



umweltbundesamt^U

VETERINÄRANTIBIOTIKA IN WIRTSCHAFTSDÜNGER UND BODEN

BERICHTE
BE-272

Wien, 2005



Projektleitung

Oliver Gans

Autoren

Robert Sattelberger

Oliver Gans

Elena Martínez

Dieses Projekt wurde durch eine Bund/Bundesländerkooperation der Bundesländer Burgenland, Kärnten, Niederösterreich, Oberösterreich und Steiermark sowie dem Lebensministerium mitfinanziert. Besonderen Dank gebührt den externen Projektbeiratsmitgliedern, Herrn Prof. Schmerold vom Institut für Pharmakologie und Toxikologie der Veterinärmedizinischen Universität Wien und Herrn Prof. Winckler vom Institut für Nutztierwissenschaften der Universität für Bodenkultur Wien, die TETSOIL fachlich mitbetreut haben. Den Landwirten, die an diesem Projekt teilgenommen haben, möchten wir für ihre Unterstützung und tatkräftige Mithilfe danken.



lebensministerium.at



Weitere Informationen zu Publikationen des Umweltbundesamtes unter:

<http://www.umweltbundesamt.at/>

Impressum

Medieninhaber und Herausgeber: Umweltbundesamt GmbH
Spittelauer Lände 5, 1090 Wien/Österreich

Eigenvervielfältigung

Gedruckt auf Recyclingpapier

© Umweltbundesamt GmbH, Wien, 2005
Alle Rechte vorbehalten
ISBN 3-85457-775-3



VORWORT

Arzneimittelwirkstoffe, insbesondere Antibiotika, werden in der Nutztierhaltung in beachtenswerten Mengen eingesetzt. Über den Wirtschaftsdünger wie Gülle (Gemisch aus tierischen Ausscheidungen, Einstreu, Futtermittelresten und Wasser), Jauche (Flüssigfraktion der Gülle mit überwiegendem Anteil an tierischem Harn) oder Festmist gelangen die Antibiotika bzw. deren Abbauprodukte in die Umwelt.

Im Frühjahr 2001 wurde der Fachbeirat für Bodenschutz des Landes OÖ ersucht, zur Frage der Auswirkungen von Tierarzneimitteln in Wirtschaftsdüngern auf die Böden Stellung zu nehmen. Die Literaturstudien ergaben, dass Untersuchungen über Arzneimittel in Gewässer, Kläranlagen, Klärschlamm in Österreich vorhanden sind aber keine Studien zu Arzneimittel in Wirtschaftsdünger oder in Böden. In der BRD lagen zu diesem Thema erste Untersuchungen vor. Um die offenen Fragen zu klären, wurde daher ein bundesweites Projekt, an dem die Bundesländer Burgenland, Kärnten, Niederösterreich, Oberösterreich und Steiermark, das BMLFUW beteiligt waren, initiiert.

Ziel des Pilotprojekts war es, die Gehalte von ausgewählten Antibiotikagruppen in Wirtschaftsdüngern von Mastschweinen und Mastgeflügel sowie in den damit gedüngten Böden zu bestimmen. Die Daten sollten einer ersten Expositionsabschätzung dienen und die Grundlage für eventuelle Maßnahmen zur Belastungsminimierungen darstellen.

Die Ergebnisse des Projektes liegen nun vor und geben anhand der untersuchten Betriebe einen ersten Überblick über die Situation in Österreich.



INHALT

VORWORT	3
ZUSAMMENFASSUNG	6
1 EINFÜHRUNG UND PROBLEMDARSTELLUNG	8
2 METHODISCHE VORGANGSWEISE	10
3 BEGRIFFSBESTIMMUNGEN UND RECHTLICHE RAHMENBEDINGUNGEN IN ÖSTERREICH	12
4 EINSATZ VON ANTIBIOTIKA IN DER ÖSTERREICHISCHEN LANDWIRTSCHAFT	15
4.1 Tetracycline	15
4.2 Sulfonamide und Trimethoprim.....	16
4.3 Chinolone.....	16
5 ABBAU UND VERBLEIB IN DER UMWELT	17
5.1 Persistenz in der Gülle	17
5.2 Persistenz im Boden.....	17
5.3 Gebundene Rückstände	17
6 CHEMISCHE UND PHARMAKOLOGISCHE EIGENSCHAFTEN DER ANALYTEN	19
6.1 Tetracycline (AUSTRIA-CODEX, 2004; CLINIPHARM/CLINITOX; WINCKLER et al., 2003)	19
6.2 Sulfonamide und Trimethoprim (Synergist) (AUSTRIA-CODEX, 2004; CLINIPHARM/CLINITOX; THIELE-BRUHN, 2003; WINCKLER et al., 2003).....	21
6.3 Chinolone (AUSTRIA-CODEX, 2004; CLINIPHARM/CLINITOX; THIELE-BRUHN, 2003; WINCKLER et al., 2003).....	23
7 ÖKOTOXISCHE WIRKUNG AUF BODENORGANISMEN UND PFLANZEN	25
8 BESCHREIBUNG DER PROBENAHE UND DER ANALYSENMETHODEN	28
8.1 Auswahl der Betriebe	28
8.2 Probenahme.....	28
8.3 Probenvorbereitung.....	30
8.4 Analytik	30
8.5 Nachweis- und Bestimmungsgrenzen	32
9 ERGEBNISSE	33
9.1 Ergebnisse der Datenerhebung.....	33



9.2	Ergebnisse der analytischen Untersuchungen.....	36
9.3	Tabellarische und grafische Darstellung der analytischen Ergebnisse	41
10	DISKUSSION, SCHLUSSFOLGERUNGEN UND EMPFEHLUNGEN	86
10.1	Diskussion und Bewertung der Ergebnisse	86
10.2	Schlussfolgerungen und Empfehlungen	93
11	LITERATURVERZEICHNIS	98
12	ANHANG	101
12.1	Abkürzungen der Substanznamen	101
12.2	Abkürzungsverzeichnis	101
12.3	Tabellenverzeichnis	103
12.4	Abbildungsverzeichnis	103



ZUSAMMENFASSUNG

Arzneimittelwirkstoffe, insbesondere Antibiotika, werden in der Nutztierhaltung in beachtenswerten Mengen eingesetzt. Über den Wirtschaftsdünger wie Gülle (Gemisch aus tierischen Ausscheidungen, Einstreu, Futtermittelresten und Wasser), Jauche (Flüssigfraktion der Gülle mit überwiegender Anteil an tierischem Harn) oder Festmist gelangen die Antibiotika bzw. deren Abbauprodukte in die Umwelt. Werden landwirtschaftliche Nutzflächen mit diesen Wirtschaftsdüngern behandelt, erreichen diese Wirkstoffe bzw. deren Metaboliten zuerst die oberste Bodenschicht, wo sie sich, je nach Abbauverhalten und Persistenz, anreichern können. Über Versickerung und Abschwemmung besteht die Möglichkeit, dass sie weiter ins Grundwasser bzw. in Oberflächengewässer gelangen.

Ziel dieses Pilotprojekts war es, österreichspezifische Daten zu dieser Problematik zu erheben und erstmalig in Österreich Schweinegülle, Hühner- und Putenmist sowie landwirtschaftlich genutzte Böden auf Rückstände von Veterinärantibiotika zu untersuchen. Als Wirkstoffgruppen wurden Tetracycline, Sulfonamide und Chinolone ausgewählt. Die Daten sollten für eine Expositionsabschätzung und als Grundlage für eventuelle Maßnahmen zu Belastungsminimierungen dienen.

International gültige Grenzwerte für Rückstände von Veterinärantibiotika im Boden existieren derzeit nicht. Die im Rahmen dieser Studie erfolgte ökotoxikologische Risikobewertung für den Lebensraum Boden folgt der EMEA-Leitlinie, die in der Phase I „Schwellen-Wert“ von 0,1 mg/kg für Rückstände von Veterinärarzneimitteln im Boden festlegt. Dies gilt nur für die Zulassung neuer Veterinärarzneimittel-Wirkstoffe, aber nicht für die in der Studie untersuchten Antibiotika.

Sulfadimidin (Sulfamethazin) in der Schweinegülle und Sulfadiazin in Hühner- und Putenmistproben wurden als Vertreter der Sulfonamide in nennenswerten Konzentrationen gefunden. Die Befunde der untersuchten Böden deuten auf Abbauvorgänge dieser Wirkstoffe in der Gülle sowie bei der Zwischenlagerung des Hühner- und Putenmistes hin. Der Synergist Trimethoprim wurde hauptsächlich in Hühnermist- und Putenmistproben nachgewiesen, nicht jedoch in der Schweinegülle. Bezüglich des Abbaus in Gülle, Hühner- und Putenmist ist Trimethoprim wie die Sulfonamide einzuschätzen. Negative Auswirkungen auf die im Boden lebenden Organismen sind aufgrund der vorliegenden Ergebnisse seitens der Sulfonamide und ihres Synergisten Trimethoprim, soweit vor der Ausbringung der Gülle und des Festmistes auf landwirtschaftliche Flächen für eine zeitlich ausreichende Lagerung gesorgt wird, nicht zu befürchten.

Chlortetracyclin war in relativ hohen Konzentrationen in der Schweinegülle, im Hühner- und Putenmist bestimmbar. Auch sieben der 30 Bodenproben waren positiv. Sie lagen, bis auf zwei Werte, über dem „Phase I Schwellen-Wert“ von 0,1 mg/kg für Rückstände von Veterinärarzneimitteln im Boden. Die analytischen Befunde für Chlortetracyclin im Boden erhärten somit den Verdacht der Persistenz dieses Wirkstoffes in dieser Matrix. Der Wirkstoff kann im Boden mobil sein, somit ist die Gefahr einer Kontamination des Grund- und Oberflächenwassers zumindest theoretisch gegeben.

Im Hühner und Putenmist war Tetracyclin, bis auf eine Ausnahme, nicht nachweisbar. Tetracyclin wurde in 22 von 30 Schweinegülleproben nachgewiesen, obwohl nur ein Betrieb dessen Einsatz bestätigte. Das gleiche Phänomen ergab sich in den Untersuchungen von WINCKLER et al. (2003). Der Einsatz von nicht zugelassenen Präparaten ist unwahrscheinlich, da in den zwei unabhängigen Studien, die



in zwei verschiedenen Ländern zu unterschiedlichen Zeitpunkten durchgeführt wurden, die gleichen Ergebnisse erzielt wurden. Zusätzliche Untersuchungen, über die Zielsetzungen dieses Pilotprojekts hinaus, wären notwendig, um diese Befunde befriedigend erklären zu können. Tetracyclin konnte im Boden nicht bestimmt werden. Die Gefahr einer Kontamination des Grundwassers durch Tetracyclin ist als gering einzustufen.

Oxytetracyclin wurde vor allem in der Schweinegülle nachgewiesen (22 von 30 Proben). Im Putenmist war Oxytetracyclin nicht nachweisbar. Im Hühnermist waren drei von zwanzig Proben positiv. Wie Tetracyclin war auch dieser Wirkstoff im Boden nicht nachweisbar. Aufgrund seiner geringen Bodenmobilität ist die Gefahr einer Gewässerkontamination weitgehend auszuschließen.

Positive Proben von Enrofloxacin fanden sich vor allem in Hühner- und Putenmistproben. In der Schweinegülle war das Antibiotikum aufgrund des geringen Einsatzes nur vereinzelt nachweisbar.

Herauszustreichen ist der Befund, dass in ca. 17 % der Bodenproben Enrofloxacin und sein Hauptmetabolit Ciprofloxacin gefunden wurden. Es besteht somit der Verdacht der Persistenz und Anreicherung dieses Wirkstoffes in landwirtschaftlich genutzten Böden. Die Konzentrationen der positiven Proben von Enrofloxacin bzw. Ciprofloxacin überschreiten, bis auf eine Ausnahme, die „Phase I Schwellenwerte“ der EMEA-Leitlinie von 0,1 mg/kg für Rückstände von Veterinärarzneimitteln im Boden. Enrofloxacin und seine Metaboliten sind aus ökotoxikologischer Sicht kritisch zu betrachten. WETZSTEIN et al. (2002) haben zwar die prinzipielle, biologische Abbaubarkeit von Enrofloxacin nachgewiesen, dennoch besteht bezüglich der längerfristigen Umweltauswirkungen von Chinolonen weiterer Forschungsbedarf.

Als wichtigstes Ergebnis dieser Untersuchung sind daher die positiven Funde von Chlortetracyclin und Enrofloxacin und seines Hauptmetaboliten Ciprofloxacin in den Bodenproben herauszustreichen. Beide Wirkstoffe persistieren offensichtlich in der Bodenmatrix und es besteht die Gefahr einer Anreicherung in den obersten Bodenschichten. Auch aus ökotoxikologischer Sicht sind sie kritisch zu betrachten.

Die akute und subakute Toxizität von Veterinärantibiotika auf die Makro- und Mesofauna (Regenwürmer, Enchytraen, Springschwänze usw.) ist nach den vorliegenden Befunden aufgrund der gefundenen Umwelt-Konzentrationen offensichtlich als niedrig einzustufen (HÖPER et al., 2002; THIELE-BRUHN, 2003). Dies trifft naturgemäß *nicht* auf die Mikroorganismengemeinschaft des Bodens zu, da die Antibiotika hier ihre Hauptwirkung entfalten. Trotzdem sind Aussagen darüber derzeit nicht möglich, da entsprechende international akzeptierte Richtlinien (OECD-Richtlinien) für diese spezielle Art von Untersuchungen noch nicht existieren bzw. erst in Entwicklung sind.

Da der Boden Störungen durch Xenobiotika kompensieren kann und beobachtbare Störungen bzw. Effekte daher oft nur von temporärer Dauer sind, ist davon auszugehen, dass mögliche subletale Effekte, negative Beeinflussungen der Mikroorganismengemeinschaft und/oder des Artengefüges des Bodens durch die derzeitigen Untersuchungsmethoden nicht oder nur ungenügend erfasst werden (BOXALL et al., 2003). Eine Beeinflussung der Mikroorganismengemeinschaft durch Antibiotika könnte auch negative Wirkungen auf Bodenmakroorganismen haben, da Bakterien, Mikroalgen usw. diesen als Nahrungsgrundlage dienen.

1 EINFÜHRUNG UND PROBLEMDARSTELLUNG

Arzneimittelwirkstoffe, insbesondere Antibiotika, werden in der Nutztierhaltung in beachtenswerten Mengen eingesetzt. Im Gegensatz zu Heimtieren, wo normalerweise nur einzelne Tiere zu therapeutischen Zwecken behandelt werden, ist in der Nutztierproduktion, besonders bei Schweinen, Hühnern und Puten, die Behandlung einer größeren Anzahl von Tieren üblich. In Verwendung stehen überwiegend Tierarzneimittel, die über das Futter oder Tränkwasser verabreicht werden. Tierarzneimittel unterliegen der Verschreibungspflicht durch den Tierarzt.

Über den Wirtschaftsdünger wie Gülle (Gemisch aus tierischen Ausscheidungen, Einstreu, Futtermittelresten und Wasser), Jauche (Flüssigfraktion der Gülle mit überwiegendem Anteil an tierischem Harn) oder Festmist gelangen die Antibiotika bzw. deren Abbauprodukte in die Umwelt. Werden landwirtschaftliche Nutzflächen mit diesen Wirtschaftsdüngern behandelt, erreichen diese Wirkstoffe bzw. deren Metaboliten zuerst die oberste Bodenschicht, wo sie sich, je nach Abbauverhalten und Persistenz, anreichern können. Über Versickerung und Abschwemmung besteht die Möglichkeit, dass sie weiter ins Grundwasser bzw. in Oberflächengewässer gelangen. Die Kontamination von Gewässern durch Antibiotika wurde bereits nachgewiesen und publiziert (BOXALL et al., 2003; KÜMMERER (Ed.), 2001).

Es besteht somit ein wesentlicher Unterschied (als Eintragspfad) zu den Arzneimittelrückständen aus Humanarzneimitteln, die hauptsächlich über kommunale Kläranlagen in Gewässer gelangen und über den Umweg der Klärschlammausbringung eventuell Böden belasten können.

Abwasseremissionen aus der Massentierhaltung werden in der Verordnung „Begrenzung von Abwasseremissionen aus der Massentierhaltung (AEV Massentierhaltung)“, BGBl. Nr. 349/1997, geregelt, die die organischen Summenparameter TOC, CSB, BSB und AOX begrenzt.

Antibiotika bzw. Chemotherapeutika werden heute überwiegend synthetisch hergestellt. Die ursprüngliche Unterteilung in synthetisch gewonnene Chemotherapeutika und Antibiotika biologischen Ursprungs ist verlassen worden (siehe dazu auch Kapitel 3).

Antibiotika werden in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung zur Prophylaxe, Metaphylaxe, Therapie und zur Leistungsförderung eingesetzt:

- Prophylaxe: Hier werden Antibiotika appliziert, wenn noch keine klinischen Krankheitssymptome vorhanden sind. Die Verwendung von Antibiotika bei der Einstallung von Ferkeln gegen Darm- und Atemwegsinfektionen ist z. B. ein Anwendungsgebiet, in dem Antibiotika prophylaktisch eingesetzt werden. Es erfolgt also ein vorbeugender Arzneimiteleinsatz in Phasen, in denen ein erhöhtes Infektionsrisiko besteht. Die Tiere erhalten im Futter oder mit dem Trinkwasser Antibiotika in Form einer Gruppen- oder Bestandsbehandlung
- Metaphylaxe: Die Behandlung erfolgt, wenn einzelne Tiere in der Gruppe bereits erkrankt sind und die Wahrscheinlichkeit besteht, dass noch weitere erkranken. Die erkrankten Tiere werden individuell parenteral behandelt. Gleichzeitig erhalten alle anderen Tiere Antibiotika im Futter bzw. im Trinkwasser
- Therapie: Es werden bereits erkrankte, infizierte Tiere behandelt. Die Antibiotika-Applikation erfolgt oral oder parenteral als Injektion

- **Leistungsförderung:** Die so genannten Leistungsförderer enthalten Wirkstoffe mit antibiotischem Potential, die dem Tierfutter zugesetzt werden. Sie sind aus rechtlicher Sicht jedoch keine Arzneimittel, sondern unterliegen dem Futtermittelgesetz 1993 (BGBl. Nr. 905/1993) und sind in Anlage 3 der Futtermittelverordnung 1994 (BGBl. Nr. 273/1994) angeführt

Einen Überblick über Antibiotikawirkstoffe, die in Österreich in der Heim- und Nutztierhaltung eingesetzt werden können, gibt die nachstehende Aufstellung. Sie erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit und soll verdeutlichen, welche reichhaltige Palette an Antibiotikawirkstoffen der Veterinärmedizin zur Verfügung steht.

