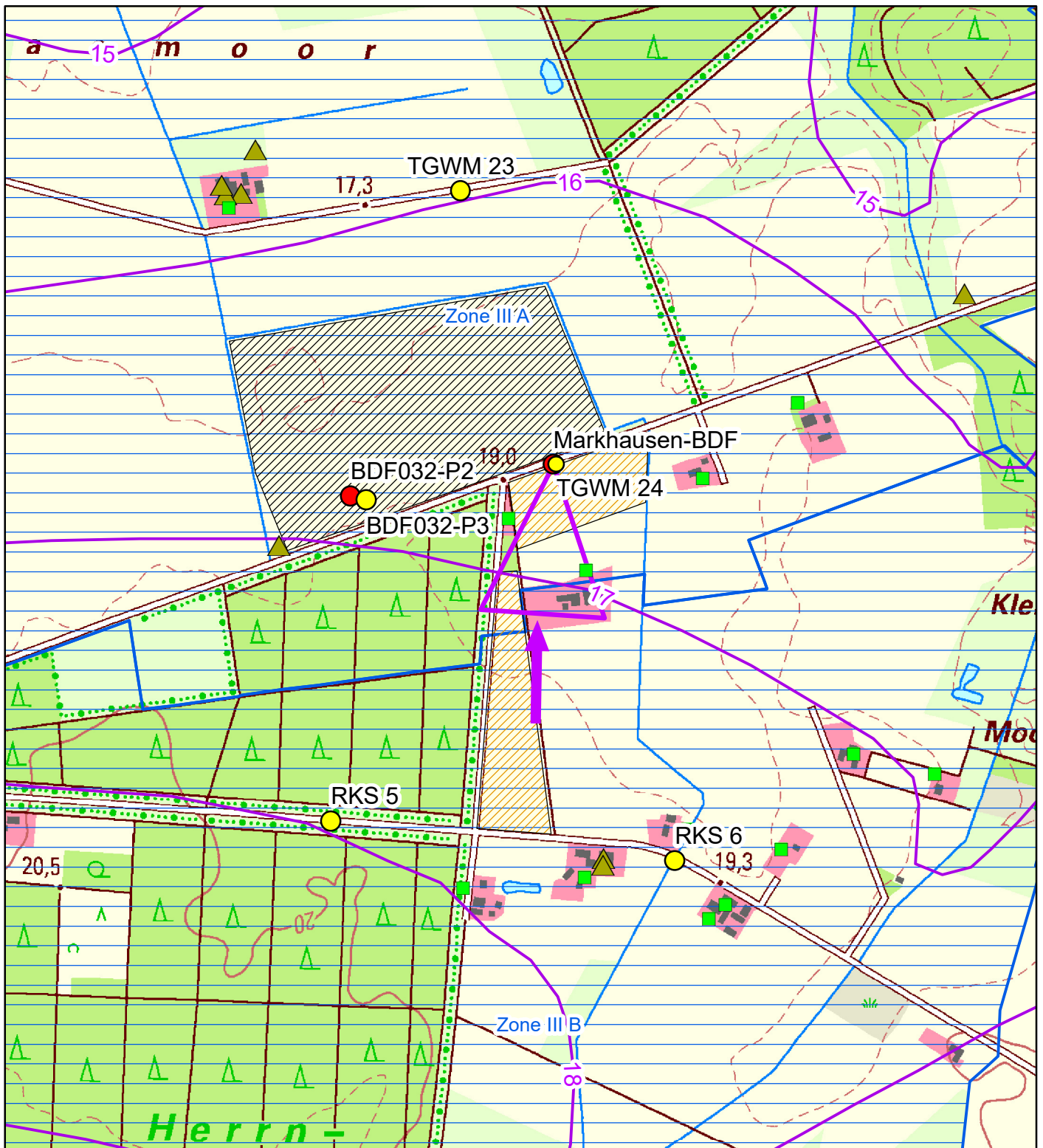


Fachliche Bearbeitung: Dr. S. Hannappel
Kartenbearbeitung: M. Sc. Geow. C. Köpp

Maßstab: 1:10,000



Thematische Kartenbasis: Fachdaten der beteiligten Ämter in NI sowie eigene Messungen
Topografische Kartenbasis: Auszug aus den Geobasisdaten der Niedersächsischen Vermessungs- und Katasterverwaltung © 2014



Legende

- stationäre Grundwassermessstelle
- temporäre Grundwassermessstelle TGWM / RKS
- Kleinkläranlagen, einleitend ins Grundwasser
- ▲ Güllelager
- Wasserschutzgebiet (Zone III, WW Thülsfelde)
- Grundwassergleichen in mNHN (StAWA 1992)
- ← generalisierte Grundwasserfließrichtung
- repräsentatives Zustromgebiet (Oktober 2014 bis Mai 2016)

landwirtschaftliche Nutzung 2016, schlagbezogen

- Mais
- Getreide

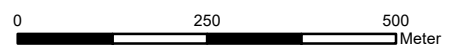
**Ergänzende Untersuchungen zum UBA-Projekt:
„Ursachen der Funde von Tierarzneimitteln
im Grundwasser“**

**Anhang 1:
Übersichtskarte zu den sechs
Standorten der untersuchten
Grundwassermessstellen mit
Zusatzinformationen**

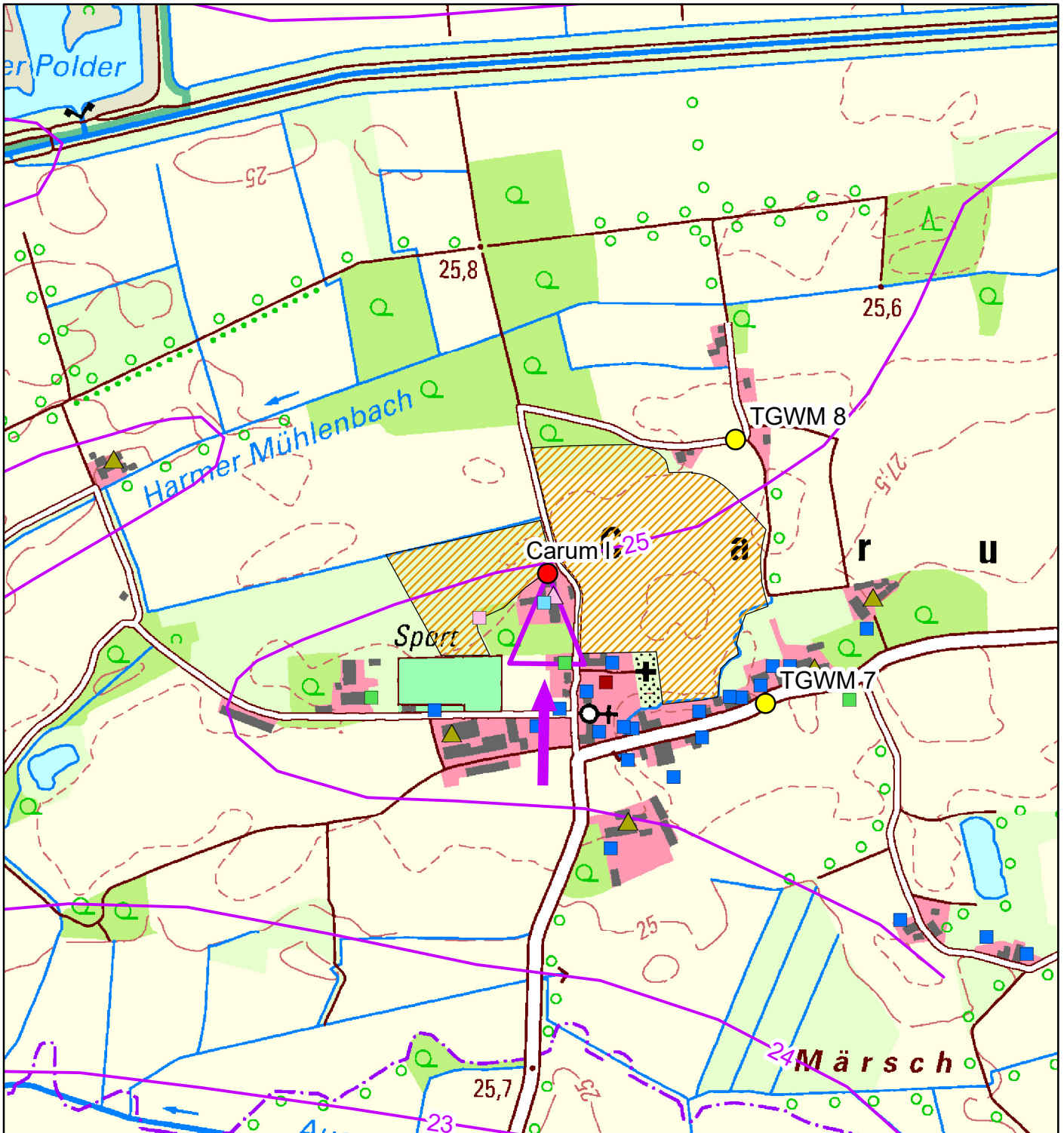


Fachliche Bearbeitung: Dr. S. Hannappel
Kartenbearbeitung: M. Sc. Geow. C. Köpp

Maßstab: 1:10,000



Thematische Kartenbasis: Fachdaten der beteiligten Ämter in NI sowie eigene Messungen
Topografische Kartenbasis: Auszug aus den Geobasisdaten der Niedersächsischen Vermessungs- und Katasterverwaltung © 2014



Legende

- stationäre Grundwassermessstelle
- temporäre Grundwassermessstelle TGWM
- Kleinkläranlagen, einleitend ins Grundwasser
- Kleinkläranlagen, einleitend in oberird. Gewässer
- Kleinkläranlage, einleitend in oberird. Gewässer (bis 2014 ins Grundwasser einleitend)
- Einleitstelle der bis 2014 ins Grundwasser einleitenden Kleinkläranlage
- abflusslose Grube, wird entleert
- ▲ Güllelager
- △ ehemaliges Güllelager, Abriss etwa 2006
- Grundwassergleichen in mNHN (StAWA 1992)
- generalisierte Grundwasserfließrichtung
- repräsentatives Zustromgebiet (Oktober 2014 bis Mai 2016)

landwirtschaftliche Nutzung 2016, schlagbezogen

- Getreide

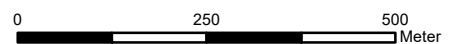
**Ergänzende Untersuchungen zum UBA-Projekt:
„Ursachen der Funde von Tierarzneimitteln
im Grundwasser“**

**Anhang 1:
Übersichtskarte zu den sechs
Standorten der untersuchten
Grundwassermessstellen mit
Zusatzinformationen**

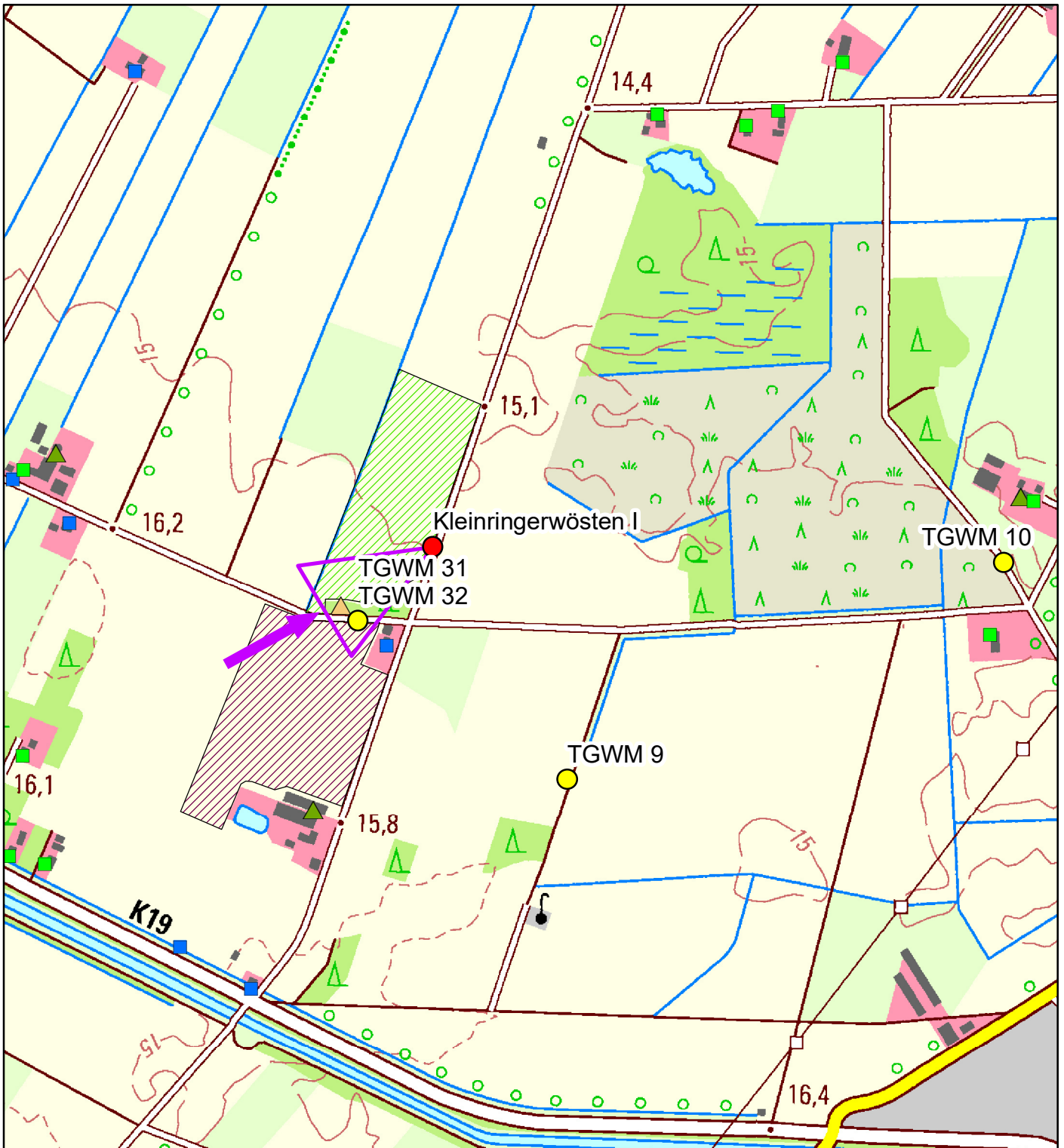


Fachliche Bearbeitung: Dr. S. Hannappel
Kartenbearbeitung: M. Sc. Geow. C. Köpp

Maßstab: 1:10,000



Thematische Kartenbasis: Fachdaten der beteiligten Ämter in NI sowie eigene Messungen
Topografische Kartenbasis: Auszug aus den Geobasisdaten der Niedersächsischen Vermessungs- und Katasterverwaltung © 2014



Legende

- stationäre Grundwassermessstelle
- temporäre Grundwassermessstelle TGWM
- Kleinkläranlagen, einleitend ins Grundwasser
- Kleinkläranlagen, einleitend in oberird. Gewässer
- ▲ Güllelager
- ▲ Gülleerdbecken

- generalisierte Grundwasserfließrichtung
- repräsentatives Zustromgebiet (Oktober 2014 bis Mai 2016)

landwirtschaftliche Nutzung 2016, schlagbezogen

- Kartoffel
- Gras

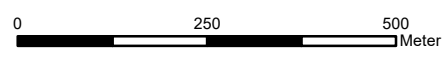
**Ergänzende Untersuchungen zum UBA-Projekt:
„Ursachen der Funde von Tierarzneimitteln
im Grundwasser“**

**Anhang 1:
Übersichtskarte zu den sechs
Standorten der untersuchten
Grundwassermessstellen mit
Zusatzinformationen**



Fachliche Bearbeitung: Dr. S. Hannappel
Kartenbearbeitung: M. Sc. Geow. C. Köpp

Maßstab: 1:10,000



Thematische Kartenbasis: Fachdaten der beteiligten Ämter in NI sowie eigene Messungen
Topografische Kartenbasis: Auszug aus den Geobasisdaten der Niedersächsischen Vermessungs- und Katasterverwaltung © 2014



Legende

- stationäre Grundwassermessstelle
- temporäre Grundwassermessstelle TGWM
- Kleinkläranlagen, einleitend ins Grundwasser
- Kleinkläranlagen, einleitend in oberird. Gewässer
- ▲ Güllelager

- generalisierte Grundwasserfließrichtung
- repräsentatives Zustromgebiet (Oktober 2014 bis Mai 2016)

landwirtschaftliche Nutzung 2016, schlagbezogen

- Mais

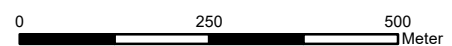
Ergänzende Untersuchungen zum UBA-Projekt: „Ursachen der Funde von Tierarzneimitteln im Grundwasser“

Anhang 1: Übersichtskarte zu den sechs Standorten der untersuchten Grundwassermessstellen mit Zusatzinformationen



Fachliche Bearbeitung: Dr. S. Hannappel
Kartenbearbeitung: M. Sc. Geow. C. Köpp

Maßstab: 1:10,000



Thematische Kartenbasis: Fachdaten der beteiligten Ämter in NI sowie eigene Messungen
Topografische Kartenbasis: Auszug aus den Geobasisdaten der Niedersächsischen Vermessungs- und Katasterverwaltung © 2014

**Anhang 2:
Ergebnisse der Laboranalytik
mit den Vor-Ort-Parametern, Haupt- und
Nebeninhaltsstoffen, Spurenelementen und
Sulfonamiden**

