



**Biota-Monitoring in ausgewählten  
niedersächsischen Gewässern –  
Untersuchung von Tierarzneimitteln  
in Fischen**



**Niedersachsen**

## **Impressum:**

Herausgeber des Berichts:

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

### **Verfasser:**

Dr. Dieter Steffen  
Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz  
Betriebsstelle Hannover-Hildesheim  
An der Scharlake 39  
31135 Hildesheim  
E-Mail: [dieter.steffen@nlwkn-hi.niedersachsen.de](mailto:dieter.steffen@nlwkn-hi.niedersachsen.de)

Hans Wunsch  
GALAB Laboratories GmbH  
Am Schleusengraben 7  
21029 Hamburg  
E-Mail: [info@galab.de](mailto:info@galab.de)

Lutz Meyer  
Niedersächsisches Landesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (LAVES)  
Dezernat Binnenfischerei und Fischereikundlicher Dienst  
Eintrachtweg 19  
30173 Hannover  
E-Mail: [lutz.meyer@laves.niedersachsen.de](mailto:lutz.meyer@laves.niedersachsen.de)

Prof. Dr. Joseph Hölscher  
Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz  
Betriebsstelle Hannover-Hildesheim  
An der Scharlake 39  
31135 Hildesheim  
E-Mail: [joseph.hoelscher@nlwkn-hi.niedersachsen.de](mailto:joseph.hoelscher@nlwkn-hi.niedersachsen.de)

sowie unter der Mitwirkung von:  
Reinald Werner (LAVES)  
Eva Mosch (LAVES)  
Ulrich Matthes (LAVES)  
Dr. Lens Lütjohann (GALAB Laboratories)

Titelbild: D. Steffen

1. Auflage Juli 2015: 150 Exemplare

Bezug:


Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft,  
Küsten- und Naturschutz  
- Veröffentlichungen -  
Göttinger Chaussee 76  
30453 Hannover  
[www.nlwkn.niedersachsen.de](http://www.nlwkn.niedersachsen.de)

Verzeichnis der bisher in dieser Reihe publizierten Berichte siehe Seite 11



## Inhaltsverzeichnis

1. Veranlassung .....	1
2. Allgemeines .....	2
3. Angewandte Methodik .....	3
3.1 Messstellen/Fanggebiet .....	3
3.2 Probenahme/untersuchte Fischarten .....	4
3.3 Untersuchte Tierarzneimittelwirkstoffe .....	5
und Analytik	
4. Ergebnisse .....	8
5. Fazit .....	8
6. Quellen/Literatur .....	10





# 1. Veranlassung

Bei der Haltung von Nutztieren, die der Gewinnung von Lebensmitteln dienen, wird die Anwendung von Arzneimitteln durch das Arzneimittelgesetz (AMG) und die damit zusammenhängenden Verordnungen und Rechtsvorschriften geregelt, AMG (2014). Einschlägige Paragraphen des AMG sind insbesondere: § 56a „Verschreibung, Abgabe und Anwendung von Arzneimitteln durch Tierärzte“, § 57a „Anwendung durch Tierhalter“, § 58 „Anwendung bei Tieren, die der Gewinnung von Lebensmitteln dienen“ sowie § 58d „Verringerung der Behandlung mit antibakteriell wirksamen Stoffen“.

An der Notwendigkeit des Einsatzes von Tierarzneimitteln bei tatsächlich erkrankten Tieren bestehen keine Zweifel. Doch zeichnet sich seit einigen Jahren eine bedenkliche Entwicklung ab: Bei einer systematischen Untersuchung von Geflügelmastanlagen in Nordrhein-Westfalen im Jahre 2012 wurden in 62 % der untersuchten Ställe Rückstände antibiotisch wirksamer Substanzen im Tränkwasser festgestellt, teilweise illegale Antibiotika, LANUV (2012). Die Ergebnisse dieser Studie aus Nordrhein-Westfalen lassen sich sicherlich nicht verallgemeinern. Allerdings haben wir die Sorge, dass zur Gesunderhaltung der Tiere unter anderem in der Geflügel- und Schweinehaltung in immer größeren Stalleinheiten zunehmend prophylaktisch Pharmazeutika eingesetzt werden, da bereits wenige erkrankte Tiere eine Ansteckungsgefahr für den Gesamtbestand bedeuten. Es ist deshalb nicht unwahrscheinlich, dass auch in Niedersachsen vielfach Tierarzneimittel, insbesondere Antibiotika, in großen Stalleinheiten vorbeugend im Gesamtbestand eingesetzt werden, um wirtschaftliche Verluste zu vermeiden.

Vor dem Hintergrund des Gewässerschutzes und des Schutzes der aquatischen Lebensgemeinschaften stellt sich die Frage, inwieweit sich der Einsatz von Tierarzneimitteln negativ auf die Qualität unserer Oberflächengewässer auswirkt. Bereits der einschlägige Bericht des Bund/Länderausschusses für Chemikaliensicherheit (BLAC) aus dem Jahr 2003 weist auf das Vorhandensein von Arzneimitteln u.a. auch in Oberflächengewässern hin. In einer repräsentativen Überblicksstudie wurden dort bis zu 39 pharmakologische Wirkstoffe untersucht. Im kommunalen Abwasser war fast die gesamte Wirkstoffpalette zu finden und auch in den Oberflächengewässern wurden sehr viele Wirkstoffe nachgewiesen, BLAC (2003), SRU (2007).

Die Relevanz von Tierarzneimitteln wird auch durch die folgenden Zahlen dokumentiert: Die in der Veterinärmedizin abgegebene Menge allein an Antibiotika betrug in Deutschland im Jahr 2011 etwa 1.700 t (2012: 1.600 t und 2013: 1.450 t). Die größten Abgabe-Mengen waren bei den Tetracyclinen zu verzeichnen, gefolgt von den Penicillinen (2013: 454 t und 473 t), BVL (2014). In der Humanmedizin wurden in diesem Zeitraum bundesweit ca. 630 t/a Antibiotika abgegeben, UBA (2014a):

Der Niedersächsische Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN) untersucht niedersächsische Gewässer bereits seit 2007 auf Humanarzneimittel. Die Einträge dieser Wirkstoffe erfolgen überwiegend über kommunale Kläranlagen, NLWKN

(2007 u. 2013), STEFFEN (2007). Die Situation bei Tierarzneimitteln stellt sich im Hinblick auf mögliche Untersuchungen jedoch wesentlich komplexer dar.

Tierarzneimittelrückstände gelangen hauptsächlich über Wirtschaftsdünger (z.B. Gülle, Festmist) auf landwirtschaftlich genutzte Flächen und von dort gegebenenfalls diffus in die Oberflächengewässer, UBA (2014a). Dabei ist die Wahrscheinlichkeit eines möglichen Eintrags in die Gewässer durch Abschwemmungen nach Regenereignissen größer als in Trockenperioden. Die Durchführung einer geeigneten Beprobung der „fließenden Welle“ ist sehr aufwändig und/oder zeitintensiv. Unmittelbar und somit spontan nach Regenereignissen Wasserproben entnehmen zu können, ist routinemäßig nur mit großem Untersuchungsaufwand oder mittels automatisierter, abflussgesteuerter Probenahme zu realisieren.

Zur Minimierung des Aufwandes und der Kosten führte der NLWKN daher im Rahmen einer Pilotstudie ein Biota-Monitoring in ausgewählten Oberflächengewässern durch. Zu klären war die Frage, ob sich der Eintrag von Tierarzneimitteln in die Gewässer indirekt durch eine gezielte Untersuchung von Fischen nachweisen lässt. Um den Aufwand für die Analytik in dieser orientierenden Pilotstudie zu begrenzen, konzentrierten sich die Untersuchungen auf Wirkstoffe, die bei der Geflügelhaltung verabreicht werden. Wie die bisherigen Ergebnisse vergleichbarer Untersuchungen des NLWKN zeigen, sind Fische prinzipiell gut für einen „indirekten Nachweis“ geeignet, da bestimmte Schadstoffe in Fischen akkumulieren können. Da sie kontinuierlich den in den Gewässern enthaltenen Schadstoffen/Wirkstoffen ausgesetzt sind, kann somit aufgrund ihrer integrierenden Funktion ggf. eine „durchschnittliche Belastung“ erfasst werden. Fischuntersuchungen stellen somit grundsätzlich eine geeignete und relativ kostengünstige Methode dar, um die Belastung eines Gewässers mit Schadstoffen erfassen zu können, STEFFEN et al. (2007a, 2007b) und sind inzwischen auch fester Bestandteil von Untersuchungen innerhalb der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie, EG-WRRL (2013).