Tab. 1: Übersicht über Antibiotikawirkstoffe in der österreichischen Veterinärmedizin

Aminoglykoside	Apramycin, Dihydrostreptomycin, Gentamicin, Kanamycin, Neomycin, Spectinomycin, Streptomycin
Cephalosprine	Cefazolin, Cefalexin, Cefotaxim, Cefquinom, Ceftiofur, Cefoxitin, Cephalotin, Dicloxacillin, Difloxacin
Amphenicole	Florfenicol
Chinolone (Gyrasehemmer)	Danofloxacin, Enrofloxacin
Diaminopyrimidinderivate	Baquiloprim, Trimethoprim
Lincosamide	Clindamycin, Lincomycin
Makrolide	Erythromycin, Spiramycin, Tilmicosin, Tylosin
Nitroimidazole	Dimetridazol, Metronidazol
Nirofurane	Furazolidon
Penicilline	Ampicillin, Amoxicillin, Cloxacillin, Oxacillin, Penicilline (Amino-, Benzyl-, Phenoxyphenicilline)
Pleuromutiline	Tiamulin, Valnemulin
Polypeptide (Polymyxine)	Colistin, Polymyxin B
Sulfonamide	Formosulfathiazol, Sulfaclozin, Sulfadimidin, Sulfamethoxazol, Sulfadimethoxin, Sulfamethoxin, Sulfalen, Sulfanilamid, Sulfadiazin, Sulfadoxin, Sulfathiazol
Tetracycline	Chlortetracyclin, Doxycyclin, Oxytetracyclin, Tetracyclin

Quelle: SATTELBERGER, 1999

Ziel dieses Pilotprojekts war es, tierische Ausscheidungen erstmalig in Österreich auf ausgewählte Antibiotikawirkstoffe zu untersuchen. Weiters wurden landwirtschaftlich genutzte Böden, die mit Gülle oder Mist gedüngt wurden, auf diese Veterinärarzneimittel analysiert. Die Daten dienten einer Expositionsabschätzung und waren Grundlage für eventuelle Maßnahmen zu Belastungsminimierungen.

2 METHODISCHE VORGANGSWEISE

Das gesamte Vorhaben hat den Charakter einer Pilotstudie. Dadurch ist sowohl die Anzahl der ausgewählten Betriebe limitiert, als auch die Anzahl der für die chemische Analyse ausgewählten Wirkstoffe.

Die Auswahl der Betriebe erfolgte durch die jeweiligen Vertreter der Bundesländer.

Es wurden sechs Schweinemastbetriebe (zwei in Kärnten, einer in Niederösterreich, zwei in Oberösterreich und einer in der Steiermark), fünf Hühnermastbetriebe (zwei in Niederösterreich, einer in Oberösterreich und zwei in der Steiermark) und vier Putenmastbetriebe (drei im Burgenland, einer in Kärnten) ausgewählt.

Um eine etwaige Identifizierung der beprobten Betriebe zu verhindern, werden weder Namen noch Standorte in diesem Bericht veröffentlicht.

Analytisch untersucht wurden Schweinegülle-, Hühner- und Putenfestmistproben. Zusätzlich wurden noch Bodenproben von Agrarflächen der beprobten Betriebe genommen, die mit diesen Wirtschaftsdüngern behandelt worden sind.

Schwerpunkt der analytischen Untersuchungen waren Wirkstoffe, deren Einsatz vorwiegend in Form einer oralen Bestandsbehandlung mittels Futter oder über die Tränke erfolgte.

In der nachfolgenden Tabelle werden diejenigen Wirkstoffe angeführt, die vom Analysenprogramm erfasst und gemäß den erstellten Probenahmeprotokollen auch tatsächlich in den Mastbetrieben verwendet wurden.

Tab. 2: Von den Betrieben eingesetzte und vom gegenständlichen Analysenprogramm erfasste Wirkstoffe

Schweinemastbetriebe	Hühnermastbetriebe	Putenmastbetriebe
Diaminopyrimidin-Derivate: Trimethoprim	Diaminopyrimidin-Derivate: Trimethoprim	Diaminopyrimidin-Derivate: Trimethoprim
Chinolone: Enrofloxacin (nur von einem Betrieb angegeben)	Chinolone: Enrofloxacin	Chinolone: Enrofloxacin
Sulfonamide: Sulfamethoxazol, Sulfadimidin	Sulfonamide: Sulfadiazin	Sulfonamide: Sulfadiazin
Tetracycline: Chlortetracyclin, Oxytetracyclin, Tetracyclin (nur von einem Betrieb angegeben)	Tetracycline: Oxytetracyclin	Tetracycline: Tetracyclin, Chlortetracyclin

Für diese Wirkstoffe wurde auf Grundlage von einschlägiger Fachliteratur und Recherchen in internationalen Literaturdatenbanken bzw. im Internet Informationen und Daten hinsichtlich Nachweisverfahren, Toxikologie, Pharmakologie, Umweltverhalten, Vorkommen, Verteilung und Verhalten in der Umwelt erhoben.

Ergänzend wurde der Kjeldahl Stickstoff und ausgewählte Schwermetalle als Basisdaten analysiert.



Aufgrund der geringen Anzahl der Proben, der heterogenen Datenstruktur und der Menge an Analyseergebnissen unter der Nachweisgrenze wurde auf eine statistische Auswertung der Befunde verzichtet.

Für eine österreichspezifische Expositionsabschätzung, als Teil der Risikoabschätzung, sind vor allem Angaben über potentielle Austräge in den Boden und ins Grundwasser erforderlich. Soweit positive Ergebnisse über Rückstände in landwirtschaftlich genutzten Böden vorlagen, sind sie für eine „Worst-Case-Szenarium“ herangezogen worden.

Für Antibiotika-Wirkstoffe mit erhöhten Einzelwerten im Boden und ausreichend toxikologischer Datenlage ist auch eine Risikoabschätzung über etwaige negative Auswirkungen auf die Umwelt durchgeführt worden. Dies trifft auf folgende Wirkstoffe zu:

- Chlortetracyclin mit einem Maximalwert von 0,81 mg/kg TM im Boden
- Enrofloxacin und sein Hauptmetabolit Ciprofloxacin mit einem Maximalwert von 0,20 bzw. 0,37 mg/kg TM im Boden

3 BEGRIFFSBESTIMMUNGEN UND RECHTLICHE RAHMENBEDINGUNGEN IN ÖSTERREICH

Alle in dieser Studie untersuchten Antibiotikawirkstoffe sind Arzneimittel im Sinne des § 1 Abs. 1 des Arzneimittelgesetzes (BGBl. Nr. 185/1983). Sie unterliegen somit der Verschreibungspflicht durch den Tierarzt.

Es sei an dieser Stelle ausdrücklich erwähnt, dass in dieser Studie *keine* Leistungsförderer, also Futterzusatzstoffe, die in Futtermittel enthalten sind, untersucht wurden. Diese sind aus rechtlicher Sicht keine Arzneimittel, sondern unterliegen dem Futtermittelgesetz 1993 (BGBl. Nr. 905/1993). Diese Futterzusatzstoffe enthalten ausgewählte Antibiotika, die in subtherapeutischen Dosen verfüttert werden. Sie sollen zur Steigerung der Mastleistung führen und positive Wirkung auf die Tiergesundheit haben. Im Jahr 2003 waren noch vier Futterzusatzstoffe (Avilamycin, Flavophospholipol, Monensin-Natrium und Salinomycin-Natrium) in der EU zugelassen. Mit einem generellen Verbot dieser vier noch in der EU zugelassenen Futtermittelzusatzstoffe ist ab dem Jahr 2006 zu rechnen.

Antibiotika sind natürliche Stoffwechselprodukte bzw. deren synthetische Nachbildungen von Bakterien, Pilzen, Flechten und Algen. Sie wirken gegen krankheitserregende Bakterien, entweder bakterizid (abtötend) oder bakteriostatisch (hemmend auf das Wachstum). Der Begriff „Chemotherapeutika“, also nur chemisch hergestellte Substanzen mit vergleichbarer bzw. ähnlicher Wirkung, ist nicht mehr gebräuchlich.

In der Veterinärmedizin werden Antibiotika zur Pro- und Metaphylaxe und zur Therapie eingesetzt.

Im Austria-Codex 2004 sind mit Stand April 2004 261 Antibiotikapräparate (Indikationsgruppe: 801) und 108 Chemotherapeutika (Indikationsgruppe: 812) für den veterinärmedizinischen Gebrauch angeführt.

Die meisten Antibiotikawirkstoffe, die in der Veterinärmedizin eingesetzt werden, werden auch in der Humanmedizin verwendet. Ein Überblick über die Anzahl der in Österreich zugelassenen Human- und Veterinärpräparate gibt nachfolgende Tabelle.

Tab. 3: Übersicht der zugelassenen Arzneyspezialitäten (Präparate), die die chemisch analysierten Antibiotikawirkstoffe enthalten

Wirkstoff	Insgesamt mit diesem Wirkstoff zugelassene Präparate	Humanpräparate	Veterinärpräparate
Tetracycline			
Tetracyclin	16	10	6
Chlortetracyclin	18	6	12
Oxytetracyclin	42	1	41
Sulfonamide und Trimethoprim			
Sulfadimidin (Sulfamethazin)	18	keine	18
Sulfadiazin	20	3	17
Sulfadoxin	3	keine	3
Sulfathiazol	6	keine	6
Sulfamethoxazol	23	15	8
Trimethoprim	73	33	40
Chinolone			
Enrofloxacin	10	keine	10
Ciprofloxacin	51	51	keine

Quelle: AUSTRIA CODEX (2004)

Arzneyspezialitäten sind gemäß Arzneimittelgesetz (BGBl. Nr. 185/1983) Arzneimittel, die im Voraus stets in gleicher Zusammensetzung hergestellt und unter der gleichen Bezeichnung in einer der Abgabe an den Verbraucher oder Anwender bestimmten Form in Verkehr gebracht werden.

Weiters unterscheidet dieses Gesetz noch zwischen Fütterungsarzneimittel und Fütterungsarzneimittel-Vormischungen:

Fütterungsarzneimittel sind Arzneimittel in verfütterungsfertiger Form, also verwendungsfertige Tierarzneimittel, welche durch Vermischen von Arzneimitteln und Futtermitteln im Sinne des Futtermittelgesetzes hergestellt werden und zur Anwendung bei Tieren bestimmt sind.

Sie dürfen vom Hersteller, Depositeur oder Arzneimittel-Großhändler auf Verschreibung des behandelten Tierarztes direkt an Verbraucher abgegeben werden. Die wiederholte Abgabe auf eine Verschreibung ist unzulässig (siehe § 57 „Abgabe von Arzneimitteln“ Abs. 4, BGBl. Nr. 185/1983). Die Lieferung von Fütterungsarzneimitteln an den Tierhalter ist somit nur über berechnigte Personen, also Tierärzte, erlaubt.



Weiters besteht die von den Betrieben häufig genutzte Möglichkeit, Tierarzneimittel, insbesondere Fütterungsarzneimittel-Vormischungen, zu verwenden. Diese werden dann für den eigenen Bedarf im landwirtschaftlichen Betrieb mit dem Futter vermengt bzw. dem Tränkwasser zugesetzt.

Fütterungsarzneimittel-Vormischungen (Praemixe) sind Arzneyspezialitäten, die Futtermittel im Sinne des Futtermittelgesetzes enthalten und dazu bestimmt sind, zur Herstellung von Fütterungsarzneimitteln verwendet zu werden. Sie sind also Arzneimittel in noch nicht verwendungsfertiger Form und unterliegen der Zulassungspflicht. Diese dürfen vom Tierhalter nur nach dementsprechender Teilnahme am jeweiligen Tiergesundheitsdienst vom Tierarzt bezogen werden und im hofeigenen Mischer vermischt werden. Der Mischer muss jedoch bei der zuständigen Bezirkshauptmannschaft zugelassen sein und der Landwirt muss eine dementsprechende Ausbildung vorweisen.

Die Applikation der gegenständlichen Antibiotika kann oral und parenteral erfolgen, wobei parenteral, also die intravenöse (i. v.), intramuskuläre (i. m.) und subkutane (s. c.)-Applikation, meist speziellen Indikationen und Tiergruppen vorbehalten ist.

Die orale Applikation – über das Futter oder das Tränkwasser – ist gängige Praxis bei der Bestands- und Gruppenbehandlung von Schweinen, Mastgeflügel und Puten. Generell geht der Trend in Richtung der Applikation über die Tränke.

4 EINSATZ VON ANTIBIOTIKA IN DER ÖSTERREICHISCHEN LANDWIRTSCHAFT

Eine Abschätzung des Gesamtverbrauchs von Antibiotika in der Nutztierhaltung ist nicht möglich, da eine zentrale Erfassung des Arzneimitelesinsatzes in der österreichischen Veterinärmedizin nicht existiert. Es ist allerdings anzunehmen, dass die jeweiligen pharmazeutischen Firmen über entsprechende Daten verfügen. Bei diesen Firmen wurde nicht explizit nachgefragt. Dies deswegen nicht, da aus bisheriger Erfahrung meist eine Herausgabe der Verbrauchsdaten aus Konkurrenz und markttechnischen Gründen verweigert wird.

Die für die Humanarzneimittel vorhandenen Datenbanken des IMS (Institut für medizinische Statistik), DPMÖ (Der pharmazeutische Markt Österreich) und DPMÖK (Der Pharmazeutische Markt Österreich/Krankenhaus), ermöglichen eine gute Abschätzung der Verkäufe des Großhandels an die Apotheken, Hausapotheken bzw. Krankenhausapotheken. Vergleichbares gab es zum Zeitpunkt der Studie für den Veterinärarzneimittelbereich nicht. Das Tierarzneimittelkontrollgesetz aus dem Jahre 2002 soll in Zukunft eine Abschätzung über Verwendung von Tierarzneimitteln in Österreich ermöglichen (BGBl. Nr. 28, 2002).

Die wichtigsten in der Nutztierhaltung eingesetzten Antibiotika-Wirkstoffgruppen in Deutschland (Niedersachsen) waren gemäß eines Forschungsvorhabens des Umweltbundesamtes Berlin (WINCKLER & GRAFE, 2000) die Tetracycline (52 %), Sulfonamide (19 %), Aminoglykoside (9 %) und die β -Lactame (5 %).

In Dänemark wurden im Jahr 1997 48,5 t Antibiotika in Form therapeutischer Wirkstoffe in der Veterinärmedizin verwendet (HELLING-SØRENSEN et al., 2002).

Man kann davon ausgehen, dass in Österreich etwa ähnliche Wirkungsspektren bzw. Verbrauchsverhältnisse wie in Deutschland bzw. in der Gesamt-EU vorzufinden sind. Auch die Auswertung der Probenahmeprotokolle bestätigt diese Annahme.

Folgende Trends sollten somit auch für Österreich ableitbar sein:

- Haupteinsatzgebiet von Antibiotika ist die Schweinehaltung, gefolgt von der Hühner- und Putenmast
- Eingesetzt werden Antibiotika sowohl zur prophylaktischen als auch zu therapeutischen Zwecken
- Die wichtigsten Wirkstoffgruppen sind die Tetracycline und die Sulfonamide in Kombination mit dem Synergisten Trimethoprim
- Mengenmäßig geringere Bedeutung haben die Aminoglykoside (Spectinomycin, Neomycin), Chinolone (Enrofloxacin), β -Lactame (Amoxicillin), Makrolide (Tylosin) und die Polymyxine (Colistin)

4.1 Tetracycline

Tetracycline sind in der Veterinärmedizin die am häufigsten eingesetzte Antibiotikagruppe. Sie wirken bakteriostatisch, indem sie die Proteinsynthese hemmen.

Dies spiegelt sich auch im EU-Verbrauch an Tetracyclinen in der Veterinärmedizin wieder, wobei der Anteil dieser Wirkstoffgruppe am Antibiotika-Gesamtverbrauch mit 66 % im Jahr 1999 angegeben wird (FEDESA, 1999). Somit entfallen ca. zwei



Drittel der veterinärmedizinischen eingesetzten Gesamtwirkstoffmenge auf diese Wirkstoffgruppe. Bezüglich der einzelnen Tierarten werden Tetracycline vor allem bei Schweinen und Geflügel verwendet.

Auf Wirkstoffebene dominieren, insbesondere in der Schweinemast, der Einsatz von Chlortetracyclin und Oxytetracyclin. Dies gilt auch für die beprobten Betriebe.

4.2 Sulfonamide und Trimethoprim

Sulfonamide sind bakteriostatische Breitbandantibiotika, die meist in Kombination mit dem Synergisten Trimethoprim eingesetzt werden.

Mengenmäßig sind sie nach den Tetracyclinen die zweitwichtigste Gruppe. Sulfonamide werden sowohl in der Schweine- und Hühner- als auch in der Putenmast eingesetzt. Dies gilt auch für die beprobten Betriebe, die vor allem die Kombinationen Sulfadimidin + Trimethoprim (Schweinemast), Sulfamethoxazol + Trimethoprim (Schweinemast), Sulfadiazin + Trimethoprim (Hühner- und Putenmast) verwendeten.

4.3 Chinolone

Chinolone gehören chemisch zur Klasse der Fluorchinolone und besitzen eine bakterizide Wirkung, die sie über die Hemmung der bakteriellen DNA-Gyrase entfalten. Sie werden oft auch als „DNA-Gyrase-Hemmer“ bezeichnet.

Hauptvertreter der veterinärmedizinisch eingesetzten Chinolone ist das Enrofloxacin. Es ist nur für die Anwendung in der Veterinärmedizin vorgesehen.

Bei den beprobten Betrieben erfolgte dessen Einsatz überwiegend in der Putenmast (3 von 4 Betrieben haben dessen Einsatz angeführt) und der Hühnermast (3 von 5 Betrieben haben den Wirkstoff eingesetzt). Während bei den Schweinemast-Betrieben nur ein Betrieb von sechs den Einsatz von Enrofloxacin angab.