Stationäre Grundwassermessstellen NL WKKN

| Messstellen-Daten | | Vor-Ort-Parameter der Probenahme | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|-------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|---------------------|-----------------|--------------------|----------------------|-----------------------|-----------|-------------------|--------------------|-----------------|---------|-----------------------|-------------------|----------------------------|---------------------|
| Messstellen-ID | Standort bzw. Grundwassermessstelle | Datum der Probenahme | Ruhewasserspiegel [m u. MP] | Erntehöhe [m u. MP] | Pumpdauer [min] | Förderrate [l/min] | Entnahmenvolumen [l] | Sollvolumen M 909 [l] | Trübung | Färbung | Geruch | Temperatur [°C] | pH-Wert | Leitfähigkeit [µS/cm] | Sauerstoff [mg/l] | KS _{4,3} [mmol/l] | Redoxpotential [mV] |
| 9700028 | Bösel I | 16.10.2012 | 3,01 | 4,0 | 30 | 4,5 | 135 | 136 | keine | farblos | geruchlos | 12,5 | 4,4 | 650 | 1,2 | 0,03 | n.b. |
| 9700028 | Bösel I | 27.05.2013 | 2,46 | 4,0 | 25 | 5,5 | 137,5 | 136 | keine | farblos | geruchlos | 8,5 | 4,6 | 530 | 0,8 | <0,1 | 569 |
| 9700028 | Bösel I | 25.09.2013 | 2,90 | 4,0 | 30 | 5 | 150 | 136 | keine | farblos | geruchlos | 12,5 | 4,5 | 580 | 1,3 | <0,1 | n.b. |
| 9700028 | Bösel I | 23.07.2014 | 2,95 | 3,8 | 60 | 3,2 | 192 | 136 | keine | farblos | geruchlos | 12,0 | 4,6 | 520 | 1,0 | 0,05 | 596 |
| 9700028 | Bösel I | 26.08.2014 | 3,03 | 4,0 | 30 | 5 | 200 | 136 | keine | farblos | geruchlos | 12,8 | 4,5 | 540 | 1,5 | 0,05 | 608 |
| 9700028 | Bösel I | 23.10.2014 | 3,24 | 4,0 | 30 | 4,5 | 135 | 136 | fast klar | farblos | schwach schwefelig | 13,3 | 4,5 | 612 | 2,3 | 0,08 | 583 |
| 9700028 | Bösel I | 11.11.2014 | 3,37 | 4,0 | 35 | 4 | 140 | 136 | keine | farblos | geruchlos | 12,9 | 4,4 | 640 | 2,3 | <0,1 | 604 |
| 9700028 | Bösel I | 09.12.2014 | 3,39 | 4,0 | 35 | 4 | 140 | 136 | keine | farblos | geruchlos | 12,3 | 4,4 | 620 | 2,3 | <0,1 | 582 |
| 9700028 | Bösel I | 27.01.2015 | 2,50 | 3,5 | 30 | 3,6 | 108 | 136 | keine | farblos | geruchlos | 10,2 | 4,5 | 580 | 1,6 | <0,1 | 582 |
| 9700028 | Bösel I | 11.02.2015 | 2,25 | 4,0 | 40 | 4 | 160 | 136 | keine | farblos | geruchlos | 9,5 | 4,5 | 570 | 1,1 | <0,1 | 592 |
| 9700028 | Bösel I | 11.03.2015 | 2,04 | 3,0 | 45 | 3 | 135 | 136 | keine | farblos | geruchlos | 8,8 | 4,7 | 570 | 1,0 | <0,1 | 585 |
| 9700028 | Bösel I | 21.04.2015 | 2,22 | 3,5 | 40 | 3,9 | 156 | 136 | keine | farblos | geruchlos | 8,8 | 4,7 | 570 | 1,0 | <0,1 | 492 |
| 9700028 | Bösel I | 19.05.2015 | 2,53 | 4,0 | 40 | 3,2 | 128 | 136 | keine | farblos | geruchlos | 9,6 | 4,7 | 550 | 1,0 | <0,1 | 595 |
| 9700028 | Bösel I | 17.06.2015 | 2,80 | 4,0 | 30 | 3,8 | 114 | 136 | keine | farblos | geruchlos | 10,0 | 4,7 | 530 | 0,7 | <0,1 | 551 |
| 9700028 | Bösel I | 15.07.2015 | 3,00 | 3,5 | 30 | 4 | 120 | 136 | keine | farblos | geruchlos | 11,0 | 4,4 | 503 | 1,8 | n.b. | 592 |
| 9700028 | Bösel I | 04.08.2015 | 3,09 | 4,0 | 50 | 3 | 150 | 136 | keine | farblos | geruchlos | 11,9 | 4,7 | 540 | 1,0 | <0,1 | 607 |
| 9700028 | Bösel I | 14.09.2015 | 3,26 | 3,5 | 30 | 4 | 120 | 136 | keine | farblos | geruchlos | 13,2 | 4,9 | 471 | 2,0 | n.b. | 468 |
| 9700028 | Bösel I | 20.10.2015 | 3,12 | 3,5 | 20 | 4 | 80 | 136 | keine | farblos | geruchlos | 12,3 | 4,5 | 457 | 2,6 | 0,25 | 551 |
| 9700028 | Bösel I | 10.11.2015 | 3,14 | 3,5 | 30 | 4 | 120 | 136 | keine | farblos | geruchlos | 12,3 | 4,3 | 475 | 3,7 | 0,3 | 497 |
| 9700028 | Bösel I | 08.12.2015 | 2,49 | 3,5 | 30 | 5 | 150 | 136 | keine | farblos | geruchlos | 11,6 | 4,4 | 552 | 3,3 | 0,2 | 470 |
| 9700028 | Bösel I | 18.01.2016 | 2,27 | 3,5 | 30 | 5 | 150 | 136 | keine | farblos | geruchlos | 9,8 | 4,5 | 491 | 3,5 | 0,3 | 640 |
| 9700028 | Bösel I | 22.02.2016 | 1,42 | 3,5 | 30 | 5 | 150 | 136 | keine | farblos | geruchlos | 9,0 | 4,4 | 556 | 2,4 | 0,1 | 576 |
| 9700028 | Bösel I | 16.03.2016 | 1,83 | 4 | 30 | 3,3 | 99 | 136 | keine | farblos | geruchlos | 8,5 | 4,6 | 600 | 1,7 | <0,5 | 598 |
| 9700028 | Bösel I | 25.04.2016 | 2,13 | 3,5 | 30 | 4,5 | 135 | 136 | keine | farblos | geruchlos | 8,7 | 4,6 | 541 | 1,1 | 0,1 | 438 |
| 9700028 | Bösel I | 23.05.2016 | 2,37 | 3,5 | 30 | 4,5 | 135 | 136 | keine | farblos | geruchlos | 9,4 | 4,3 | 449 | 0,8 | 0,2 | 544 |
| 9700030 | Bösel II | 21.04.2015 | 6,21 | 8,0 | 45 | 9,1 | 409,5 | 154 | keine | farblos | geruchlos | 10,0 | 6,3 | 280 | 0,4 | 0,77 | 77 |
| 9700030 | Bösel II | 14.09.2015 | 6,62 | 8,0 | 35 | 12 | 420 | 154 | keine | farblos | geruchlos | 10,7 | 6,6 | 246 | 0,4 | n.b. | 147 |
| 9700030 | Bösel II | 10.11.2015 | 6,62 | 8 | 30 | 12 | 360 | 154 | keine | farblos | faulig | 10,5 | 6,0 | 250 | 0,5 | 0,9 | 58 |
| 9700168 | Lohe I | 16.10.2012 | 6,00 | 8 | 20 | 5,5 | 110 | 154 | keine | farblos | faulig | 10,7 | 6,2 | 241 | 0,1 | 1 | 190 |
| 9700168 | Lohe I | 27.05.2013 | 1,79 | 3,0 | 20 | 5,5 | 110 | 73 | keine | sehr schwach gelb | geruchlos | 11,9 | 5,1 | 520 | <0,2 | 0,13 | n.b. |
| 9700168 | Lohe I | 23.10.2014 | 2,55 | 3,0 | 30 | 1,8 | 54 | 73 | keine | sehr schwach gelb | geruchlos | 8,2 | 5,2 | 490 | <0,2 | 0,22 | 309 |
| 9700168 | Lohe I | 27.01.2015 | 1,22 | 3,0 | 35 | 3,3 | 115,5 | 73 | fast klar | farblos | geruchlos | 12,5 | 5,1 | 665 | 0,1 | 0,2 | 534 |
| 9700168 | Lohe I | 21.04.2015 | 1,61 | 3,0 | 45 | 3 | 135 | 73 | fast klar | sehr schwach gelb | geruchlos | 9,9 | 5,0 | 680 | <0,2 | 0,1 | 486 |
| 9700168 | Lohe I | 24.06.2015 | 2,18 | 3 | 40 | 4 | 160 | 73 | schwach | gelb grau | geruchlos | 8,8 | 5,1 | 610 | 0,4 | 0,18 | 501 |
| 9700168 | Lohe I | 15.07.2015 | 2,35 | 3,0 | 40 | 4 | 160 | 73 | schwach | gelb grau | geruchlos | 10,2 | 5,0 | 573 | 2,4 | n.b. | 325 |
| 9700168 | Lohe I | 13.08.2015 | 2,03 | 3 | 20 | 4 | 80 | 73 | schwach | gelb braun | geruchlos | 10,7 | 5,2 | 607 | 0,2 | n.b. | 433 |
| 9700168 | Lohe I | 14.09.2015 | 2,13 | 3,0 | 20 | 4 | 80 | 73 | schwach | gelb braun | geruchlos | 11,4 | 5,0 | 576 | 0,2 | 0,3 | 487 |
| 9700168 | Lohe I | 21.10.2015 | 2,07 | 3 | 20 | 4 | 80 | 73 | schwach | gelb braun | geruchlos | 12,0 | 4,9 | 734 | 0,2 | n.b. | 482 |
| 9700168 | Lohe I | 11.11.2015 | 1,97 | 3 | 20 | 4 | 80 | 73 | keine | farblos | geruchlos | 11,7 | 5,6 | 736 | 0,2 | 0,3 | 460 |
| 9700168 | Lohe I | 09.12.2015 | 1,17 | 3 | 20 | 4 | 80 | 73 | keine | farblos | geruchlos | 11,9 | 5,0 | 767 | 0,2 | 0,3 | 521 |
| 9700168 | Lohe I | 20.01.2016 | 1,32 | 3 | 20 | 4 | 80 | 73 | keine | farblos | geruchlos | 11,1 | 5,0 | 760 | 0,2 | 0,2 | 375 |
| 9700168 | Lohe I | 24.02.2016 | 0,93 | 3 | 20 | 4 | 80 | 73 | keine | farblos | geruchlos | 9,9 | 4,9 | 711 | 0,1 | 0,3 | 507 |
| 9700168 | Lohe I | 16.03.2016 | 1,40 | 3 | 30 | 5,2 | 156 | 73 | keine | farblos | geruchlos | 8,8 | 5,1 | 587 | 0,3 | 0,4 | 410 |
| 9700168 | Lohe I | 27.04.2016 | 1,36 | 3 | 20 | 4 | 80 | 73 | keine | farblos | geruchlos | 8,5 | 5,1 | 670 | 0,4 | <0,5 | 529 |
| 9700168 | Lohe I | 25.05.2016 | 1,87 | 3 | 20 | 4 | 80 | 73 | keine | farblos | geruchlos | 9,0 | 4,6 | 602 | 0,3 | 0,4 | 403 |
| 9700169 | Lohe II | 11.11.2015 | 1,83 | 3 | 20 | 6 | 120 | 88 | keine | farblos | faulig | 11,4 | 5,7 | 342 | 1,3 | 0,9 | 168 |
| 9700169 | Lohe II | 27.04.2016 | 1,32 | 3 | 20 | 4,5 | 90 | 88 | keine | farblos | faulig | 9,1 | 5,3 | 220 | 1,8 | 0,9 | 66 |

n.b.: nicht bestimmt

Stationäre Grundwasserermessstellen NL WKKN

| Messstellen-Daten | | Vor-Ort-Parameter der Probenahme | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|---------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|----------------------------|--------------------|-----------------------|-------------------------|---------------------------|--------------|-------------------|-----------|--------------------|---------|--------------------------|----------------------|-------------------------------|------------------------|
| Messstellen-ID | Standort bzw. Grundwasserermessstelle | Datum der Probenahme | Ruhewasserspiegel [m u. MP] | Entnahmetiefe [m u. MP] | Pumpdauer [min] | Förderrate [l/min] | Entnahmenvolumen [l] | Soll-Volumen M 909 [l] | Trübung | Färbung | Geruch | Temperatur [°C] | pH-Wert | Leitfähigkeit [µS/cm] | Sauerstoff [mg/l] | KS _{1,3} [mmol/l] | Redoxpotential [mV] |
| 9700171 | Markhausen-BDF | 16.10.2012 | 3,18 | 5,0 | 15 | 10 | 150 | 169 | keine | sehr schwach gelb | geruchlos | 10,4 | 5,4 | 280 | 0,2 | 0,15 | n.b. |
| 9700171 | Markhausen-BDF | 27.05.2013 | 2,89 | 4,0 | 35 | 9,5 | 332,5 | 169 | keine | sehr schwach gelb | geruchlos | 9,5 | 5,3 | 330 | <0,2 | 0,16 | 403 |
| 9700171 | Markhausen-BDF | 23.10.2014 | 3,13 | 4,5 | 30 | 9,5 | 285 | 169 | fast klar | sehr schwach gelb | geruchlos | 10,8 | 5,2 | 375 | 0,2 | 0,15 | 517 |
| 9700171 | Markhausen-BDF | 27.01.2015 | 2,75 | 4,0 | 30 | 12 | 360 | 169 | keine | farblos | geruchlos | 10,8 | 5,2 | 350 | 0,7 | 0,15 | 544 |
| 9700171 | Markhausen-BDF | 21.04.2015 | 2,69 | 4,0 | 35 | 13 | 455 | 169 | keine | farblos | geruchlos | 10,0 | 5,3 | 340 | 0,7 | 0,15 | 441 |
| 9700171 | Markhausen-BDF | 24.06.2015 | 3,04 | 4 | 30 | 7 | 210 | 169 | keine | farblos | geruchlos | 10,0 | 5,1 | 326 | 0,6 | n.b. | n.b. |
| 9700171 | Markhausen-BDF | 15.07.2015 | 3,11 | 4,0 | 30 | 7 | 210 | 169 | keine | farblos | geruchlos | 10,5 | 5,3 | 331 | 0,2 | n.b. | 407 |
| 9700171 | Markhausen-BDF | 13.08.2015 | 3,17 | 4 | 20 | 7 | 140 | 169 | keine | farblos | geruchlos | 10,8 | 5,2 | 330 | 0,3 | 0,2 | 376 |
| 9700171 | Markhausen-BDF | 14.09.2015 | 3,21 | 3,2 | 20 | 7 | 140 | 169 | keine | farblos | geruchlos | 10,8 | 5,2 | 346 | 0,3 | n.b. | 415 |
| 9700171 | Markhausen-BDF | 20.10.2015 | 3,19 | 4 | 20 | 7 | 140 | 169 | keine | farblos | geruchlos | 10,8 | 5,2 | 347 | 0,3 | 0,2 | 363 |
| 9700171 | Markhausen-BDF | 10.11.2015 | 3,16 | 4 | 30 | 7 | 210 | 169 | keine | farblos | geruchlos | 11,0 | 5,2 | 353 | 0,6 | 0,4 | 389 |
| 9700171 | Markhausen-BDF | 08.12.2015 | 2,85 | 4 | 30 | 6 | 180 | 169 | keine | farblos | geruchlos | 11,1 | 5,2 | 373 | 0,2 | 0,2 | 388 |
| 9700171 | Markhausen-BDF | 20.01.2016 | 2,68 | 4 | 30 | 6 | 180 | 169 | keine | farblos | geruchlos | 10,7 | 5,1 | 384 | 0,1 | 0,2 | 543 |
| 9700171 | Markhausen-BDF | 24.02.2016 | 2,15 | 4 | 30 | 6 | 180 | 169 | keine | farblos | geruchlos | 10,5 | 5,1 | 382 | 0,4 | 0,3 | 451 |
| 9700171 | Markhausen-BDF | 16.03.2016 | 2,43 | 5 | 20 | 12,2 | 244 | 169 | keine | farblos | geruchlos | 10,0 | 5,2 | 400 | 0,5 | <0,5 | 563 |
| 9700171 | Markhausen-BDF | 26.04.2016 | 2,85 | 4 | 30 | 6 | 180 | 169 | keine | farblos | geruchlos | 10,1 | 5,1 | 286 | 0,3 | 0,2 | 528 |
| 9700171 | Markhausen-BDF | 24.05.2016 | 2,77 | 4 | 30 | 6 | 180 | 169 | keine | farblos | geruchlos | 9,9 | 5,0 | 341 | 0,2 | 0,2 | 548 |
| 9700047 | Carum I | 15.10.2012 | 2,22 | 3,1 | 30 | 1,7 | 51 | 74 | opalisierend | stark gelb | geruchlos | 12,0 | 6,8 | 810 | <0,2 | 7,5 | n.b. |
| 9700047 | Carum I | 29.05.2013 | 1,93 | 3,2 | 20 | 2,2 | 44 | 74 | fast klar | schwach gelb | geruchlos | 8,7 | 6,8 | 1670 | <0,2 | 7,4 | 387 |
| 9700047 | Carum I | 23.10.2014 | 2,28 | 2,8 | 30 | 1,5 | 45 | 74 | fast klar | stark gelb | geruchlos | 12,7 | 6,8 | 730 | 0,1 | 7,2 | 486 |
| 9700047 | Carum I | 27.01.2015 | 1,45 | 2,5 | 30 | 2 | 60 | 74 | fast klar | stark gelb | geruchlos | 9,5 | 6,8 | 790 | <0,2 | 7,5 | 306 |
| 9700047 | Carum I | 21.04.2015 | 1,69 | 3,0 | 55 | 2,4 | 132 | 74 | fast klar | stark gelb | geruchlos | 9,1 | 6,9 | 1140 | 0,3 | 7,2 | 252 |
| 9700047 | Carum I | 23.06.2015 | 2,29 | 3,5 | 20 | 5 | 100 | 74 | keine | farblos | geruchlos | 10,0 | 6,7 | 810 | 0,9 | n.b. | 264 |
| 9700047 | Carum I | 15.07.2015 | 2,43 | 3,5 | 20 | 5 | 100 | 74 | keine | gelb | geruchlos | 10,7 | 6,7 | 732 | 0,2 | n.b. | 216 |
| 9700047 | Carum I | 12.08.2015 | 2,44 | 3,5 | 20 | 5 | 100 | 74 | keine | gelb | geruchlos | 11,8 | 6,8 | 567 | 0,2 | 6,9 | 203 |
| 9700047 | Carum I | 14.09.2015 | 1,99 | 3,5 | 20 | 5 | 100 | 74 | keine | gelb | geruchlos | 12,3 | 6,9 | 748 | 0,1 | n.b. | 180 |
| 9700047 | Carum I | 20.10.2015 | 1,77 | 3,5 | 20 | 5 | 100 | 74 | keine | gelb | geruchlos | 11,6 | 7,1 | 614 | 0,2 | 0,2 | 148 |
| 9700047 | Carum I | 10.11.2015 | 1,80 | 3,5 | 20 | 5 | 100 | 74 | keine | gelb | geruchlos | 11,6 | 6,8 | 711 | 0,2 | 6,3 | 206 |
| 9700047 | Carum I | 08.12.2015 | 1,50 | 3,5 | 20 | 5 | 100 | 74 | keine | gelb | geruchlos | 10,9 | 6,7 | 724 | 0,1 | 6,5 | 214 |
| 9700047 | Carum I | 19.01.2016 | 1,57 | 3,5 | 20 | 5 | 100 | 74 | keine | gelb | geruchlos | 9,2 | 6,7 | 676 | 0,2 | 6,5 | 174 |
| 9700047 | Carum I | 22.02.2016 | 1,03 | 3,5 | 20 | 5 | 100 | 74 | keine | gelb | geruchlos | 8,9 | 6,9 | 662 | 0,1 | 6,5 | 119 |
| 9700047 | Carum I | 16.03.2016 | 1,57 | 3 | 35 | 2,1 | 74 | 74 | keine | schwach gelb | geruchlos | 8,5 | 6,9 | 890 | 0,3 | 7,2 | 215 |
| 9700047 | Carum I | 25.04.2016 | 1,67 | 3,5 | 20 | 4 | 80 | 74 | keine | gelb | geruchlos | 9,0 | 6,7 | 1195 | 0,1 | 6,5 | 246 |
| 9700047 | Carum I | 23.05.2016 | 1,95 | 3,5 | 25 | 5 | 125 | 74 | keine | gelb | geruchlos | 9,5 | 6,6 | 906 | 0,1 | 6 | 357 |
| 9700048 | Carum II | 10.11.2015 | 2,11 | 3,5 | 50 | 22 | 1100 | 592 | keine | farblos | faulig | 10,7 | 7,3 | 14200 | 0,2 | 9,6 | 36 |
| 9700048 | Carum II | 25.04.2016 | 1,96 | 3,5 | 20 | 20 | 400 | 592 | keine | farblos | faulig | 10,6 | 7,4 | 13420 | 0,0 | 9,5 | 48 |