Im Rahmen dieser Pilotstudie sollte untersucht werden, ob die Untersuchung von Fischen als Instrument der Gewässerzustandsüberwachung auch für den speziellen Fall der Tierarzneimittel geeignet ist, da die Wirkstoffe aufgrund ihrer chemischen Struktur überwiegend gut wasserlöslich (hydrophil) sind und sie im Gegensatz zu fettlöslichen Schadstoffen also vermutlich weniger in Fischen akkumulieren. Zudem ist nicht auszuschließen, dass bestimmte Arzneimittelwirkstoffe durch den Stoffwechsel der Fische abgebaut werden.

Das Projekt wurde in den Jahren 2013 und 2014 unter der Beteiligung des NLWKN (Hannover-Hildesheim), des LAVES (Dezernat Binnenfischerei und Fischereikundlicher Dienst, Hannover) und des Instituts GALAB (Hamburg) durchgeführt. Im Folgenden werden neben der angewandten Methodik die Ergebnisse des Projekts dargestellt und diskutiert.

## 2. Allgemeines

Zu der Wirkung von Arzneimitteln wird vom Umweltbundesamt ausgeführt, UBA (2014):

„Arzneimittelwirkstoffe sind biologisch hochaktive Stoffe, die gezielt in den Regelungsmechanismus von Organismen eingreifen: Sie können zum Beispiel den Stoffwechsel beeinflussen, das hormonelle Gleichgewicht verschieben oder die Signalübertragung von Zelle zu Zelle verändern. Aufgrund ihrer biologischen Aktivität und der Vielzahl spezifischer Wirkungen liegt es auf der Hand, dass Arzneimittel auch Wirkungen auf andere Lebewesen haben, wenn sie in die Umwelt gelangen. Für viele Arzneimittel ist das Ausmaß der Risiken für die Umwelt vor allem wegen fehlender Wirkungsdaten und Langzeituntersuchungen nicht genau einzuschätzen. Dies ist beunruhigend, da für einige Arzneimittelwirkstoffe schädliche Auswirkungen auf Lebewesen in der Umwelt bereits klar belegt sind“.

„Ein bekanntes Beispiel dafür sind“, so das UBA, „synthetische Hormone wie zum Beispiel 17 $\alpha$ -Ethinylestradiol (EE2), der Wirkstoff der Anti-Baby-Pille. Er beeinträchtigt bereits im sehr niedrigen Nanogramm/Liter-Bereich die

Reproduktion von Fischen nachhaltig. Die Beispiele ließen sich beliebig fortsetzen: Das Schmerzmittel Diclofenac schädigt bei Fischen innere Organe wie Leber und Niere; die häufig verwendeten Antibiotika töten nicht nur Bakterien, sondern hemmen oft auch das Wachstum von Algen und Pflanzen.

Antibiotika-Resistenzen bei humanpathogenen Bakterien sind ein schwerwiegendes Problem des öffentlichen Gesundheitswesens. Auch in der Umwelt wurden bereits mehrfach multiresistente Mikroorganismen nachgewiesen: so zum Beispiel in Fließgewässern unterhalb von Kläranlagen-Abläufen, die oft besonders hohen Antibiotika-Konzentrationen ausgesetzt sind. Auch wenn seit 2008 mit der Deutschen Antibiotika-Resistenzstrategie (DART) ein Konzept zur internationalen und nationalen Eindämmung antimikrobieller Resistenzen in Deutschland vorliegt, besteht hinsichtlich der Resistenzen in der Umwelt noch erheblicher Forschungsbedarf.“

Zur Wirkungsweise von bestimmten Antibiotika ist hier am Beispiel von Nitrofurazon anzumerken: Dieser Wirkstoff wird appliziert und metabolisiert innerhalb eines kurzen Zeitraums zu Semicarbazid, welches dann gezielt im Organismus wirkt.

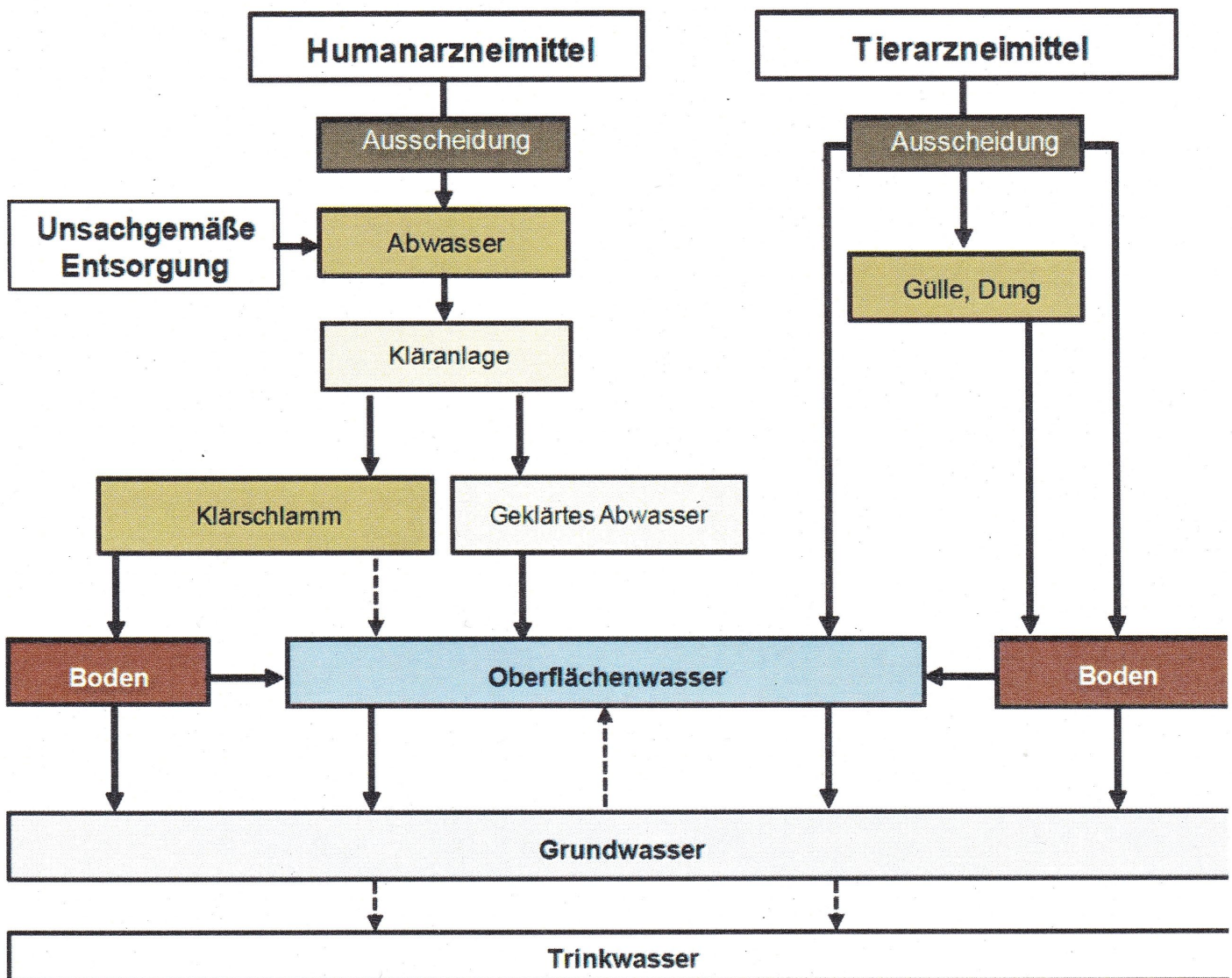


Abb. 1: Schematische Darstellung der Eintragspfade von Arzneimitteln und deren Rückstände in die Gewässer, UBA (2014a)

In Abb. 1 sind die möglichen Eintragspfade von Arzneimitteln aufgeführt. Im Hinblick auf Tierarzneimittel in Oberflächengewässer sind diffuse Einträge über die Ausbringung von Wirtschaftsdünger (Gülle, Mist) besonders relevant. Zudem ist zu berücksichtigen, dass Gülle auch in Biogasanlagen verwendet wird und die Gärreste ebenfalls als Dünger landwirtschaftlich genutzt werden. Nach einer Überblicksuntersuchung in Nordrhein-Westfalen enthalten Gärreste deutlich häufiger Veterinärantibiotikarückstände als Gülleproben, RATSAK et al. (2013) zit. in UBA (2014a).