Mengenmäßig sind die Chinolone bei weitem weniger bedeutend als die beiden vorher genannten Antibiotikagruppen, obwohl sich der Einsatz von Enrofloxacin deutlich in den letzten Jahren vermehrt hat. ALLERBERGER & WÜRZNER (1998) gaben für das Jahr 1997 einen Verbrauch von 425 kg Enrofloxacin in Österreich an.

5 ABBAU UND VERBLEIB IN DER UMWELT

5.1 Persistenz in der Gülle

Von HALLING-SØRENSEN (2001) sind vorläufige Ergebnisse über Halbwertszeiten (HWZ, $t_{1/2}$) von Veterinärantibiotika in der Gülle (10 °C; pH = 8) publiziert worden:

Tetracycline: 100 Tage

Sulfonamide: 30 Tage

Chinolone: 100 Tage

Für β -Lactame und Makrolide sind HWZ von 5 bzw. 21 Tagen angegeben. Wirkstoffe aus diesen Antibiotika-Gruppen wurden zwar gemäß den Probenahmeprotokollen eingesetzt, waren aber nicht im Analysenprogramm enthalten.

Trimethoprim wird, allerdings gelten diese Angaben nur für Klärschlamm, in 22 bis 41 Tagen zu 50 % abgebaut.

HALLING-SØRENSEN (2001) betont auch, dass eine lange Lagerzeit der Gülle besonders wichtig für den Abbau (> 90 %) von Veterinärantibiotika in dieser Matrix ist.

WINCKLER & GRAFE (2000) ermitteln für Tetracyclin in der Schweinegülle ebenfalls eine beachtenswerte Stabilität mit HWZ von 45 bis 105 Tagen. Im Hühnermist war eine deutlich schnellere Konzentrationsabnahme feststellbar (WINCKLER et al., 2003).

5.2 Persistenz im Boden

HALLING-SØRENSEN (2001) berechnete auch die „Predicted Environmental Concentration“ (PEC) im Boden für verschiedene Verabreichungs-Szenarien (oral, parenteral). Ein errechnetes Szenarium, nämlich die Verabreichung der Antibiotika über das Futter an Mastschweine, trifft auf die in dieser Untersuchung vorhandenen Bedingungen annähernd zu. Es wurden ein bis drei Behandlungen simuliert, jeweils am ersten, sechzigsten und hundertachtzigsten Tag der Güllelagerung. Die Bandbreiten der errechneten Werte sind:

PEC - Chlortetracyclin: 0,155 bis 0,921 mg/kg Boden

PEC - Sulfadiazin: 0,005 bis 0,3 mg/kg Boden

PEC- Enrofloxacin: 0,022 bis 0,128 mg/kg Boden

5.3 Gebundene Rückstände

Die Definition der gebundenen Rückstände, also nicht mit organischen und wässrigen Lösungsmitteln extrahierbare Rückstände, bezieht sich historisch gesehen hauptsächlich auf Pflanzenschutzmittel.



EU-Definition (EU-Richtlinie 91/141/EWG):

„Unter nicht extrahierbaren Rückständen sind chemische Stoffe zu verstehen, die aus der Anwendung eines Pflanzenschutzmittels gemäß guter landwirtschaftlicher Praxis stammen und durch Verfahren, welche die chemische Natur dieser Rückstände nicht bedeutend verändern, nicht extrahiert werden können. Durch Stoffwechselprozesse entstandene Bruchstücke, die zu natürlichen Produkten führen, gelten nicht als nicht extrahierbare Rückstände.“

Um die Gesamtheit der Antibiotika-Rückstände erfassen zu können (sowohl nicht gebundene als auch gebundene Veterinärarzneimittel), wurden bei der Extraktion genau definierte saure pH-Bedingungen gewählt. Die Bindungen können somit gebrochen werden und verbleiben durch einen Überschuss an Komplexbildner im Extraktionsmittel. Eine Kontrolle, ob die Antibiotika erfasst werden können, zeigen die Wiederfindungen der dotierten Proben (siehe Kapitel 8.4 und 10.1).



6 CHEMISCHE UND PHARMAKOLOGISCHE EIGENSCHAFTEN DER ANALYTEN

6.1 Tetracycline (AUSTRIA-CODEX, 2004; CLINIPHARM/CLINITOX; WINCKLER et al., 2003)

Das für alle Tetracycline charakteristische viergliedrige Ringsystem (Tetracen-Gerüst) hat zur Namensgebung dieser Antibiotikagruppe geführt. Tetracycline hemmen partiell die ribosomale Proteinsynthese der Bakterien. Diese reagieren im Gegensatz zum Säugerorganismus besonders empfindlich auf diesen Wirkmechanismus. Ihre Wirkung ist bakteriostatisch und sie sind typische Vertreter von Breitbandantibiotika.

Für Tetracycline gilt eine hohe Affinität zu zwei- und dreiwertigen Kationen (Ca^{2+} ; Mg^{2+} ; Fe^{3+}) unter der Bildung von nicht resorbierbaren Chelatkomplexen. Somit ist ihre Bioverfügbarkeit stark abhängig von Art und Zusammensetzung der verabreichten Nahrung. Im Körper reichern sie sich vor allem in Knochen an.

Die minimalen Hemmkonzentrationen (MHK) liegen im Bereich von 0,5 bis 2 mg/l.

Die wichtigsten Metaboliten sind:

- 4-epi-Tetracyclin, epi-Chlortetracyclin, iso-Chlortetracyclin: mit geringer oder keiner antimikrobieller Aktivität
- Anhydro-Tetracyclin, epi-Anhydro-Tetracyclin (Dehydratationsderivate von Tetracyclin): sind antimikrobiell wirksam und toxischer als ihre Muttersubstanzen

6.1.1 Tetracyclin (CAS-Nr. 60-54-8, als Hydrochlorid CAS-Nr. 64-75-5)

Summenformel: $\text{C}_{22}\text{H}_{24}\text{N}_2\text{O}_8 \cdot \text{HCl}$

Molare Masse: 480,91 g/mol

Wasserlöslichkeit: 1,7 g/l als Tetracyclin, 50 bis 100 g/l als Hydrochlorid

Log K_{ow} (n-Oktanol-Wasser-Verteilungskoeffizient): -1,19 ml/g

K_f Adsorptionskoeffizient an die Bodenmatrix: > 400, 1.140 bis 1.620 (Torf) ml/g

Wirkung: Tetracyclin ist im Wirkspektrum weitgehend identisch mit Oxytetracyclin.

Anwendungsgebiet: Bakteriell bedingte Erkrankungen des Respirations- und Gastrointestinaltraktes von Schweinen

Dosierung: Schwein: bis 22 mg/kg KGW für 3 bis 5 Tage ins Trinkwasser

Eigenschaften: Bei oraler Verabreichung ist insbesondere bei Schweinen mit einer geringeren Bioverfügbarkeit zu rechnen. Tetracyclin wird in biologisch aktiver Form zu 40 % über die Fäzes und zu 60 % im Urin ausgeschieden. Insbesondere in der Galle kommt es zur erhöhten Anreicherung im Vergleich zur Plasmakonzentration.



6.1.2 Oxytetracyclin (CAS-Nr. 79-57-2, als Hydrochlorid: CAS-Nr. 2058-46-0, als Hydrat: CAS-Nr. 6153-64-6)

Summenformel: $C_{22}H_{24}N_2O_9$

Molare Masse: 460,44 g/mol

Wasserlöslichkeit: 1 g/l, schwer löslich in Wasser als Base, leicht löslicher als Hydrochlorid

Log K_{ow} (n-Oktanol-Wasser-Verteilungskoeffizient): -1,22 ml/g

K_f Adsorptionskoeffizient an die Bodenmatrix: 420 - 1.030 ml/g

Wirkung: siehe oben

Anwendungsgebiet: Bakteriell bedingte Erkrankungen des Respirations- und Gastrointestinaltraktes von Schweinen und Geflügel

Dosierung: Schwein: bis 40 mg/kg KGW oral bzw. bis 20 mg/kg i.m., Geflügel: bis 80 mg/kg oral

Eigenschaften: Die orale Bioverfügbarkeit beträgt bis zu 80 % (Schwein). Oxytetracyclin wird bis zu 90 %, in biologisch aktiver Form, unverändert über die Galle und Urin ausgeschieden.

6.1.3 Chlortetracyclin (CAS-Nr. 57-62-5, als Hydrochlorid: CAS-Nr. 64-72-2)

Summenformel: $C_{22}H_{23}ClN_2O_8$

Molare Masse: 478,86 g/mol

Wasserlöslichkeit: 8,6 g/l

Wirkung: siehe oben

Anwendungsgebiet: Bakteriell bedingte Erkrankungen des Respirations- und Verdauungstraktes sowie zur Prophylaxe in Stresssituationen (Umstellungen)

Dosierung: Schwein (10 bis 20 mg/kg KGW i. m.; bis 10 mg/kg KGW i. v.; 20 bis 50 mg/kg KGW oral)

Eigenschaften: Die Bioverfügbarkeit beträgt bis zu 80 % (Kalb, Schwein). Maximale Plasmakonzentrationen werden nach zwei bis vier Stunden erreicht. Chlortetracyclin kann zum Teil im Magen-Darmtrakt zu inaktiven Iso-Chlortetracyclin umgewandelt werden. Der Großteil wird jedoch renal und über die Galle bzw. Fäzes in aktiver Form ausgeschieden.

6.2 Sulfonamide und Trimethoprim (Synergist) (AUSTRIA-CODEX, 2004; CLINIPHARM/CLINITOX; THIELE-BRUHN, 2003; WINCKLER et al., 2003)

Bei den Sulfonamiden (Derivate des Sulfanilamids) handelt es sich um synthetisch hergestellte Antibiotika, die durch den hemmenden Eingriff in die Folsäuresynthese von Bakterien eine wachstumshemmende Wirkung auf diese besitzen, also bakteriostatisch wirken. Trimethoprim, chemisch gesehen ein Pyrimidin-Abkömmling, ist ein Hemmer der Dihydrofolatreduktase. Es wirkt als Synergist und wird meist in Kombination mit Sulfonamiden eingesetzt. Durch den synergistischen Effekt beider Wirkstoffe lässt sich eine geringere Dosierung der Einzelkomponenten erzielen.

Sulfonamide haben sowohl *in vitro* als auch *in vivo* ein sehr breites Wirkungsspektrum. Es umfasst neben zahlreichen grampositiven und gramnegativen Keimen auch Chlamydien und einige Protozoenarten wie Kokzidien und Toxoplasmen. Ihre Wirkung ist bakteriostatisch.

6.2.1 Sulfadimidin (Sulfamethazin) (CAS-Nr. 57-68-1)

Summenformel: $C_{12}H_{14}N_4O_2S$

Molare Masse: 278,3 g/mol

Wasserlöslichkeit: 1,5 g/l, die Löslichkeit erhöht sich mit zunehmenden pH-Wert.

Log K_{ow} (n-Oktanol-Wasser-Verteilungskoeffizient): 0,89 ml/g

K_f Adsorptionskoeffizient an die Bodenmatrix: 0,6 bis 3,5 ml/g

Wirkung: siehe oben

Anwendungsgebiet: Bakteriell durch empfindliche Erreger bedingte Primär und Sekundärinfektionen und Kokzidien bei Schweinen, Kälbern, Geflügel und Kaninchen wie Rhinitis, Pneumonien und Enteritiden

Dosierung: Die Richtdosierung beträgt 50 - 100 mg/kg KGW, meist oral. Geflügel: bis 80 mg/kg KGW, ins Trinkwasser. Schwein: 100 - 200 mg/kg KGW initial, später 50 - 100 mg/kg KGW zum Fertigfutter.

Eigenschaften: Sulfamethazin wird vom Schwein hauptsächlich (zu ca. 46 %) über die Niere, in geringerem Maß auch durch die Galle ausgeschieden. Davon zu 50 % in acetylierter Form. Der Hauptmetabolit ist das N4-Acetyl-Sulfamethazin. Die Eliminationshalbwertszeit für Sulfadimidin beträgt 17 Stunden.

6.2.2 Sulfadiazin (CAS-Nr. 68-35-9, als Natriumsalz CAS-Nr. 547-32-0)

Summenformel: $C_{10}H_{10}N_4O_2S$

Molare Masse: 250,3 g/mol

Wasserlöslichkeit: 0,08 bis 1,3 g/l, die Löslichkeit erhöht sich mit zunehmenden pH-Wert.

Log K_{ow} (n-Oktanol-Wasser-Verteilungskoeffizient): -0,09 ml/g

K_f Adsorptionskoeffizient an die Bodenmatrix: 2 bis 2,5 ml/g



Wirkung: siehe oben

Anwendungsgebiet: Sulfadiazin wird meist in Kombination mit Trimethoprim bei Ferkeln zur Behandlung bakteriell bedingter Durchfallerkrankungen verwendet, außerdem bei Infektionen des Respirations-, Gastrointestinal- und Urogenitaltraktes.

Dosierung: Schwein: ca. 25 mg/kg KGW; Geflügel: 20 mg/kg KGW

Eigenschaften: Etwa 50 % werden unverändert im Harn ausgeschieden. Sulfadiazin wird in der Leber hauptsächlich zu N4-Acetyl-Sulfadiazin metabolisiert. Die Halbwertszeit im Plasma beträgt etwa 4 - 5 Stunden.

6.2.3 Sulfadoxin (CAS Nr. 2447-57-6)

Summenformel: $C_{12}H_{14}N_4O_4S$

Molare Masse: 310,34 g/mol

Wasserlöslichkeit: sehr schwer löslich in Wasser

Wirkung: siehe oben

Anwendungsgebiet: Sulfadoxin wird meist in Kombination mit Trimethoprim bei Rindern, Pferden und Schweinen zur Behandlung bakteriell bedingter Primär- und Sekundärinfektionen eingesetzt.

Dosierung: Die Richtdosis beträgt bei parenteraler Verabreichung ca. 10 bis 15 mg/kg KGW.

Eigenschaften: Sulfadoxin wird überwiegend über die Nieren ausgeschieden.

6.2.4 Sulfathiazol (CAS-Nr. 72-14-0)

Summenformel: $C_9H_9N_3O_2S_2$

Molare Masse: 255,32 g/mol

Wasserlöslichkeit: schwer löslich in Wasser: 0,6 bis 2,35 g/l

K_f Adsorptionskoeffizient an die Bodenmatrix: 3 ml/g

Wirkung: siehe oben

Anwendungsgebiet: Sulfathiazol wird meist in Kombination mit Trimethoprim und anderen Sulfonamiden für die Therapie und Prophylaxe von Infektionen des Respirations- und Verdauungstraktes bei Kälbern und Schweinen verwendet.

Dosierung: Richtdosierung: 200 mg Sulfonamide/kg KGW und Tag verabreicht in zwei Dosen. Oft orale Verabreichung in Kombination mit Sulfadimidin und Trimethoprim. Die Richtdosis für diese Kombination beträgt 16 bis 24 mg Wirkstoff je kg KGW.

Eigenschaften: Bei einer Kombination von Trimethoprim mit Sulfonamiden addiert sich deren Wirksamkeit, doch werden diese Wirkstoffe getrennt über die Nieren ausgeschieden, was therapeutisch vorteilhaft ist.



6.2.5 Trimethoprim (CAS-Nr.: 738-70-5)

Der Wirkstoff gehört zu den Pyrimidinderivaten und weist eine sehr hohe Affinität für die bakterielle Dihydrofolatreduktase auf.

Summenformel: $C_{14}H_{18}N_4O_3$

Molare Masse: 290,32 g/mol

Wasserlöslichkeit: Sehr schwer löslich in Wasser

Wirkung: Die Wirkung ist bakteriostatisch. Trimethoprim wird in Kombination mit Sulfonamiden als Synergist eingesetzt.

Anwendungsgebiet: Trimethoprim wird immer in Kombination mit Sulfonamiden für die Therapie und Prophylaxe von Infektionen des Respirations-, Verdauungs- und des Urogenitaltraktes bei Kälbern, Schweinen und Geflügel verwendet.

Dosierung: Die Richtdosis beträgt ca. 5 mg/kg KGW

Eigenschaften: Bei einer Kombination von Trimethoprim und Sulfonamiden (Sulfadimidin und Sulfathiazol) addiert sich deren Wirksamkeit, doch werden diese Wirkstoffe getrennt über die Nieren ausgeschieden, was therapeutisch von Vorteil ist.

6.3 Chinolone (AUSTRIA-CODEX, 2004; CLINIPHARM/CLINITOX; THIELE-BRUHN, 2003; WINCKLER et al., 2003)

Die Chinolone, im speziellen Fluorchinolone (auch als Gyrase-Hemmer bezeichnet) hemmen die DNA-Gyrase, ein nur in Bakterien vorkommendes Enzym, welches für eine erfolgreiche bakterielle DNA-Replikation unerlässlich ist. Hauptmetabolit von Enrofloxacin ist das Ciprofloxacin.

6.3.1 Enrofloxacin (CAS Nr. 93106-60-6)

Summenformel: $C_{19}H_{22}FN_3O_3$

Molare Masse: 359.39 g/mol

Wasserlöslichkeit: 130 g/l

Log K_{ow} (n-Oktanol-Wasser-Verteilungskoeffizient): 1,1 ml/g

K_f Adsorptionskoeffizient an die Bodenmatrix: 260 - 5.612 ml/g (Lehm, lehmiger Sand)

Wirkung: Enrofloxacin ist ein bakterizid wirkendes Antibiotikum und gehört zur Klasse der DNA-Gyrasehemmer. Der Wirkstoff wird nur in der Veterinärmedizin eingesetzt. Der Wirkstoff besitzt einen sehr niedrige „Minimale Hemmkonzentration“ (MHK) < 100 µg/ml!

Anwendungsgebiet: Bakteriell bedingte Erkrankungen des Respirations- und Gastrointestinaltraktes von Schweinen. Nach Angabe der beprobten Betriebe erfolgt ein Einsatz von Enrofloxacin auch bei Hühnern und Puten.