n.b.: nicht bestimmt

Stationäre Grundwasserstellen NLWK

| Messstellen-Daten | | | | | | | | | | Vor-Ort-Parameter der Probenahme | | | | | | | | | |
|-------------------|---------------------------------|----------------------|-----------------------------|-------------------------|-----------------|--------------------|----------------------|-----------------------|-----------|----------------------------------|--------------------|-----------------|---------|-----------------------|-------------------|----------------------------|---------------------|--|--|
| Messstellen-ID | Standort bzw. Grundwasserstelle | Datum der Probenahme | Ruhewasserspiegel [m u. MP] | Entnahmetiefe [m u. MP] | Pumpdauer [min] | Förderrate [l/min] | Entnahmenvolumen [l] | Soilvolumen M 909 [l] | Trübung | Färbung | Geruch | Temperatur [°C] | pH-Wert | Leitfähigkeit [µS/cm] | Sauerstoff [mg/l] | KS _{4.3} [mmol/l] | Redoxpotential [mV] | | |
| 40507061 | Kleinringer Wästen I | 16.10.2012 | 1,82 | 5,0 | 30 | 5 | 150 | 124 | keine | farblos | geruchlos | 12,2 | 4,5 | 524 | <0,2 | <0,1 | n.b. | | |
| 40507061 | Kleinringer Wästen I | 27.05.2013 | 1,24 | 5,0 | 25 | 10 | 250 | 124 | fast klar | farblos | geruchlos | 9,9 | 4,7 | 468 | <0,2 | <0,1 | 540 | | |
| 40507061 | Kleinringer Wästen I | 21.10.2014 | 1,75 | 5,0 | 30 | 8 | 240 | 124 | keine | farblos | geruchlos | 12,8 | 4,5 | 568 | 0,2 | n.b. | 596 | | |
| 40507061 | Kleinringer Wästen I | 27.01.2015 | 0,67 | 6,0 | 25 | 5 | 125 | 124 | keine | farblos | geruchlos | 11,9 | 4,5 | 562 | 0,2 | n.b. | 605 | | |
| 40507061 | Kleinringer Wästen I | 21.04.2015 | 1,11 | 5,0 | 15 | 5 | 75 | 124 | keine | farblos | geruchlos | 10,7 | 4,6 | 553 | 0,2 | n.b. | 565 | | |
| 40507061 | Kleinringer Wästen I | 25.06.2015 | 1,65 | 4 | 20 | 4 | 80 | 124 | keine | farblos | geruchlos | 10,7 | 4,4 | 490 | 0,5 | n.b. | 533 | | |
| 40507061 | Kleinringer Wästen I | 16.07.2015 | 1,74 | 4,0 | 20 | 4 | 80 | 124 | keine | farblos | geruchlos | 11,4 | 5,6 | 479 | 0,2 | n.b. | 438 | | |
| 40507061 | Kleinringer Wästen I | 13.08.2015 | 1,85 | 4 | 20 | 4 | 80 | 124 | keine | farblos | geruchlos | 11,9 | 4,4 | 460 | 0,3 | 0,2 | 439 | | |
| 40507061 | Kleinringer Wästen I | 15.09.2015 | 1,49 | 4,0 | 20 | 4 | 80 | 124 | keine | farblos | geruchlos | 12,1 | 4,4 | 476 | 0,2 | n.b. | 406 | | |
| 40507061 | Kleinringer Wästen I | 21.10.2015 | 1,46 | 4 | 20 | 4 | 80 | 124 | keine | farblos | geruchlos | 12,1 | 5,2 | 472 | 0,2 | 0,1 | 339 | | |
| 40507061 | Kleinringer Wästen I | 09.11.2015 | 1,40 | 4 | 20 | 4 | 80 | 124 | keine | farblos | geruchlos | 12,3 | 4,4 | 431 | 7,8 | 0,2 | 482 | | |
| 40507061 | Kleinringer Wästen I | 07.12.2015 | 0,85 | 4 | 21 | 6 | 126 | 124 | keine | farblos | geruchlos | 12,2 | 4,4 | 486 | 0,2 | 0,2 | 523 | | |
| 40507061 | Kleinringer Wästen I | 18.01.2016 | 0,73 | 4 | 21 | 6 | 126 | 124 | keine | farblos | geruchlos | 11,2 | 4,5 | 494 | 0,3 | 0,2 | 495 | | |
| 40507061 | Kleinringer Wästen I | 23.02.2016 | 0,48 | 4 | 21 | 6 | 126 | 124 | keine | farblos | geruchlos | 10,9 | 4,4 | 490 | 0,3 | 0,3 | 515 | | |
| 40507061 | Kleinringer Wästen I | 14.03.2016 | 1,26 | 5 | 30 | 5 | 150 | 124 | keine | farblos | geruchlos | 11,1 | 4,6 | 474 | 0,2 | <0,5 | n.b. | | |
| 40507061 | Kleinringer Wästen I | 26.04.2016 | 1,61 | 4 | 21 | 6 | 126 | 124 | keine | farblos | geruchlos | 10,2 | 4,6 | 327 | 0,3 | 0,3 | 562 | | |
| 40507061 | Kleinringer Wästen I | 24.05.2016 | 1,40 | 4 | 21 | 6 | 126 | 124 | keine | farblos | geruchlos | 10,0 | 4,2 | 389 | 0,1 | 0,4 | 567 | | |
| 40507072 | Kleinringer Wästen II | 09.11.2015 | 1,74 | 5 | 30 | 8 | 240 | 190 | keine | farblos | geruchlos | 10,4 | 6,5 | 246 | 3,7 | 2,1 | 13 | | |
| 40507072 | Kleinringer Wästen II | 23.02.2016 | 1,00 | 5 | 30 | 8 | 240 | 190 | keine | farblos | geruchlos | 10,4 | 6,6 | 293 | 0,2 | 2,1 | 135 | | |
| 40507072 | Kleinringer Wästen II | 26.04.2016 | 1,06 | 5 | 20 | 9,5 | 190 | 190 | keine | farblos | geruchlos | 10,3 | 6,5 | 215 | 0,8 | 2 | 83 | | |
| 40507661 | Wietmarschen-Lohne I | 16.10.2012 | 1,87 | 9,0 | 25 | 10 | 250 | 1030 | keine | schwach gelb | geruchlos | 10,7 | 6,6 | 583 | <0,2 | 3,72 | n.b. | | |
| 40507661 | Wietmarschen-Lohne I | 27.05.2013 | 1,95 | 9,0 | 30 | 10 | 300 | 1030 | fast klar | farblos | geruchlos | 10,5 | 6,8 | 565 | <0,2 | 3,41 | 160 | | |
| 40507661 | Wietmarschen-Lohne I | 21.10.2014 | 2,04 | 9,0 | 30 | 15 | 450 | 1030 | keine | sehr schwach gelb | schwach schwefelig | 10,9 | 6,7 | 547 | 0,1 | n.b. | -19 | | |
| 40507661 | Wietmarschen-Lohne I | 27.01.2015 | 1,75 | 15,0 | 35 | 15 | 525 | 1030 | fast klar | schwach gelbbraun | stark schwefelig | 10,8 | 6,8 | 545 | <0,2 | n.b. | 14 | | |
| 40507661 | Wietmarschen-Lohne I | 21.04.2015 | 1,91 | 9,0 | 30 | 15 | 450 | 1030 | keine | schwach gelbbraun | geruchlos | 10,9 | 6,8 | 537 | <0,2 | n.b. | -6 | | |
| 40507661 | Wietmarschen-Lohne I | 25.06.2015 | 1,98 | 3 | 22 | 25 | 550 | 1030 | keine | gelb | geruchlos | 10,6 | 6,5 | 480 | 3,5 | n.b. | 51 | | |
| 40507661 | Wietmarschen-Lohne I | 16.07.2015 | 2,06 | 3,0 | 22 | 25 | 550 | 1030 | keine | gelb | faulig | 10,8 | 7,2 | 522 | 0,1 | n.b. | 21 | | |
| 40507661 | Wietmarschen-Lohne I | 14.08.2015 | 2,13 | 3 | 20 | 25 | 500 | 1030 | keine | gelb | faulig | 10,9 | 6,8 | 454 | 0,1 | 2,5 | -25 | | |
| 40507661 | Wietmarschen-Lohne I | 15.09.2015 | 2,03 | 3,0 | 22 | 25 | 550 | 1030 | keine | gelb | faulig | 11,1 | 6,7 | 522 | 0,1 | n.b. | -9 | | |
| 40507661 | Wietmarschen-Lohne I | 21.10.2015 | 1,90 | 3 | 20 | 25 | 500 | 1030 | keine | gelb | faulig | 10,8 | 7,0 | 513 | 0,0 | 3,5 | -24 | | |
| 40507661 | Wietmarschen-Lohne I | 09.11.2015 | 2,02 | 3 | 22 | 25 | 550 | 1030 | keine | gelb | faulig | 10,9 | 6,5 | 535 | 0,5 | 4 | 155 | | |
| 40507661 | Wietmarschen-Lohne I | 07.12.2015 | 1,83 | 3 | 30 | 30 | 900 | 1030 | keine | gelb | faulig | 11,0 | 6,5 | 550 | 0,1 | 3,7 | 106 | | |
| 40507661 | Wietmarschen-Lohne I | 18.01.2016 | 1,8 | 3 | 35 | 30 | 1050 | 1030 | keine | gelb | faulig | 10,8 | 6,7 | 550 | 0,2 | 3,5 | -8 | | |
| 40507661 | Wietmarschen-Lohne I | 23.02.2016 | 1,54 | 3 | 30 | 30 | 1050 | 1030 | keine | gelb | faulig | 10,8 | 6,7 | 519 | 0,1 | 3,2 | 76 | | |
| 40507661 | Wietmarschen-Lohne I | 05.04.2016 | 1,92 | 9 | 30 | 12 | 360 | 1030 | keine | sehr schwach gelb | schwach faulig | 10,8 | 6,8 | 546 | 0,1 | 3,08 | n.b. | | |
| 40507661 | Wietmarschen-Lohne I | 26.04.2016 | 1,95 | 3 | 35 | 30 | 1050 | 1030 | keine | gelb | faulig | 10,6 | 6,7 | 328 | 0,1 | 3 | 7 | | |
| 40507661 | Wietmarschen-Lohne I | 24.05.2016 | 1,95 | 3 | 35 | 30 | 1050 | 1030 | keine | gelb | faulig | 10,7 | 6,4 | 392 | 0,0 | 3,4 | 71 | | |
| 40507672 | Wietmarschen-Lohne II | 09.11.2015 | 1,91 | 3 | 20 | 27 | 540 | 1065 | keine | farblos | faulig | 10,8 | 7,1 | 484 | 0,3 | 2,8 | 91 | | |
| 40507672 | Wietmarschen-Lohne II | 26.04.2016 | 1,81 | 3 | 36 | 30 | 1080 | 1065 | keine | farblos | faulig | 10,6 | 7,2 | 317 | 0,0 | 2,7 | 9 | | |
| 40807661 | Wietmarschen I alt | 18.01.2016 | 0,99 | 2 | 20 | 3 | 60 | 89 | keine | farblos | faulig | 10,8 | 6,6 | 577 | 0,4 | 2,7 | 128 | | |
| 40807661 | Wietmarschen I alt | 23.02.2016 | 0,76 | 2 | 20 | 3 | 60 | 89 | keine | farblos | faulig | 11,0 | 6,7 | 557 | 0,3 | 2,8 | 115 | | |
| 40807661 | Wietmarschen I alt | 26.04.2016 | 1,10 | 2 | 20 | 4,5 | 90 | 89 | keine | farblos | faulig | 10,9 | 6,6 | 572 | 0,0 | 2,7 | 123 | | |

n.b.: nicht bestimmt

Stationäre Grundwasserermessstellen NL WKKN

| Messstellen-Daten | | Arzneimittel-Einzelwirkstoffe aus der Gruppe der Sulfonamide inkl. Transformationsprodukte und Trimethoprim | | | | | | | | | | Umwelt-Tracer-Stoffe | | | | | |
|--------------------------------------|----------------------|---|-------------------------|-------------------------|---------------------|------------------------|---------------------|---------------------|-------------------------------|-----------------------------|----------------------|-----------------------|-------------------|---------------------|---------------------|----------------|--------------------|
| Standort bzw. Grundwasser-messstelle | Datum der Probenahme | Sulfadiazin [ng/l] | 4-OH-Sulfadiazin [ng/l] | N-Ac-Sulfadiazin [ng/l] | Sulfadimidin [ng/l] | Sulfamethoxazol [ng/l] | Sulfathiazol [ng/l] | Sulfamerazin [ng/l] | Sulfamethoxy-pyridazin [ng/l] | Sulfachloropyridazin [ng/l] | Sulfamethoxin [ng/l] | Sulfapyridazin [ng/l] | Sulfadoxin [ng/l] | Trimethoprim [ng/l] | Carbamazepin [ng/l] | Koffein [ng/l] | Acesulfam-K [ng/l] |
| Bösel I | 16.10.2012 | <2 | <5 | <2 | <1 | <4 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0,1 | n.b. | n.b. |
| Bösel I | 27.05.2013 | <2 | <5 | n.b. | 4 | 138 | <2 | <2 | <6 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0,1 | n.b. | n.b. |
| Bösel I | 25.09.2013 | <2 | <5 | <2 | <3 | 950 | <2 | <2 | <6 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0,1 | n.b. | n.b. |
| Bösel I | 23.07.2014 | <2 | <5 | n.b. | 16 | 174 | <2 | <2 | <6 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0,1 | n.b. | n.b. |
| Bösel I | 26.08.2014 | <2 | <5 | n.b. | 20 | 150 | <2 | <2 | <6 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0,1 | n.b. | n.b. |
| Bösel I | 23.10.2014 | <2 | <6 | <2 | 10 | 120 | <2 | <2 | <6 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <1 | <15 | n.b. |
| Bösel I | 11.11.2014 | <2 | <6 | <2 | 9 | 100 | <2 | <2 | <6 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <1 | <15 | n.b. |
| Bösel I | 09.12.2014 | <2 | <6 | <2 | 12 | 105 | <2 | <2 | <6 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <1 | <15 | n.b. |
| Bösel I | 27.01.2015 | <2 | <6 | <2 | 12 | 206 | <2 | <2 | <6 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <1 | <15 | n.b. |
| Bösel I | 11.02.2015 | <2 | <6 | <2 | 12 | 234 | <2 | <2 | <6 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <1 | <15 | n.b. |
| Bösel I | 11.03.2015 | <2 | <6 | <2 | 15 | 174 | <2 | <2 | <6 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <1 | <15 | n.b. |
| Bösel I | 21.04.2015 | <2 | <6 | <2 | 7 | 175 | <2 | <2 | <6 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <1 | <15 | n.b. |
| Bösel I | 19.05.2015 | <2 | <6 | <2 | 9 | 170 | <2 | <2 | <6 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <1 | <15 | n.b. |
| Bösel I | 17.06.2015 | <2 | <6 | <2 | 8 | 154 | <2 | <2 | <6 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <1 | <15 | n.b. |
| Bösel I | 15.07.2015 | <2 | <6 | <2 | 6 | 100 | <2 | <2 | <6 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <1 | <15 | n.b. |
| Bösel I | 04.08.2015 | <2 | <6 | <2 | 7 | 96 | <2 | <2 | <6 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <1 | <15 | 8400 |
| Bösel I | 14.09.2015 | <4 | <6 | <2 | 8 | 90 | <2 | <2 | <6 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <1 | <15 | 9500 |
| Bösel I | 20.10.2015 | <2 | <6 | <2 | 8 | 15 | <2 | <2 | <6 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <1 | <15 | 45000 |
| Bösel I | 10.11.2015 | <2 | <6 | <2 | 7 | 130 | <2 | <2 | <6 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <1 | <15 | 17000 |
| Bösel I | 08.12.2015 | <2 | <6 | <2 | 8 | 120 | <2 | <2 | <6 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <1 | <15 | 12000 |
| Bösel I | 18.01.2016 | <2 | <6 | <2 | 9 | 130 | <2 | <2 | <6 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <1 | <15 | n.b. |
| Bösel I | 22.02.2016 | <2 | <6 | <2 | 6 | 120 | <2 | <2 | <6 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <1 | <15 | n.b. |
| Bösel I | 16.03.2016 | <2 | <6 | <2 | 7 | 100 | <2 | <2 | <6 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <1 | <15 | 65 |
| Bösel I | 25.04.2016 | <2 | <6 | <2 | <6 | 110 | <2 | <2 | <6 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <1 | <15 | n.b. |
| Bösel I | 23.05.2016 | <2 | <6 | <2 | 7 | 100 | <2 | <2 | <6 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <1 | <15 | 10000 |
| Bösel II | 21.04.2015 | <2 | <6 | <2 | <2 | <4 | <2 | <2 | <6 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <1 | <15 | n.b. |
| Bösel II | 14.09.2015 | <2 | <6 | <2 | <2 | <4 | <2 | <2 | <6 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <1 | <15 | n.b. |
| Bösel II | 10.11.2015 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <6 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <1 | <15 | n.b. |
| Bösel II | 25.04.2016 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <6 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <1 | <15 | n.b. |
| Lohe I | 16.10.2012 | <2 | <5 | <2 | <1 | <4 | <2 | <2 | <6 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0,1 | n.b. | n.b. |
| Lohe I | 27.05.2013 | <2 | <5 | <2 | <3 | <4 | <2 | <2 | <6 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <1 | <15 | n.b. |
| Lohe I | 23.10.2014 | <2 | <6 | <2 | 10 | <4 | <2 | <2 | <6 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <1 | <15 | n.b. |
| Lohe I | 27.01.2015 | <2 | <6 | <2 | 11 | <4 | <2 | <2 | <6 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <1 | <15 | n.b. |
| Lohe I | 21.04.2015 | <2 | <6 | <2 | 11 | <4 | <2 | <2 | <6 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <1 | <15 | n.b. |
| Lohe I | 24.06.2015 | <2 | <6 | <2 | 9 | <4 | <2 | <2 | <6 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <1 | <15 | n.b. |
| Lohe I | 15.07.2015 | <2 | <6 | <2 | 6 | <4 | <2 | <2 | <6 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <1 | <15 | n.b. |
| Lohe I | 13.08.2015 | <2 | <6 | <2 | 12 | <4 | <2 | <2 | <6 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <1 | <15 | n.b. |
| Lohe I | 14.09.2015 | <2 | <6 | <2 | 7 | <4 | <2 | <2 | <6 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <1 | <15 | n.b. |
| Lohe I | 21.10.2015 | <2 | <6 | <2 | 9 | <4 | <2 | <2 | <6 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <1 | <15 | n.b. |
| Lohe I | 11.11.2015 | <2 | <6 | <2 | 10 | <4 | <2 | <2 | <6 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <1 | <15 | n.b. |
| Lohe I | 09.12.2015 | <2 | <6 | <2 | 10 | <4 | <2 | <2 | <6 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <1 | <15 | n.b. |
| Lohe I | 20.01.2016 | <2 | <6 | <2 | 12 | <4 | <2 | <2 | <6 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <1 | <15 | n.b. |
| Lohe I | 24.02.2016 | <2 | <6 | <2 | 9 | <4 | <2 | <2 | <6 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <1 | <15 | n.b. |
| Lohe I | 16.03.2016 | <2 | <6 | <2 | 8 | <4 | <2 | <2 | <6 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <1 | <15 | n.b. |
| Lohe I | 27.04.2016 | <2 | <6 | <2 | 7 | <4 | <2 | <2 | <6 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <1 | <15 | n.b. |
| Lohe I | 25.05.2016 | <2 | <18 | <2 | 9 | <4 | <2 | <2 | <6 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <1 | <15 | n.b. |
| Lohe II | 11.11.2015 | <2 | <6 | <2 | <2 | <4 | <2 | <2 | <6 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <1 | <15 | n.b. |
| Lohe II | 27.04.2016 | <2 | <6 | <2 | <2 | <4 | <2 | <2 | <6 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <1 | <15 | n.b. |

Farbige Markierung bei den Sulfonamid- und Tracer-Ergebnissen: Nachweis unter Bestimmungsgrenze (gelb), oberhalb Bestimmungsgrenze (orange), Nachweis > 100 ng/l (rot)
n.b.: nicht bestimmt

Stationäre Grundwassermessstellen NL WKN

| Messstellen-Daten | | Arzneimittel-Einzelwirkstoffe aus der Gruppe der Sulfonamide inkl. Transformationsprodukte und Trimethoprim | | | | | | | | | | | | | Umwelt-Tracer-Stoffe | | | |
|--------------------------------------|----------------------|---|-------------------------|-------------------------|---------------------|------------------------|------------------------|---------------------|---------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------|-----------------------|-------------------|----------------------|---------------------|----------------|----------------------|
| Standort bzw. Grundwasser-messstelle | Datum der Probenahme | Sulfadiazin [ng/l] | 4-OH-Sulfadiazin [ng/l] | N-Ac-Sulfadiazin [ng/l] | Sulfadimidin [ng/l] | Sulfamethoxazol [ng/l] | Sulfamethoxazol [ng/l] | Sulfathiazol [ng/l] | Sulfamerazin [ng/l] | Sulfamethoxypridazin [ng/l] | Sulfachloropyridazin [ng/l] | Sulfamethoxin [ng/l] | Sulfapyridazin [ng/l] | Sulfadoxin [ng/l] | Trimethoprim [ng/l] | Carbamazepin [ng/l] | Koffein [ng/l] | Acetaminophen [ng/l] |
| Markhausen-BDF | 16.10.2012 | <2 | <5 | <2 | <4 | <4 | n.b. | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.1 | n.b. | n.b. |
| Markhausen-BDF | 27.05.2013 | <2 | <5 | <2 | <4 | <4 | n.b. | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.1 | n.b. | n.b. |
| Markhausen-BDF | 23.10.2014 | <2 | <6 | <2 | <4 | <4 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <1 | <15 | n.b. |
| Markhausen-BDF | 27.01.2015 | <2 | <6 | <2 | <4 | <4 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <1 | <15 | n.b. |
| Markhausen-BDF | 21.04.2015 | <2 | <6 | <2 | <4 | <4 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <1 | <15 | n.b. |
| Markhausen-BDF | 24.06.2015 | <2 | <6 | <2 | <4 | <4 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | <15 | n.b. |
| Markhausen-BDF | 15.07.2015 | <2 | <6 | <2 | <4 | <4 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <1 | <15 | n.b. |
| Markhausen-BDF | 13.08.2015 | <2 | <6 | <2 | <4 | <4 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | <15 | <6 |
| Markhausen-BDF | 14.09.2015 | <2 | <6 | <2 | <4 | <4 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <1 | <15 | n.b. |
| Markhausen-BDF | 20.10.2015 | <2 | <6 | <2 | <4 | <4 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | <15 | n.b. |
| Markhausen-BDF | 10.11.2015 | <2 | <6 | <2 | <4 | <4 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | <15 | n.b. |
| Markhausen-BDF | 08.12.2015 | <2 | <6 | <2 | <4 | <4 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | <15 | n.b. |
| Markhausen-BDF | 20.01.2016 | <2 | <6 | <2 | <4 | <4 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | <15 | n.b. |
| Markhausen-BDF | 24.02.2016 | <2 | <6 | <2 | <4 | <4 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | <15 | n.b. |
| Markhausen-BDF | 16.03.2016 | <2 | <6 | <2 | <4 | <4 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | 140 | n.b. |
| Markhausen-BDF | 26.04.2016 | <2 | <6 | <2 | <4 | <4 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | <15 | n.b. |
| Markhausen-BDF | 24.05.2016 | <2 | <18 | <2 | <4 | <4 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | <15 | n.b. |
| Carum I | 15.10.2012 | 10 | <5 | <2 | <4 | <4 | n.b. | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.1 | n.b. | n.b. |
| Carum I | 29.05.2013 | <2 | <5 | <2 | <4 | <4 | n.b. | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.1 | n.b. | n.b. |
| Carum I | 23.10.2014 | <2 | <6 | <2 | <4 | <4 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <1 | <15 | n.b. |
| Carum I | 27.01.2015 | <2 | <6 | <2 | <4 | <4 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <1 | <15 | n.b. |
| Carum I | 21.04.2015 | <2 | <6 | <2 | <4 | <4 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <1 | <15 | n.b. |
| Carum I | 23.06.2015 | <2 | <6 | <2 | <4 | <4 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | <15 | n.b. |
| Carum I | 15.07.2015 | <2 | <6 | <2 | <4 | <4 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <1 | <15 | n.b. |
| Carum I | 12.08.2015 | <2 | <6 | <2 | <4 | <4 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | <15 | <6 |
| Carum I | 14.09.2015 | <2 | <6 | <2 | <4 | <4 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <1 | <15 | n.b. |
| Carum I | 20.10.2015 | <2 | <18 | <2 | <4 | <4 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | <15 | n.b. |
| Carum I | 10.11.2015 | <2 | <6 | <2 | <4 | <4 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | <15 | n.b. |
| Carum I | 08.12.2015 | <2 | <6 | <2 | <4 | <4 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | <15 | n.b. |
| Carum I | 19.01.2016 | <2 | <6 | <2 | <4 | <4 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | 110 | n.b. |
| Carum I | 22.02.2016 | <2 | <6 | <2 | <4 | <4 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | <15 | n.b. |
| Carum I | 16.03.2016 | <2 | <6 | <2 | <4 | <4 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | 130 | n.b. |
| Carum I | 25.04.2016 | <2 | <6 | <2 | <4 | <4 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | <15 | n.b. |
| Carum I | 23.05.2016 | <2 | <6 | <2 | <4 | <4 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | <15 | n.b. |
| Carum II | 10.11.2015 | <2 | <6 | <2 | <4 | <4 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | <15 | n.b. |
| Carum II | 25.04.2016 | <2 | <6 | <2 | <4 | <4 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | <15 | n.b. |