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchungen wurden insgesamt 12 verschiedene Wirkstoffklassen berücksichtigt, die vorwiegend als Antibiotika oder gegen Endoparasiten eingesetzt werden, (Tab. 1).

Tab. 1: Betrachtete Wirkstoffklassen

Wirkstoffklasse	Verwendung als/gegen
Anthelmintika	Wurminfektionen
Benzimidazole	Wurmerkrankungen
Chinolone	Antibiotika
Kokzidiostatika	Parasiten (Magen/Darm)
Makrolid-Antibiotika	neue Klasse Antibiotika
Nitrofurantol Metabolite	Antibiotika (Harnwegsinfektionen)
Nitroimidazole	Antibiotika
Penicilline	Antibiotika
Pleuromutilin	Antibiotika
Sulfonamide	Antibiotika
Tetracycline	Breitbandantibiotikum
Tranquilizer	Psychopharmaka

### 3. Angewandte Methodik

#### 3.1 Messstellen

Insgesamt wurden acht Messstellen untersucht (Abb. 2). Die Probenahme zur Untersuchung auf Tierarzneimittel erfolgte an den fünf Messstellen für die überblicksweise Überwachung in den Flussgebieten von Elbe (Gorleben), Weser (Weser/Drakenburg, Aller/Verden), Ems (Herbrum) und Vechte (Laar) ergänzend zu den routinemäßigen

Beprobungen. Zusätzlich wurden gezielt zwei weitere Gewässermessstellen (Goldbach/Versen, Melstruper Beeke/Melstrup) in die Untersuchungen einbezogen, die in Gebieten mit einer hohen Geflügelmastdichte liegen (hier: Emsland, mit etwa 30 Millionen Hähnchenmastplätzen) sowie außerdem eine Messstelle (Aller/Wietze), die unterhalb der Abwassereinleitung einer großen Geflügelschlachterei liegt, die für Schlachtungen von 27.000 Hähnchen pro Stunde ausgelegt ist, DER SPIEGEL (2011).

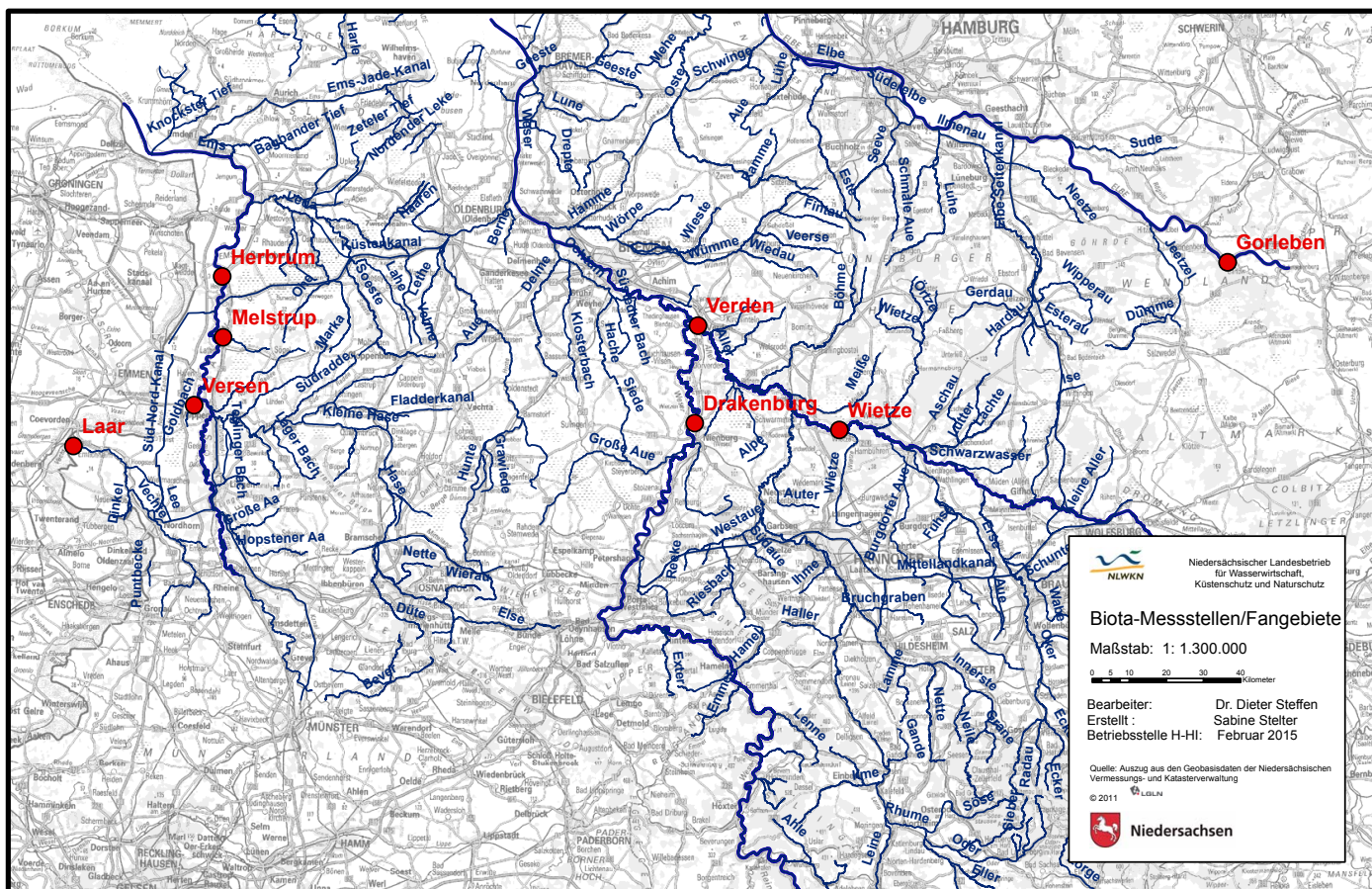


Abb. 2: Übersichtskarte der Biota-Messstellen/Fangegebiete

### 3.2 Probenahme und untersuchte Fischarten

Die Probennahmen erfolgten in den Monaten August/September 2013/2014 mittels Elektrobefischung, sowohl vom Boot aus als auch wattend, (Abb. 3). Lediglich hinsichtlich der Elbe bei Gorleben stammten die Fische aus Netzfängen (Hamenfischerei, Reusenfischerei).

Es wurde versucht, möglichst Aale für die Untersuchungen zu fangen, was auch bis auf zwei Messstellen realisiert wurde, (Tab. 2). Aale sind deshalb besonders geeignet, da sie aufgrund ihres hohen Fettgehalts bevorzugt bioakkumulieren und sie genügend Substanz für eine Untersuchung auch der Lebern liefern. Je Messstelle wurden 10 Aale mit einer Länge zwischen 40 cm und 60 cm gefangen, was einem Alter von etwa 5 bis 7 Jahren entspricht. Es wurde darauf geachtet, als Untersuchungsobjekte nur sogenannte „Gelbaale“ zu verwenden, die als relativ ortsfest anzusehen sind.