Dosierung: Die Richtdosen liegen im Bereich von 2,5 bis 10 mg/kg KGW. Da Schweine Enrofloxacin schlecht über das Trinkwasser akzeptieren, erfolgt die Applikation auch parenteral, als intramuskuläre Injektion in die Halsmuskulatur (2,5 - 5 mg/kg i. m. über 3 bis 5 Tage). Saug-, Jungferkel: 2,5 mg/kg oral über 3 bis 5 Tage mit der Dosierpumpe oder 1,7 - 2,5 mg/kg i. m. über 3 Tage.

Eigenschaften: Enrofloxacin verfügt über eine hohe Bioverfügbarkeit. Nach 1 - 2 Stunden werden maximale Wirkstoffkonzentrationen im Serum erreicht. Hauptmetabolit von Enrofloxacin ist das in der Humanmedizin eingesetzte Ciprofloxacin, das durch N-4'-Dealkylierung entsteht und ebenfalls antimikrobiell ist. Die übrigen Metaboliten haben eine verringerte bis keine bakterielle Aktivität. Bei Schweinen wird Enrofloxacin bis zu 52 % in Ciprofloxacin umgewandelt, wobei Ciprofloxacin schneller aus dem Gewebe ausgeschieden wird als die Ausgangssubstanz. Die Ausscheidung erfolgt vorwiegend renal. Dabei treten 15 - 50 % des Wirkstoffes durch tubuläre und glomeruläre Filtration unverändert im Urin auf. Ca. 30 - 40 % werden zu Ciprofloxacin umgesetzt.



7 ÖKOTOXISCHE WIRKUNG AUF BODENORGANISMEN UND PFLANZEN

Antibiotika sind in geringsten Konzentrationen wirksame bioaktive Substanzen, die vorwiegend über Tierexkrementen in Böden gelangen. Die in der Literatur beschriebenen Effekte auf Bodenmikroorganismen sind sehr unterschiedlich. Dies liegt nicht zuletzt an einem Mangel an geeigneten Testmethoden (THIELE-BRUHN, 2003). Dies betrifft sowohl die Art der Untersuchungen, die üblicherweise mit Methoden durchgeführt wurden, die aus dem Bereich der Zulassung von Pflanzenschutzmitteln stammen, als auch die gewählten Endpunkte der Untersuchungen sowie die begrenzte Verfügbarkeit an Wirkungs-Tests mit Indikatororganismen der verschiedenen trophischen Ebenen. Für einige Wirkstoffe fehlen relevante, bodenbezogene Wirkungsdaten fast vollständig. Am besten ist die Datenlage noch bei den Tetracyclinen.

Die akute und subakute Toxizität von Veterinärantibiotika auf die Makro- und Mesofauna (Regenwürmer, Enchytraen, Springschwänze usw.) ist nach den vorliegenden Befunden aufgrund der gefundenen Umwelt-Konzentrationen offensichtlich als niedrig einzustufen (HÖPER et al., 2002; THIELE-BRUHN, 2003). Dies trifft naturgemäß *nicht* auf die Mikroorganismengemeinschaft des Bodens zu, da die Antibiotika hier ihre Hauptwirkung entfalten.

Da der Boden Störungen durch Xenobiotika kompensieren kann und beobachtbare Störungen bzw. Effekte daher oft nur von temporärer Dauer sind, ist davon auszugehen, dass mögliche subletale Effekte, negative Beeinflussungen der Mikroorganismengemeinschaft und/oder des Artengefüges des Bodens durch die derzeitigen Untersuchungsmethoden nicht oder nur ungenügend erfasst werden (BOXALL et al., 2003). Eine Beeinflussung der Mikroorganismengemeinschaft durch Antibiotika könnte auch negative Wirkungen auf Bodenmakroorganismen haben, da Bakterien, Mikroalgen usw. diesen als Nahrungsgrundlage dienen.

Ein weiteres Problem liegt auch darin, dass entsprechende international akzeptierte Richtlinien (OECD-Richtlinien) für diese spezielle Art von Untersuchungen noch nicht existieren bzw. erst in Entwicklung sind.

Die EMEA (The European Agency for the Evaluation of Medicinal Products) hat für die Beurteilung von Umweltauswirkungen von Veterinärarzneimitteln einen zweistufigen Leitfaden entwickelt (EMEA/CVMP/055/96-FINAL). In der Phase I werden für verschiedene Umweltmedien PEC-Schwellenwerte festgelegt. Sie wurden in einem weiteren Leitfaden nachträglich für den Boden und das Grundwasser erhöht (CVPM/VICH/592/98-FINAL). In der Phase II Stufe A werden dann Schwellenwerte (PEC/LC₅₀, PEC/MIC, PEC/PNEC usw.) für die ökotoxikologische Risikobeurteilung beschrieben. Beim Erreichen bzw. bei der Überschreitung von Schwellenwerten der Phase I und II sind weitere Untersuchungen durchzuführen.



Phase I: Triggerwerte (Schwellenwerte, cut-off-Werte)

- PEC (Dung-Weidetiere): $\geq 10 \mu\text{g/kg}$
- PEC (Stallmist/Gülle): $\geq 100 \mu\text{g/kg}$
- PEC (Boden): $\geq 100 \mu\text{g/kg}$
- PEC (Grundwasser): $\geq 1 \mu\text{g/l}$

Phase II: Triggerwerte Stufe A

- DT50 Boden > 60 Tage / DT90 Boden > 1 Jahr
- Koc < 500 l/kg
- PEC/EC50 > 0,1 (Phytotoxizität)
- PEC/LC50 > 0,1 (Regenwurmtoxizität)
- PEC/LC50 > 0,01 (Regenwurmtox., wenn DT50 Boden > 60 Tage)
- PEC/MIC > 0,1 (Minimale Hemmkonzentration, Mikroorganismen)
- PEC/PNEC > 1 (Algen-, Daphnien-, Fischtoxizität, bezogen auf das Grundwasser)
- PEC/PNEC > 1 (Algen-, Daphnien-, Fischtoxizität, bezogen auf Oberflächengewässer, wenn Koc < 500 l/kg)

Bei Überschreitung dieser Schwellenwerte sind weitere Daten über den Verbleib in der Umwelt und über die längerfristigen Auswirkungen auf Organismen erforderlich (Phase II, Stufe B).

Von der EMEA werden in einem weiteren Leitfaden-Entwurf (CVPM/VICH/790/03-Cosultation), in der **Phase II, Stufe A**, bezüglich der Beurteilung der Bodenauswirkungen von Veterinärarzneimitteln folgende Toxizitätstests vorgeschlagen:

- OECD 216 (Stickstoff-Transformationstest über 28 Tage; $< \pm 25\%$ der Kontrolle)
- OECD 208 (Pflanzenwachstumstest, EC50; Sicherheitsfaktor: 100)
- OECD 222 Entwurf (Regenwurm subakute Toxizität, Reproduktion; NOEC; Sicherheitsfaktor: 10)

Für Ekto- und Endoparasitika werden noch zwei weitere akute Toxizitätstests (akute Toxizität auf Larven von Dungfliegen und Dungkäfer) vorgeschlagen. OECD-Richtlinien für diese Tests existieren derzeit nicht.

Ist der PEC/PNEC (RQ = Risk Quotient) ≥ 1 so sind weitere Daten über die längerfristige Auswirkung auf Bodenorganismen erforderlich. In der **Phase II, Stufe B** werden verlängerte bzw. subakute Tests und Tests mit zusätzlichen Arten gefordert:



- OECD 216 (Stickstoff-Transformationstest über 100 Tage; $< \pm 25$ % der Kontrolle)
- OECD 208 (Pflanzenwachstumstest mit zusätzlichen Arten, NOEC ; Sicherheitsfaktor: 10)
- Subakute Regenwurmtoxizität (keine Methodenempfehlung)

Auf die zusätzliche Problematik einer möglichen Resistenzbildung von Bodenmikroorganismen durch den Einsatz von Veterinärantibiotika sei hier nur hingewiesen. Sie wird in diesem Bericht nicht behandelt.

Eine Zusammenstellung über die bekannten Wirkungen von Antibiotika auf Bodenorganismen und Pflanzen gibt die Übersichtsarbeit von THIELE-BRUNN (2003) „*Pharmaceutical antibiotic compounds in soils – a review*“. In dieser Arbeit, wird eine tabellarische Übersicht der publizierten Boden-Toxizitätsdaten inkl. der relevanten Quellen gegeben.

8 BESCHREIBUNG DER PROBENAHME UND DER ANALYSEMETHODEN

8.1 Auswahl der Betriebe

Die Auswahl erfolgte durch Vertreter der mitfinanzierenden Bundesländer, wobei die Auswahlkriterien, die in der ersten Projektbeiratsitzung beschlossen wurden, berücksichtigt wurden.

- Mastbetriebe und keine Zuchtbetriebe
- > 300 Mastschweineplätze oder
- > 5.000 Putenmastplätze oder
- > 10.000 Masthühnerplätze

Es wurden jeweils 3 landwirtschaftliche Betriebe pro mitfinanzierendes Bundesland ausgewählt. In der Summe sind dies 4 Putenmast-, 6 Schweinemast- und 5 Hühnermastbetriebe.

8.2 Probenahme

Schweinegülle:

Es wurden sechs landwirtschaftliche Betriebe mit Schweinemasthaltung aus Kärnten, Niederösterreich, Oberösterreich und Steiermark ausgewählt. Die Betriebsgrößen liegen zwischen ca. 400 - 1.000 Schweinemastplätze. Es wurden 4 Probenahmen über ein Jahr organisiert. Die erste Probenahme fand im Juni 2003 statt. Die folgenden wurden in einem Rhythmus von 3 - 4 Monaten durchgeführt (Oktober/November 2003, März 2004, Juni 2004). Die Gülleproben wurden aus dem Güllebecken entnommen, wobei ca. 4 l in 2 Steilbrustflaschen gesammelt wurden. Die Gülle im Becken wurde vor der Probeentnahme mechanisch gerührt (der Rührer wurde normalerweise von einem Traktor betrieben), um eine möglichst homogene Probe zu gewährleisten. Da sich Fest- und Schwebstoffe in der Gülle absetzen, war diese Vorgangsweise unumgänglich.

Die Güllebehälter werden normalerweise jährlich im Frühjahr bzw. halbjährlich (Frühjahr und Herbst) entleert.

Hühner- und Putenmist:

Die Probenahme von Hühner- und Putenmist erfolgte zeitgleich mit den Probenahmen der Schweinegülle in landwirtschaftlichen Betrieben in Burgenland, Kärnten, Niederösterreich, Oberösterreich und Steiermark, wobei 4 Putenmastbetriebe und 5 Hühnermastbetriebe ausgewählt wurden. Die Hühner- bzw. Putenmastplätze bewegen sich zwischen 30.000 und 40.000 und 10.000 bis 20.000 Mastplätzen. Die Probenahmen der Mistproben erfolgten immer direkt im Stall, wobei der Mist gemeinsam mit der Einstreu an verschiedenen Stellen (ca. 20) des Stalles entnommen wurde. Die Menge an Einstreu (Streu und Kot) betrug im Mittel um die 90 %.



Bei der Hühner- und Putenmast kommt das Rein/Raus Prinzip zur Anwendung. Nach jeder Charge wird der Stall gereinigt, desinfiziert und hierauf mit neuen Hühnern bzw. Puten belegt. Der Mist wird dabei gesammelt und gelagert und einmal jährlich auf Wiesen und Feldern ausgebracht. Bei der Lagerung des Mistes entwickelt sich ähnlich wie in einem Komposthaufen Wärme, wobei der Misthaufen z. T. verbrennt bzw. verkohlt. Daher wurde Abstand genommen, diesen Festmist, der mehrere Chargen von Hühner- bzw. Putenmist enthält, zur Bestimmung der ausgewählten Antibiotika zu beproben, da ein rascher Abbau organischer Schadstoffe durch Hitzeentwicklung vermutet wurde. Die in diesem Projekt praktizierte Probenahme hat aber den Nachteil, dass verabreichte Arzneimittel zum Teil nicht erfasst werden konnten, da der Stall vor der Probenahme gereinigt und mit neuen Tieren befüllt wurde.

Bodenproben:

Die Bodenproben wurden von Ackerboden entnommen, die nach Auskunft der Landwirte mit den jeweiligen Wirtschaftsdüngern behandelt wurden. In manchen Fällen wurde nur einmal jährlich und einmal sogar kein einziges Mal mit Wirtschaftsdüngern gedüngt. Nach der Ausbringung des Wirtschaftsdüngers wird der Boden normalerweise mittels Pflug umgeackert, um eine Vermischung des Düngers mit dem Boden zu gewährleisten. Die Probennahme sollte idealerweise zwischen 4 - 8 Wochen nach der Ausbringung erfolgen. Es wurden Bodenproben gezogen, die aus ca. 20 Einstichen mit einer Bodentiefe von 0 - 30 cm gemischt wurden. Die unübliche Bodentiefe von 0 - 30 cm wurde wegen der durchschnittlichen Pflugtiefe von 25 cm gewählt.

1. Probenahmedurchgang:

Die Probenahme der Gülle bzw. des Puten- und Hühnermistes wurde am 14.04.2003 gestartet. Bis Ende Juni konnten alle ausgewählten Betriebe ein erstes Mal in den Bundesländern besucht und beprobt werden. Die betreuenden Tierärzte waren, soweit dies möglich war, bei den ersten Probenahmen anwesend.

2. Probenahmedurchgang:

Die zweite Probenahmeserie wurde am 27.10.2003 gestartet und konnte bis 18.12.2003 abgeschlossen werden. Dabei wurden zusätzlich zu dem Wirtschaftsdünger bei jedem Betrieb eine Bodenmischprobe in der Schicht zwischen 0 und 30 cm gezogen sowie eine Bodenkernprobe bis zu einer Bodentiefe von 60 cm für eventuelle weiterführende Analysen entnommen. Die Bodenproben wurden eingefroren.

3. Probenahmedurchgang:

Bei der dritten Probenahmeserie (10.03.2004 - 17.03.2004) wurden wie üblich Gülleproben gezogen sowie zusätzlich Proben genommen, bei denen mit einem Greifarm versucht wurde, speziell die Fest- und Schwebstoffe am Grund des Beckens zu nehmen, um mögliche Arzneimitteleinsätze der Vergangenheit miterfassen zu können.

Die Bodenprobennahme erfolgte zeitversetzt (06.05.2004 - 25.05.2004), um Boden 4 - 8 Wochen nach der Aufbringung von Wirtschaftsdünger zu beproben. Dabei wurden Bodenmischproben in einer Schicht zwischen 0 und 30 cm mittels 20 Einstichen gezogen.

4. Probenahmedurchgang:

Die vierte Probenahmeserie wurde am 24.06.2004 gestartet und konnte bis 01.07.2004 abgeschlossen werden. Es wurde Wirtschaftsdünger in allen 15 ausgewählten Betrieben entnommen.

8.3 Probenvorbereitung

Die Gülleproben wurden vor der weiteren Behandlung eingefroren, um einen eventuellen Abbau der Zielsubstanzen durch Mikroorganismen zu verhindern bzw. zu minimieren. Für die Bestimmung des Kjeldahl Stickstoffs wurden die Proben geschüttelt und ein Aliquot entnommen. Danach wurden die Proben mittels Ultra Turrax homogenisiert. (Es können hierbei Verluste von Ammoniak auftreten, daher musste dieser Schritt nach der Stickstoffbestimmung erfolgen.)

Die Mistproben wurden am Umweltbundesamt lyophilisiert und danach homogenisiert.

8.4 Analytik

8.4.1 Methodenadaptierungen

Im Rahmen des Forschungsprojekts sollten ursprünglich für die Stoffgruppen der Tetracycline, Sulfonamide und Aminoglykoside Methoden erarbeitet und an Gülle- bzw. Bodenproben getestet werden.

Die Methodenadaptierung für die Stoffgruppe der *Aminoglykoside* (soweit uns bekannt ist, liegt dafür keine Methode für Umweltmedien vor) wurde im März 2003 begonnen. Da Aminoglykoside weder im UV - VIS Bereich absorbieren noch fluoreszieren, wurde eine Detektionsmethode mittels der Massenspektrometrie erprobt. Die Massenspektrometrie hat außerdem den Vorteil, die Analyten bei weitem spezifischer und im Normalfall sensitiver zu erfassen. Für das Aminoglykosid Spectinomycin konnte eine analytische Methode entwickelt werden. Bei den anderen zwei ausgewählten Vertretern dieser Antibiotikagruppe (Neomycin und Apramycin) traten folgende Probleme auf: Eine Auftrennung über HPLC-Säulen ist bei diesen Substanzen nur mittels Ionen Paar Reagenzien möglich. Diese Ionen Paar Reagenzien sind aber nicht oder nur sehr schwer kompatibel mit massenspektrometrischen Detektoren. Weiters tritt bei Matrixbelastungen Peak-Splitting auf, was eine Identifizierung und Quantifizierung zusätzlich erschwert.

Aufgrund der Befragungen bei den Probenahmen und der Aufzeichnungen in den Stallbüchern wurde festgestellt, dass die Gruppe der Aminoglykoside kaum bis gar nicht eingesetzt wurde. Andererseits wurde von den Landwirten immer wieder auf Baytril hingewiesen, das den Wirkstoff Enrofloxacin, ein Fluorchinolon, enthält.



Aufgrund dieser Tatsache sowie aufgrund von Empfehlungen externer Experten wurde die Gruppe der Aminoglykoside durch die Gruppe der Fluorchinolone (Enrofloxacin) ersetzt.

Die analytischen Methoden zur Bestimmung von *Enrofloxacin* und dessen Hauptmetabolit Ciprofloxacin in Schweinegülle, Hühner- und Putenmist sowie in Bodenproben wurden bis Juni 2004 erarbeitet.

Basis der analytischen Methoden für die *Tetracycline* waren Arbeiten, die Prof. Hamscher im Jahr 2002 in Deutschland entwickelt und veröffentlicht hat (HAMSCHER et al., 2002). Dabei wurden die Gehalte der Tetracycline in Gülle- und Bodenproben bestimmt. Die dort beschriebenen Methoden wurden herangezogen und adaptiert. Es konnten aber keine zufriedenstellenden Ergebnisse mit der publizierten Methode erzielt werden. Deswegen wurde die Methode durch Wahl eines geeigneteren Extraktionsmittels optimiert.