Farbige Markierung bei den Sulfonamid- und Tracer-Ergebnissen: Nachweis unter Bestimmungsgrenze (gelb), Nachweis oberhalb Bestimmungsgrenze (orange), Nachweis > 100 ng/l (rot)
n.b.: nicht bestimmt

Stationäre Grundwassermessstellen NLWK1

| Messstellen-Daten | | Arzneimittel-Einzelwirkstoffe aus der Gruppe der Sulfonamide inkl. Transformationsprodukte und Trimethoprim | | | | | | | | | | | | | | Umwelt-Tracer-Stoffe | | |
|--------------------------------------|----------------------|---|-------------------------|-------------------------|---------------------|------------------------|-----------------------------|---------------------|---------------------|-------------------------------|-----------------------------|-------------------------|------------------------------|-------------------|---------------------|----------------------|----------------|-----------------------|
| Standort bzw. Grundwasser-messstelle | Datum der Probenahme | Sulfadiazin [ng/l] | 4-OH-Sulfadiazin [ng/l] | N-Ac-Sulfadiazin [ng/l] | Sulfadimidin [ng/l] | Sulfamethoxazol [ng/l] | N-Ac-Sulfamethoxazol [ng/l] | Sulfathiazol [ng/l] | Sulfamerazin [ng/l] | Sulfamethoxyipyridazin [ng/l] | Sulfachloropyridazin [ng/l] | Sulfadi-methoxin [ng/l] | Sulfaethoxyipyridazin [ng/l] | Sulfadoxin [ng/l] | Trimethoprim [ng/l] | Carbamazepin [ng/l] | Koffein [ng/l] | Acetaminofam-K [ng/l] |
| Kleininger Wösten I | 16.10.2012 | <2 | <5 | <2 | 11 | <4 | n.b. | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0,1 | n.b. | n.b. |
| Kleininger Wösten I | 27.05.2013 | <2 | <5 | <2 | 5 | <4 | n.b. | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0,1 | n.b. | n.b. |
| Kleininger Wösten I | 21.10.2014 | <2 | <6 | <2 | 14 | <4 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <1 | <15 | n.b. |
| Kleininger Wösten I | 27.01.2015 | <2 | <6 | <2 | 18 | <4 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <1 | <15 | n.b. |
| Kleininger Wösten I | 21.04.2015 | <2 | <6 | <2 | 10 | <4 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <1 | <15 | n.b. |
| Kleininger Wösten I | 25.06.2015 | <2 | <6 | <2 | 15 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0,3 | <15 | n.b. |
| Kleininger Wösten I | 16.07.2015 | <4 | <6 | <2 | 11 | <4 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <1 | <15 | n.b. |
| Kleininger Wösten I | 13.08.2015 | <2 | <6 | <2 | 14 | <4 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0,3 | <15 | <6 |
| Kleininger Wösten I | 15.09.2015 | <4 | <6 | <2 | 11 | <4 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <1 | <15 | n.b. |
| Kleininger Wösten I | 21.10.2015 | <2 | <6 | <2 | 12 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0,3 | <15 | n.b. |
| Kleininger Wösten I | 09.11.2015 | <2 | <6 | <2 | 12 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0,3 | <15 | n.b. |
| Kleininger Wösten I | 07.12.2015 | <2 | <6 | <2 | 15 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0,3 | <15 | n.b. |
| Kleininger Wösten I | 18.01.2016 | <2 | <6 | <2 | 18 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0,3 | <45 | n.b. |
| Kleininger Wösten I | 23.02.2016 | <2 | <6 | <2 | 13 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0,3 | <15 | n.b. |
| Kleininger Wösten I | 14.03.2016 | <2 | <6 | <2 | 15 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0,3 | <15 | n.b. |
| Kleininger Wösten I | 26.04.2016 | <2 | <6 | <2 | 11 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0,3 | <15 | n.b. |
| Kleininger Wösten I | 24.05.2016 | <2 | <6 | <2 | 15 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0,3 | <15 | n.b. |
| Kleininger Wösten II | 09.11.2015 | <2 | <6 | <2 | <6 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0,3 | <15 | n.b. |
| Kleininger Wösten II | 23.02.2016 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0,3 | 48 | n.b. |
| Kleininger Wösten II | 26.04.2016 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0,3 | <15 | n.b. |
| Wietmarschen-Lohne I | 16.10.2012 | <2 | <5 | <2 | <1 | <4 | n.b. | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0,1 | n.b. | n.b. |
| Wietmarschen-Lohne I | 27.05.2013 | <2 | <5 | <2 | 6 | <4 | n.b. | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0,1 | n.b. | n.b. |
| Wietmarschen-Lohne I | 21.10.2014 | <2 | <6 | <2 | 8 | <4 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <1 | <15 | n.b. |
| Wietmarschen-Lohne I | 27.01.2015 | <2 | <6 | <2 | 10 | <4 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <1 | <15 | n.b. |
| Wietmarschen-Lohne I | 21.04.2015 | <2 | <6 | <2 | 10 | <4 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <1 | <15 | n.b. |
| Wietmarschen-Lohne I | 25.06.2015 | <2 | <6 | <2 | 12 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0,3 | <45 | n.b. |
| Wietmarschen-Lohne I | 16.07.2015 | <2 | <6 | <2 | 8 | <4 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <1 | <15 | n.b. |
| Wietmarschen-Lohne I | 14.08.2015 | <2 | <6 | <2 | 9 | <4 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0,3 | <15 | <6 |
| Wietmarschen-Lohne I | 15.09.2015 | <2 | <6 | <2 | 10 | <4 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <1 | <15 | n.b. |
| Wietmarschen-Lohne I | 21.10.2015 | <2 | <6 | <2 | 10 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0,3 | <15 | n.b. |
| Wietmarschen-Lohne I | 09.11.2015 | <2 | <6 | <2 | 9 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0,3 | <15 | n.b. |
| Wietmarschen-Lohne I | 07.12.2015 | <2 | <6 | <2 | 10 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0,3 | <45 | n.b. |
| Wietmarschen-Lohne I | 18.01.2016 | <2 | <6 | <2 | 11 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0,3 | 280 | n.b. |
| Wietmarschen-Lohne I | 23.02.2016 | <2 | <6 | <2 | 11 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0,3 | <45 | n.b. |
| Wietmarschen-Lohne I | 05.04.2016 | <2 | <6 | <2 | 14 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0,3 | <15 | n.b. |
| Wietmarschen-Lohne I | 26.04.2016 | <2 | <6 | <2 | 9 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0,3 | <15 | n.b. |
| Wietmarschen-Lohne I | 24.05.2016 | <2 | <6 | <2 | 11 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0,3 | <15 | n.b. |
| Wietmarschen-Lohne II | 09.11.2015 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0,3 | <15 | n.b. |
| Wietmarschen-Lohne II | 26.04.2016 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0,3 | <15 | n.b. |
| Wietmarschen I alt | 18.01.2016 | <2 | <6 | <2 | <6 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0,3 | 1000 | n.b. |
| Wietmarschen I alt | 23.02.2016 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0,3 | <15 | n.b. |
| Wietmarschen I alt | 26.04.2016 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0,3 | <15 | n.b. |

Farbige Markierung bei den Sulfonamid- und Tracer-Ergebnissen: Nachweis unter Bestimmungsgrenze (gelb), Nachweis oberhalb Bestimmungsgrenze (orange), Nachweis > 100 ng/l (rot)
n.b.: nicht bestimmt

Temporäre Grundwassermessstellen zur Ermittlung der Zustromrichtung des oberflächennahen Grundwassers in der Nähe der stationären Messstellen des NLWKN

| Messstellen-Daten | | Vor-Ort-Parameter der Probenahme | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|-------------------------------------|----------------------------------|----------------------------|-------------------------|-----------------|--------------------|----------------------|-----------------------|---------|---------|-----------|-----------------|---------|-----------------------|-------------------|----------------------------|---------------------|
| Messstellen-ID | Standort bzw. Grundwassermessstelle | Datum der Probenahme | Ruhwasserspiegel [m u. MP] | Entnahmetiefe [m u. MP] | Pumpdauer [min] | Förderrate [l/min] | Entnahmenvolumen [l] | Sollvolumen M 909 [l] | Trübung | Färbung | Geruch | Temperatur [°C] | pH-Wert | Leitfähigkeit [µS/cm] | Sauerstoff [mg/l] | KS _{4.3} [mmol/l] | Redoxpotential [mV] |
| TGWM 1 | Bösel 1 | 30.10.2014 | 2,35 | 3,9 | 20 | 2,5 | 50 | 4 | keine | farblos | geruchlos | 13,7 | 4,5 | 223 | 0,2 | n.b. | 427 |
| TGWM 1 | Bösel 1 | 20.04.2015 | 1,50 | 3,9 | 20 | 2,5 | 50 | 4 | keine | gelb | geruchlos | 9,5 | 5,5 | 920 | 0,2 | n.b. | 412 |
| TGWM 1 | Bösel 1 | 23.06.2015 | 1,97 | 3 | 20 | 2,5 | 50 | 4 | keine | gelb | geruchlos | 11,0 | 5,1 | 367 | 1,4 | n.b. | 535 |
| TGWM 1 | Bösel 1 | 15.07.2015 | 2,12 | 3 | 20 | 2,5 | 50 | 4 | keine | gelb | geruchlos | 12,3 | 4,8 | 371 | 2,4 | 0,4 | 530 |
| TGWM 1 | Bösel 1 | 12.08.2015 | 2,20 | 3,5 | 20 | 2,5 | 50 | 4 | keine | gelb | geruchlos | 13,4 | 4,8 | 303 | 0,3 | 0,3 | 534 |
| TGWM 1 | Bösel 1 | 14.09.2015 | 2,28 | 3,5 | 20 | 2,5 | 50 | 4 | keine | gelb | geruchlos | 13,8 | 5,2 | 278 | 0,2 | 0,4 | 539 |
| TGWM 1 | Bösel 1 | 20.10.2015 | 2,05 | 3,5 | 20 | 2,5 | 50 | 4 | keine | gelb | geruchlos | 13,1 | 4,7 | 288 | 0,2 | 0,2 | 400 |
| TGWM 1 | Bösel 1 | 10.11.2015 | 2,02 | 3,9 | 20 | 2,5 | 50 | 4 | keine | gelb | geruchlos | 12,6 | 4,9 | 304 | 0,4 | 0,2 | 407 |
| TGWM 1 | Bösel 1 | 08.12.2015 | 1,39 | 3,9 | 20 | 2,5 | 50 | 4 | keine | gelb | geruchlos | 12,0 | 5,0 | 336 | 0,2 | 0,3 | 398 |
| TGWM 1 | Bösel 1 | 19.01.2016 | 1,21 | 3,5 | 20 | 2,5 | 50 | 4 | keine | gelb | geruchlos | 10,1 | 5,0 | 402 | 0,2 | 0,2 | 320 |
| TGWM 1 | Bösel 1 | 22.03.2016 | 1,25 | 3,5 | 20 | 2,5 | 50 | 4 | keine | gelb | geruchlos | 8,8 | 6,0 | 1130 | 0,3 | 2,9 | 448 |
| TGWM 1 | Bösel 1 | 25.04.2016 | 1,45 | 3,5 | 20 | 2,5 | 50 | 4 | keine | gelb | geruchlos | 9,3 | 6,0 | 943 | 1,1 | 3,6 | 423 |
| TGWM 1 | Bösel 1 | 23.05.2016 | 1,69 | 3,5 | 20 | 2,5 | 50 | 4 | keine | gelb | geruchlos | 10,1 | 5,7 | 430 | 0,1 | 2 | 472 |
| TGWM 2 | Bösel 2 | 30.10.2014 | 1,98 | 3,4 | 20 | 1 | 20 | 4 | schwach | farblos | geruchlos | 15,0 | 4,2 | 600 | 3,4 | n.b. | 482 |
| TGWM 2 | Bösel 2 | 20.04.2015 | 0,99 | 3,4 | 20 | 1 | 20 | 4 | keine | farblos | geruchlos | 9,1 | 4,3 | 411 | 3,7 | n.b. | 555 |
| TGWM 2 | Bösel 2 | 23.06.2015 | 1,52 | 3,4 | 20 | 1 | 20 | 4 | keine | farblos | geruchlos | 12,7 | 4,2 | 361 | 1,7 | n.b. | 571 |
| TGWM 2 | Bösel 2 | 15.07.2015 | 1,65 | 3,4 | 20 | 1 | 20 | 4 | keine | farblos | geruchlos | 14,4 | 4,2 | 368 | 5,1 | 0,3 | 561 |
| TGWM 2 | Bösel 2 | 12.08.2015 | 1,75 | 3,4 | 20 | 1 | 20 | 4 | keine | farblos | geruchlos | 15,7 | 4,3 | 325 | 1,7 | 0,4 | 546 |
| TGWM 2 | Bösel 2 | 14.09.2015 | 1,84 | 3,4 | 20 | 1 | 20 | 4 | keine | farblos | geruchlos | 16,1 | 4,6 | 326 | 1,3 | 0,1 | 545 |
| TGWM 2 | Bösel 2 | 20.10.2015 | 1,70 | 3,4 | 20 | 1 | 20 | 4 | keine | farblos | geruchlos | 14,1 | 4,4 | 352 | 1,2 | 0,2 | 418 |
| TGWM 2 | Bösel 2 | 10.11.2015 | 1,65 | 3,4 | 20 | 1 | 20 | 4 | keine | farblos | geruchlos | 13,2 | 4,4 | 344 | 2,0 | 0,2 | 456 |
| TGWM 2 | Bösel 2 | 19.01.2016 | 0,8 | 3,4 | 20 | 1 | 20 | 4 | keine | farblos | geruchlos | 8,7 | 4,4 | 271 | 0,6 | 0,2 | 614 |
| TGWM 2 | Bösel 2 | 25.04.2016 | 0,87 | 3,4 | 20 | 0,87 | 20 | 4 | keine | farblos | geruchlos | 9,3 | 4,4 | 242 | 0,3 | 0,2 | 515 |
| TGWM 2 | Bösel 2 | 20.04.2015 | 1,18 | 3,0 | 20 | 3,5 | 70 | 4 | keine | farblos | geruchlos | 8,9 | 4,4 | 550 | 0,8 | n.b. | 497 |
| TGWM 2 | Bösel 2 | 23.06.2015 | 1,49 | 3 | 20 | 3,5 | 70 | 4 | keine | farblos | geruchlos | 11,5 | 4,3 | 681 | 2,7 | n.b. | 594 |
| TGWM 2 | Bösel 2 | 15.07.2015 | 1,67 | 3 | 20 | 3,5 | 70 | 4 | keine | farblos | geruchlos | 12,6 | 4,3 | 530 | 4,0 | 0,1 | 584 |
| TGWM 2 | Bösel 2 | 12.08.2015 | 1,73 | 3 | 20 | 3,5 | 70 | 4 | keine | farblos | geruchlos | 14,0 | 4,3 | 407 | 2,0 | 0,1 | 589 |
| TGWM 2 | Bösel 2 | 14.09.2015 | 1,75 | 3,0 | 20 | 3,5 | 70 | 4 | keine | farblos | geruchlos | 14,7 | 4,6 | 409 | 1,8 | n.b. | 582 |
| TGWM 2 | Bösel 2 | 20.10.2015 | 1,49 | 3 | 20 | 3,5 | 70 | 4 | keine | farblos | geruchlos | 13,5 | 4,3 | 433 | 0,6 | 0,1 | 540 |
| TGWM 2 | Bösel 2 | 10.11.2015 | 1,40 | 3 | 20 | 3,5 | 70 | 4 | keine | farblos | geruchlos | 13,0 | 4,3 | 512 | 0,8 | 0,1 | 507 |
| TGWM 2 | Bösel 2 | 08.12.2015 | 1,15 | 3 | 20 | 3,5 | 70 | 4 | keine | farblos | geruchlos | 11,6 | 4,4 | 1016 | 0,3 | 0,2 | 532 |
| TGWM 2 | Bösel 2 | 19.01.2016 | 0,925 | 3 | 20 | 3,5 | 70 | 4 | keine | farblos | geruchlos | 9,0 | 4,5 | 414 | 0,3 | 0,2 | 366 |
| TGWM 2 | Bösel 2 | 22.02.2016 | 0,74 | 3 | 20 | 3,5 | 70 | 4 | keine | farblos | geruchlos | 8,2 | 4,5 | 411 | 0,4 | 0,4 | 484 |
| TGWM 2 | Bösel 2 | 22.03.2016 | 0,91 | 3 | 20 | 3,5 | 70 | 4 | keine | farblos | geruchlos | 7,5 | 4,5 | 606 | 0,6 | 0,1 | 542 |
| TGWM 2 | Bösel 2 | 25.04.2016 | 1,00 | 3 | 20 | 3,5 | 70 | 4 | keine | farblos | geruchlos | 8,6 | 4,5 | 468 | 1,1 | 0,2 | 577 |
| TGWM 2 | Bösel 2 | 23.05.2016 | 1,18 | 3 | 20 | 3,5 | 70 | 4 | keine | farblos | geruchlos | 10,2 | 4,3 | 413 | 0,7 | 0,2 | 595 |

n.b.: nicht bestimmt

Temporäre Grundwasserermessstellen zur Ermittlung der Zuströmrichtung des oberflächennahen Grundwassers in der Nähe der stationären Messstellen des NLWKN