Lediglich aus dem Goldbach und der Melstruper Beeke konnten nicht genügend Aale gefangen werden, so dass auf andere vorhandene Fischarten ausgewichen werden musste, nämlich Hasel, Barsche und Rotaugen in der Längensklasse 15 bis 20 cm, was einer Altersklasse von etwa 3 bis 5 Jahren entspricht. Da bei diesen relativ kleinen Fischen eine Untersuchung der Leber aufgrund der sehr geringen Substanzmengen nicht möglich war, erfolgte in diesen Ausnahmefällen eine Untersuchung des Gesamtfisches, (Tab. 2). Die Aale wurden noch vor Ort seziiert, (Abb. 4 und 5), und unterteilt in die Komponenten Muskulatur (Filet) und Leber. Die Gewebeprobe wurden in 50 ml-Sarstedtröhrchen abgefüllt und unverzüglich tiefgekühlt. Von den jeweiligen Einzelgewebeprobe wurden später im Labor nach dem Auftauen jeweils Mischproben erstellt und im Institut GALAB Laboratories in Hamburg analysiert.



Abb. 3: Fischfang mittels watterer Elektrobefischung





Abb. 4: Sezieren eines Aals, Entnahme der Leber

Gewässer/ Messstelle	Jahr der Un- tersuchung	Fischart	Gewebe
Aller/Verden	2013	Aal	Muskulatur und Leber
Ems/Herb- rum	2013	Aal	Muskulatur und Leber
Weser/ Drakenburg	2013	Aal	Muskulatur und Leber
Aller/Wietze	2013	Aal	Muskulatur und Leber
Elbe/ Gorleben	2014	Aal	Muskulatur und Leber
Vechte/Laar	2014	Aal	Muskulatur und Leber
Goldbach/ Versen	2014	Barsch und Hasel	Gesamtfisch
Melstruper Beeke/ Melstrup	2014	Rotauge und Hasel	Gesamtfisch

Tab. 2: Untersuchte Fischarten/untersuchtes Gewebe



Abb. 5: Sezieren eines Aals: Muskulaturprobe (Filet)

### 3.3 Untersuchte Tierarzneimittelwirkstoffe und Analytik

Im Rahmen dieses Projekts wurden insgesamt 87 Tierarzneimittelwirkstoffe bzw. Metabolite (Abbauprodukte) betrachtet. Die Unterteilung in Wirkstoffklassen sowie die jeweiligen Bestimmungsgrenzen sind Tabelle 3 zu entnehmen. Die Auswahl der zu untersuchenden Wirkstoffliste erfolgte unter Berücksichtigung von Erkenntnissen

anderer Untersuchungen, z.B. LANUV (2012). Dabei handelt es sich überwiegend um Antibiotika (vgl. auch Tab. 1). Hierbei ist zu beachten, dass die genannten Wirkstoffe teilweise auch in der Humanmedizin Anwendung finden, wie beispielsweise das Antibiotikum Sulfamethoxazol. Allerdings sind die Abgabemengen für Antibiotika, die in der Tiermedizin eingesetzt werden deutlich höher als die Mengen für die Humanmedizin, und der Absatz der Tierarzneimittel konzentriert sich insbesondere auf die Regionen mit intensiver Tierhaltung, vgl. Kapitel 1.

Tab. 3: Verzeichnis der untersuchten Tierarzneimittelwirkstoffe und der jeweiligen Bestimmungsgrenze (BG), in µg/kg Frischgewicht

Wirkstoffklassen	Wirkstoffe	BG [µg/kg]
Anthelmintika	Levamisol	5
Arzneistoffe	Bromhexin	10
	Trimethoprim	5
Benzimidazole	Albendazol	5
	Fenbendazol	5
	Flubendazol	5
	Mebendazol	5
	Oxfendazol	5
	Thiabendazol	5
Breitband-Antibiotika	Chloramphenicol	0,05
	Florfenicol	0,05
	Lincomycin	5
	Thiamphenicol	0,05
Chinolone	Ciprofloxacin	2
	Danofloxacin	2
	Difloxacin	2
	Enrofloxacin	2
	Flumequin	2
	Marbofloxacin	2
	Norfloxacin	2
	Ofloxacin	2
	Oxolinsäure	2
	Sarafloxacin	2
	Kokzidiostatika	Clopidol
Diclazuril		2
Lasalocid		1
Monensin		2
Narasin		2
Nicarbazin		1
Robenidin		5
Salinomycin		2
Makrolid-Antibiotika	Erythromycin	5
	Spiramycin	5
	Tilmicosin	5
	Tylosin	5
Nitrofuran Metabolite	AHD	0,5
	AMOZ	0,5
	AOZ	0,5
	SEM	0,5
Nitroimidazole	Dimetridazol	5
	HMMNI	5
	Metronidazol	5
	Ronidazol	5

Wirkstoffklassen	Wirkstoffe	BG [µg/kg]
Penicilline	Amoxicillin	50
	Ampicillin	5
	Cefalexin	20
	Cefalonium	20
	Cefazolin	100
	Cefoperazon	50
	Cloxacillin	50
	Dicloxacillin	50
	Methicillin	50
	Nafcillin	50
	Oxacillin	10
	Penicillin_G	50
	Penicillin_V	50
Pleuromutilin-Antibiotikum	Tiamulin	10
Sulfonamide	Sulfabenzamid	5
	Sulfacetamid	5
	Sulfachlorpyrazin	5
	Sulfachlorpyridazin	5
	Sulfadiazin	5
	Sulfadimethoxin	5
	Sulfadimidin	5
	Sulfadoxin	5
	Sulfafurazol	5
	Sulfaguanidin	5
	Sulfamerazin	5
	Sulfameter	5
	Sulfamethizol	5
	Sulfamethoxazol	5
	Sulfamethoxy-pyridazin	5
	Sulfamonomethoxin	5
	Sulfamoxol	5
	Sulfanilamid	5
	Sulfaphenazol	5
	Sulfapyridin	5
Sulfaquinoxalin	5	
Sulfasomidin	5	
Sulfathiazol	5	
Tetracycline	Chlortetracyclin	10
	Doxycyclin	10
	Oxytetracyclin	10
	Tetracyclin	10
Tranquillizer	Azaperon	1
	Carazolol	1
	Chlorpromazin	1

## Analytik

Die tiefgekühlten Gewebeproben wurden aufgetaut und sowohl die jeweiligen Aallebern als auch Aalmuskulaturen einer Messstelle zu Mischproben vereinigt. Die aus dem Goldbach und der Melstruper Beeke entnommen Barsche, Haseln und Rotaugen wurden ebenfalls jeweils zu Mischproben vereinigt und anschließend als Gesamtfisch püriert und homogenisiert.

Diese Mischproben wurden zunächst einer Fest-Flüssig-Extraktion (SLE) und einem Cleanup über Solid-Phase Extraktion (SPE) unterzogen. Der resultierende Messextrakt wurde sowohl der Target-Analytik auf die Tierarzneimittel aus Tabelle 3 mittels UPLC-MS-MS als auch einem Non-Target- und Unknown-Screening mittels UPLC-HR-Q-ToF-MS (siehe Abb. 6) unterzogen. Mittels UPLC-HR-

Q-ToF wurden im Full-Scan mode alle detektierten Ionen für den Proben-Messextrakt aufgenommen und im Anschluss mit der wissenschaftlichen Massenspektrenbibliothek abgeglichen. Darüber hinaus wurde im Unknown-Screening nach unbekanntem Arzneimittel-Komponenten und deren Metaboliten gescreent.

Die in den Proben für die Arzneimittel ermittelten Gehalte wurden auf  $\mu\text{g}/\text{kg}$  Frischgewicht bezogen.

Die für die Matrix „Fisch“ ermittelten Bestimmungsgrenzen sind in Tab. 3 aufgeführt. Diese wurden im Rahmen der Validierung nach DIN 32645 ermittelt, DIN (1994). Unterschiede zwischen den Spurenstoffen resultieren aus jeweiligen Unterschieden im Instrument Detection Limit (IDL), den Wiederfindungsraten und Matrixeffekten für die Matrix „Fisch“.