Grundsätzlich wurde bei allen Analysen aus Mangel an geeigneten isotoopenmarkierten Standards (am Markt nicht erhältlich) jede Probe zweifach aufgearbeitet und gemessen, wobei die zweite Fraktion mit den jeweils zu bestimmenden Analyten aufdotiert wurde.

Tetracycline und Sulfonamide (in Anlehnung an HAMSCHER, 2002):

Die *Gülleproben* wurden mit einer Eisessig/Ammoniumacetat Lösung, die mit EDTA, einem Komplexbildner, versetzt war, um die Chelatbildung der Tetracycline zu verhindern, 3 x im Ultraschallbad extrahiert. Die Extrakte wurden mit n-Hexan gereinigt, eingengt und der LC-MS zur Bestimmung zugeführt.

Die *Hühnermistproben* wurden hingegen mit einem Citratpuffer (Gemisch aus Zitronensäure, Natriumhydrogenphosphat und EDTA) extrahiert. Die Reinigung der Extrakte erfolgte über eine C-18 Säule. Die gereinigten Extrakte wurden eingengt und mittels LC-MS analysiert.

Die *Bodenproben* wurden ebenfalls mit dem Citratpuffergemisch extrahiert. Die Reinigung der Bodenextrakte erfolgte aber analog zu den Gülleextrakten mit n-Hexan.

Fluorchinolone:

Für die Extraktion der Fluorquinolone wurde die Arbeit von Martin Rose aus dem Jahre 1998 herangezogen (ROSE et al., 1998), der diese Antibiotikagruppe in Muskelfaser-, Leber- und Nierenproben bestimmt hat. Die Verwendung von Acetonitril mit 2 % Ameisensäure wurde dort beschrieben und vom Labor des Umweltbundesamtes übernommen. Im Gegensatz zur o. a. Publikation wurden die Proben in diesem Forschungsprojekt mittels n-Hexan gereinigt und auf einer LC-MS gemessen. Das Extraktionsmittel und die Aufreinigung der Extrakte waren für alle Matrices (Gülle, Festmist und Boden) gleich.

8.4.2 Analyserumfang

Insgesamt wurden 30 Schweinegülleproben, 20 Hühnermistproben und 16 Putenmistproben sowie 30 Bodenproben beprobt, aufgearbeitet und auf die Leitsubstanzen analysiert.

Bei den Wirtschaftsdüngern wurden folgende Parameter bestimmt:



- Kjeldahl Stickstoff aus der Urprobe (bei Schweinegülle) bzw. aus der lyophilisierten Probe (bei Hühner- und Putenmist)

Nach Homogenisierung der flüssigen Schweinegülle mittels Ultra Turrax bzw. des lyophilisierten Hühner- und Putenmists durch Zerkleinern mit einer Schneidmühle:

- Trockenmassenbestimmung bei 105 °C
- Bestimmung von Kupfer und Zink mittels ICP-OES
- Analyse auf Tetracycline (Tetracyclin, Oxytetracyclin, Chlortetracyclin)
- Analyse auf Sulfonamide (Sulfadoxin, Trimethoprim, Sulfadimidin, Sulfathiazol)
- Sulfamethoxazol, Sulfadiazin)
- Analyse auf Fluorchinolone (Enrofloxacin, Ciprofloxacin)

Die Bodenproben wurden ebenfalls auf die Gehalte der ausgewählten Antibiotika untersucht.

8.5 Nachweis- und Bestimmungsgrenzen

Die Bestimmungsgrenzen liegen für die analysierten Antibiotika bei 0,1 mg/kg TM (NG = 0,05 mg/kg TM).

Die Bestimmungsgrenzen für Kupfer und Zink liegen bei 3,2 mg/kg TM und bei 1,6 mg/kg TM. Stickstoffgehalte nach Kjeldahl können ab 1.000 mg/kg TM bestimmt werden.

9 ERGEBNISSE

9.1 Ergebnisse der Datenerhebung

Es ergibt sich folgendes Bild bezüglich des Einsatzes von Antibiotikawirkstoffen:

Schweinemastbetriebe (sechs beprobte Betriebe): In den befragten Betrieben wurde hauptsächlich Bestands- und Gruppenbehandlungen mit Sulfonamiden (Sulfamethoxazol, Sulfadimidin) in Kombination mit dem Synergisten Trimethoprim und mit Tetracyclinen (Chlortetracyclin, Oxytetracyclin) durchgeführt. Weiters erfolgte häufig der Einsatz von Makroliden wie Tylosin (in 4 von 6 Betrieben) sowie von Penicillinen (Amoxicillin, Benzylpenicillin). Auch Aminoglykoside (Lincomycin, Spectinomycin) wurden von 50 % der befragten Betriebe eingesetzt.

Hühnermastbetriebe (fünf beprobte Betriebe): Hier dominierte der Einsatz des Chinolons Enrofloxacin (in 3 von 5 Betrieben) gefolgt von Sulfonamiden, Tetracyclinen und Makroliden. Es könnte sein, dass nicht alle eingesetzten Wirkstoffe von den Probenahmeprotokollen erfasst bzw. angegeben wurden.

Putenmastbetriebe (vier beprobte Betriebe): Die Betriebe verfolgten offensichtlich unterschiedliche Einsatzstrategien von Antibiotika. Am häufigsten wurden Chinolone (Enrofloxacin) verwendet. Dies war in 3 von 4 Betrieben der Fall.

Wertet man weiters die Probenahmeprotokolle nach den betrieblichen Angaben über die verwendeten Arzneispezialitäten aus, so ergibt sich die Dominanz einiger weniger Arzneispezialitäten wie z. B. Baytril, Chevicect oder Trimeto Tad (siehe Tabelle 4).

In der nachfolgenden Tabelle werden die wichtigsten von den Betrieben eingesetzten veterinären Arzneispezialitäten näher charakterisiert. Die Angaben bezüglich der „Art der Anwendung“ und „Dosierung“ beziehen sich auf den AUSTRIA CODEX 2004. Die in den Betrieben tatsächlich durchgeführte „Art der Anwendung“ und „Dosierung“ dieser Präparate wurde nicht erfasst und kann fallweise von diesen Angaben abweichend sein und muß im Stallbuch vermerkt sein.

Tab. 4: Eingesetzte Arzneispezialitäten nach Angaben der beprobten Betriebe. Quelle für Name, Zusammensetzung, Art der Anwendung und Dosierung: AUSTRIA CODEX 2004

Name	Zusammensetzung	Art der Anwendung	Dosierung	Zieltierarten:
Baytril 10 % - orale Lösung für Tiere *	1 ml enthält: 100 mg Enrofloxacin, 14 mg Benzylalkohol, Kaliumhydroxid, Wasser	Im Trinkwasser	50 - 100 ml/100 Liter Trinkwasser; Hühner, Pute: ca.10 mg Enrofloxacin/kg/ KGW/ Tag; Behandlungsdauer: 3 bis 5 Tage	Schweine, Masthühner, Puten



Name	Zusammensetzung	Art der Anwendung	Dosierung	Zieltierarten:
Chevicalf-Pulver für Tiere (Fütterungsarzneimittelvormischung)	10 g enthalten: 420 mg <i>Chlortetracyclin – hydrochlorid</i> , 400 mg <i>Sulfadimidinnatrium</i> , 15.00 I. E. Retinol, 477,50 mg Zitronensäure, 8,67 g Dextrose	Zum Eingeben nach Vermischen mit Futtermitteln oder mit der Tränke	Verabreichung über die Tränke: 10 g pro 25 kg KGW/Tag Verabreichung über das Futter: 1 kg in 100 kg Futter; Behandlungsdauer: 10 bis 14 Tage	Schweine
Cheviket - Pulver für Tiere (Fütterungsarzneimittelvormischung)	10 g Pulver enthalten: 2 g <i>Chlortetracyclin hydrochlorid</i> , Glucose 8 g	Über das Futter	Schweine: 2 mal tgl. 1,5 g Pulver pro 20 kg KGW; Puten: 3 g Pulver/kg KGW; Behandlungsdauer: 5 bis 10 Tage	Schweine, Puten
Chevi-Trim-Pulver für Tiere (Fütterungsarzneimittelvormischung)	100 g Pulver enthalten: 12 g <i>Trimethoprim</i> , 60 g <i>Sulfamethoxazol</i> , 28 Gramm Dextrose	Zum Eingeben nach Vermischen mit Futtermitteln; Einmischrate: 0,1 % (= 100 g Chevi-Trim in 100 kg Futter)	Verabreichung über die Tränke oder Flüssigfutter; Ferkel: 1 g pro 10 kg KGW/Tag. Behandlungsdauer: 3 bis 5 Tage	Schweine
Cotrimoxazol-Mix-Pulver für Tiere (Fütterungsarzneimittelvormischung)	100 g Pulver enthalten: 10 g <i>Sulfamethoxazol</i> , 2 g <i>Trimethoprim</i> , Glucose	Zum Eingeben nach Vermischen mit Futtermitteln	Verabreichung über das Futter; 0,5 kg auf 100 kg Futter (0,5 %ige Einmischrate); Verabreichung über die Tränke: 20 g/ 100 kg KGW/ Tag. Behandlungsdauer: 7 bis 12 Tage	Schweine



Name	Zusammensetzung	Art der Anwendung	Dosierung	Zieltierarten:
Dimowerfft-Pulver für Tiere (Fütterungsarzneimittelvormischung)	1 g Pulver enthält: 500 mg <i>Sulfadimidim-Natrium</i> , 500 mg Traubenzucker	Zur Verabreichung über das Futter.	Geflügel: 120 - 160 mg Pulver/ kg KGW/Tag; Schwein: 200 - 400 mg Pulver/ kg/ KGW/ am 1.Tag und 100 - 200 mg Pulver / kg/KGW/Tag; Behandlungsdauer: bis 4 Tage	Masthühner, Schweine
Oxycyclin - Durchstichflasche für Tiere	1 ml enthält 100 mg <i>Oxytetracyclin hydrochlorid</i> , Wasser	Parenteral (i. m. oder i. v.)	0,2 - 0,9 ml/ 10 kg KGW; Die Applikation kann 3 - 5 Tage bei Bedarf wiederholt werden.	Schweine
Tetravit-Pulver für Tiere	1 g enthält 50 mg <i>Oxytetracyclin</i> , Vitamine	Zur Verabreichung über das Trinkwasser	200 g Pulver in 25 Liter Trinkwasser auflösen (= 100 mg <i>Oxytetracyclin</i> / Huhn/Tag) Behandlungsdauer: 3 bis 5 Tage	Masthühner
Trimeto TAD 48 % orale Suspension für Tiere	1 ml enthält: 80 mg <i>Trimethoprim</i> , 435,20 mg <i>Sulfadiazin-Natrium</i> (entspricht 400 mg <i>Sulfadiazin</i>)	Zur oralen Eingabe oder zur Verabreichung über das Trinkwasser	Broiler: 1 ml/5 Liter Trinkwasser; Behandlungsdauer: 5 Tage	Masthühner, Puten

*: Weiters sind noch die parenteral (i. m.) zu verabreichenden Präparate **Baytril 5 und 10 % - Durchstichflasche für Tiere** (Enrofloxacin 50 mg bzw. 100 mg) für Schweine (Ferkel und Sauen) zu erwähnen.

9.2 Ergebnisse der analytischen Untersuchungen

Den Betrieben wurde Anonymität zugesichert, so dass alle Angaben ausnahmslos anonymisiert wurden. Des Weiteren werden auch keine betriebsinternen Informationen und probenspezifischen Zusammenhänge gegeben, die zur Identifizierung der Betriebe führen könnte.

Wegen der zahlreichen „n.n.“-Ergebnisse sind die Zahlentabellen visuell nicht immer leicht überschaubar. Es wurde daher substanzbezogene Zusammenfassung den tabellarischen Ergebnissen vorangestellt.

9.2.1 Tetracycline (Tetracyclin, Oxytetracyclin, Chlortetracyclin)

9.2.1.1 Tetracyclin

Schweinegülle: Tetracyclin wurde in 22 von 30 Proben nachgewiesen und war wie Oxytetracyclin das am häufigsten gefundene Antibiotikum in der Schweinegülle. Die Konzentrationen der positiven Proben lagen im Bereich von 0,36 bis 23 mg/kg TM (entspricht 0,01 bis 1,86 mg/kg Frischgülle).

Nur ein Betrieb von sechs gab den Einsatz von Tetracyclin in Form einer Bestandsbehandlung an. Bei diesem Betrieb waren alle fünf gezogenen Gülle Proben positiv. In weiteren zwei Betrieben waren ebenfalls alle gezogenen Gülle-Proben mit Tetracyclin belastet. Auch die übrigen Schweinemastbetriebe waren teilweise belastet, obwohl kein Tetracyclin eingesetzt wurde. Es ergibt sich somit eine ausgeprägte Diskrepanz zwischen dem angegebenen Einsatz von Tetracyclin durch die Betriebe und den analytischen Befunden. Auffallend ist jedoch, dass wenn kein Chlor- oder Oxytetracyclin eingesetzt wurden, die Gülle auch frei von Tetracyclin ist (siehe dazu Betrieb 4).

Bei bekanntem Wirkstoffeinsatz (Anzahl der Betriebe mit $n = 7$) ergab sich in den Untersuchungen von WINCKLER et al. (2003) das gleiche Phänomen. Obwohl alle Betriebe angaben, im betreffenden Zeitraum kein Tetracyclin eingesetzt zu haben, konnte in 6 Proben Tetracyclin in Konzentrationen von 1,5 bis 28,9 mg/kg nachgewiesen werden.

Hühnermist: Der Wirkstoff war in den Hühnermistproben nicht nachweisbar.

Putenmist: Der Wirkstoff war in allen Putenmistproben nicht nachweisbar. Tetracyclin konnte im Betrieb 12 trotz einmaligen Einsatzes nicht analytisch erfasst werden, weil die Verschreibung genau am Tag der Probenahme erfolgte und bei der nächsten Probenahme schon andere Tiere eingestallt waren (Rein-Raus Prinzip).

Boden: Der Wirkstoff war in allen Bodenproben nicht nachweisbar.

9.2.1.2 Oxytetracyclin

Schweinegülle: Oxytetracyclin wurde in 22 von 30 Proben nachgewiesen und war somit neben Tetracyclin, das am häufigsten gefundene Antibiotika in der Schweinegülle. Die Konzentrationen der positiven Proben lagen im Bereich von 0,21 bis 29 mg/kg TM (entspricht 0,03 bis 1,09 mg/kg Frischgülle). Bezogen auf Frischgülle fiel die Probe Nr. 2836 mit einem Maximalwert von 2,4 mg/kg auf (entspricht 28 mg/kg TM). Sie stammt aus einem Betrieb, in dem Oxytetracyclin in Form einer Bestandsbehandlung verabreicht wurde.



Die Übereinstimmung vom hervorgehenden Einsatz von Oxytetracyclin in den Schweinemastbetrieben und vom positiven Nachweis in der Schweinegülle ist weitgehend gegeben.

Hühnermist: Der Wirkstoff war bis auf eine Ausnahme (Probe Nr.: 2204) nicht nachweisbar. Der gefundene Maximalwert betrug 1,1 mg/kg TM und kommt von einem Betrieb, in dem Oxytetracyclin eingesetzt wurde.

Putenmist: Der Wirkstoff war in allen Putenmistproben nicht nachweisbar.

Boden: Der Wirkstoff war in allen Bodenproben nicht nachweisbar.

9.2.1.3 Chlortetracyclin

Schweinegülle: Chlortetracyclin wurde in 17 von 30 Proben nachgewiesen. Die Konzentrationen der positiven Proben lagen im Bereich von 0,1 bis 46 mg/kg TM (entspricht 0,05 bis 3,66 mg/kg Frischgülle). Ein Betrieb wies hohe Werte aller 5 gezogenen Proben (12, 19, 20, 43 und 46 mg/kg TM), inkl. des Maximalwertes von 46 mg/kg TM, auf. Dieser Betrieb hat Chlortetracyclin in Form einer Bestandsbehandlung eingesetzt.

Von den 6 insgesamt beprobten Betrieben verwendeten 4 Chlortetracyclin als Bestandsbehandlung. Die Übereinstimmung vom hervorgehenden Einsatz von Chlortetracyclin in den Schweinemastbetrieben und vom positiven Nachweis in der Schweinegülle ist weitgehend gegeben.

Eine Ausnahme in der Behandlung mittels Tetracyclinen bildet der Betrieb 4, bei dem nur die Probe Nr. 2484 positiv war (0,1 mg/kg TM), wobei eine vorhergehende, einmalige Verabreichung von Chlortetracyclin im Mai 2004 erfolgte.

Hühnermist: Der Wirkstoff war in 4 von 20 Proben bestimmbar. Der gefundene Maximalwert betrug 0,36 mg/kg TM.

Putenmist: : Chlortetracyclin war in 4 von 20 Proben bestimmbar. Der gefundene Maximalwert betrug 1,7 mg/kg TM.

Boden: Der Wirkstoff wurde in 7 Proben der 30 gezogenen Bodenproben positiv nachgewiesen. Den Maximalwert von 0,81 mg/kg TM wies die Probe Nr. 1843 auf. Sie stammt aus einem Betrieb mit den höchsten gefundenen Konzentrationen an Chlortetracyclin in der Schweinegülle. Der Betrieb setzte den Wirkstoff zur Bestandsbehandlung ein.

Die zweithöchste Probe (Nr. 1845) mit einer Chlortetracyclin-Konzentration von 0,42 mg/kg TM stammte aus einem Hühnermastbetrieb bei dem auch Chlortetracyclin in den Hühnermistproben nachgewiesen wurde (in 2 von 4 Proben), wobei der Betrieb aber keinen Einsatz dieses Wirkstoffes angab.

9.2.2 Sulfonamide (Sulfadimidin, Sulfadiazin, Sulfadoxin, Sulfathiazol, Sulfamethoxazol) und Trimethoprim (Synergist)

9.2.2.1 Sulfadimidin (Sulfamethazin)

Schweinegülle: Sulfadimidin ist das am häufigsten gefundene Sulfonamid-Antibiotikum in der Schweinegülle. 18 von 30 Proben waren positiv, wobei in 3 Betrieben Sulfadimidin durchgehend in allen 5 untersuchten Schweinegülle gefunden wurde. Der Konzentrationsbereich ist breit gefächert von n.n. bis 20 mg/kg TM



(entspricht 0,8 mg/kg Frischgülle). Die Übereinstimmung vom Einsatz dieses Antibiotikums nach Angabe der Betriebe und vom positiven Nachweis in der Schweinegülle ist weitgehend gegeben.