| Messstellen-ID | Standort bzw. Grundwasserermessstelle | Datum der Probenahme | Vor-Ort-Parameter der Probenahme (n.b.: nicht bestimmt) | | | | | | | | | | Redox-potential [mV] | | | | |
|----------------|---------------------------------------|----------------------|---|-------------------------|-----------------|--------------------|----------------------|-----------------------|---------|------------|-----------|------------|----------------------|---------|-----------------------|-------------------|--------------------------|
| | | | Ruhewasserspiegel [m u. MP] | Entnahmetiefe [m u. MP] | Pumpdauer [min] | Förderrate [l/min] | Entnahmenvolumen [l] | Sollvolumen M 909 [l] | Trübung | Färbung | Geruch | Temperatur | | pH-Wert | Leitfähigkeit [µS/cm] | Sauerstoff [mg/l] | KS ₃ [mmol/l] |
| RKS 3 | Lohe 3 | 30.10.2014 | 2,22 | 3,9 | 20 | 0,5 | 10 | 4 | schwach | grau-gelb | H2S | 14,1 | 4,3 | 156 | 2,2 | n.b. | 158 |
| RKS 4 | Lohe 4 | 30.10.2014 | 2,61 | 3,9 | 20 | 0,5 | 10 | 4 | schwach | grün-gelb | H2S | 13,2 | 4,3 | 155 | 1,8 | n.b. | 153 |
| TGWM 29 | Lohe 29 | 20.04.2015 | 1,77 | 3,0 | 40 | 0,5 | 20 | 4 | schwach | gelb-braun | geruchlos | 9,9 | 4,7 | 328 | 4,7 | n.b. | 380 |
| TGWM 29 | Lohe 29 | 24.06.2015 | 1,79 | 3 | 40 | 0,5 | 20 | 4 | keine | gelb braun | geruchlos | 12,3 | 4,6 | 411 | n.b. | n.b. | 248 |
| TGWM 29 | Lohe 29 | 15.07.2015 | 1,98 | 3 | 40 | 0,5 | 20 | 4 | keine | gelb braun | geruchlos | 13,5 | 4,8 | 410 | 4,3 | 0,2 | 343 |
| TGWM 29 | Lohe 29 | 13.08.2015 | 1,68 | 3 | 40 | 0,5 | 20 | 4 | keine | gelb braun | geruchlos | 14,4 | 4,7 | 380 | 3,0 | 0,1 | 393 |
| TGWM 29 | Lohe 29 | 14.09.2015 | 1,79 | 3 | 20 | 0,5 | 10 | 4 | schwach | gelb braun | geruchlos | 16,7 | 4,7 | 369 | 3,3 | n.b. | 542 |
| TGWM 29 | Lohe 29 | 21.10.2015 | 1,68 | 3 | 30 | 0,5 | 15 | 4 | schwach | gelb/braun | geruchlos | 12,5 | 5,3 | 306 | 2,5 | 0,1 | 409 |
| TGWM 29 | Lohe 29 | 10.11.2015 | 1,60 | 3 | 30 | 0,5 | 15 | 4 | keine | gelb/braun | geruchlos | 13,9 | 4,8 | 339 | 3,5 | 0,3 | 524 |
| TGWM 29 | Lohe 29 | 20.01.2016 | 0,7 | 3 | 30 | 0,5 | 15 | 4 | schwach | gelb/braun | geruchlos | 8,8 | 4,6 | 314 | 2,4 | 0,2 | 455 |
| TGWM 29 | Lohe 29 | 27.04.2016 | 0,75 | 3 | 30 | 0,5 | 15 | 4 | schwach | gelb braun | geruchlos | 8,5 | 4,8 | 316 | 5,7 | 0,5 | 441 |
| TGWM 30 | Lohe 30 | 24.06.2015 | 2,70 | 4,1 | 20 | 0,5 | 10 | 4 | keine | braun | faulig | 10,7 | 4,7 | 415 | 3,6 | n.b. | n.b. |
| TGWM 30 | Lohe 30 | 15.07.2015 | 2,84 | 4,1 | 20 | 0,5 | 10 | 4 | keine | braun | faulig | 12,0 | 4,8 | 416 | 1,5 | 0,3 | n.b. |
| TGWM 30 | Lohe 30 | 13.08.2015 | 2,51 | 4,1 | 20 | 0,5 | 10 | 4 | keine | braun | H2S | 12,6 | 4,8 | 348 | 1,4 | 0,5 | 95 |
| TGWM 30 | Lohe 30 | 14.09.2015 | 2,56 | 4,1 | 20 | 0,5 | 10 | 4 | keine | braun | H2S | 13,7 | 4,8 | 395 | 1,5 | 0,8 | 92 |
| TGWM 30 | Lohe 30 | 21.10.2015 | 2,55 | 4,1 | 20 | 0,5 | 10 | 4 | keine | braun | H2S | 12,4 | 5,7 | 393 | 0,9 | 0,6 | 79 |
| TGWM 30 | Lohe 30 | 10.11.2015 | 2,48 | 4,1 | 20 | 0,5 | 10 | 4 | keine | braun | H2S | 12,8 | 4,7 | 401 | 0,8 | 0,7 | 148 |
| TGWM 30 | Lohe 30 | 09.12.2015 | 1,80 | 4,1 | 20 | 0,5 | 10 | 4 | keine | braun | H2S | 11,3 | 4,8 | 317 | 1,6 | 0,3 | 183 |
| TGWM 30 | Lohe 30 | 20.01.2016 | 1,87 | 4,1 | 20 | 0,5 | 10 | 4 | keine | braun | H2S | 9,8 | 4,6 | 259 | 2,0 | 0,3 | 175 |
| TGWM 30 | Lohe 30 | 23.03.2016 | 2,01 | 4,1 | 20 | 0,5 | 10 | 4 | keine | braun | H2S | 8,6 | 4,7 | 382 | 1,5 | 0,5 | 118 |
| TGWM 30 | Lohe 30 | 27.04.2016 | 2,02 | 4,1 | 20 | 0,5 | 10 | 4 | keine | braun | H2S | 9,0 | 4,8 | 367 | 2,0 | 0,4 | 197 |
| TGWM 30 | Lohe 30 | 25.05.2016 | 2,40 | 4,1 | 20 | 0,5 | 10 | 4 | keine | braun | H2S | 9,5 | 4,3 | 382 | 1,0 | 0,5 | 185 |
| RKS 5 | Markhausen 5 | 29.10.2014 | 3,72 | 4,9 | 20 | 2,5 | 50 | 4 | keine | farblos | geruchlos | 11,9 | 3,9 | 147 | 4,6 | n.b. | 506 |
| RKS 6 | Markhausen 6 | 29.10.2014 | 2,54 | 3,9 | 20 | 3 | 60 | 4 | keine | grau-gelb | faulig | 14,1 | 4,8 | 413 | 0,1 | n.b. | 421 |
| TGWM 23 | Markhausen 23 | 20.04.2015 | 2,04 | 4 | 20 | 3,5 | 70 | 4 | schwach | gelb | H2S | 9,2 | 4,7 | 235 | 0,8 | n.b. | 95 |
| TGWM 23 | Markhausen 23 | 24.06.2015 | 2,34 | 4 | 20 | 3,5 | 70 | 4 | schwach | gelb | H2S | 9,8 | 4,6 | 607 | 1,4 | n.b. | 109 |
| TGWM 23 | Markhausen 23 | 15.07.2015 | 2,39 | 4 | 20 | 3,5 | 70 | 4 | schwach | gelb braun | H2S | 10,3 | 5,2 | 589 | 0,9 | 0,3 | 103 |
| TGWM 23 | Markhausen 23 | 13.08.2015 | 2,45 | 4 | 30 | 3,5 | 105 | 4 | schwach | gelb braun | H2S | 11,0 | 4,8 | 370 | 0,8 | 0,6 | 76 |
| TGWM 23 | Markhausen 23 | 14.09.2015 | 2,47 | 4 | 30 | 3,5 | 105 | 4 | schwach | gelb braun | H2S | 11,4 | 4,7 | 244 | 0,9 | n.b. | 82 |
| TGWM 23 | Markhausen 23 | 20.10.2015 | 2,41 | 4 | 30 | 3,5 | 105 | 4 | schwach | gelb braun | H2S | 11,2 | 4,8 | 204 | 0,4 | 0,4 | 70 |
| TGWM 23 | Markhausen 23 | 10.11.2015 | 2,45 | 4 | 20 | 3,5 | 70 | 4 | schwach | gelb/braun | H2S | 11,4 | 4,7 | 200 | 0,5 | 0,5 | 105 |
| TGWM 23 | Markhausen 23 | 20.01.2016 | 1,975 | 4 | 20 | 3,5 | 70 | 4 | schwach | gelb/braun | H2S | 10,2 | 4,7 | 166 | 2,2 | 0,6 | 46 |
| TGWM 23 | Markhausen 23 | 21.03.2016 | 1,82 | 4 | 25 | 3 | 75 | 4 | schwach | gelb/braun | H2S | 9,0 | 4,9 | 649 | 0,3 | 0,5 | 149 |
| TGWM 23 | Markhausen 23 | 26.04.2016 | 1,96 | 4 | 25 | 3 | 75 | 4 | schwach | gelb braun | H2S | 8,9 | 4,8 | 239 | 0,4 | 0,6 | 145 |
| TGWM 24 | Markhausen 24 | 14.09.2015 | 3,14 | 4,1 | 20 | 3 | 60 | 4 | keine | gelb | geruchlos | 12,6 | 6,2 | 409 | 1,1 | 0,7 | 282 |
| TGWM 24 | Markhausen 24 | 20.10.2015 | 3,11 | 4,1 | 20 | 3 | 60 | 4 | keine | gelb | geruchlos | 12,3 | 6,0 | 389 | 0,6 | 0,8 | 166 |
| TGWM 24 | Markhausen 24 | 10.11.2015 | 3,07 | 4,1 | 20 | 3 | 60 | 4 | keine | gelb | geruchlos | 12,0 | 6,0 | 394 | 1,3 | 0,8 | 191 |
| TGWM 24 | Markhausen 24 | 08.12.2015 | 2,54 | 4,1 | 20 | 3 | 60 | 4 | keine | gelb | geruchlos | 11,6 | 6,0 | 409 | 0,1 | 0,7 | 174 |
| TGWM 24 | Markhausen 24 | 20.01.2016 | 2,57 | 4,1 | 20 | 3 | 60 | 4 | keine | gelb | geruchlos | 10,2 | 6,0 | 413 | 0,4 | 0,9 | 463 |
| TGWM 24 | Markhausen 24 | 24.02.2016 | 1,43 | 4,1 | 20 | 3 | 60 | 4 | keine | gelb | geruchlos | 9,6 | 4,7 | 346 | 0,2 | 1,1 | 298 |
| TGWM 24 | Markhausen 24 | 21.03.2016 | 2,34 | 4,1 | 20 | 3 | 60 | 4 | keine | gelb | geruchlos | 8,8 | 6,1 | 397 | 0,2 | 0,6 | 244 |
| TGWM 24 | Markhausen 24 | 26.04.2016 | 2,53 | 4,1 | 20 | 3 | 60 | 4 | keine | gelb | geruchlos | 9,3 | 6,0 | 320 | 0,8 | 0,9 | 450 |
| TGWM 24 | Markhausen 24 | 24.05.2016 | 2,66 | 4,1 | 20 | 3 | 60 | 4 | keine | gelb | geruchlos | 9,4 | 5,8 | 368 | 0,3 | 0,7 | 466 |

n.b.: nicht bestimmt

Temporäre Grundwassermessstellen zur Ermittlung der Zustromrichtung des oberflächennahen Grundwassers in der Nähe der stationären Messstellen des NLWK

| Messtellen-ID | Messstellen-Daten | | Vor-Ort-Parameter der Probenahme | | | | | | | | | | pH-Wert | Leitfähigkeit [µS/cm] | Sauerstoff [mg/l] | K _{S_{4,3}} [mmol/l] | Redoxpotential [mV] |
|---------------|-------------------------------------|----------------------|----------------------------------|-------------------------|-----------------|--------------------|----------------------|-----------------------|---------|------------|-----------|-----------------|---------|-----------------------|-------------------|---------------------------------------|---------------------|
| | Standort bzw. Grundwassermessstelle | Datum der Probenahme | Ruhwasserspiegel | Entnahmetiefe [m u. MP] | Pumpdauer [min] | Förderrate [l/min] | Entnahmenvolumen [l] | Sollvolumen M 909 [l] | Trübung | Färbung | Geruch | Temperatur [°C] | | | | | |
| BDF032-P2 | Markhausen B032-P2 | 20.04.2015 | 1,30 | 3,1 | 20 | 2 | 40 | 14 | keine | gelb | geruchlos | 8,1 | 4,6 | 264 | 0,2 | n.b. | 388 |
| BDF032-P2 | Markhausen B032-P2 | 24.06.2015 | 1,62 | 3,1 | 20 | 2 | 40 | 14 | keine | gelb | geruchlos | 9,8 | 4,5 | 290 | 3,5 | n.b. | n.b. |
| BDF032-P2 | Markhausen B032-P2 | 15.07.2015 | 1,70 | 3,1 | 20 | 2 | 40 | 14 | keine | gelb | geruchlos | 10,7 | 4,6 | 275 | 3,1 | 0,2 | n.b. |
| BDF032-P2 | Markhausen B032-P2 | 14.09.2015 | 2,82 | 4,1 | 20 | 2 | 40 | 14 | keine | gelb | geruchlos | 12,6 | 4,6 | 239 | 4,2 | n.b. | 390 |
| BDF032-P2 | Markhausen B032-P2 | 20.10.2015 | 2,81 | 3 | 20 | 2 | 40 | 14 | keine | gelb | geruchlos | 11,7 | 4,8 | 207 | 4,5 | 0,2 | 493 |
| BDF032-P2 | Markhausen B032-P2 | 10.11.2015 | 2,78 | 3 | 20 | 2 | 40 | 14 | keine | gelb | geruchlos | 11,3 | 4,6 | 235 | 3,2 | 0,1 | 396 |
| BDF032-P2 | Markhausen B032-P2 | 08.12.2015 | 2,31 | 3 | 20 | 2 | 40 | 14 | keine | gelb | geruchlos | 10,6 | 4,7 | 251 | 3,4 | 0,1 | 413 |
| BDF032-P2 | Markhausen B032-P2 | 20.01.2016 | 2,32 | 3 | 20 | 2 | 40 | 14 | keine | gelb | geruchlos | 9,0 | 3,0 | 210 | 3,9 | 0,3 | 241 |
| BDF032-P2 | Markhausen B032-P2 | 22.02.2016 | 1,83 | 3 | 20 | 2 | 40 | 14 | keine | gelb | geruchlos | 8,1 | 4,9 | 217 | 4,7 | 0,2 | 551 |
| BDF032-P2 | Markhausen B032-P2 | 21.03.2016 | 2,10 | 3 | 20 | 2 | 40 | 14 | keine | gelb | geruchlos | 7,6 | 4,8 | 241 | 4,6 | 0,2 | 578 |
| BDF032-P2 | Markhausen B032-P2 | 24.05.2016 | 2,39 | 3 | 20 | 2 | 40 | 14 | keine | gelb | geruchlos | 9,4 | 4,4 | 242 | 4,7 | 0,1 | 535 |
| BDF032-P3 | Markhausen B032-P3 | 14.09.2015 | 2,68 | 3 | 20 | 2 | 40 | 4 | keine | gelb | geruchlos | 12,6 | 4,4 | 230 | 4,4 | 0,2 | 427 |
| BDF032-P3 | Markhausen B032-P3 | 20.10.2015 | 2,66 | 3 | 20 | 2 | 40 | 4 | keine | gelb | geruchlos | 11,7 | 5,1 | 245 | 2,6 | 0,1 | 477 |
| BDF032-P3 | Markhausen B032-P3 | 10.11.2015 | 2,66 | 3 | 20 | 2 | 40 | 4 | keine | gelb | geruchlos | 11,4 | 4,6 | 205 | 5,4 | 0,1 | 417 |
| BDF032-P3 | Markhausen B032-P3 | 08.12.2015 | 3,19 | 3 | 20 | 2 | 40 | 4 | keine | gelb | geruchlos | 10,6 | 4,6 | 227 | 4,1 | 0,1 | 475 |
| BDF032-P3 | Markhausen B032-P3 | 20.01.2016 | 2,195 | 3 | 20 | 2 | 40 | 4 | keine | gelb | geruchlos | 8,8 | 4,7 | 175 | 4,4 | 0,2 | 464 |
| BDF032-P3 | Markhausen B032-P3 | 22.02.2016 | 1,71 | 3 | 20 | 2 | 40 | 4 | keine | gelb | geruchlos | 8,3 | 4,5 | 223 | 4,7 | 0,2 | 587 |
| BDF032-P3 | Markhausen B032-P3 | 21.03.2016 | 1,96 | 3 | 20 | 2 | 40 | 4 | keine | gelb | geruchlos | 7,7 | 4,6 | 238 | 5,3 | 0,2 | 607 |
| BDF032-P3 | Markhausen B032-P3 | 26.04.2016 | 1,37 | 3 | 20 | 2 | 40 | 4 | keine | gelb | geruchlos | 8,4 | 4,4 | 234 | 5,1 | 0,2 | 497 |
| BDF032-P3 | Markhausen B032-P3 | 24.05.2016 | 1,48 | 3 | 20 | 2 | 40 | 4 | keine | gelb | geruchlos | 9,1 | 4,0 | 212 | 5,2 | 0,3 | 512 |
| TGWM 7 | Carum 7 | 29.10.2014 | 2,54 | 4,4 | 205 | 0,5 | 102,5 | 4 | schwach | grau-gelb | geruchlos | 14,2 | 6,2 | 554 | <0,2 | n.b. | 254 |
| TGWM 7 | Carum 7 | 21.04.2015 | 1,66 | 4,4 | 20 | 0,5 | 10 | 4 | schwach | grau-gelb | geruchlos | 10,3 | 5,7 | 773 | n.b. | n.b. | 333 |
| TGWM 7 | Carum 7 | 23.06.2015 | 2,38 | 4,4 | 20 | 0,5 | 10 | 4 | schwach | farlos | geruchlos | 13,4 | 5,7 | 668 | 4,0 | n.b. | 317 |
| TGWM 7 | Carum 7 | 15.07.2015 | 2,51 | 4,4 | 20 | 0,5 | 10 | 4 | schwach | farlos | geruchlos | 14,7 | 5,7 | 663 | <0,2 | 1,1 | 327 |
| TGWM 7 | Carum 7 | 12.08.2015 | 2,56 | 4,4 | 20 | 0,5 | 10 | 4 | schwach | farlos | geruchlos | 14,4 | 5,8 | 585 | 2,5 | 1 | 295 |
| TGWM 7 | Carum 7 | 14.09.2015 | 2,29 | 4,4 | 20 | 1 | 20 | 4 | schwach | farlos | geruchlos | 16,0 | 6,0 | 740 | 0,8 | 1 | 305 |
| TGWM 7 | Carum 7 | 20.10.2015 | 2,16 | 4,4 | 20 | 1 | 20 | 4 | schwach | farlos | geruchlos | 14,5 | 5,7 | 726 | 0,6 | 1 | 330 |
| TGWM 7 | Carum 7 | 10.11.2015 | 2,16 | 4,4 | 20 | 1 | 20 | 4 | schwach | farlos | geruchlos | 14,2 | 5,8 | 825 | 2,0 | 1,2 | 356 |
| TGWM 7 | Carum 7 | 19.01.2016 | 1,54 | 4,4 | 20 | 1 | 20 | 4 | stark | grau/braun | geruchlos | 9,0 | 5,7 | 798 | n.b. | 1,5 | 421 |
| TGWM 7 | Carum 7 | 25.04.2016 | 1,67 | 4,4 | 20 | 1 | 20 | 4 | stark | farlos | geruchlos | 9,3 | 5,9 | 388 | 3,3 | 1,5 | 270 |
| TGWM 8 | Carum 8 | 29.10.2014 | 1,86 | 3,4 | 20 | 0,5 | 10 | 4 | schwach | grau-gelb | faulig | 13,0 | 6,0 | 545 | 1,3 | n.b. | 122 |
| TGWM 8 | Carum 8 | 21.04.2015 | 1,16 | 3,4 | 20 | 0,5 | 10 | 4 | keine | gelb | faulig | 7,9 | 6,1 | 642 | 0,7 | n.b. | 106 |
| TGWM 8 | Carum 8 | 23.06.2015 | 1,77 | 3,4 | 20 | 0,5 | 10 | 4 | keine | gelb | faulig | 10,6 | 6,1 | 568 | 0,6 | n.b. | 138 |
| TGWM 8 | Carum 8 | 15.07.2015 | 1,96 | 3,4 | 20 | 0,5 | 10 | 4 | keine | gelb | faulig | 11,5 | 6,1 | 675 | 2,9 | 3,1 | 146 |
| TGWM 8 | Carum 8 | 12.08.2015 | 2,03 | 3,4 | 30 | 0,5 | 15 | 4 | keine | gelb | faulig | 13,0 | 6,1 | 585 | 3,1 | 3,7 | 97 |
| TGWM 8 | Carum 8 | 14.09.2015 | 1,71 | 3,4 | 30 | 1 | 30 | 4 | keine | gelb | faulig | 13,4 | 6,3 | 776 | 0,3 | 3,5 | 102 |
| TGWM 8 | Carum 8 | 20.10.2015 | 1,34 | 3,4 | 30 | 1 | 30 | 4 | keine | gelb | faulig | 12,3 | 6,2 | 718 | 0,1 | 3,8 | 73 |
| TGWM 8 | Carum 8 | 10.11.2015 | 1,34 | 3,4 | 30 | 1 | 30 | 4 | keine | farlos | faulig | 11,8 | 6,2 | 805 | 0,9 | 4,2 | 150 |
| TGWM 8 | Carum 8 | 19.01.2016 | 1,03 | 3,4 | 30 | 1 | 30 | 4 | keine | gelb | faulig | 8,8 | 6,1 | 707 | 0,2 | 2,0 | 73 |
| TGWM 8 | Carum 8 | 25.04.2016 | 1,22 | 3,4 | 30 | 1 | 30 | 4 | keine | gelb | faulig | 8,1 | 6,3 | 513 | 3,0 | 4 | 73 |