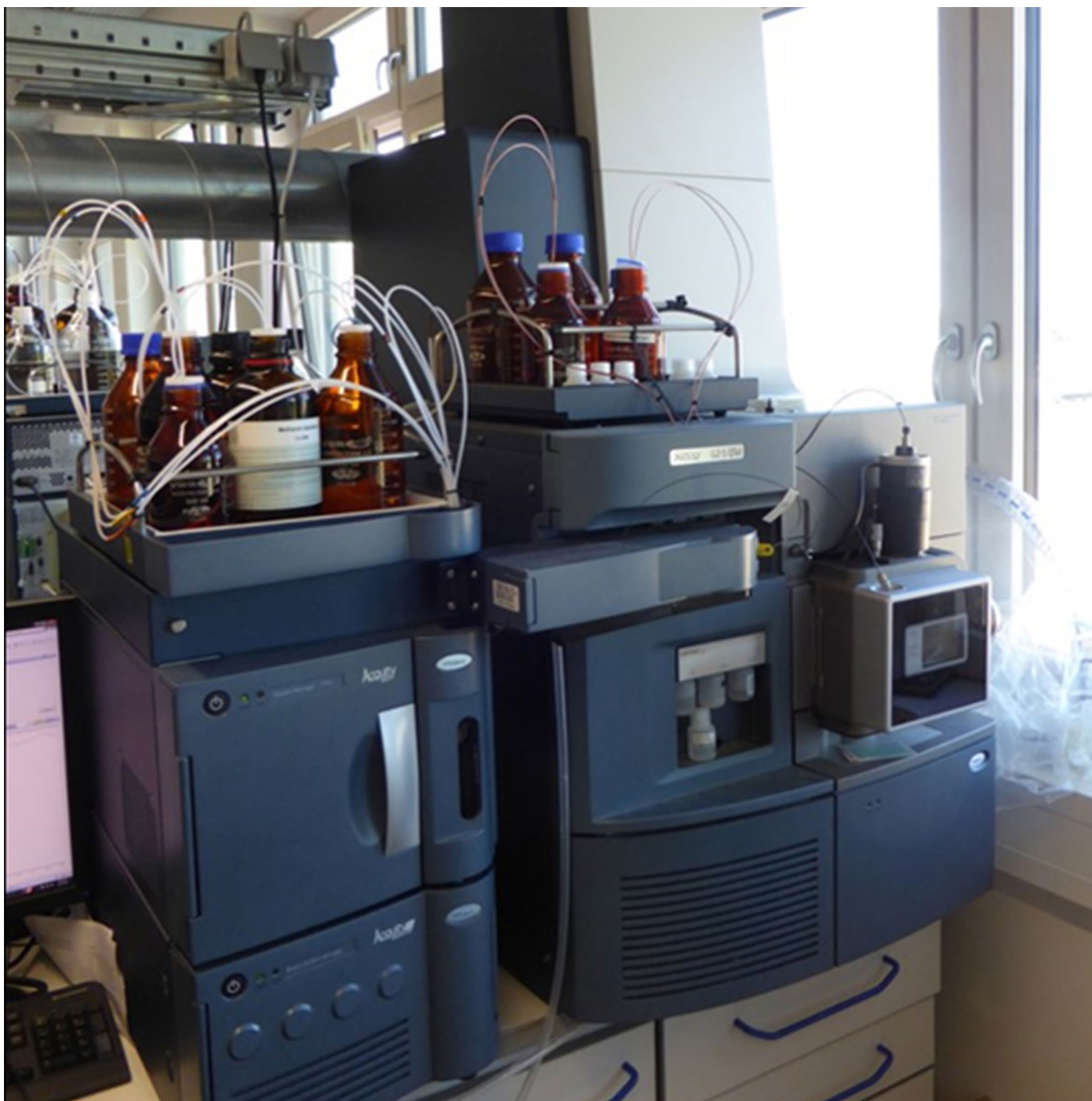


Abb. 6: UPLC-HR-Q-ToF-MS

## 4. Ergebnisse

Als Ergebnis der vorliegenden Untersuchungen ist festzuhalten, dass mit wenigen Ausnahmen die Befunde unter der jeweiligen Bestimmungsgrenze lagen. Nennenswerte bzw. erhöhte Belastungen konnten somit in den untersuchten Gewebeproben nicht festgestellt werden. Auch das zudem durchgeführte LC-QTOF-Screening führte zu keinen Auffälligkeiten.

Positivbefunde konnten lediglich in Lebern von Aalen ermittelt werden, die in der Elbe (Gorleben) und der Vechte (Laar) gefangen wurden, (Tab. 4). Dabei handelt es sich um die Wirkstoffe Fenbendazol und Oxfendazol, wobei in der Probe aus der Elbe die höchsten Gehalte mit 112 µg/kg Frischgewicht (Fenbendazol) und 49,5 µg/kg Frischgewicht (Oxfendazol) gemessen wurden. Zudem konnte in Aallebern aus der Vechte der Metabolit SEM (Semicarbazid) mit einem Gehalt von 2,82 µg/kg Frischgewicht nachgewiesen werden.

Tab. 4: Wirkstoffe mit Positivbefunden in µg/kg Frischgewicht

Messstelle	Vechte/Laar	Elbe/Gorleben
Fischart	Aal	Aal
Gewebe	Leber	Leber
Positivbefunde: [µg/kg]		
Fenbendazol	11,2	112
Oxfendazol	15	49,5
SEM (Metabolit)	2,82	<0,50

Fenbendazol gehört zu den Benzimidazolcarbamat und ist ein Breitspektrum-Anthelmintikum. Es besitzt ein breites Wirkungsspektrum gegen Fadenwürmer und Bandwürmer, CliniPharm (2014), WIKIPEDIA (2015). Es wirkt verhältnismäßig langsam, so dass eine genügend lange Kontaktzeit zum Wurm gewährleistet werden muss. Eingesetzt wird das Mittel beispielsweise bei Rindern, Pferden, Schweinen, Schafen, Ziegen, Hunden und Katzen. Bei Fenbendazol (chemischer Name: Methyl-5-(phenylthio)-2-benzimidazolcarbamat) handelt es sich um ein weiß-grau-kristallines Pulver, welches nur eine geringe Wasserlöslichkeit aufweist.

Oxfendazol ist ebenfalls ein Anthelminthikum aus der Gruppe der Benzimidazole, das bei Rindern, Schweinen und Schafen zur Behandlung von Wurminfestationen eingesetzt wird, CliniPharm (2014), WIKIPEDIA (2015). Oxfendazol unterliegt nach oraler Verabreichung einer langsamen aber umfangreichen Resorption; in der Leber und im Pansen wird es teilweise zum Fenbendazol reduziert. Zwischen dem Vorkommen von Oxfendazol und Fenbendazol besteht somit ein Zusammenhang. Die chemische Bezeichnung lautet: 5-Phenylsulfinyl-1H-2-(methoxycarbonylamino)-benzimidazol.

SEM (Semicarbazid) ist ein Metabolit des Nitrofurazon (auch als Nitrofurazol bezeichnet). Nitrofurazon wird zur lokalen Behandlung von Hauterkrankungen und Wundinfektionen verwendet. Für die Gruppe der Nitrofurane, zu denen auch Nitrofurazon gehört, gilt, dass diese Gruppe

nicht zur Anwendung bei Tieren kommen darf, die für den menschlichen Verzehr bestimmt sind. Diese Wirkstoffe fallen unter den Annex 4 der EU-Verordnung über pharmakologisch wirksame Stoffe und ihre Einstufung hinsichtlich der Rückstandshöchstmengen in Lebensmitteln tierischen Ursprungs, EU (2010). Für diese Wirkstoffe ist keine Höchstmenge festgelegt und somit besteht eine Nulltoleranz. Ein Positivbefund kommt einem Verbot gleich. Das Bundesinstitut für Risikobewertung wies in einer Stellungnahme darauf hin, dass das Vorkommen von SEM in Lebensmitteln auch darauf zurückzuführen sein könnte, dass über Verschlüsse (Treibmittel Azodicarbonamid) für Flaschen und Gläser ein Eintrag in die Lebensmittel erfolgen könne, BfR (2003).