Hühnermist: Der Wirkstoff war in den Hühnermistproben nicht nachweisbar.

Putenmist: Der Wirkstoff war in allen Putenmistproben nicht nachweisbar.

Boden: Der Wirkstoff war bis auf eine Ausnahme (Probe Nr. 1847: < 0,1 mg/kg TM) in allen Bodenproben nicht nachweisbar.

9.2.2.2 Sulfadiazin

Schweinegülle: Der Wirkstoff war in den Schweinegülleproben nicht nachweisbar.

Hühnermist: Der Wirkstoff war in 7 von 20 Proben bestimmbar. Auffallend sind die stark schwankenden Konzentrationen an Sulfadiazin von n.n. bis 51 mg/kg TM. Die Proben stammen, bis auf zwei von Betrieben, die auch Sulfadiazin eingesetzt haben.

Putenmist: Der Wirkstoff war in 3 von 16 Proben in hohen Konzentrationen bestimmbar (bis 91 mg/kg TM Sulfadiazin). Ein Betrieb gab den Einsatz von Sulfadiazin an (2 positive Proben), der andere nicht (1 positive Probe).

Boden: Der Wirkstoff war in allen Bodenproben nicht nachweisbar.

9.2.2.3 Sulfadoxin

Schweinegülle: Der Wirkstoff war in allen Schweinegülleproben nicht nachweisbar.

Hühnermist: Der Wirkstoff war in den Hühnermistproben nicht nachweisbar.

Putenmist: Der Wirkstoff war in allen Putenmistproben nicht nachweisbar.

Boden: Der Wirkstoff war in allen Bodenproben nicht nachweisbar.

9.2.2.4 Sulfathiazol

Schweinegülle: Der Wirkstoff war in allen Schweinegülleproben nicht nachweisbar.

Hühnermist: Der Wirkstoff war in allen Hühnermistproben nicht nachweisbar.

Putenmist: Der Wirkstoff war in meisten Putenmistproben nicht nachweisbar. Nur zwei Proben (Nr. 1646 und 5427) wiesen Werte von 0,11 bzw. 0,61 mg/kg TM auf. Der Wirkstoff wurde gemäß den Probenahmeprotokollen in diesen beiden Betrieben nicht eingesetzt.

Boden: Der Wirkstoff war in allen Bodenproben nicht nachweisbar.

9.2.2.5 Sulfamethoxazol

Schweinegülle: Der Wirkstoff war in den meisten Schweinegülleproben nicht nachweisbar. Eine Ausnahme stellen die Proben Nr. 1129 und 1130 (< 0,1 bzw. 2,4 mg/kg TM dar, dies entspricht 0,01 und 0,03 mg/kg Frischgülle). Ein Einsatz von Sulfamethoxazol wurde von diesem Betrieb angegeben.



Hühnermist: Der Wirkstoff war in allen Hühnermistproben nicht nachweisbar.

Putenmist: Der Wirkstoff war in allen Putenmistproben nicht nachweisbar.

Boden: Der Wirkstoff war im überwiegenden Teil der Bodenproben nicht nachweisbar. Nur eine Probe (Nr. 1847) lag unter der Bestimmungsgrenze von $< 0,1$ mg/kg TM.

9.2.2.6 Trimethoprim (Synergist)

Schweinegülle: Der Wirkstoff war in allen Schweinegülleproben nicht nachweisbar.

Hühnermist: Die Trimethoprim-Konzentrationen im Hühnermist lagen im Bereich von n.n. bis 13 mg/kg TM. Die höchste gefundene Konzentration fand sich in der Probe Nr. 2467. Dieser Betrieb setzte die Kombination von Sulfadiazin und Trimethoprim ein.

Auffallend waren die Proben Nr. 1146, 2466, 2838, 4588, die von einem Betrieb stammen und durchgehend positiv waren. Ein hervorgehender Einsatz von Trimethoprim in Kombination mit Sulfadiazin war bei diesem Betrieb ebenfalls angegeben worden.

Putenmist: Die Trimethoprim-Konzentrationen der Putenmistproben lagen im Bereich von n.n. bis 17 mg/kg TM und waren somit die höchsten Trimethoprim-Werte in allen untersuchten Matrices. 4 von 16 Proben waren positiv, jedoch bemerkenswerterweise, bei keinem Betrieb alle gezogenen Proben. Von den drei Betrieben, bei denen Trimethoprim gefunden wurde, gaben nur zwei Betriebe den Einsatz von Trimethoprim an.

Boden: Im überwiegenden Teil der 30 Bodenproben konnten die Wirkstoffe nicht nachgewiesen werden. In zwei Proben fanden sich Konzentrationen von $< 0,1$ mg/kg TM.

9.2.3 Chinolone (Enrofloxacin und sein Hauptmetabolit Ciprofloxacin)

Schweinegülle: In den meisten Betrieben (4 von 6) konnten Enrofloxacin bzw. Ciprofloxacin nicht nachgewiesen werden.

Bei einem Betrieb, der Enrofloxacin einsetzte, war in allen gezogenen Proben (Nr. 4850, 1131, 1132, 2307, 2483) dieser Wirkstoff bestimmbar. Der Konzentrationsbereich lag von 0,13 bis 0,75 mg/kg TM (entspricht 0,011 bis 0,038 mg/kg Frischgülle). In diesem Betrieb wurde auch in drei Proben (Nr. 2307, 1132, 2483) Ciprofloxacin nachgewiesen. Der niedrigste Ciprofloxacin-Gehalt von 0,18 mg/kg TM trat in einem Betrieb als Einzelwert auf, der Enrofloxacin nicht eingesetzt hat. In allen anderen Proben war dieser Metabolit nicht nachweisbar.

Hühnermist: Die Hühnermistproben wiesen geringere Chinolon-Konzentrationen auf als die Putenmistproben. Ein Betrieb fällt durch häufig positive Werte auf (Proben-Nr. 1143, 2396, 2704). Hier wurde unmittelbar vor der Probenahme Enrofloxacin eingesetzt. Bei der Probe Nr. 2705 mit den höchsten Chinolon-Werten (2,8 mg/kg TM Enrofloxacin, 1,2 mg/kg TM Ciprofloxacin) erfolgten die Probenahme nicht direkt im Stall, sondern am Lagerplatz des Hühnermistes. Dieser Betrieb gab einen Einsatz von Enrofloxacin im Mai 2004 an.



Putenmist: Die Enrofloxacin-Werte der Putenmistproben lagen im Bereich von n.n. bis 8,3 mg/kg TM, die Ciprofloxacin-Konzentrationen im Bereich von n.n. bis 2,9 mg/kg TM. Im Betrieb 15 waren 3 von 4 Proben in Bezug auf Enrofloxacin positiv. Hier wurden auch die Maximalwerte gefunden (Proben Nr. 1145, 5426). Der Betrieb setzte gemäß Probenahmeprotokoll vor den Probenahmen Enrofloxacin ein. Im Betrieb 13 konnte Enrofloxacin aufgrund anderer Tierchargen im April 2003 und im Dezember 2003 analytisch nicht erfasst werden.

Boden: Im überwiegenden Teil der 30 Bodenproben konnten die Wirkstoffe nicht nachgewiesen werden. In 5 von 30 Proben war Enrofloxacin bzw. Ciprofloxacin bestimmbar. Die Enrofloxacin-Konzentrationen lagen im Bereich von n.n. bis 0,20 mg/kg TM, die Ciprofloxacin-Konzentrationen im Bereich von n.n. bis 0,37 mg/kg TM. In drei Proben war sowohl Enrofloxacin als auch Ciprofloxacin nachweisbar. Von diesen stammen zwei aus Putenmastbetrieben und eine aus einem Hühnermastbetrieb. Bei allen diesen Betrieben fanden sich auch positive Hühner- bzw. Putenmistproben. Zwei Betriebe setzten Enrofloxacin ein, einer gemäß Probenahmeprotokoll nicht. Bemerkenswert ist auch die Tatsache, dass bei allen drei Bodenproben die Ciprofloxacin-Konzentration höher war als die Enrofloxacin-Konzentration (0,14/ < 0,1; 0,26/0,20; 0,37/0,11 mg/kg TM).



9.3 Tabellarische und grafische Darstellung der analytischen Ergebnisse

9.3.1 Schweinemastbetriebe

9.3.1.1 Betrieb 1

Labornummer	Bestand	Antibiotikaeinsatz, -nachweis sowie Ausbringung
S 0306 2201 (Juni 03)	1.000	Aminoglykoside: Lincomycin + Spectinomycin Penicilline: Amoxicillin Makrolide: Tylosin Sulfonamide (Bestandsbehandlung): Sulfadimidin + Trimethoprim Tetracycline (Bestandsbehandlung): Chlortetracyclin Nachgewiesene Wirkstoffe: Chlortetracyclin, Tetracyclin und Oxytetracyclin, Sulfadimidin Wirtschaftsdünger ausgebracht: Okt. 2003/April 2004
S 0310 4560 (Okt. 03)	bis 1.200	
S 0403 1127 (März 04)		
S 0403 1128 (März 04)		
S 0407 2840 (Juli 04)		
B 0310 4562 (Okt. 03)		
B 0405 1843 (Mai 04)		



Probennummer		2201	4560	1127	1128	2840
1.000-1.200 Mast- schweineplätze		Mix- probe	Mix- probe	Tiefen- probe	Mix- probe	Mix- probe
		gerührt	gerührt	mit Greifer	gerührt	gerührt
TM	%	4,4	8,0	8,8	5,0	2,7
Kjeldahl-N	mg/kg TM	120.000	86.000	75.000	110.000	160.000
Cu	mg/kg TM	300	310	260	290	150
Zn	mg/kg TM	1.100	940	810	920	680
Tetracyclin	mg/kg TM	7,9	23	3,2	20	5,0
Oxytetra- cyclin	mg/kg TM	5,7	3,7	1,0	2,4	n.n.
Chlortetra- cyclin	mg/kg TM	43	46	20	19	12
Trimethoprim	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Sulfadimidin	mg/kg TM	0,49	1,7	0,33	0,54	6,4
Sulfadiazin	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Sulfadoxin	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Sulfathiazol	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Sulfa- methoxazol	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Ciprofloxacin	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Enrofloxacin	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.



Probennummer		4562	1843
1.000-1.200 Mast- schweineplätze		Boden- probe	Boden- probe
Tetracyclin	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Oxytetra- cyclin	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Chlortetra- cyclin	mg/kg TM	n.n.	0,81
Trimethoprim	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Sulfadimidin	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Sulfadiazin	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Sulfadoxin	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Sulfathiazol	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Sulfa- methoxazol	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Ciprofloxacin	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Enrofloxacin	mg/kg TM	n.n.	n.n.

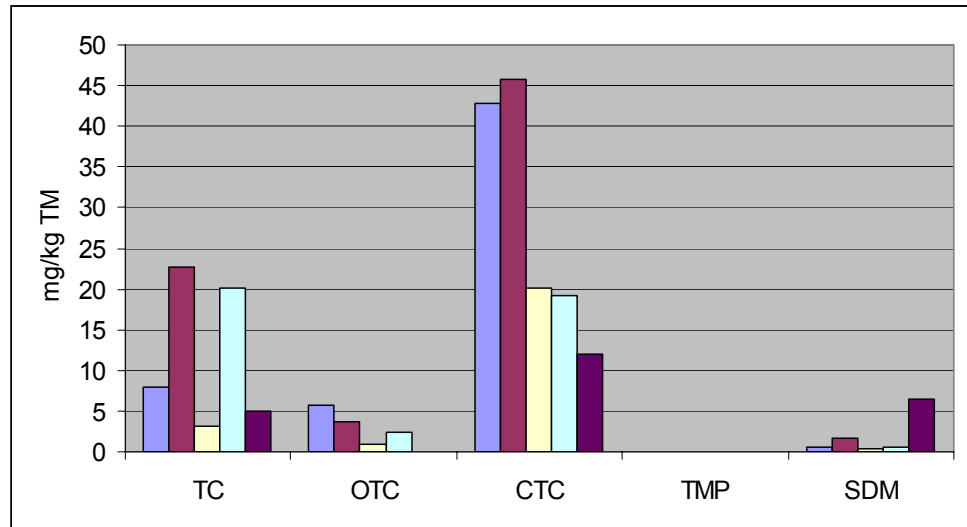


Abb. 1: Gehalt an Antibiotika in Schweinegülle / Betrieb 1 (alle Angaben in mg/kg TM)

9.3.1.2 Betrieb 2

Labornummer	Bestand	Antibiotikaeinsatz, -nachweis sowie Ausbringung
S 0306 2203 (Juni 03)	800 bis 1.200	Makrolide: Tylosin Penicilline: Amoxicillin Tetracycline: (Bestandsbehandlung): Chlortetracyclin Sulfonamide (Bestandsbehandlung): Sulfamethoxazol + Trimethoprim Nachgewiesene Wirkstoffe: Chlortetracyclin, Tetracyclin und Oxytetracyclin, Sulfadimidin, Sulfamethoxazol Wirtschaftsdünger ausgebracht: Okt. 2003/April 2004
S 0310 4563 (Okt. 03)		
S 0403 1129 (März 04)		
S 0403 1130 (März 04)		
S 0407 2841 (Juli 04)		
B 0310 4565 (Okt. 03)		
B 0405 1839 (Mai 04)		



Probennummer		2203	4563	1129	1130	2841
800 - 1.200 Mastschweineplätze		Mix-probe	Mix-probe	Tiefen-probe	Mix-probe	Mix-probe
		gerührt	gerührt	mit Greifer	gerührt	gerührt
TM	%	4,0	1,2	15	1,4	1,6
Kjeldahl-N	mg/kg TM	110.000	230.000	51.000	260.000	190.000
Cu	mg/kg TM	220	250	140	92	43
Zn	mg/kg TM	950	1.100	780	450	220
Tetracyclin	mg/kg TM	3,5	1,5	0,77	2,1	0,77
Oxytetracyclin	mg/kg TM	n.n.	n.n.	0,21	1,3	n.n.
Chlortetracyclin	mg/kg TM	31	17	3,2	8,6	5,5
Trimethoprim	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Sulfadimidin	mg/kg TM	0,47	n.n.	n.n.	n.n.	11
Sulfadiazin	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Sulfadoxin	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Sulfathiazol	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Sulfamethoxazol	mg/kg TM	n.n.	n.n.	<0,1	2,4	n.n.
Ciprofloxacin	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Enrofloxacin	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.



Probennummer		4565	1839
800 - 1.200 Mastschweineplätze		Boden- probe	Boden- probe
Tetracyclin	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Oxytetra- cyclin	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Chlortetra- cyclin	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Trimethoprim	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Sulfadimidin	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Sulfadiazin	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Sulfadoxin	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Sulfathiazol	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Sulfa- methoxazol	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Ciprofloxacin	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Enrofloxacin	mg/kg TM	n.n.	n.n.

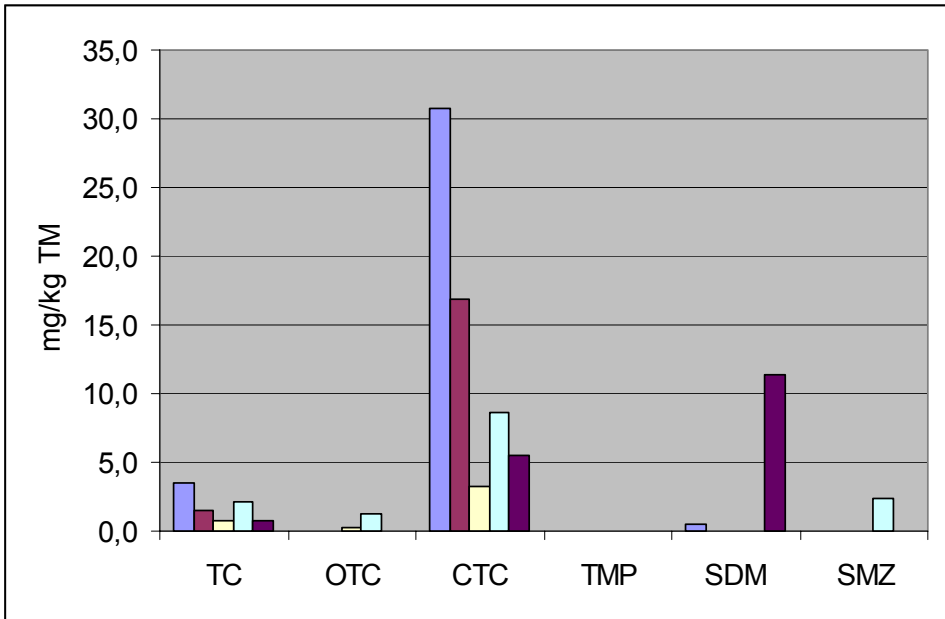


Abb. 2: Gehalt an Antibiotika in Schweinegülle / Betrieb 2 (alle Angaben in mg/kg TM)

9.3.1.3 Betrieb 3

Labornummer	Bestand	Antibiotikaeinsatz, -nachweis sowie Ausbringung
S 0306 2307 (Juni 03)	400	Chinolon: Enrofloxacin Penicilline: Amoxicillin, Benzylpenicillin Pleuromutiline: Tiamulin Sulfonamide (Bestandsbehandlung): Sulfamethoxazol + Trimethoprim Tetracycline: Tetracyclin, Oxytetracyclin Nachgewiesene Wirkstoffe: Oxytetracyclin, Tetracyclin und Chlortetracyclin, Sulfadimidin (Einzelfund), Ciprofloxacin, Enrofloxacin Wirtschaftsdünger ausgebracht: Juli 2003/April 2004
S 0311 4850 (Nov. 03)		
S 0403 1131 (März 04)		
S 0403 1132 (März 04)		
S 0406 2483 (Juni 04)		
B 0311 4852 (Okt. 03)		
B 0405 1847 (Mai 04)		



Probennummer		2307	4850	1131	1132	2483
400 Mastschweineplätze		Mix- probe	Mix- probe	Tiefen- probe	Mix- probe	Mix- probe
		gerührt	gerührt	mit Greifer	gerührt	gerührt
TM	%	3,8	3,7	6,2	8,4	5
Kjeldahl-N	mg/kg TM	82.000	100.000	87.000	71.000	94.000
Cu	mg/kg TM	140	150	160	130	140
Zn	mg/kg TM	800	890	900	810	1.000
Tetracyclin	mg/kg TM	1,3	4,9	2,3	1,2	1,6
Oxytetra- cyclin	mg/kg TM	29	5,7	19	7,7	1,7
Chlortetra- cyclin	mg/kg TM	0,66	0,31	n.n.	n.n.	n.n.
Trimethoprim	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Sulfadimidin	mg/kg TM	n.n.	n.n.	0,13	n.n.	n.n.
Sulfadiazin	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Sulfadoxin	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Sulfathiazol	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Sulfa- methoxazol	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Ciprofloxacin	mg/kg TM	0,62	n.n.	n.n.	0,32	0,51
Enrofloxacin	mg/kg TM	0,50	0,27	0,20	0,13	0,75



Probennummer		4852	1847
400 Mastschweineplätze		Boden- probe	Boden- probe
Tetracyclin	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Oxytetra- cyclin	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Chlortetra- cyclin	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Trimethoprim	mg/kg TM	n.n.	<0,1
Sulfadimidin	mg/kg TM	n.n.	<0,1
Sulfadiazin	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Sulfadoxin	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Sulfathiazol	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Sulfa- methoxazol	mg/kg TM	n.n.	<0,1
Ciprofloxacin	mg/kg TM	n.n.	0,23
Enrofloxacin	mg/kg TM	n.n.	n.n.