n.b.: nicht bestimmt

Temporäre Grundwassermessstellen zur Ermittlung der Zustromrichtung des oberflächennahen Grundwassers in der Nähe der stationären Messstellen des NLWKN

| Messstellen-Daten | | | | | | | | | | Vor-Ort-Parameter der Probenahme | | | | | | | | | |
|-------------------|--------------------------------------|----------------------|------------------------------|--------------------------|-----------------|--------------------|----------------------|------------------------|---------|----------------------------------|----------------|-----------------|---------|------------------------|--------------------|--------------------------|-----------------------|--|--|
| Messstellen-ID | Standort bzw. Grundwasser-messstelle | Datum der Probenahme | Ruhewasser-spiegel [m u. MP] | Entnahme-tiefe [m u. MP] | Pumpdauer [min] | Förderrate [l/min] | Entnahme-volumen [l] | Soll-Volumen M 909 [l] | Trübung | Färbung | Geruch | Temperatur [°C] | pH-Wert | Leitfähig-keit [µS/cm] | Sauer-stoff [mg/l] | KS ₃ [mmol/l] | Redox-poten-tial [mV] | | |
| TGWM 9 | Kleinringer 9 | 28.10.2014 | 2,69 | 3,4 | 20 | 1,5 | 30 | 4 | keine | gelb | geruchlos | 12,6 | 4,2 | 476 | 1,2 | n.b. | 393 | | |
| TGWM 9 | Kleinringer 9 | 21.04.2015 | 2,05 | 3,4 | 20 | 1,5 | 30 | 4 | keine | gelb | geruchlos | 10,2 | 4,6 | 387 | 0,9 | n.b. | 413 | | |
| TGWM 9 | Kleinringer 9 | 25.06.2015 | 2,58 | 3,4 | 20 | 1,5 | 30 | 4 | keine | gelb | geruchlos | 10,4 | 4,4 | 340 | 2,8 | n.b. | 414 | | |
| TGWM 9 | Kleinringer 9 | 16.07.2015 | 2,72 | 3,4 | 20 | 1,5 | 30 | 4 | keine | gelb | geruchlos | 11,2 | 5,2 | 318 | 0,9 | 0,3 | 374 | | |
| TGWM 9 | Kleinringer 9 | 13.08.2015 | 2,81 | 3,4 | 30 | 1,5 | 45 | 4 | keine | gelb | geruchlos | 12,6 | 4,4 | 305 | 1,2 | 0,2 | 433 | | |
| TGWM 9 | Kleinringer 9 | 15.09.2015 | 2,53 | 3,4 | 20 | 1,5 | 30 | 4 | keine | gelb | geruchlos | 12,0 | 4,2 | 321 | 0,8 | 0,2 | 375 | | |
| TGWM 9 | Kleinringer 9 | 21.10.2015 | 2,66 | 3,4 | 20 | 1,5 | 30 | 4 | keine | gelb | geruchlos | 11,7 | 4,9 | 325 | 0,8 | 0,2 | 331 | | |
| TGWM 9 | Kleinringer 9 | 09.11.2015 | 2,63 | 3,4 | 20 | 1,5 | 30 | 4 | keine | gelb | geruchlos | 11,4 | 4,6 | 306 | 2,2 | 0,1 | 348 | | |
| TGWM 9 | Kleinringer 9 | 07.12.2015 | 1,78 | 3,4 | 20 | 1,5 | 30 | 4 | keine | gelb | faulig | 11,0 | 4,5 | 335 | 0,5 | 0,1 | 286 | | |
| TGWM 9 | Kleinringer 9 | 18.01.2016 | 1,635 | 3,4 | 20 | 1,5 | 30 | 4 | keine | gelb | geruchlos | 9,5 | 4,6 | 341 | 0,9 | 0,1 | 218 | | |
| TGWM 9 | Kleinringer 9 | 23.02.2016 | 1,33 | 3,4 | 20 | 1,5 | 30 | 4 | keine | gelb | geruchlos | 8,5 | 4,5 | 313 | 1,8 | 0,1 | 286 | | |
| TGWM 9 | Kleinringer 9 | 22.03.2016 | 1,91 | 3,4 | 20 | 1,5 | 30 | 4 | keine | gelb | geruchlos | 8,1 | 4,5 | 347 | 2,3 | 0,2 | 224 | | |
| TGWM 9 | Kleinringer 9 | 26.04.2016 | 2,08 | 3,4 | 20 | 1,5 | 30 | 4 | keine | gelb | geruchlos | 8,7 | 4,5 | 347 | 2,3 | 0,1 | 295 | | |
| TGWM 9 | Kleinringer 9 | 24.05.2016 | 2,29 | 3,4 | 20 | 1,5 | 30 | 4 | keine | gelb | geruchlos | 9,3 | 4,2 | 317 | 1,9 | 0,3 | 371 | | |
| TGWM 10 | Kleinringer 10 | 28.10.2014 | 2,15 | 3,9 | 20 | 3 | 60 | 4 | keine | grau-gelb | H2S | 12,5 | 4,5 | 246 | 0,2 | n.b. | 98 | | |
| TGWM 10 | Kleinringer 10 | 21.04.2015 | 1,95 | 3,9 | 20 | 3 | 60 | 4 | keine | grau-gelb | H2S | 10,2 | 5,0 | 248 | 0,2 | n.b. | 98 | | |
| TGWM 10 | Kleinringer 10 | 25.06.2015 | 2,34 | 3,5 | 20 | 3 | 60 | 4 | keine | gelb | H2S | 9,8 | 4,6 | 287 | 4,5 | n.b. | 109 | | |
| TGWM 10 | Kleinringer 10 | 16.07.2015 | 2,39 | 3,5 | 20 | 3 | 60 | 4 | keine | gelb | H2S | 10,7 | 5,8 | 303 | 0,4 | 0,3 | 94 | | |
| TGWM 10 | Kleinringer 10 | 13.08.2015 | 2,44 | 3,5 | 20 | 3 | 60 | 4 | keine | gelb | H2S | 11,7 | 4,5 | 311 | 0,4 | 0,6 | 58 | | |
| TGWM 10 | Kleinringer 10 | 15.09.2015 | 2,02 | 3,5 | 20 | 3 | 60 | 4 | keine | gelb | H2S | 12,2 | 4,6 | 304 | 0,1 | 0,5 | 40 | | |
| TGWM 10 | Kleinringer 10 | 21.10.2015 | 2,08 | 3,5 | 20 | 3 | 60 | 4 | keine | gelb | H2S | 11,7 | 5,8 | 294 | 0,2 | 0,5 | 20 | | |
| TGWM 10 | Kleinringer 10 | 09.11.2015 | 2,01 | 3,5 | 20 | 3 | 60 | 4 | keine | gelb | jauchig/H2S | 11,4 | 4,4 | 262 | <0,2 | 0,4 | 75 | | |
| TGWM 10 | Kleinringer 10 | 18.01.2016 | 1,69 | 3,5 | 20 | 3 | 60 | 4 | keine | gelb | H2S | 9,7 | 4,8 | 250 | 0,3 | 0,3 | 70 | | |
| TGWM 10 | Kleinringer 10 | 26.04.2016 | 1,98 | 3,5 | 20 | 3 | 60 | 4 | keine | gelb | H2S | 8,5 | 4,8 | 257 | 0,1 | 0,2 | 227 | | |
| TGWM 31 | Kleinringer 31 | 24.05.2016 | 2,19 | 3 | 20 | 1 | 20 | 4 | keine | gelb/braun | geruchlos | 11,5 | 4,8 | 101 | 5,8 | 0,5 | 429 | | |
| TGWM 32 | Kleinringer 32 | 31.08.2016 | 2,32 | 3,5 | 20 | 2,5 | 50 | 4 | keine | gelb/braun | geruchlos | 14,7 | 5,1 | 276 | 1 | 1 | 422 | | |
| TGWM 11 | Wietmarschen 11 | 28.10.2014 | 1,57 | 2,9 | 20 | 3 | 60 | 4 | keine | grau-gelb | faulig jauchig | 14,0 | 4,8 | 159 | 0,2 | n.b. | 146 | | |
| TGWM 11 | Wietmarschen 11 | 21.04.2015 | 1,28 | 2,9 | 20 | 3 | 60 | 4 | keine | grau-gelb | faulig jauchig | 10,2 | 5,5 | 176 | 0,2 | n.b. | 137 | | |
| TGWM 11 | Wietmarschen 11 | 25.06.2015 | 1,50 | 2,9 | 20 | 3 | 60 | 4 | keine | gelb braun | faulig jauchig | 11,5 | 5,1 | 185 | 3,4 | n.b. | 172 | | |
| TGWM 11 | Wietmarschen 11 | 16.07.2015 | 1,59 | 2,9 | 20 | 3 | 60 | 4 | keine | gelb braun | faulig jauchig | 13,1 | 5,6 | 183 | 0,1 | 0,3 | 103 | | |
| TGWM 11 | Wietmarschen 11 | 14.08.2015 | 1,67 | 2,9 | 20 | 3 | 60 | 4 | keine | grau gelb | faulig jauchig | 14,1 | 5,2 | 175 | 0,1 | 0,5 | 138 | | |
| TGWM 11 | Wietmarschen 11 | 15.09.2015 | 1,58 | 2,9 | 20 | 3 | 60 | 4 | keine | grau gelb | faulig jauchig | 14,6 | 4,9 | 203 | 0,1 | 0,4 | 70 | | |
| TGWM 11 | Wietmarschen 11 | 21.10.2015 | 1,48 | 2,9 | 20 | 3 | 60 | 4 | keine | grau-gelb | faulig jauchig | 13,3 | 5,4 | 264 | 0,1 | 0,4 | 82 | | |
| TGWM 11 | Wietmarschen 11 | 09.11.2015 | 1,50 | 2,9 | 20 | 3 | 60 | 4 | keine | grau/gelb | H2S | 12,8 | 5,1 | 249 | 0,5 | 0,6 | 283 | | |
| TGWM 11 | Wietmarschen 11 | 18.01.2016 | 1,13 | 2,9 | 20 | 3 | 60 | 4 | keine | gelb/braun | faulig jauchig | 9,9 | 5,0 | 209 | 3,2 | 0,4 | 132 | | |
| TGWM 11 | Wietmarschen 11 | 26.04.2016 | 1,28 | 2,9 | 20 | 3 | 60 | 4 | keine | grau-gelb | faulig jauchig | 8,7 | 5,4 | 235 | 0,1 | 0,8 | 262 | | |
| TGWM 12 | Wietmarschen 12 | 28.10.2014 | 1,70 | 2,9 | 20 | 3 | 60 | 4 | keine | grau-gelb | geruchlos | 13,4 | 5,2 | 478 | 0,3 | n.b. | 343 | | |
| TGWM 12 | Wietmarschen 12 | 21.04.2015 | 1,55 | 2,9 | 20 | 3 | 60 | 4 | keine | grau-gelb | geruchlos | 9,5 | 5,4 | 589 | 0,4 | n.b. | 365 | | |
| TGWM 12 | Wietmarschen 12 | 25.06.2015 | 1,68 | 2,9 | 20 | 3 | 60 | 4 | keine | gelb | geruchlos | 11,9 | 5,2 | 537 | 0,8 | n.b. | 437 | | |
| TGWM 12 | Wietmarschen 12 | 16.07.2015 | 1,74 | 2,9 | 20 | 3 | 60 | 4 | keine | gelb | geruchlos | 13,4 | 6,0 | 530 | 0,2 | 0,5 | 289 | | |
| TGWM 12 | Wietmarschen 12 | 14.08.2015 | 1,78 | 2,9 | 20 | 3 | 60 | 4 | keine | gelb | H2S | 14,5 | 5,3 | 483 | 0,2 | 0,6 | 439 | | |
| TGWM 12 | Wietmarschen 12 | 15.09.2015 | 1,70 | 2,9 | 20 | 3 | 60 | 4 | keine | gelb | H2S | 14,5 | 5,3 | 467 | 0,1 | 1 | 401 | | |
| TGWM 12 | Wietmarschen 12 | 21.10.2015 | 1,61 | 2,9 | 20 | 3 | 60 | 4 | keine | gelb | H2S | 12,8 | 6,0 | 436 | 0,2 | 0,9 | 323 | | |
| TGWM 12 | Wietmarschen 12 | 09.11.2015 | 1,68 | 2,9 | 20 | 3 | 60 | 4 | keine | gelb | faulig jauchig | 12,3 | 5,4 | 423 | 0,2 | 0,5 | 545 | | |
| TGWM 12 | Wietmarschen 12 | 18.01.2016 | 1,37 | 2,9 | 20 | 3 | 60 | 4 | keine | gelb | H2S | 10,1 | 5,5 | 476 | 0,3 | 0,5 | 455 | | |
| TGWM 12 | Wietmarschen 12 | 26.04.2016 | 1,48 | 2,9 | 20 | 3 | 60 | 4 | keine | gelb | H2S | 9,6 | 5,4 | 493 | 0,1 | 0,7 | 479 | | |

n.b.: nicht bestimmt

Temporäre Grundwassermessstellen zur Ermittlung der Zustromrichtung des oberflächennahen Grundwassers in der Nähe der stationären Messstellen des NLWKN

| Messstellen-Daten | | Arzneimittel-Einzelwirkstoffe aus der Gruppe der Sulfonamide inkl. Transformationsprodukte und Trimethoprim | | | | | | | | | | | | Umwelt-Tracer-Stoffe | | | | |
|--------------------------------------|---|---|-------------------------|-------------------------|---------------------|------------------------|-----------------------------|---------------------|---------------------|-------------------------------|------------------------------|-------------------------|-------------------------------|----------------------|---------------------|---------------------|----------------|--------------------|
| Standort bzw. Grundwasser-messstelle | Datum der Probenahme | Sulfadiazin [ng/l] | 4-OH-Sulfadiazin [ng/l] | N-Ac-Sulfadiazin [ng/l] | Sulfadimidin [ng/l] | Sulfamethoxazol [ng/l] | N-Ac-Sulfamethoxazol [ng/l] | Sulfathiazol [ng/l] | Sulfamerazin [ng/l] | Sulfamethoxy-pyridazin [ng/l] | Sulfachloro-pyridazin [ng/l] | Sulfadi-methoxin [ng/l] | Sulfamethoxy-pyridazin [ng/l] | Sulfadoxin [ng/l] | Trimethoprim [ng/l] | Carbamazepin [ng/l] | Koffein [ng/l] | Acesulfam-K [ng/l] |
| Bösel 1 | 30.10.2014 | <-2 | <-6 | <-2 | 15 | <-6 | <-4 | <-2 | <-2 | <-2 | <-6 | <-2 | <-2 | <-2 | <-2 | <-1 | <-15 | n.b. |
| Bösel 1 | 20.04.2015 | <-2 | <-6 | <-2 | 6 | <-6 | <-4 | <-2 | <-2 | <-2 | <-6 | <-2 | <-2 | <-2 | <-2 | <-1 | <-15 | n.b. |
| Bösel 1 | 23.06.2015 | <-2 | <-6 | <-2 | 10 | <-6 | <-2 | <-2 | <-2 | <-2 | <-6 | <-2 | <-2 | <-2 | <-2 | <-0.3 | <-45 | n.b. |
| Bösel 1 | 15.07.2015 | <-2 | <-6 | <-2 | 14 | <-6 | <-2 | <-2 | <-2 | <-2 | <-6 | <-2 | <-2 | <-2 | <-2 | <-0.3 | <-15 | n.b. |
| Bösel 1 | 12.08.2015 | <-2 | <-6 | <-2 | 18 | <-6 | <-2 | <-2 | <-2 | <-2 | <-6 | <-2 | <-2 | <-2 | <-2 | <-0.3 | <-15 | n.b. |
| Bösel 1 | 14.09.2015 | <-2 | <-6 | <-2 | 18 | <-6 | <-2 | <-2 | <-2 | <-2 | <-6 | <-2 | <-2 | <-2 | <-2 | <-0.3 | <-15 | n.b. |
| Bösel 1 | 20.10.2015 | <-2 | <-6 | <-2 | 15 | <-6 | <-2 | <-2 | <-2 | <-2 | <-6 | <-2 | <-2 | <-2 | <-2 | <-0.3 | <-15 | n.b. |
| Bösel 1 | 10.11.2015 | <-2 | <-6 | <-2 | 15 | <-6 | <-2 | <-2 | <-2 | <-2 | <-6 | <-2 | <-2 | <-2 | <-2 | <-0.3 | <-15 | n.b. |
| Bösel 1 | 08.12.2015 | <-2 | <-6 | <-2 | 17 | <-6 | <-2 | <-2 | <-2 | <-2 | <-6 | <-2 | <-2 | <-2 | <-2 | <-0.3 | <-45 | n.b. |
| Bösel 1 | 19.01.2016 | <-2 | <-6 | <-2 | 18 | <-6 | <-2 | <-2 | <-2 | <-2 | <-6 | <-2 | <-2 | <-2 | <-2 | <-0.3 | <-45 | n.b. |
| Bösel 1 | 22.03.2016 | <-2 | <-6 | <-2 | 11 | <-6 | <-2 | <-2 | <-2 | <-2 | <-6 | <-2 | <-2 | <-2 | <-2 | <-0.3 | <-45 | n.b. |
| Bösel 1 | 25.04.2016 | <-2 | <-6 | <-2 | 6 | <-6 | <-2 | <-2 | <-2 | <-2 | <-6 | <-2 | <-2 | <-2 | <-2 | <-0.3 | <-15 | n.b. |
| Bösel 1 | 23.05.2016 | <-2 | <-6 | <-2 | 9 | <-6 | <-2 | <-2 | <-2 | <-2 | <-6 | <-2 | <-2 | <-2 | <-2 | <-0.3 | <-45 | n.b. |
| Bösel 2 | 30.10.2014 | <-2 | <-6 | <-2 | <-2 | <-6 | <-4 | <-2 | <-2 | <-2 | <-6 | <-2 | <-2 | <-2 | <-2 | <-1 | <-15 | n.b. |
| Bösel 2 | 20.04.2015 | <-2 | <-6 | <-2 | <-2 | <-6 | <-4 | <-2 | <-2 | <-2 | <-6 | <-2 | <-2 | <-2 | <-2 | <-1 | <-15 | n.b. |
| Bösel 2 | 23.06.2015 | <-2 | <-6 | <-2 | <-2 | <-6 | <-2 | <-2 | <-2 | <-2 | <-6 | <-2 | <-2 | <-2 | <-2 | <-0.3 | <-45 | n.b. |
| Bösel 2 | 15.07.2015 | <-2 | <-6 | <-2 | <-2 | <-6 | <-2 | <-2 | <-2 | <-2 | <-6 | <-2 | <-2 | <-2 | <-2 | <-0.3 | <-15 | n.b. |
| Bösel 2 | 12.08.2015 | <-2 | <-6 | <-2 | <-6 | <-6 | <-2 | <-2 | <-2 | <-2 | <-6 | <-2 | <-2 | <-2 | <-2 | <-0.3 | <-45 | n.b. |
| Bösel 2 | 14.09.2015 | <-2 | <-6 | <-2 | <-2 | <-6 | <-2 | <-2 | <-2 | <-2 | <-6 | <-2 | <-2 | <-2 | <-2 | <-0.3 | <-45 | n.b. |
| Bösel 2 | 20.10.2015 | <-2 | <-6 | <-2 | <-2 | <-6 | <-2 | <-2 | <-2 | <-2 | <-6 | <-2 | <-2 | <-2 | <-2 | <-0.3 | <-15 | n.b. |
| Bösel 2 | 10.11.2015 | <-2 | <-6 | <-2 | <-2 | <-6 | <-2 | <-2 | <-2 | <-2 | <-6 | <-2 | <-2 | <-2 | <-2 | <-0.3 | <-15 | n.b. |
| Bösel 2 | 19.01.2016 | <-2 | <-6 | <-2 | <-2 | <-6 | <-2 | <-2 | <-2 | <-2 | <-6 | <-2 | <-2 | <-2 | <-2 | <-0.3 | 100 | n.b. |
| Bösel 2 | 25.04.2016 | <-2 | <-6 | <-2 | <-2 | <-6 | <-2 | <-2 | <-2 | <-2 | <-6 | <-2 | <-2 | <-2 | <-2 | <-0.3 | <-15 | n.b. |
| Bösel 2 | 20.04.2015 | <-2 | <-6 | <-2 | 60 | <-6 | <-4 | <-2 | <-2 | <-2 | <-6 | <-2 | <-2 | <-2 | <-2 | <-3 | <-15 | n.b. |
| Bösel 2 | 23.06.2015 | <-2 | <-6 | <-2 | 26 | <-6 | <-6 | <-2 | <-2 | <-2 | <-6 | <-2 | <-2 | <-2 | <-2 | 2.5 | <-45 | n.b. |
| Bösel 2 | 15.07.2015 | <-2 | <-6 | <-2 | 34 | <-6 | <-6 | <-2 | <-2 | <-2 | <-6 | <-6 | <-2 | <-2 | <-2 | 2 | <-15 | n.b. |
| Bösel 2 | 12.08.2015 | <-2 | <-6 | <-2 | 61 | <-6 | <-4 | <-2 | <-2 | <-2 | <-6 | <-2 | <-2 | <-2 | <-2 | 2.7 | <-15 | n.b. |
| Bösel 2 | 14.09.2015 | <-2 | <-6 | <-2 | 37 | <-6 | <-4 | <-2 | <-2 | <-2 | <-6 | <-2 | <-2 | <-2 | <-2 | 3.6 | <-15 | n.b. |
| Bösel 2 | 20.10.2015 | <-2 | <-6 | <-2 | 25 | <-6 | <-6 | <-2 | <-2 | <-2 | <-6 | <-2 | <-2 | <-2 | <-2 | 1.4 | <-15 | n.b. |
| Bösel 2 | 10.11.2015 | <-2 | <-6 | <-2 | 28 | <-6 | <-6 | <-2 | <-2 | <-2 | <-6 | <-2 | <-2 | <-2 | <-2 | <-0.9 | <-15 | n.b. |
| Bösel 2 | 08.12.2015 | <-2 | <-6 | <-2 | 24 | <-6 | <-6 | <-2 | <-2 | <-2 | <-6 | <-2 | <-2 | <-2 | <-2 | <-0.9 | <-15 | n.b. |
| Bösel 2 | 19.01.2016 | <-2 | <-6 | <-2 | 28 | <-6 | 10 | <-2 | <-2 | <-2 | <-6 | <-2 | <-2 | <-2 | <-2 | 2.2 | <-15 | n.b. |
| Bösel 2 | 22.02.2016 | <-2 | <-6 | <-2 | 38 | <-6 | <-6 | <-2 | <-2 | <-2 | <-6 | <-2 | <-2 | <-2 | <-2 | 2.2 | <-15 | n.b. |
| Bösel 2 | 22.03.2016 | <-2 | <-6 | <-2 | 32 | <-6 | <-6 | <-2 | <-2 | <-2 | <-6 | <-2 | <-2 | <-2 | <-2 | <-0.3 | <-15 | n.b. |
| Bösel 2 | 25.04.2016 | <-2 | <-6 | <-2 | 23 | <-6 | <-6 | <-2 | <-2 | <-2 | <-6 | <-2 | <-2 | <-2 | <-2 | 3.3 | <-15 | n.b. |
| Bösel 2 | 23.05.2016 | <-2 | <-6 | <-2 | 33 | <-6 | <-6 | <-2 | <-2 | <-2 | <-6 | <-2 | <-2 | <-2 | <-2 | 2.9 | <-15 | n.b. |
| Bösel 2 | Farbige Markierung bei den Sulfonamid- und Tracer-Ergebnissen: unter Bestimmungsgrenze (gelb) , Nachweis oberhalb Bestimmungsgrenze (orange), Nachweis > 100 mg/l (rot) | <-2 | <-6 | <-2 | <-2 | <-6 | <-6 | <-2 | <-2 | <-2 | <-6 | <-2 | <-2 | <-2 | <-2 | 2.7 | <-15 | n.b. |