Umweltqualitätsnormen für Fenbendazol, Oxfendazol und der Metabolit SEM existieren im Hinblick auf das Schutzgut „aquatische Lebensgemeinschaften“ zur Bewertung von Oberflächengewässern leider nicht. Insofern lassen die ermittelten Gehalte nicht eindeutig interpretieren. Nimmt man zur Orientierung die „Rückstands-Höchst-mengenverordnung“, RHMVO (2012), zu Hilfe, so enthält sie für Fenbendazol bezüglich Schweine und Geflügel einen Grenzwert für Leber von 500 µg/kg. Der maximal ermittelte Gehalt von 112 µg/kg, ebenfalls in der Leber gemessen, liegt somit deutlich darunter. Bei Oxfendazol existiert in der EU-Verordnung „Festsetzung von Höchst-mengen für Tierarzneimittelrückstände in Nahrungsmitteln tierischen Ursprungs“ aus dem Jahr 1990 lediglich ein Grenzwert für Milch, der 10 µg/kg beträgt, EWG (1990). Der im Rahmen der Pilotstudie maximal gemessene Gehalt an Oxfendazol von 49,5 µg/kg im Leberge-webe kann jedoch nicht mit dem für Milch festgelegten Grenzwert bewertet werden.

## 5. Fazit

In den Jahren 2013 und 2014 sind innerhalb einer Pilotstudie an insgesamt acht ausgewählten niedersächsischen Messstellen Untersuchungen auf Tierarzneimittel durchgeführt worden, wobei Wirkstoffe im Vordergrund standen, die hauptsächlich in der Geflügelmast verwendet werden. Es wurde der Frage nachgegangen, ob sich Tierarzneimittel in Oberflächengewässern nachweisen lassen.

Da eine kontinuierlich Probenahme der fließenden Welle als unverhältnismäßig aufwendig und damit kostenintensiv eingeschätzt wurde, sollte überprüft werden, inwieweit bei diesen Stoffgruppen stattdessen eine Beprobung von Fischen zur Gewässerüberwachung geeignet ist. Da sich bestimmte Schadstoffe in Fischen anreichern, kann durch deren Untersuchung eine Aussage über die durchschnittliche Schadstoff-Belastung eines Gewässers getätigt werden. Die Untersuchung dieser Matrix hat sich bei anderen Stoffgruppen grundsätzlich bewährt und ist deshalb inzwischen auch ein fester Bestandteil der Überwachung der chemischen Gewässergüte im Zusammenhang mit der EG-Wasserrahmenrichtlinie geworden. Zudem galt es die Einträge von diffusen Quellen zu erfassen, da Tierarzneimittel hauptsächlich über Wirtschaftsdünger (wie beispielsweise Gülle aus Ausscheidungen der Tiere) in

die Gewässer gelangen und diese Stoffe durch die üblichen Wasseruntersuchungen nur schwer erfasst werden dürften.

Dabei sind neben den im Zusammenhang mit der Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie seit Jahren etablierten fünf Überblicksmessstellen, (Elbe/Gorleben, Weser/Drakenburg, Aller/Verden, Ems/Herbrum, Vechte/Laar) drei weitere Messstellen in das Untersuchungsprogramm einbezogen worden, bei denen aufgrund der gegebenen Rahmenbedingungen mit einer erhöhten Wahrscheinlichkeit von Einträgen von Tierarzneimitteln in die Oberflächengewässer auszugehen war (Aller/Wietze: unterhalb Einleitung einer Geflügelgroßschlachtere; Goldbach/Versen und Melstruper Beeke/Melstrup: große Geflügelmastbetriebe im Umland).

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Von den insgesamt 87 betrachteten Tierarzneimittelwirkstoffen und Metaboliten konnten lediglich drei Stoffe, nämlich Fenbendazol, Oxfendazol und der Metabolit SEM an zwei der acht untersuchten Messstellen nachgewiesen werden (Elbe/Gorleben und Vechte/Laar). An den übrigen sechs Messstellen wurden die jeweiligen Bestimmungsgrenzen ausnahmslos unterschritten. Auch ein zusätzlich durchgeführtes LC-QTOF-Screening auf weitere mögliche Schad-/Wirkstoffe ergab in sämtlichen Fischproben keine Auffälligkeiten. Von daher sind die Beprobungen der Fischgewebe aus dem Blickwinkel des Gewässerschutzes zusammenfassend als durchaus positiv anzusehen. Dies gilt insbesondere für die drei vermeintlichen „hot-spot-Gebiete“: Entgegen der Eingangshypothese, dass Fische aus diesen Gewässern eine nachweisbare Belastung aufweisen, konnten keine Tierarzneimittelrückstände im untersuchten Fischgewebe festgestellt werden. Dabei ist jedoch auch zu berücksichtigen, dass im Goldbach und der Melstruper Beeke nicht genügend Aale gefangen werden konnten, um auch separat die Lebern untersuchen zu können. Vielmehr musste bei diesen beiden Gewässern ersatzweise auf Barsche, Haseln und Rotaugen zurückgegriffen werden, so dass hier aufgrund der sehr geringen Lebermengen dieser Fische abweichend vom übrigen Untersuchungsprogramm der Gesamtfisch analysiert werden musste.

Die nachgewiesenen Tierarzneimittel Fenbendazol und Oxfendazol werden als sogenanntes Anthelminthikum gegen Würmer bzw. bei Wurminfektionen verabreicht. Mit diesen Wirkstoffen werden neben Nutztieren (z.B. Schafe, Schweine, Rinder) auch Haustiere (Hunde, Katzen) behandelt. SEM (Semicarbazid) ist ein Metabolit des Nitrofurazon, wobei Nitrofurazon zur lokalen Behandlung von Hauterkrankungen und Wundinfektionen verwendet wird.

Kann aufgrund der Ergebnisse dieser Pilotstudie im Hinblick auf eine mögliche Belastung der Oberflächengewässer mit Tierarzneimitteln also Entwarnung gegeben werden?

Aus Sicht der Verfasser dieses Berichts sicherlich nicht. Es wurde bereits eingangs darauf verwiesen, dass es sich bei Tierarzneimitteln weit überwiegend um gut wasserlösliche (hydrophile) Stoffe handelt, die sich schlechter im Fischgewebe anreichern. Fenbendazol ist dagegen

ein Stoff, der wenig wasserlöslich ist und eher lipophile (fettlösliche) Eigenschaften aufweist. Dieser Stoff konnte immerhin im Lebergewebe von Aalen mit einem maximalen Gehalt von 112 µg/kg Frischgewicht nachgewiesen werden. Es lässt sich somit nicht mit hinreichender Wahrscheinlichkeit klären, ob stärker wasserlösliche Tierarzneimittel in den untersuchten Gewässern tatsächlich nicht vorhanden waren oder ob sie durch die gewählte Methodik nicht nachgewiesen werden konnten. Das Instrument der Schadstoffüberwachung von Gewässern mittels Untersuchungen von Wasserorganismen, welches sich vielfach bewährt hat, scheint zum Nachweis von Tierarzneimitteln weniger geeignet zu sein, wie die vorliegenden Untersuchungen verdeutlichen. Hinzu kommt, dass es bei kleineren Gewässern teilweise relativ mühsam sein kann, für die Untersuchung geeignete Fische (wie Aale) in einer genügenden Anzahl zu fangen. Um neben der Muskulatur sinnvoller Weise auch das fettreichere Lebergewebe analysieren zu können, müssen die für eine Analyse notwendigen Probenmengen ausreichend sein, was bei den vergleichsweise geringen Lebermengen kleinerer Fische problematisch sein kann (siehe Goldbach und Melstruper Beeke).

Von daher dürfte bei einer Überwachung der Oberflächengewässer hinsichtlich einer möglichen Belastung mit Tierarzneimitteln die Matrix „Wasseruntersuchungen“ grundsätzlich besser geeignet sein, auch wenn dies mit den eingangs beschriebenen Problemen und vergleichsweise hohen Kosten verbunden sein dürfte.