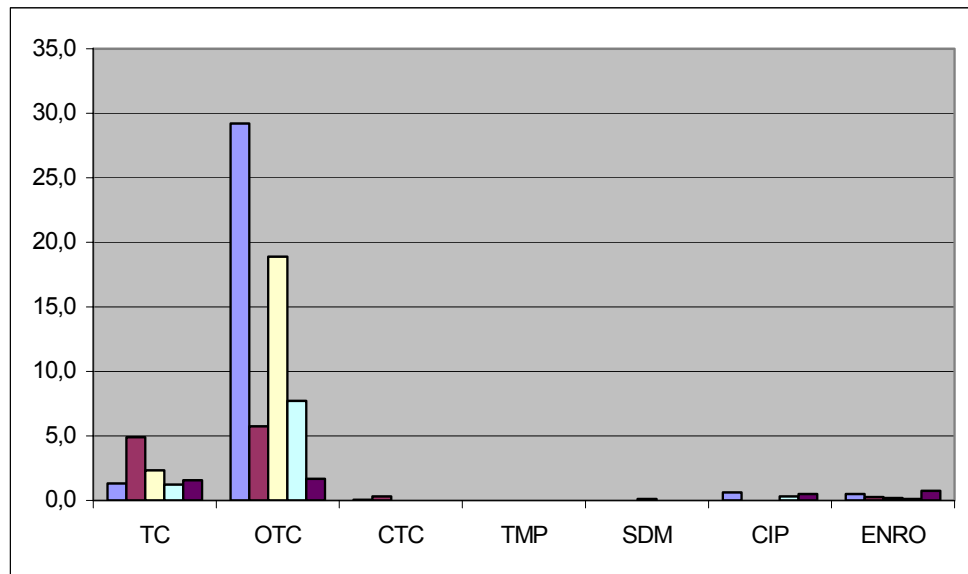


Abb. 3: Gehalt an Antibiotika in Schweinegülle / Betrieb 3 (alle Angaben in mg/kg TM)

9.3.1.4 Betrieb 4

Labornummer	Bestand	Antibiotikaeinsatz, -nachweis sowie Ausbringung
S 0306 2309 (Juni 03)	500	Aminoglykoside: Dihydrostreptomycin
S 0311 4853 (Nov. 03)		Cephalosporine: Cefquinom
S 0403 1133 (März 04)		Makrolide (Bestandsbehandlung): Tylosin
S 0403 1134 (März 04)		Penicilline: Benzylpenicillin
S 0406 2484 (Juni 04)		Sulfonamide (Bestandsbehandlung): Sulfamethoxazol + Trimethoprim
B 0311 4855 (Okt. 03)		Tetracycline (Bestandsbehandlung): Chlortetracyclin
B 0405 1844 (Mai 04)		Nachgewiesene Wirkstoffe: Oxytetracyclin (Einzelfund), Tetracyclin (Einzelfund) und Chlortetracyclin (Einzelfund)
		Wirtschaftsdünger ausgebracht: Aug. 2003



Probennummer		2309	4853	1133	1134	2484
400 Mastschweineplätze		Mix- probe	Mix- probe	Tiefen- probe	Mix- probe	Mix- probe
		gerührt	gerührt	mit Greifer	gerührt	gerührt
TM	%	5,0	2,8	28	1,6	2,1
Kjeldahl-N	mg/kg TM	100.000	110.000	31.000	230.000	150.000
Cu	mg/kg TM	320	270	120	140	70
Zn	mg/kg TM	1.200	1.300	500	510	370
Tetracyclin	mg/kg TM	n.n.	0,36	n.n.	n.n.	n.n.
Oxytetra- cyclin	mg/kg TM	n.n.	0,54	n.n.	n.n.	n.n.
Chlortetra- cyclin	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	0,10
Trimethoprim	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Sulfadimidin	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Sulfadiazin	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Sulfadoxin	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Sulfathiazol	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Sulfa- methoxazol	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Ciprofloxacin	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Enrofloxacin	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.



Probennummer		4855	1844
400 Mastschweineplätze		Bodenprobe	Bodenprobe
Tetracyclin	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Oxytetracyclin	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Chlortetracyclin	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Trimethoprim	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Sulfadimidin	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Sulfadiazin	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Sulfadoxin	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Sulfathiazol	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Sulfamethoxazol	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Ciprofloxacin	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Enrofloxacin	mg/kg TM	n.n.	n.n.



9.3.1.5 Betrieb 5

Labornummer	Bestand	Antibiotikaeinsatz, -nachweis sowie Ausbringung
S 0306 2397 (Juni 03)	max. 3.000	Makrolide (Bestandsbehandlung): Tilmicosin
S 0311 4712 (Nov. 03)		Sulfonamide (Bestandsbehandlung): Sulfadimidin + Trimethoprim
S 0403 1135 (März 04)		Tetracycline (Bestandsbehandlung): Doxycyclin, Oxytetracyclin
S 0403 1136 (März 04)		Polymyxine (Bestandsbehandlung): Colistin
S 0406 2706 (Juni 04)		Nachgewiesene Wirkstoffe: Oxytetracyclin, Tetracyclin, Sulfadimidin
B 0311 4714 (Okt. 03)		Wirtschaftsdünger ausgebracht: Sept. 2002
B 0405 2149 (Mai 04)		



Probennummer		2397	4712	1135	1136	2706
3000 Mastschweine- plätze		Mix- probe	Mix- probe	Tiefen- probe	Mix- probe	Mix- probe
		gerührt	gerührt	mit Greifer	gerührt	gerührt
TM	%	6,3	5,7	17	5,5	4,0
Kjeldahl-N	mg/kg TM	89.000	100.000	49.000	89.000	98.000
Cu	mg/kg TM	190	230	170	170	210
Zn	mg/kg TM	740	1.000	700	670	940
Tetracyclin	mg/kg TM	n.n.	0,38	n.n.	n.n.	1,3
Oxytetra- cyclin	mg/kg TM	1,6	2,5	0,66	1,2	2,2
Chlortetra- cyclin	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Trimethoprim	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Sulfadimidin	mg/kg TM	1,6	3,2	0,65	0,69	0,94
Sulfadiazin	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Sulfadoxin	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Sulfathiazol	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Sulfa- methoxazol	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Ciprofloxacin	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Enrofloxacin	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.



Probennummer		4714	2149
3000 Mastschweineplätze		Bodenprobe	Bodenprobe
Tetracyclin	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Oxytetracyclin	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Chlortetracyclin	mg/kg TM	0,16	n.n.
Trimethoprim	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Sulfadimidin	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Sulfadiazin	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Sulfadoxin	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Sulfathiazol	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Sulfamethoxazol	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Ciprofloxacin	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Enrofloxacin	mg/kg TM	n.n.	n.n.

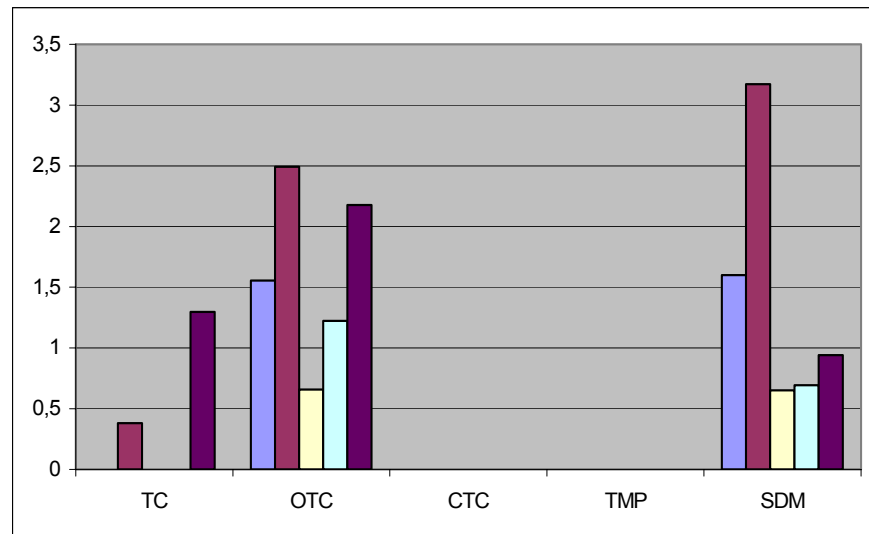


Abb. 4: Gehalt an Antibiotika in Schweinegülle / Betrieb 5 (alle Angaben in mg/kg TM)

9.3.1.6 Betrieb 6

Labornummer	Bestand	Antibiotikaeinsatz, -nachweis sowie Ausbringung
S 0306 2465 (Juni 03)	500	Aminoglykoside: Lincomycin + Spectinomycin Makrolide: Tylosin Tetracycline: (Bestandsbehandlung): Chlortetracyclin, Oxytetracyclin Nachgewiesene Wirkstoffe: Chlortetracyclin, Oxytetracyclin, Tetracyclin, Sulfadimidin, Ciprofloxacin (Einzelfund) Wirtschaftsdünger ausgebracht: Okt. 2003/April 2004
S 0310 4582 (Okt. 03)		
S 0403 1137 (März 04)		
S 0403 1138 (März 04)		
S 0407 2836 (Juli 04)		
B 0310 4584 (Okt. 03)		
B 0405 1836 (Mai 04)		



Probennummer		2465	4582	1137	1138	2836
500 Mastschweineplätze		Mix- probe	Mix- probe	Tiefen- probe	Mix- probe	Mix- probe
		gerührt	gerührt	mit Greifer	gerührt	gerührt
TM	%	3,9	10	12	5,0	8,4
Kjeldahl-N	mg/kg TM	140.000	78.000	73.000	150.000	110.000
Cu	mg/kg TM	250	220	140	230	96
Zn	mg/kg TM	990	890	600	960	840
Tetracyclin	mg/kg TM	0,78	n.n.	1,6	1,5	1,4
Oxytetra- cyclin	mg/kg TM	4,8	0,47	11	16	28
Chlortetra- cyclin	mg/kg TM	1,4	n.n.	7,0	14	2,7
Trimethoprim	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Sulfadimidin	mg/kg TM	20	0,15	1,6	3,2	2,1
Sulfadiazin	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Sulfadoxin	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Sulfathiazol	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Sulfa- methoxazol	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Ciprofloxacin	mg/kg TM	n.n.	n.n.	0,18	n.n.	n.n.
Enrofloxacin	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.



Probennummer		4584	1836
500 Mastschweineplätze		Bodenprobe	Bodenprobe
Tetracyclin	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Oxytetracyclin	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Chlortetracyclin	mg/kg TM	<0.1	n.n.
Trimethoprim	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Sulfadimidin	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Sulfadiazin	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Sulfadoxin	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Sulfathiazol	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Sulfamethoxazol	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Ciprofloxacin	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Enrofloxacin	mg/kg TM	n.n.	n.n.

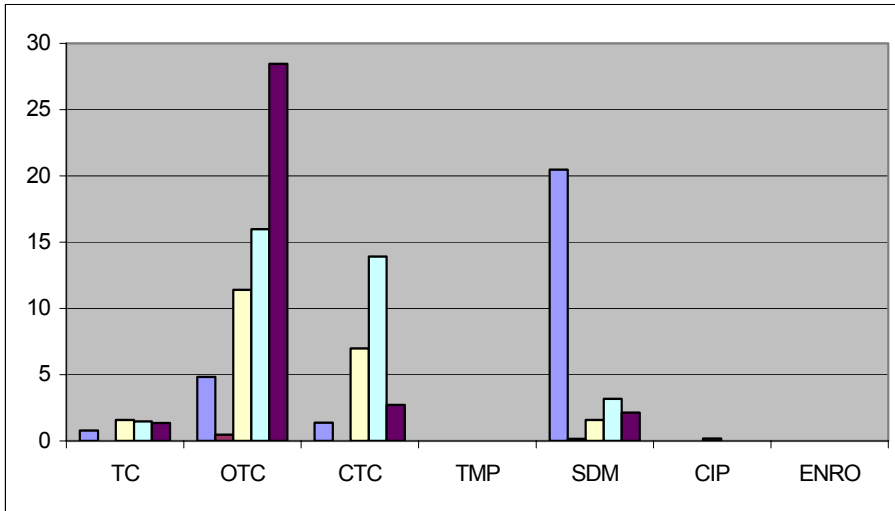


Abb. 5: Gehalt an Antibiotika in Schweinegülle / Betrieb 6 (alle Angaben in mg/kg TM)

9.3.2 Hühnermastbetriebe

9.3.2.1 Betrieb 7

Labornummer	Bestand	Antibiotikaeinsatz, -nachweis sowie Ausbringung
S 0306 2204 (Juni 03)	30.000 bis 70.000	Tetracycline: Oxytetracyclin (März und April 2003) Chinolone: Enrofloxacin (Mai 2004) Nachgewiesener Wirkstoff: Oxytetracyclin, Ciprofloxacin und Enrofloxacin Wirtschaftsdünger ausgebracht: Okt. 2003/März 2004
S 0311 4709 (Nov. 03)		
S 0403 1144 (März 03)		
S 0406 2705 (Juni 04)		
B 0311 4711 (Okt. 03)		
B 0405 2148 (Mai 04)		



Probennummer		2204	4709	1144	2705
30.000 - 70.000 Hühner		Mix-probe	Mix-probe	Mix-probe	Mix-probe
TM	%	89	88	91	79
Kjeldahl-N	mg/kg TM	40.000	35.000	26.000	39.000
Cu	mg/kg TM	60	40	20	81
Zn	mg/kg TM	390	240	120	514
Tetracyclin	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Oxytetracyclin	mg/kg TM	1,1	n.n.	n.n.	n.n.
Chlortetracyclin	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Trimethoprim	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Sulfadimidin	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Sulfadiazin	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Sulfadoxin	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Sulfathiazol	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Sulfamethoxazol	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Ciprofloxacin	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	1,2
Enrofloxacin	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	2,8



Probennummer		4711	2148
30.000 - 70.000 Hühner		Boden- probe	Boden- probe
Tetracyclin	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Oxytetra- cyclin	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Chlor- tetracyclin	mg/kg TM	n.n.	0,11
Trimethoprim	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Sulfadimidin	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Sulfadiazin	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Sulfadoxin	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Sulfathiazol	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Sulfa- methoxazol	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Ciprofloxacin	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Enrofloxacin	mg/kg TM	n.n.	n.n.



9.3.2.2 Betrieb 8

Labornummer	Bestand	Antibiotikaeinsatz, -nachweis sowie Ausbringung
S 0306 2396 (Juni 03)	16.000 bis 30.000	Chinolone: Enrofloxacin (Juni 2003, März 2004) Makrolide: Tylosin (Okt. 2003) Tetracycline: Doxycyclin (Juni 2003) Nachgewiesene Wirkstoffe: Ciprofloxacin, Enrofloxacin, Sulfadiazin, Trimethoprim Wirtschaftsdünger ausgebracht: Sept. 2003
S 0311 4706 (Nov. 03)		
S 0403 1143 (März 04)		
S 0406 2704 (Juni 04)		
B 0311 4708 (Okt. 03)		
B 0405 2147 (Mai 04)		



Probennummer		2396	4706	1143	2704
16.000 - 30.000 Hühner		Mix- probe	Mix- probe	Mix- probe	Mix- probe
TM	%	87	89	90	93
Kjeldahl-N	mg/kg TM	44.000	32.000	23.000	110.000
Cu	mg/kg TM	65	54	16	5,7
Zn	mg/kg TM	400	240	88	32
Tetracyclin	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Oxytetra- cyclin	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Chlortetra- cyclin	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Trimethoprim	mg/kg TM	< 0,1	n.n.	< 0,1	n.n.
Sulfadimidin	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Sulfadiazin	mg/kg TM	0,13	n.n.	0,25	n.n.
Sulfadoxin	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Sulfathiazol	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Sulfa- methoxazol	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Ciprofloxacin	mg/kg TM	0,24	n.n.	0,61	0,33
Enrofloxacin	mg/kg TM	0,37	n.n.	1,1	n.n.