Farbige Markierung bei den Sulfonamid- und Tracer-Ergebnissen: unter Bestimmungsgrenze (gelb) , Nachweis oberhalb Bestimmungsgrenze (orange), Nachweis > 100 mg/l (rot)

n.b.: nicht bestimmt

Temporäre Grundwassermessstellen zur Ermittlung der Zuströmrichtung des oberflächennahen Grundwassers in der Nähe der stationären Messstellen des NLWK

| Messstellen-Daten | | Arzneimittel-Einzelwirkstoffe aus der Gruppe der Sulfonamide inkl. Transformationsprodukte und Trimethoprim | | | | | | | | | | Umwelt-Tracer-Stoffe | | | | | | |
|--------------------------------------|----------------------|---|------------------|------------------|--------------|-----------------|----------------------|--------------|--------------|------------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|------------|--------------|--------------|---------|-------------|
| Standort bzw. Grundwasser-messstelle | Datum der Probenahme | Sulfadiazin | 4-OH-Sulfadiazin | N-Ac-Sulfadiazin | Sulfadimidin | Sulfamethoxazol | N-Ac-Sulfamethoxazol | Sulfathiazol | Sulfamerazin | Sulfamethoxy-pyridazin | Sulfachloro-pyridazin | Sulfamethoxin | Sulfaethoxy-pyridazin | Sulfadoxin | Trimethoprim | Carbamazepin | Koffein | Acesulfam-K |
| | | [ng/l] | [ng/l] | [ng/l] | [ng/l] | [ng/l] | [ng/l] | [ng/l] | [ng/l] | [ng/l] | [ng/l] | [ng/l] | [ng/l] | [ng/l] | [ng/l] | [ng/l] | [ng/l] | [ng/l] |
| Lohe 3 | 30.10.2014 | <2 | <6 | <2 | <2 | <4 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <1 | <15 | n.b. |
| Lohe 4 | 30.10.2014 | <2 | <6 | <2 | <2 | <4 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <1 | <15 | n.b. |
| Lohe 29 | 20.04.2015 | <2 | <6 | <2 | <2 | <4 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <1 | <15 | n.b. |
| Lohe 29 | 24.06.2015 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | <45 | n.b. |
| Lohe 29 | 15.07.2015 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | <45 | n.b. |
| Lohe 29 | 13.08.2015 | <2 | <6 | <2 | <6 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | <45 | n.b. |
| Lohe 29 | 14.09.2015 | <2 | <6 | <2 | <2 | <4 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <1 | <15 | n.b. | |
| Lohe 29 | 21.10.2015 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | <15 | n.b. |
| Lohe 29 | 10.11.2015 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | <15 | n.b. |
| Lohe 29 | 20.01.2016 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | <15 | n.b. |
| Lohe 29 | 27.04.2016 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | <15 | n.b. |
| Lohe 30 | 24.06.2015 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | <15 | n.b. |
| Lohe 30 | 15.07.2015 | <2 | <18 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | <15 | n.b. |
| Lohe 30 | 13.08.2015 | <2 | <6 | <2 | <6 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | <15 | n.b. |
| Lohe 30 | 14.09.2015 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | <15 | n.b. |
| Lohe 30 | 21.10.2015 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | <15 | n.b. |
| Lohe 30 | 10.11.2015 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | <15 | n.b. |
| Lohe 30 | 09.12.2015 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | <45 | n.b. |
| Lohe 30 | 20.01.2016 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | <15 | n.b. |
| Lohe 30 | 23.03.2016 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | <15 | n.b. |
| Lohe 30 | 27.04.2016 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | <15 | n.b. |
| Lohe 30 | 25.05.2016 | <2 | <18 | <2 | <2 | <6 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | <45 | n.b. |
| Lohe 30 | 29.10.2014 | <2 | <6 | <2 | <2 | <4 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <1 | <15 | n.b. |
| Markhausen 5 | 29.10.2014 | <2 | <6 | <2 | <2 | <4 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <1 | <15 | n.b. |
| Markhausen 6 | 29.10.2014 | <2 | <6 | <2 | <2 | <4 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <1 | <15 | n.b. |
| Markhausen 23 | 20.04.2015 | <2 | <6 | <2 | <2 | <4 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <1 | <15 | n.b. |
| Markhausen 23 | 24.06.2015 | <2 | <6 | <2 | <6 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | <45 | n.b. |
| Markhausen 23 | 15.07.2015 | <2 | <18 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | <15 | n.b. |
| Markhausen 23 | 13.08.2015 | <2 | <6 | <2 | <6 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | <15 | n.b. |
| Markhausen 23 | 14.09.2015 | <2 | <6 | <2 | <2 | <4 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <1 | <15 | n.b. |
| Markhausen 23 | 20.10.2015 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | <15 | n.b. |
| Markhausen 23 | 10.11.2015 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | <15 | n.b. |
| Markhausen 23 | 21.03.2016 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | <15 | n.b. |
| Markhausen 23 | 26.04.2016 | <2 | <18 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | <15 | n.b. |
| Markhausen 23 | 14.09.2015 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | <15 | n.b. |
| Markhausen 24 | 20.10.2015 | <2 | <6 | <2 | 10 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | <15 | n.b. |
| Markhausen 24 | 20.10.2015 | <2 | <6 | <2 | 11 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | <15 | n.b. |
| Markhausen 24 | 10.11.2015 | <2 | <6 | <2 | 8 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | <15 | n.b. |
| Markhausen 24 | 08.12.2015 | <2 | <18 | <2 | 11 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | <15 | n.b. |
| Markhausen 24 | 20.01.2016 | <2 | <6 | <2 | 11 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | <15 | n.b. |
| Markhausen 24 | 24.02.2016 | <2 | <6 | <2 | 11 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | <15 | n.b. |
| Markhausen 24 | 21.03.2016 | <2 | <6 | <2 | 11 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | <15 | n.b. |
| Markhausen 24 | 26.04.2016 | <2 | <18 | <2 | 8 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | <15 | n.b. |
| Markhausen 24 | 24.05.2016 | <2 | <18 | <2 | 10 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | <15 | n.b. |

Farbige Markierung bei den Sulfonamid- und Tracer-Ergebnissen: unter Bestimmungsgrenze (gelb), Nachweis oberhalb Bestimmungsgrenze (orange), Nachweis > 100 ng/l (rot)
n.b.: nicht bestimmt

Temporäre Grundwassermessstellen zur Ermittlung der Zuströmrichtung des oberflächennahen Grundwassers in der Nähe der stationären Messstellen des NL WKN

| Messstellen-Daten | | Arzneimittel-Einzelwirkstoffe aus der Gruppe der Sulfonamide inkl. Transformationsprodukte und Trimethoprim | | | | | | | | | | | | | Umwelt-Tracer-Stoffe | | | | |
|--------------------------------------|----------------------|---|-------------------------|-------------------------|---------------------|-------------------------|------------------------|-----------------------------|---------------------|---------------------|-------------------------------|-----------------------------|------------------------|-----------------------|----------------------|---------------------|---------------------|----------------|--------------------|
| Standort bzw. Grundwasser-messstelle | Datum der Probenahme | Sulfadiazin [ng/l] | 4-OH-Sulfadiazin [ng/l] | N-Ac-Sulfadiazin [ng/l] | Sulfadimidin [ng/l] | Sulfathiothiazol [ng/l] | Sulfamethoxazol [ng/l] | N-Ac-Sulfamethoxazol [ng/l] | Sulfathiazol [ng/l] | Sulfamerazin [ng/l] | Sulfamethoxy-pyridazin [ng/l] | Sulfachloropyridazin [ng/l] | Sulfadimethoxin [ng/l] | Sulfapyridazin [ng/l] | Sulfadoxin [ng/l] | Trimethoprim [ng/l] | Carbamazepin [ng/l] | Koffein [ng/l] | Acesulfam-K [ng/l] |
| Markhausen B032-P2 | 20.04.2015 | <2 | <6 | <2 | 50 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <1 | <15 | n.b. |
| Markhausen B032-P2 | 24.06.2015 | <2 | 41 | <2 | 51 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | 60 | n.b. |
| Markhausen B032-P2 | 15.07.2015 | <2 | 64 | <2 | 54 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | <15 | n.b. |
| Markhausen B032-P2 | 14.09.2015 | <2 | 35 | <2 | 50 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <1 | <15 | n.b. |
| Markhausen B032-P2 | 20.10.2015 | <2 | 36 | <2 | 50 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | <15 | n.b. |
| Markhausen B032-P2 | 10.11.2015 | <2 | 28 | <2 | 43 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | <15 | n.b. |
| Markhausen B032-P2 | 08.12.2015 | <2 | 40 | <2 | 69 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | <15 | n.b. |
| Markhausen B032-P2 | 20.01.2016 | <2 | 32 | <2 | 72 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | <45 | n.b. |
| Markhausen B032-P2 | 22.02.2016 | <2 | 43 | <2 | 54 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | <15 | n.b. |
| Markhausen B032-P2 | 21.03.2016 | <2 | 38 | <2 | 68 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | <15 | n.b. |
| Markhausen B032-P2 | 24.05.2016 | <2 | 91 | <2 | 61 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | <15 | n.b. |
| Markhausen B032-P3 | 14.09.2015 | <2 | 29 | <2 | 63 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | <15 | n.b. |
| Markhausen B032-P3 | 20.10.2015 | <2 | 35 | <2 | 48 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | <15 | n.b. |
| Markhausen B032-P3 | 10.11.2015 | <2 | 26 | <2 | 42 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | <15 | n.b. |
| Markhausen B032-P3 | 08.12.2015 | <2 | 37 | <2 | 62 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | <15 | n.b. |
| Markhausen B032-P3 | 20.01.2016 | <2 | 33 | <2 | 64 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | <45 | n.b. |
| Markhausen B032-P3 | 22.02.2016 | <2 | 42 | <2 | 55 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | <15 | n.b. |
| Markhausen B032-P3 | 21.03.2016 | <2 | 49 | <2 | 83 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | <15 | n.b. |
| Markhausen B032-P3 | 26.04.2016 | <2 | 77 | <2 | 67 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | 110 | n.b. |
| Markhausen B032-P3 | 24.05.2016 | <2 | 93 | <2 | 65 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | <15 | n.b. |
| Carum 7 | 29.10.2014 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <1 | <15 | n.b. |
| Carum 7 | 21.04.2015 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <1 | <15 | n.b. |
| Carum 7 | 23.06.2015 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | <15 | n.b. |
| Carum 7 | 15.07.2015 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | <15 | n.b. |
| Carum 7 | 12.08.2015 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | <45 | n.b. |
| Carum 7 | 14.09.2015 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | <15 | n.b. |
| Carum 7 | 20.10.2015 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | <15 | n.b. |
| Carum 7 | 10.11.2015 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | <15 | n.b. |
| Carum 7 | 19.01.2016 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | 75 | n.b. |
| Carum 7 | 25.04.2016 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | <15 | n.b. |
| Carum 8 | 29.10.2014 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <1 | <15 | n.b. |
| Carum 8 | 21.04.2015 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <1 | <15 | n.b. |
| Carum 8 | 23.06.2015 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | <45 | n.b. |
| Carum 8 | 15.07.2015 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | <15 | n.b. |
| Carum 8 | 12.08.2015 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | <45 | n.b. |
| Carum 8 | 14.09.2015 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | <15 | n.b. |
| Carum 8 | 20.10.2015 | <2 | <18 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | <15 | n.b. |
| Carum 8 | 10.11.2015 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | <15 | n.b. |
| Carum 8 | 19.01.2016 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | 48 | n.b. |

Farbige Markierung bei den Sulfonamid- und Tracer-Ergebnissen: Nachweis unter Bestimmungsgrenze (gelb), Nachweis oberhalb Bestimmungsgrenze (orange), Nachweis > 100 ng/l (rot)

n.b.: Nicht bestimmt

Temporäre Grundwassermessstellen zur Ermittlung der Zustromrichtung des oberflächennahen Grundwassers in der Nähe der stationären Messstellen des NLWKN

| Messstellen-Daten | | | Arzneimittel-Einzelwirkstoffe aus der Gruppe der Sulfonamide inkl. Transformationsprodukte und Trimethoprim | | | | | | | | | | | | Umwelt-Tracer-Stoffe | | | |
|--------------------------------------|----------------------|--------------------|---|----------------------|---------------------|------------------------|-----------------------------|---------------------|---------------------|-------------------------------|------------------------------|----------------------|-----------------------|-------------------|----------------------|---------------------|----------------|--------------------|
| Standort bzw. Grundwasser-messstelle | Datum der Probenahme | Sulfadiazin [ng/l] | 4-OH-Sulfadiazin [ng/l] | N-Ac-fadiazin [ng/l] | Sulfadimidin [ng/l] | Sulfamethoxazol [ng/l] | N-Ac-Sulfamethoxazol [ng/l] | Sulfathiazol [ng/l] | Sulfamerazin [ng/l] | Sulfamethoxy-pyridazin [ng/l] | Sulfachloro-pyridazin [ng/l] | Sulfamethoxin [ng/l] | Sulfapyridazin [ng/l] | Sulfadoxin [ng/l] | Trimethoprim [ng/l] | Carbamazepin [ng/l] | Koffein [ng/l] | Acesulfam-K [ng/l] |
| Kleinringer 9 | 28.10.2014 | <2 | <6 | <2 | <2 | <4 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <1 | <15 | n.b. |
| Kleinringer 9 | 21.04.2015 | <2 | <6 | <2 | <2 | <4 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <1 | <15 | n.b. |
| Kleinringer 9 | 25.06.2015 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | 87 | n.b. |
| Kleinringer 9 | 16.07.2015 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | 50 | n.b. |
| Kleinringer 9 | 13.08.2015 | <2 | <6 | <2 | <6 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | <15 | n.b. |
| Kleinringer 9 | 15.09.2015 | <2 | <6 | <2 | <6 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | <15 | n.b. |
| Kleinringer 9 | 21.10.2015 | <2 | <6 | <2 | <6 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | <15 | n.b. |
| Kleinringer 9 | 09.11.2015 | <2 | <6 | <2 | <6 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | <15 | n.b. |
| Kleinringer 9 | 07.12.2015 | <2 | <6 | <2 | 6 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | <15 | n.b. |
| Kleinringer 9 | 18.01.2016 | <2 | <6 | <2 | <6 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | 48 | n.b. |
| Kleinringer 9 | 23.02.2016 | <2 | <6 | <2 | <6 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | <45 | n.b. |
| Kleinringer 9 | 22.03.2016 | <2 | <6 | <2 | <6 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | 57 | n.b. |
| Kleinringer 9 | 26.04.2016 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | <15 | n.b. |
| Kleinringer 9 | 24.05.2016 | <2 | <6 | <2 | <2 | <4 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | <45 | n.b. |
| Kleinringer 10 | 28.10.2014 | <2 | <6 | <2 | <2 | <4 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <1 | <15 | n.b. |
| Kleinringer 10 | 21.04.2015 | <2 | <6 | <2 | <2 | <4 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <1 | <15 | n.b. |
| Kleinringer 10 | 25.06.2015 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <1 | <15 | n.b. |
| Kleinringer 10 | 16.07.2015 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <1 | <15 | n.b. |
| Kleinringer 10 | 13.08.2015 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | <45 | n.b. |
| Kleinringer 10 | 15.09.2015 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.9 | <45 | n.b. |
| Kleinringer 10 | 21.10.2015 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | <45 | n.b. |
| Kleinringer 10 | 09.11.2015 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | <15 | n.b. |
| Kleinringer 10 | 18.01.2016 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | 110 | n.b. |
| Kleinringer 31 | 24.05.2016 | <2 | 150 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | <15 | n.b. |
| Kleinringer 32 | 31.08.2016 | <2 | 34 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | <15 | n.b. |
| Wietmarschen 11 | 28.10.2014 | <2 | <6 | <2 | <2 | <4 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <1 | <15 | n.b. |
| Wietmarschen 11 | 21.04.2015 | <2 | <6 | <2 | <2 | <4 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <1 | <15 | n.b. |
| Wietmarschen 11 | 25.06.2015 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | <45 | n.b. |
| Wietmarschen 11 | 16.07.2015 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | <45 | n.b. |
| Wietmarschen 11 | 14.08.2015 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | <15 | n.b. |
| Wietmarschen 11 | 15.09.2015 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | <15 | n.b. |
| Wietmarschen 11 | 21.10.2015 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | <15 | n.b. |
| Wietmarschen 11 | 09.11.2015 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | <15 | n.b. |
| Wietmarschen 11 | 18.01.2016 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | <45 | n.b. |
| Wietmarschen 11 | 26.04.2016 | <2 | <6 | <2 | <2 | <4 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <1 | <15 | n.b. |
| Wietmarschen 12 | 21.04.2015 | <2 | <6 | <2 | <2 | <4 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <1 | <15 | n.b. |
| Wietmarschen 12 | 25.06.2015 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | <45 | n.b. |
| Wietmarschen 12 | 16.07.2015 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | <15 | n.b. |
| Wietmarschen 12 | 14.08.2015 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.9 | <15 | n.b. |
| Wietmarschen 12 | 15.09.2015 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | <15 | n.b. |
| Wietmarschen 12 | 21.10.2015 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | <15 | n.b. |
| Wietmarschen 12 | 09.11.2015 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | <15 | n.b. |
| Wietmarschen 12 | 18.01.2016 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.9 | <45 | n.b. |
| Wietmarschen 12 | 26.04.2016 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0.3 | <15 | n.b. |