Zur eindeutigen Feststellung der Belastung der Gewässer mit Arzneimittelwirkstoffen aus der Human- und der Tiermedizin sind weitergehende Gewässeruntersuchungen zu empfehlen. Im Rahmen von Pilotuntersuchungen sollten dabei auch die Anteile der jeweiligen Belastungsquellen (Mensch, Tier) differenziert quantifiziert werden. Dabei sind insbesondere die unterschiedlichen Belastungspfade (Punkteinleitungen und diffuse Belastungen aus der Fläche) zu berücksichtigen. Für die aquatischen Organismen, die einer Belastung mit Arzneimitteln ausgesetzt sind, ist die Frage hinsichtlich des Eintragspfades und ob es sich um Tier- oder Arzneimittel handelt, sicherlich nicht relevant. Die erweiterte Kenntnis dazu ist jedoch erforderlich um gezielte und effiziente Maßnahmen zur Reduzierung der Gewässerbelastungen mit Arzneimittelwirkstoffen einzuleiten.

## 6. Quellen/Literatur

AMG (2014): Gesetz über den Verkehr mit Arzneimitteln (Arzneimittelgesetz – AMG), BGBl. I S.2222.

BfR (2003): Semicarbazid in Lebensmitteln, Bundesinstitut für Risikobewertung, 15.10.2003, [http://www.bfr.bund.de/cm/343/semicarbazid\\_in\\_lebensmitteln.pdf](http://www.bfr.bund.de/cm/343/semicarbazid_in_lebensmitteln.pdf) (abgerufen am 19.04.2015).

BLAC (2003): Arzneimittel in der Umwelt – Auswertung der Untersuchungsergebnisse, Bund/Länderausschuss für Chemikaliensicherheit (BLAC), Freie und Hansestadt Hamburg, Behörde für Umwelt, Gesundheit – Institut für Hygiene und Umwelt.

BVL (2014): Dritte Datenerhebung zur Antibiotikaabgabe in der Tiermedizin (Presseinformation vom 01.08.2014, korrigiert am 29.08.2014), Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit, [http://www.bvl.bund.de/DE/08\\_PresseInfothek/01\\_FuerJournalisten/01\\_Presse\\_und\\_Hintergrundinformationen/05\\_Tierarzneimittel/2014/2014\\_08\\_01\\_pi\\_Abgabemengen\\_korrigiert\\_29\\_08\\_2014.html](http://www.bvl.bund.de/DE/08_PresseInfothek/01_FuerJournalisten/01_Presse_und_Hintergrundinformationen/05_Tierarzneimittel/2014/2014_08_01_pi_Abgabemengen_korrigiert_29_08_2014.html) (abgerufen am 29.07.2015).

CliniPharm (2014): Institut für Veterinär-Pharmakologie und Toxikologie, Zürich, <http://www.vetpharm.uzh.ch/perldocs/wirksto.htm> (abgerufen am 19.04.2015).

DER SPIEGEL (2011): Im Akkord zur Schlachtreife. In: Ausgabe 14.02.2011.

DIN (1994): DIN 32645: Nachweis-, Erfassungs- und Bestimmungsgrenze. Deutsches Institut für Normung e.V., Mai 1994.

EG-WRRL (2013): RICHTLINIE 2013/39/EU DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 12. August 2013 zur Änderung der Richtlinien 2000/60/EG und 2008/105/EG in Bezug auf prioritäre Stoffe im Bereich der Wasserpolitik.

EWG (1990): Verordnung (EWG) Nr. 2377/90 des Rates vom 26. Juni 1990 zur Schaffung eines Gemeinschaftsverfahrens für die Festsetzung von Höchstmengen für Tierarzneimittelrückstände in Nahrungsmitteln tierischen Ursprungs; ABl. der EU, L 224 vom 18.8.1990.

EU (2010): Verordnung (EU) Nr. 37/2010 der Kommission vom 22. Dezember 2009 über pharmakologisch wirksame Stoffe und ihre Einstufung hinsichtlich der Rückstandshöchstmengen in Lebensmitteln tierischen Ursprungs; ABl. der EU, L 15/1 vom 20.01.2010.

LANUV (2012): Antibiotische Behandlung von Masthühnern und Mastputen über das Tränkwasser - Untersuchungen von Tränkwasser aus Hühner- und Putenmastställen auf Rückstände von Antibiotika.- Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen, Recklinghausen, 27.08.2012.

NLWKN (2007): Arzneimittel, spezielle Pflanzenschutzmittel und Industriechemikalien in niedersächsischen Gewässern.- Hrsg.: Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz, Oberirdische Gewässer Band 29, 44 S.

NLWKN (2013): Untersuchung niedersächsischer Oberflächengewässer auf ausgewählte Humanarzneimittel (Carbamazepin, Dichlofenac und Sulfamethoxazol), [http://www.nlwkn.niedersachsen.de/service/veroeffentlichungen\\_webshop/schriften\\_zum\\_downloaden/downloads\\_gewaesserguete/veroeffentlichungen-zum-thema-gewaesserguete-107788.html](http://www.nlwkn.niedersachsen.de/service/veroeffentlichungen_webshop/schriften_zum_downloaden/downloads_gewaesserguete/veroeffentlichungen-zum-thema-gewaesserguete-107788.html) (abgefragt am 19.04.2015).

RATSAK, C., GUHL, B., ZÜHLKE, S. und DELSCHEN, T. (2013): Veterinärantibiotikarückstände in Gülle und Gärresten aus Nordrhein-Westfalen, doi:10.1186/2190-4715-25-7, Environmental Science Europe 2013 25:7.

RHMVO (2012): Durchführungsverordnung (EU) Nr. 1161/2012 der Kommission vom 7. Dezember 2012 zur Änderung des Anhangs (EU) Nr. 37/2010 über pharmakologisch wirksame Stoffe und ihre Einstufung hinsichtlich der Rückstandshöchstmengen in Lebensmitteln tierischen Ursprungs in Bezug auf Fenbendazol, ABl. der EU, L 336 vom 7.12.2012.

SRU (2007): Arzneimittel in der Umwelt, Stellungnahme Nr. 12, Sachverständigenrat für Umweltfragen, ISSN 1612-2968, 92 S.

STEFFEN, D. (2007): Humanarzneimittel in Oberflächen- und Küstengewässern.- WASSER UND ABFALL, 11. Jahrgang, Heft 5, 18-22.

STEFFEN, D., WUNSCH, H., KÄMMEREIT, M. (2007a): Triphenylzinn-Biota-Monitoring in Gewässern Niedersachsens.- VOM WASSER 105 (1) 2007, 3-42, 20-24.

STEFFEN, D., WUNSCH, H., KÄMMEREIT, M. (2007b): Organische Schadstoffe in Fischen als Endglied der aquatischen Nahrungskette.- Hrsg.: Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz, Oberirdische Gewässer Band 27, 32.

UBA (2014): Arzneimittel und Umwelt (14.08.2014), Rückstände von Human- und Tierarzneimitteln gelangen kontinuierlich in die Umwelt, vor allem in Gewässer. Arzneimittel sind biologisch hochaktive Stoffe. Sie können in der Umwelt schädlich auf Lebewesen wirken, Umweltbundesamt, <http://www.umweltbundesamt.de/themen/chemikalien/arzneimittel/arzneimittel-umwelt> (abgerufen am 19.04.2015).

UBA (2014a): Antibiotika und Antiparasitika im Grundwasser unter Standorten mit hoher Viehbesatzdichte, UBA-Texte 27/2014, 156 S.

UBA (2015): Arzneimittel in der Umwelt - Eintrag und Vorkommen, Umweltbundesamt, <http://www.umweltbundesamt.de/themen/chemikalien/arzneimittel/arzneimittel-umwelt> (abgerufen am 19.04.2015).

WIKIPEDIA (2015): Anthelminthikum, <https://de.wikipedia.org/wiki/Anthelminthikum> (abgerufen am 19.04.2015).

Fotos: D. Steffen, bis auf Abb. 6 (GALAB Laboratories)

### Danksagung

Der Betriebsstelle Meppen des NLWKN, insbesondere Hermann Hebbelmann, sei an dieser Stelle für die Unterstützung bei der Auswahl der Messstellen gedankt. Ebenso danken wir Sabine Stelter (Betriebsstelle Hannover-Hildesheim) für die Kartenerstellung.