Farbige Markierung bei den Sulfonamid- und Tracer-Ergebnissen: Nachweis unter Bestimmungsgrenze (gelb), Nachweis oberhalb Bestimmungsgrenze (orange), Nachweis > 100 ng/l (rot)
n.b.: nicht bestimmt

Wasserproben (Gräben, Sickerwasser, Dränauslässe)

| Standort | Messstellen-Daten | | Arzneimittel-Einzelwirkstoffe (Sulfonamide und Metaboliten) | | | | | | | | | | | Umwelt-Tracer-Stoffe | | | | | |
|-----------------------------|-------------------|------------|---|-----------------------|---------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|-------------------|----------------------|-------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------|-------------------|--------------------|---------|------------------|
| | Mess- stelle | PN-Datum | Sulfadia- zin | 4-OH-Sul- fadiazin | N-Ac- Sulfa- diazin | Sulfadimi- din | Sulfame- thoxazol | N-Ac-Sulfa- methoxazol | Sulfathia- zol | Sulfadi- methoxin | Sulfa- merazin | Sulfamethoxy- pyridazin | Sulfachloro- pyridazin | Sulfaethoxy- pyridazin | Sulfa- doxin | Trimetho- prim | Carbama- zeplin | Koffein | Acesul- fam-K |
| | | | ng/l | ng/l | ng/l | ng/l | ng/l | ng/l | ng/l | ng/l | ng/l | ng/l | ng/l | ng/l | ng/l | ng/l | ng/l | ng/l | ng/l |
| Bösel | Dr 1 | 20.10.2015 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | 2,5 | <15 | n.b. |
| | Dr 1 | 10.11.2015 | <2 | <6 | <2 | <2 | 40 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <0,3 | <15 | n.b. |
| | Dr 1 | 25.04.2015 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | 2,4 | <15 | n.b. |
| | Dr 4 | 19.01.2016 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | 15 | 51 | n.b. |
| | Dr 4 | 23.05.2016 | <2 | <18 | <2 | <6 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | 5,5 | <45 | n.b. |
| Lohe | Dr 3 | 20.01.2016 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <0,3 | <15 | n.b. |
| | OW 2 | 21.10.2015 | <2 | <6 | <2 | <6 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <0,3 | <15 | n.b. |
| | OW 2 | 10.11.2015 | <2 | <6 | <2 | <6 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <0,3 | <15 | n.b. |
| | OW 7 | 09.12.2015 | <2 | <18 | <2 | 6 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <0,9 | <45 | n.b. |
| | OW 7 | 20.01.2016 | <2 | <6 | <2 | 8 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <0,9 | <45 | n.b. |
| | OW 3 | 20.10.2015 | <2 | <18 | <2 | <6 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <0,3 | <15 | n.b. |
| | OW 3 | 10.11.2015 | <2 | <6 | <2 | <6 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <0,3 | <15 | n.b. |
| Markhau- sen | OW 4 | 08.12.2015 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <0,3 | <15 | n.b. |
| | OW 4 | 20.01.2016 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <0,3 | <15 | n.b. |
| | SW M120 | 15.02.2016 | <2 | 22 | <2 | 36 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <0,3 | <15 | n.b. |
| | SW 120 | 29.02.2016 | <2 | 26 | <2 | 37 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <0,3 | <15 | n.b. |
| | SW 120 | 14.03.2016 | <2 | 20 | <2 | 36 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <0,3 | <15 | n.b. |
| | SW M80 | 15.02.2016 | <2 | 21 | <2 | 39 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <0,3 | <15 | n.b. |
| | SW 80 | 14.03.2016 | <2 | <18 | <2 | 34 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <0,3 | <15 | n.b. |
| | Dr 2 | 08.12.2015 | <2 | 49 | <2 | 10 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <0,3 | 90 | n.b. |
| | Dr 2 | 19.01.2016 | <2 | 19 | <2 | 8 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <0,3 | 54 | n.b. |
| | OW 6 | 07.12.2015 | <2 | <6 | <2 | <6 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <0,3 | <45 | n.b. |
| Kleinring- Wästen | OW 6 | 23.02.2016 | <2 | <6 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0,3 | <15 | n.b. |
| | OW 1 | 14.08.2015 | <2 | <6 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0,3 | <15 | n.b. |
| Wietmar- schen- Lohne | OW 1 | 23.02.2016 | <2 | <6 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0,3 | <15 | n.b. |
| | OW 5 | 07.12.2015 | <2 | <6 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0,3 | <45 | n.b. |
| | OW 5 | 23.02.2016 | <2 | <6 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <0,3 | <45 | n.b. |

Farbige Markierung bei den Sulfonamid- und Tracer-Ergebnissen: Nachweis unter Bestimmungsgrenze (gelb), Nachweis oberhalb Bestimmungsgrenze (orange), Nachweis > 100 ng/l (rot)

Boden (Mischproben aus der Ackerkrume, 0 bis 20 cm Tiefe)

| Messstellen-Daten | | | Arzneimittel-Einzelwirkstoffe (Sulfonamide und Metaboliten) | | | | | | | | | | | | | Methode | |
|-------------------|------------|------------|---|------------------|------------------|--------------|---------------|----------------------|--------------|---------------|--------------|------------------------|----------------------|-----------------------|------------|---------------------|----------------------|
| Standort | Messstelle | PN-Datum | Sulfadiazin | 4-OH-Sulfadiazin | N-Ac-Sulfadiazin | Sulfadimidin | Sulfathoxazol | N-Ac-Sulfamethoxazol | Sulfathiazol | Sulfamethoxin | Sulfamerazin | Sulfamethoxy-pyridazin | Sulfachloropyridazin | Sulfaethoxy-pyridazin | Sulfadoxin | | Trimethoprim |
| Bösel | BP F1/1 | 10.11.2015 | <6 | 12 | <2 | 9 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | Forster et. al 2008 |
| | BP F1/1 | 23.05.2016 | <2 | 12 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | Forster et. al 2008 |
| | BP F1/2 | 10.11.2015 | <2 | 15 | <2 | 7 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | Forster et. al 2008 |
| | BP F2/1 | 08.12.2015 | <2 | 12 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | Forster et. al 2008 |
| | BP F2/1 | 08.12.2015 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | Forster et. al 2008 |
| | BP F2/1 | 25.04.2016 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | Forster et. al 2008 |
| | BP F2/1 | 23.05.2016 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | Forster et. al 2008 |
| | BP F2/2 | 08.12.2015 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | Forster et. al 2008 |
| | BP F2/2 | 25.04.2016 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | Forster et. al 2008 |
| | BP F2/2 | 23.05.2016 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | Forster et. al 2008 |
| | BP F3/1 | 10.11.2015 | <6 | 9 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | Forster et. al 2008 |
| | BP F3/1 | 25.04.2016 | <2 | 15 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | Forster et. al 2008 |
| | BP F3/1 | 23.05.2016 | <2 | 19 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | Forster et. al 2008 |
| | BP F55/1 | 23.06.2015 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | Forster et. al 2008 |
| | BP F55/1 | 23.06.2015 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | Hamscher et al. 2005 |
| | BP F55/2 | 23.06.2015 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | Forster et. al 2008 |
| | BP F55/3 | 10.11.2015 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | Hamscher et al. 2005 |
| | BP F57/1 | 10.11.2015 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | Forster et. al 2008 |
| | BP F57/1 | 25.04.2016 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | Forster et. al 2008 |
| | BP F57/1 | 23.05.2016 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | Forster et. al 2008 |
| BP F57/2 | 25.04.2016 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | Forster et. al 2008 | |
| BP F57/2 | 23.05.2016 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | Forster et. al 2008 | |
| BP F4/1 | 11.11.2015 | <2 | 10 | <2 | 9 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | Forster et. al 2008 | |
| BP F4/1 | 22.02.2016 | <2 | 8 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | Forster et. al 2008 | |
| BP F4/1 | 25.05.2016 | <2 | 10 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | Forster et. al 2008 | |
| BP F4/2 | 11.11.2015 | <2 | 12 | <2 | 8 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | Forster et. al 2008 | |
| BP F4/2 | 22.02.2016 | <2 | 10 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | Forster et. al 2008 | |
| BP F4/2 | 25.05.2016 | <2 | 9 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | Forster et. al 2008 | |
| BP F4/2 | 30.08.2016 | <2 | 8 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | Forster et. al 2008 | |
| BP F5/1 | 11.11.2015 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | Forster et. al 2008 | |
| BP F5/1 | 25.05.2016 | <2 | <2 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | Forster et. al 2008 | |
| BP F5/2 | 11.11.2015 | <2 | <2 | <2 | 6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | Forster et. al 2008 | |
| BP F5/2 | 25.05.2016 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | Forster et. al 2008 | |
| BP F5/2 | 30.08.2016 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | Forster et. al 2008 | |
| BP F6/1 | 11.11.2015 | <2 | <6 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | Forster et. al 2008 | |
| BP F6/2 | 11.11.2015 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | Forster et. al 2008 | |
| BP F70/1 | 11.11.2015 | <2 | 9 | <2 | 6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | Forster et. al 2008 | |
| BP F70/1 | 25.05.2016 | <2 | 9 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | Forster et. al 2008 | |
| BP F70/2 | 11.11.2015 | <2 | 6 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | Forster et. al 2008 | |
| BP F70/2 | 25.05.2016 | <2 | 7 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | Forster et. al 2008 | |

Farbige Markierung bei den Sulfonamid- und Tracer-Ergebnissen: Nachweis unter Bestimmungsgrenze (gelb), Nachweis oberhalb Bestimmungsgrenze (orange), Nachweis > 100 ng/l (rot)

Boden (Mischproben aus der Ackerkrume, 0 bis 20 cm Tiefe)

| Messstellen-Daten | | | Arzneimittel-Einzelwirkstoffe (Sulfonamide und Metaboliten) | | | | | | | | | | | | | Methode | | | |
|-------------------|-----------------|------------|---|-----------------------|----------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|-------------------|----------------------|-----------------|---------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-----------------|---------|-------------------|----|----|
| Standort | Mess- stelle | PN-Datum | Sulfadia- zin | 4-OH-Sul- fadiazin | N-Ac- Sulfadiazin | Sulfadi- midin | Sulfame- thoxazol | N-Ac-Sulfa- methoxazol | Sulfathia- zol | Sulfadi- methoxin | Sulfama- zin | Sulfa- methoxy- pyridazin | Sulfa- chloropy- ridazin | Sulfa- ethoxy- pyridazin | Sulfa- doxin | | Trime- thoprim | | |
| | | | ng/g TM | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Markthausen | BP F8/1 | 20.10.2015 | <2 | 9 | <2 | 12 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | | |
| | BP F8/1 | 21.03.2016 | <2 | <6 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | | |
| | BP F8/1 | 24.05.2016 | <2 | 7 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | |
| | BP F8/1 | 30.08.2016 | <2 | 7 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | |
| | BP F8/2 | 21.03.2016 | <2 | <6 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | |
| | BP F8/2 | 24.05.2016 | <2 | 6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 |
| | BP F80/1 | 25.03.2015 | <2 | 11 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 |
| | BP F80/1 | 14.09.2015 | <2 | <6 | <2 | 8 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 |
| | BP F80/1 | 26.04.2016 | <2 | 6 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 |
| | BP F80/1 | 24.05.2016 | <2 | 8 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 |
| | BP F80/2 | 25.03.2015 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 |
| | BP F80/2 | 14.09.2015 | <2 | 6 | <2 | 9 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 |
| | BP F80/2 | 26.04.2016 | <2 | 6 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 |
| | BP F80/2 | 24.05.2016 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 |
| | BP F80/2 | 30.08.2016 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 |
| | BP F80/3 | 25.03.2015 | <2 | 7 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 |
| | BP F80/3 | 25.03.2015 | <2 | 7 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 |
| | BP F80/4 | 25.03.2015 | <2 | 13 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 |
| | BP F9/1 | 10.11.2015 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 |
| | BP F9/1 | 10.11.2015 | <2 | 10 | <2 | 10 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 |
| BP F9/1 | 21.03.2016 | 6 | 8 | <2 | 7 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | |
| BP F9/1 | 24.05.2016 | <6 | 14 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | |
| BP F9/2 | 10.11.2015 | 6 | 13 | <2 | 13 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | |
| BP F9/2 | 21.03.2016 | 8 | 12 | <2 | 18 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | |
| BP F9/2 | 24.05.2016 | <2 | 11 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | |
| BP F10/1 | 23.05.2016 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | |
| BP F10/2 | 23.05.2016 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | |
| BP F10/2 | 30.08.2016 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | |
| BP F60/1 | 14.09.2015 | <2 | <6 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | |
| BP F60/1 | 22.02.2016 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | |
| BP F60/1 | 23.05.2016 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | |
| BP F60/1 | 30.08.2016 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | |
| BP F60/2 | 14.09.2015 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | |
| BP F60/2 | 22.02.2016 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | |
| BP F60/2 | 23.05.2016 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | |

Farbige Markierung bei den Sulfonamid- und Tracer-Ergebnissen: Nachweis unter Bestimmungsgrenze (gelb), Nachweis oberhalb Bestimmungsgrenze (orange), Nachweis > 100 ng/l (rot)

Boden (Mischproben aus der Ackerkrume, 0 bis 20 cm Tiefe)

| Standort | Messstellen-Daten | | | Arzneimittel-Einzelwirkstoffe (Sulfonamide und Metaboliten) | | | | | | | | | | | | | Methode |
|--|-------------------|------------|-------------|---|------------------|------------|-------------------------|---------------|--------------|------------------------|----------------------|--------------|------------------------|------------|---------------------|----------------------|---------|
| | Mess-stelle | PN-Datum | Sulfadiazin | 4-OH-Sulfadiazin | N-Ac-Sulfadiazin | Sulfamidin | Sulfathiazol ng/g TM | Sulfamethoxin | Sulfamerazin | Sulfamethoxy-pyridazin | Sulfachloropyridazin | Sulfathiazol | Sulfamethoxy-pyridazin | Sulfadoxin | Trime-tho-prim | | |
| Kleininger Wösten (NP; Nachbeurteilung der Rückstell-proben) | BP F11/1 | 13.08.2015 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | Förster et. al 2008 | |
| | BP F11/1 | 22.03.2016 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | Förster et. al 2008 | |
| | BP F11/1 | 24.05.2016 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | Förster et. al 2008 | |
| | BP F11/2 | 13.08.2015 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | Förster et. al 2008 | |
| | BP F11/2 | 22.03.2016 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | Förster et. al 2008 | |
| | BP F11/2 | 24.05.2016 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | Förster et. al 2008 | |
| | BP F61/1 | 07.12.2015 | <2 | 72 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | Förster et. al 2008 | |
| | BP F61/1 | 22.03.2016 | <2 | 25 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | Förster et. al 2008 | |
| | BP F61/1 | 24.05.2016 | <2 | 7 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | Förster et. al 2008 | |
| | BP F61/1 NP | 07.12.2015 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | Hämscher et al. 2005 | |
| | BP F61/1 NP | 07.12.2015 | <2 | 18 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | Förster et. al 2008 | |
| | BP F61/2 | 07.12.2015 | <6 | 120 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | Förster et. al 2008 | |
| | BP F61/2 | 22.03.2016 | <2 | 27 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | Förster et. al 2008 | |
| | BP F61/2 | 24.05.2016 | <6 | 38 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | Förster et. al 2008 | |
| | BP F61/2 NP | 07.12.2015 | 6 | 19 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | Hämscher et al. 2005 | |
| | BP F61/3 | 31.08.2016 | <6 | 59 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | Förster et. al 2008 | |
| | BP F61/3 | 24.05.2016 | <2 | 23 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | Förster et. al 2008 | |
| BP F61/3 | 31.08.2016 | <2 | 6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | Förster et. al 2008 | | |
| BP F12/1 | 09.11.2015 | <6 | 8 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | Förster et. al 2008 | | |
| BP F12/1 | 26.04.2016 | <2 | 7 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | Förster et. al 2008 | | |
| BP F12/1 | 24.05.2016 | <2 | 6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | Förster et. al 2008 | | |
| BP F12/2 | 09.11.2015 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | Förster et. al 2008 | | |
| BP F12/2 | 26.04.2016 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | Förster et. al 2008 | | |
| BP F12/2 | 24.05.2016 | <2 | <6 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | Förster et. al 2008 | | |

Farbige Markierung bei den Sulfonamid- und Tracer-Ergebnissen: Nachweis unter Bestimmungsgrenze (gelb), Nachweis oberhalb Bestimmungsgrenze (orange), Nachweis > 100 ng/l (rot)

Wirtschaftsdünger (Gülle, Gärreste bzw. Gemische davon)

| Standort | Messstellen-Daten | | | Arzneimittel-Einzelwirkstoffe (Sulfonamide und Metabolite) | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--------------------|-------------------|------------|--|------------------|------------------|------------|-----------------|----------------------|--------------|---------------|--------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|------------|--------------|-----|-----|
| | Messstelle | Entnahme von | PN-Datum | Sulfadiazin | 4-OH-Sulfadiazin | N-Ac-Sulfadiazin | Sulfamidin | Sulfamethoxazol | N-Ac-Sulfamethoxazol | Sulfathiazol | Sulfamethoxin | Sulfamerazin | Sulfamethoxy-pyridazin | Sulfachloro-pyridazin | Sulfaethoxy-pyridazin | Sulfadoxin | Trimethoprim | | |
| [ng/g TM] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Carum | G F60 | Gülle | 19.01.2016 | 89 | 2600 | 52 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | 61 | <20 | <20 | <20 | <20 | | |
| | | | 18.02.2016 | <20 | 270 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | |
| | | | 21.03.2016 | <20 | 110 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 |
| Kleinringer Wösten | G F11 | Gülle | 25.04.2016 | <20 | 510 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | | |
| | | | 18.01.2016 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | |
| | | | 23.02.2016 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 |
| | G F11 E | Gülle (Erdbecken) | 21.03.2016 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | |
| | | | 23.02.2016 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 |
| | | | 18.01.2016 | 520 | 15000 | <20 | 2100 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | 170 | <20 | <20 | <20 | 57 |
| Wietmarschen-Lohne wird in Biogasanlage verbracht (GR F8/80) | G F61 | Gülle | 23.02.2016 | 56 | 8300 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | | |
| | | | 21.03.2016 | 360 | 4800 | <50 | 120 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | |
| | | | 26.04.2016 | <50 | 8700 | <20 | 79 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 |
| | GR F61 | Gärrest | 30.08.2016 | 290 | 1200 | <20 | <50 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | |
| | | | 23.02.2016 | <20 | 81 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 |
| | | | 26.04.2016 | <20 | 72 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 |
| GR F61 E | Gärrest (Endlager) | 24.05.2016 | <20 | 110 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | | |
| | | 23.02.2016 | <20 | 240 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | |
| | | 21.03.2016 | <50 | 300 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | |
| G F12 | Gülle | 26.04.2016 | <50 | 190 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | | |
| | | 24.05.2016 | <50 | 3600 | <20 | <50 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | | |
| | | 18.01.2016 | 13000 | 260 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | |
| | | 23.02.2016 | 250 | 540 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | |
| Mist | Mist | 21.04.2016 | 960 | 570 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | | |
| | | 30.08.2016 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | |
| | | | 30.08.2016 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | | |

Farbige Markierung bei den Sulfonamid- und Tracer-Ergebnissen: Nachweis unter Bestimmungsgrenze (gelb), Nachweis oberhalb Bestimmungsgrenze (orange)