## Verzeichnis der bisher in dieser Reihe publizierten Berichte

- Nr. 1/96: Pflanzenschutzmittel und Nitromoschusverbindungen in ausgewählten niedersächsischen Fließgewässern, 1. Auflage 1996 und 2. Auflage 1997, von D. Steffen, 13 S., 2,50 €.
- Nr. 2/97: Schadstoffuntersuchungen im Seston von Weser und Aller – Probengewinnung mittels einer stationären Durchlaufzentrifuge, 1997, von D. Steffen, 78 S., 5,00 €.
- Nr. 3/97: Orientierende Untersuchungen von Gewässersedimenten auf Nitro-/Polymoschusverbindungen und die Flammenschutzmittel TCEP und TCPP, 1997, von G. Lach und D. Steffen, 13 S., 2,50 €.
- Nr. 4/97: Untersuchung der Wasserstands-Durchfluß-Beziehung, 1997, von D. Tegtbauer et al., 57 S., 5,00 €.
- Nr. 5/98: Abflußmessungen im 19. Jahrhundert, 1998, von H. Berger, 28 S., 5,00 €.
- Nr. 6/98: Hydrologische Landschaften im Raum Niedersachsen, 1998, von M. Elsholz und H. Berger, 26 S., 5,00 €.
- Nr. 7/98: Trendbetrachtung über die Belastung von Gewässersedimenten mit Schwermetallen im Zeitraum von 1986-1996, 1998, von D. Steffen und D. Rischbieter, 88 S., 5,00 €.
- Nr. 8/99: Anwendungen der Wasserstands-Durchfluß-Beziehung, 1999, von M. Elsholz und H. Berger, 28 S., 2,50 €.
- Nr. 9/2000: Aktuelles von niedersächsischen Flachseen - Großes Meer / Hieve / Steinhuder Meer, 2000, von J. Poltz, 33 S., 2,50 €.
- Nr. 10/2000: Phthalate und Triclosan in Sedimenten und Schwebstoffen niedersächsischer Gewässer, 2000, von D. Steffen und G. Lach, 24 S., 2,50 €.
- Nr. 11/2000: Schwermetallfrachten der Aller und deren Auswirkung auf die Weser – Bilanzierung auf der Basis von Schwebstoffuntersuchungen des Jahres 1999, 2000, von D. Steffen, 22 S., 2,50 €.
- Nr. 12/2000: Pegel an kleineren Fließgewässern – Anforderungen aus hydraulischer und fließgewässerökologischer Sicht, 2000, von M. Elsholz und P. Sellheim, 18 S., 2,50 €.
- Nr. 13/2001: Gewässergütebericht 2000, 40 S. und diverse Karten, einschl. CD-ROM, 7,50 €.
- Nr. 14/2001: Zinnorganische Verbindungen im Bioindikator Fisch, 2001, von D. Steffen, H. Wunsch, M. Kämmerleit, J. Kuballa, 2001, 19 S., 7,50 €.
- Nr. 15/2002: Triphenylzinn in Gewässern Niedersachsens – Betrachtung der Kompartimente Wasser, Schwebstoff, Sediment und aquatische Organismen – sowie ein Vergleich zu Butylzinnverbindungen, 2002, Hrsg. NLÖ und Universität Lüneburg, von D. Steffen, 170 S., 10,00 €.
- Nr. 16/2002: Gewässerüberwachungssystem Niedersachsen – GÜN – Pegelmessnetz, Messnetzkonzeption, Messstrategie, 2002, von M. Elsholz und H. Berger, 28 S., 5,00 €.
- Nr. 17/2003: Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe in Schwebstoffen und Sedimenten niedersächsischer Fließgewässer (1995 – 2000), 2003, von G. Pelzer, D. Steffen und G. Lach, 32 S., einschl. CD-ROM, 7,50 €.
- Nr. 18/2003: Hochwasserbemessungswerte für die Fließgewässer in Niedersachsen, Abflüsse in Hydrologischen Landschaften über Regionalisierungsansätze, 2003, von M. Elsholz und H. Berger, 122 S., 60,00 €.
- Nr. 19/2003: Pestizide in niedersächsischen Fließgewässern – Auswertung von NLÖ-Daten der Jahre 1994 – 2001, 2003, Hrsg. NLÖ und Universität Lüneburg, von R. Schäfer, 48 S., 7,50 €.
- Nr. 20/2003: Flächendeckendes Biomonitoring zur Triphenylzinnproblematik, 2003, von D. Steffen, H. Wunsch, M. Kämmerleit und J. Kuballa, 17 S., 5,00 €.
- Nr. 21/2004: Synthetische Komplexbildner, 2004, von D. Steffen, 15 S., 5,00 €.
- Nr. 22/2004: Korngrößenabhängigkeit der Verteilung ausgesuchter schwerflüchtiger organischer Substanzen und Schlussfolgerungen für die Sedimentanalytik, 2004, Hrsg. NLÖ und Universität Lüneburg, von O. Opel, 60 S., 7,50 €.
- Band 23: Hochwasserschutz in Niedersachsen, 2005, NLWKN, von H.-J. Schultz-Wildelau u. H. Berger, 61 S., 5,00 €.
- Band 24: Zur Bioverfügbarkeit von Schwermetallen am Beispiel ausgesuchter Gewässer in Niedersachsen, 2005, NLWKN, von D. Steffen, H. Wunsch, M. Kämmerleit, U. Kohlmeier, 20 Seiten, 5,00 €.
- Band 25: Gewässergütebericht Aller / Quelle 2004, NLWKN, 165 Seiten, 20,00 €
- Band 26: Leistungsvergleich kommunaler Kläranlagen 2006 in den Landkreisen Aurich, Leer, Wittmund und der Stadt Emden, NLWKN, 26 Seiten, 5,00 €
- Band 27: Organische Schadstoffe in Fischen als Endglied der aquatischen Nahrungskette. 2006, NLWKN, von D. Steffen, H. Wunsch, M. Kämmerleit, 32 Seiten, 5,00 €
- Band 28: Gütedaten ostfriesischer Oberflächengewässer Datenband 2007, NLWKN, 263 Seiten, 20,00 €, auch als CD-ROM erhältlich, 5,00 €
- Band 29: Arzneimittel, spezielle Pflanzenschutzmittel und Industriechemikalien in niedersächsischen Gewässern, 2007, NLWKN, 44 Seiten, 5,00 €
- Band 30: Biota-Monitoring in niedersächsischen Gewässern – Untersuchung von Fischen auf Pflanzenschutzmittel, 2009, NLWKN, 21 Seiten, 5,00 €
- Band 31: Gewässerüberwachungssystem Niedersachsen (GÜN), 2010, NLWKN, 60 Seiten, 5,00 €
- Band 32: Ermittlung von Schwermetalltrends in niedersächsischen Fließgewässern entsprechend der EG-Wasserrahmenrichtlinie, 2011, NLWLN, 119 Seiten, 10,00 €
- Band 33: Globaler Klimawandel – Wasserwirtschaftliche Folgenabschätzung für das Binnenland, 2012, NLWKN, 158 Seiten, 15,00 €
- Band 34: Untersuchungen auf ausgewählte Pflanzenschutzmittel im Einzugsgebiet der Fuhse – Bestandsaufnahme 2011, 2013, NLWKN, 60 Seiten, 5,00 €
- Band 35: Gewässerüberwachungssystem Niedersachsen (GÜN) – Nährstoffe in niedersächsischen Oberflächengewässern – Stickstoff und Phosphor -, NLWKN, 22 Seiten, plus weiterer Anlagen/Karten
- Band 36 : Globaler Klimawandel – Wasserwirtschaftliche Folgenabschätzung für das Binnenland – Niedrigwasser, NLWKN, 2015, 106 Seiten.
- Band 37: Biota-Monitoring in ausgewählten niedersächsischen Gewässern – Untersuchung von Tierarzneimitteln in Fischen, 2015, 16 Seiten, NLWKN, 5,00 €