Probennummer		4708	2147
16.000 - 30.000 Hühner		Boden- probe	Boden- probe
Tetracyclin	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Oxytetra- cyclin	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Chlor- tetracyclin	mg/kg TM	n.n.	<0,1
Trimethoprim	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Sulfadimidin	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Sulfadiazin	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Sulfadoxin	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Sulfathiazol	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Sulfa- methoxazol	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Ciprofloxacin	mg/kg TM	n.n.	0,26
Enrofloxacin	mg/kg TM	n.n.	0,20



9.3.2.3 Betrieb 9

Labornummer	Bestand	Antibiotikaeinsatz, -nachweis sowie Ausbringung
S 0306 2466 (Juni 03)	22.000 bis 31.000	Chinolone: Enrofloxacin (Okt. 2003)
S 0310 4588 (Okt. 03)		Sulfonamide: Sulfadiazin + Trimethoprim (Juni 2003/Feb. 2004/Juni 2004)
S 0403 1146 (März 04)		Nachgewiesene Wirkstoffe: Chlortetracyclin, Trimethoprim, Sulfadimidin, Enrofloxacin
S 0407 2838 (Juli 04)		
B 0310 4590 (Okt. 03)		Wirtschaftsdünger ausgebracht: Okt. 2003
B 0405 1841 (Mai 04)		



Probennummer		2466	4588	1146	2838
22.000 - 31.000 Hühner		Mix-probe	Mix-probe	Mix-probe	Mix-probe
TM	%	87	89	91	93
Kjeldahl-N	mg/kg TM	37.000	40.000	43.000	50.000
Cu	mg/kg TM	40	44	52	69
Zn	mg/kg TM	220	260	300	450
Tetracyclin	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Oxytetracyclin	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Chlortetracyclin	mg/kg TM	n.n.	0,36	n.n.	n.n.
Trimethoprim	mg/kg TM	0,20	0,18	< 0,1	1,4
Sulfadimidin	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Sulfadiazin	mg/kg TM	0,77	0,68	0,11	1,8
Sulfadoxin	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Sulfathiazol	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Sulfamethoxazol	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Ciprofloxacin	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Enrofloxacin	mg/kg TM	n.n.	0,56	n.n.	n.n.



Probennummer		4590	1841
22.000 - 31.000 Hühner		Boden- probe	Boden- probe
Tetracyclin	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Oxytetra- cyclin	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Chlor- tetracyclin	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Trimethoprim	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Sulfadimidin	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Sulfadiazin	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Sulfadoxin	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Sulfathiazol	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Sulfa- methoxazol	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Ciprofloxacin	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Enrofloxacin	mg/kg TM	0,15	n.n.



9.3.2.4 Betrieb 10

Labornummer	Bestand	Antibiotikaeinsatz, -nachweis sowie Ausbringung
S 0306 2467 (Juni 03)	14.000 bis 60.000	Aminoglykoside: Lincomycin + Spectinomycin (Okt. 2003/Feb. 2004)
S 0310 4585 (Okt. 03)		Penicilline: Amoxicillin (Juni 2004)
S 0403 1147 (März 04)		Sulfonamide: Sulfadiazin + Trimethoprim (Juni 2003), Sulfachlorpyrazin (Nov. 2003)
S 0407 2837 (Juli 04)		Nachgewiesene Wirkstoffe: Chlor-tetracyclin, Ciprofloxacin, Enrofloxacin, Sulfadiazin, Trimethoprim
B 0310 4587 (Okt. 03)		Wirtschaftsdünger ausgebracht: Okt. 2003/April 2004
B 0405 1845 (Mai 04)		



Probennummer		2467	4585	1147	2837
14.000 - 60.000 Hühner		Mix- probe	Mix- probe	Mix- probe	Mix- probe
TM	%	88	87	89	92
Kjeldahl-N	mg/kg TM	36.000	26.000	45.000	39.000
Cu	mg/kg TM	40	44	60	46
Zn	mg/kg TM	190	250	360	310
Tetracyclin	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Oxytetra- cyclin	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Chlortetra- cyclin	mg/kg TM	n.n.	0,22	n.n.	0,21
Trimethoprim	mg/kg TM	13	n.n.	n.n.	n.n.
Sulfadimidin	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Sulfadiazin	mg/kg TM	51	n.n.	n.n.	n.n.
Sulfadoxin	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Sulfathiazol	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Sulfa- methoxazol	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Ciprofloxacin	mg/kg TM	n.n.	n.n.	0,44	n.n.
Enrofloxacin	mg/kg TM	n.n.	n.n.	0,76	n.n.



Probennummer		4587	1845
14.000 - 60.000 Hühner		Boden- probe	Boden- probe
Tetracyclin	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Oxytetra- cyclin	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Chlor- tetracyclin	mg/kg TM	n.n.	0,42
Trimethoprim	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Sulfadimidin	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Sulfadiazin	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Sulfadoxin	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Sulfathiazol	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Sulfa- methoxazol	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Ciprofloxacin	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Enrofloxacin	mg/kg TM	n.n.	n.n.



9.3.2.5 Betrieb 11

Labornummer	Bestand	Antibiotikaeinsatz, -nachweis sowie Ausbringung
S 0306 2308 (Juni 03)	28.000 bis 45.000	Nachgewiesener Wirkstoff: Chlor-tetracyclin (Einzelfund) Wirtschaftsdünger ausgebracht: Aug. 2003
S 0311 4847 (Nov. 03)		
S 0404 1142 (März 04)		
S 0406 2482 (Juni 04)		
B 0311 4849 (Okt. 03)		
B 0405 1846 (Mai 04)		



Probennummer		2308	4847	1142	2482
28.000 - 45.000 Hühner		Mix-probe	Mix-probe	Mix-probe	Mix-probe
TM	%	88	90	90	88
Kjeldahl-N	mg/kg TM	34.000	23.000	33.000	37.000
Cu	mg/kg TM	50	32	39	48
Zn	mg/kg TM	300	160	230	350
Tetracyclin	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Oxytetracyclin	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Chlortetracyclin	mg/kg TM	n.n.	n.n.	0,22	n.n.
Trimethoprim	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Sulfadimidin	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Sulfadiazin	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Sulfadoxin	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Sulfathiazol	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Sulfamethoxazol	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Ciprofloxacin	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Enrofloxacin	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.



Probennummer		4849	1846
28.000 - 45.000 Hühner		Boden- probe	Boden- probe
Tetracyclin	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Oxytetra- cyclin	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Chlor- tetracyclin	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Trimethoprim	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Sulfadimidin	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Sulfadiazin	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Sulfadoxin	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Sulfathiazol	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Sulfa- methoxazol	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Ciprofloxacin	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Enrofloxacin	mg/kg TM	n.n.	n.n.



9.3.3 Putenmastbetriebe

9.3.3.1 Betrieb 12

Labornummer	Bestand	Antibiotikaeinsatz, -nachweis sowie Ausbringung
S 0304 1645 (April 03)	4.500	Chinolone: Enrofloxacin (Dez. 2003/Mai 2004)
S 0401 0080 (Jän. 04)	bis 10.000	Makrolide: Tylosin Tetracycline: Tetracyclin (Sept. 2004)
S 0403 1141 (März 04)		Nachgewiesene Wirkstoffe: Ciprofloxacin, Enrofloxacin
S 0406 2708 (Juni 04)		Wirtschaftsdünger ausgebracht: Okt. 2003
B 0311 4934 (Okt. 03)		
B 0405 1840 (Mai 04)		

Anmerkung: Tetracyclin konnte weder im April 2003 noch im Jänner 2004 miterfasst werden (andere Charge von Tieren).



Probennummer		1645	0080	1141	2708
4.500 - 10.000 Puten		Mix- probe	Mix- probe	Mix- probe	Mix- probe
TM	%	91	85	89	92
Kjeldahl-N	mg/kg TM	21.000	17.000	27.000	19.000
Cu	mg/kg TM	470	150	580	110
Zn	mg/kg TM	300	140	310	210
Tetracyclin	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Oxytetra- cyclin	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Chlortetra- cyclin	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Trimethoprim	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Sulfadimidin	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Sulfadiazin	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Sulfadoxin	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Sulfathiazol	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Sulfa- methoxazol	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Ciprofloxacin	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	0,23
Enrofloxacin	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	0,31



Probennummer		4934	1840
4.500 - 10.000 Puten		Boden- probe	Boden- probe
Tetracyclin	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Oxytetra- cyclin	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Chlor- tetracyclin	mg/kg TM	n.n.	< 0,1
Trimethoprim	mg/kg TM	n.n.	< 0,1
Sulfadimidin	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Sulfadiazin	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Sulfadoxin	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Sulfathiazol	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Sulfa- methoxazol	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Ciprofloxacin	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Enrofloxacin	mg/kg TM	n.n.	n.n.



9.3.3.2 Betrieb 13

Labornummer	Bestand	Antibiotikaeinsatz, -nachweis sowie Ausbringung
S 0304 1646 (April 03)	4.500 bis 9.500	Aminoglykoside: Neomycin (Apr. 2003)
S 0312 5425 (Dez. 03)		Chinolone: Enrofloxacin (Apr. 2003/Sep. 2003)
S 0403 1140 (März 04)		Penicilline: Aviapen
S 0406 2707 (Juni 04)		Sulfonamide: Sulfadiazin + Trimethoprim (Aug. 2003/Dez. 2003)
B 0311 4931 (Okt. 03)		Nachgewiesene Wirkstoffe: Ciprofloxacin, Enrofloxacin, Trimethoprim, Sulfathiazol
B 0405 1837 (Mai 04)		Wirtschaftsdünger ausgebracht: Aug. 2003/April 2004

Anmerkung: Enrofloxacin (April 2003) und Sulfonamide (August 2003) konnten weder im April 2003 noch im Dezember 2003 miterfasst werden (andere Charge von Tieren).



Probennummer		1646	5425	1140	2707
4.500 - 9.500 Puten		Mix-probe	Mix-probe	Mix-probe	Mix-probe
TM	%	90	75	80	89
Kjeldahl-N	mg/kg TM	24.000	53.000	26.000	53.000
Cu	mg/kg TM	110	520	450	200
Zn	mg/kg TM	230	320	350	380
Tetracyclin	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Oxytetracyclin	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Chlortetracyclin	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Trimethoprim	mg/kg TM	n.n.	n.n.	0,13	n.n.
Sulfadimidin	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Sulfadiazin	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Sulfadoxin	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Sulfathiazol	mg/kg TM	0,11	n.n.	n.n.	n.n.
Sulfamethoxazol	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Ciprofloxacin	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	0,27
Enrofloxacin	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	0,28



Probennummer		4931	1837
4.500 - 9.500 Puten		Boden- probe	Boden- probe
Tetracyclin	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Oxytetra- cyclin	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Chlor- tetracyclin	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Trimethoprim	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Sulfadimidin	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Sulfadiazin	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Sulfadoxin	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Sulfathiazol	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Sulfa- methoxazol	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Ciprofloxacin	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Enrofloxacin	mg/kg TM	n.n.	n.n.



9.3.3.3 Betrieb 14

Labornummer	Bestand	Antibiotikaeinsatz, -nachweis sowie Ausbringung
S 0304 1647 (April 03)	3.000 bis 5.800	Aminoglykoside: Neomycin (März 2004)
S 0312 5427 (Dez. 03)		Sulfonamide: Sulfadiazin + Trimethoprim (März 2004) Tetracycline: Chlortetracyclin (Nov. 2003)
S 0403 1139 (März 04)		Nachgewiesene Wirkstoffe: Chlor- tetracyclin, Ciprofloxacin, Enrofloxacin, Sulfadiazin, Sulfathiazol (Einzel- fund), Trimethoprim
S 0406 2709 (Juni 04)		
B 0311 4937 (Okt. 03)		Wirtschaftsdünger ausgebracht: Okt. 2003
B 0405 1842 (Mai 04)		



Probennummer		1647	5427	1139	2709
3.000 - 5.800 Puten		Mix-probe	Mix-probe	Mix-probe	Mix-probe
TM	%	90	69	57	90
Kjeldahl-N	mg/kg TM	17.000	34.000	54.000	23.000
Cu	mg/kg TM	310	390	330	340
Zn	mg/kg TM	310	390	300	360
Tetracyclin	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Oxytetracyclin	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Chlortetracyclin	mg/kg TM	<0,1	1,7	n.n.	n.n.
Trimethoprim	mg/kg TM	n.n.	n.n.	17	1,9
Sulfadimidin	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Sulfadiazin	mg/kg TM	n.n.	n.n.	91	2,2
Sulfadoxin	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Sulfathiazol	mg/kg TM	n.n.	0,61	n.n.	n.n.
Sulfamethoxazol	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Ciprofloxacin	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	0,46
Enrofloxacin	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	0,54



Probennummer		4937	1842
3.000 - 5.800 Puten		Boden- probe	Boden- probe
Tetracyclin	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Oxytetra- cyclin	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Chlor- tetracyclin	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Trimethoprim	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Sulfadimidin	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Sulfadiazin	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Sulfadoxin	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Sulfathiazol	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Sulfa- methoxazol	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Ciprofloxacin	mg/kg TM	n.n.	0,37
Enrofloxacin	mg/kg TM	n.n.	0,11



9.3.3.4 Betrieb 15

Labornummer	Bestand	Antibiotikaeinsatz, -nachweis sowie Ausbringung
S 0306 2202 (Juni 03)	15.000	Chinolone: Enrofloxacin (Juni 2003/Nov. 2003/ März 2004)
S 0312 5426 (Dez. 03)	bis 17.000	Penicilline: Aviapen
S 0403 1145 (März 04)		Nachgewiesene Wirkstoffe: Chlor-tetracyclin, Ciprofloxacin, Enrofloxacin, Sulfadiazin, Trimethoprim
S 0407 2839 (Juli 04)		Wirtschaftsdünger ausgebracht: März 2003/April 2004
B 0310 4559 (Okt. 03)		
B 0405 1838 (Mai 04)		



Probennummer		2202	5426	1145	2839
15.000 - 17.000 Puten		Mix-probe	Mix-probe	Mix-probe	Mix-probe
TM	%	87	63	87	91
Kjeldahl-N	mg/kg TM	43.000	58.000	48.000	46.000
Cu	mg/kg TM	370	260	68	72
Zn	mg/kg TM	650	520	340	410
Tetracyclin	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Oxytetracyclin	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Chlortetracyclin	mg/kg TM	<0,1	n.n.	0,17	n.n.
Trimethoprim	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	3,0
Sulfadimidin	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Sulfadiazin	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	13
Sulfadoxin	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Sulfathiazol	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Sulfamethoxazol	mg/kg TM	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Ciprofloxacin	mg/kg TM	n.n.	2,9	1,1	n.n.
Enrofloxacin	mg/kg TM	0,28	8,3	6,0	n.n.



Probennummer		4559	1838
15.000 - 17.000 Puten		Boden- probe	Boden- probe
Tetracyclin	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Oxytetra- cyclin	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Chlor- tetracyclin	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Trimethoprim	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Sulfadimidin	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Sulfadiazin	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Sulfadoxin	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Sulfathiazol	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Sulfa- methoxazol	mg/kg TM	n.n.	n.n.
Ciprofloxacin	mg/kg TM	0,14	n.n.
Enrofloxacin	mg/kg TM	<0,1	n.n.

10 DISKUSSION, SCHLUSSFOLGERUNGEN UND EMPFEHLUNGEN

10.1 Diskussion und Bewertung der Ergebnisse

Dieses Pilotprojekt untersucht erstmals in Österreich Schweinegülle, Hühner- und Putenmist sowie landwirtschaftlich genutzte Böden auf Rückstände von Veterinärantibiotika. Als Wirkstoffgruppen wurden Tetracycline, Sulfonamide und Chinolone ausgewählt. Dies sind Antibiotika, die vor allem in der Bestandsbehandlung zur Therapie und zur Prophylaxe eingesetzt werden. Der Einsatz dieser Wirkstoffe wurde an Hand der Stallbücher in den beprobten Betrieben ermittelt, sodass sich ein Screening von anonymen Proben mit bekanntem Stoffeinsatz ergab.

Aufgrund des „Rein-Raus-Verfahrens“ der Hühner- und Putenmastbetriebe und der begrenzten Anzahl der Proben ergab sich die Problematik, dass der Einsatz von Antibiotika in den gezogenen frischen Hühner- und Putenmistproben nicht durchgehend erfasst werden konnte. Bei wenigen Ausnahmen waren daher die analytischen Ergebnisse mit den Angaben bezüglich des Stoffeinsatzes von Veterinärantibiotika in den Betrieben nicht immer vollständig kohärent.

Es sei hier noch erwähnt, dass neben den angeführten Antibiotika auch andere Wirkstoffgruppen eingesetzt worden sind, wie Antiparasitika, Antiphlogistika und Futterzusatzstoffe zur Verhütung der Kokzidiose und Histomoniasis. Diese Wirkstoffe sind zwar nicht abgefragt worden, deren Einsatz wurde aber teilweise trotzdem von den Betrieben angegeben.

Das Ziel des Projektes, einen ersten Überblick über die Rückstandssituation von Veterinärantibiotika in Schweinegülle, Hühner und Putenmist zu erhalten, konnte trotz der limitierten Zahl der Betriebe und deren willkürlichen Auswahl weitgehend erreicht werden. Eine Ausdehnung zukünftiger Untersuchungen auf Wirtschaftsdünger, der aus der Kälbermast stammt, wäre sinnvoll, da es in diesem Bereich ebenfalls zu einem intensiveren Einsatz von Antibiotika kommen kann.

Die dreißig gezogenen Bodenproben (Ackerkrume 0-30 cm), die mit Schweinegülle, Hühner- oder Putenmist gedüngt wurden, sind zu punktuell, um sich ein vollständiges Bild über die Belastungssituation von landwirtschaftlichen Böden mit Veterinärantibiotika zu machen. Aus den wenigen Werten, die über der Bestimmungsgrenze lagen, zeigte sich, dass vor allem mit Hühner- und Putenmist beschlagene Flächen Antibiotika-Werte von $> 0,1$ mg/kg TM aufweisen.

Nachfolgend werden die einzelnen Wirkstoffgruppen ausführlich diskutiert und - sofern Antibiotika im Boden nachweisbar waren - auch mögliche Umweltauswirkungen erörtert:

10.1.1 Tetracycline

Tetracyclin

Tetracyclin war in 73 % der Schweinegülle-Proben bestimmbar. Die Konzentration der positiven Proben lag im Bereich von 0,36 bis 23 mg/kg TM. Sie liegen somit im Bereich der in Deutschland ermittelten Konzentrationen von 176 anonymen Schweinegülleproben. Die mittlere Konzentration betrug hier 9,7 mg/kg Trockenmasse (Konzentrationsbereich: 0,9 bis 43,1 mg/kg TM; WINCKLER et al., 2003).



Obwohl seitens der untersuchten Betriebe nur ein aktueller Tetracyclineinsatz angegeben wurde, war Tetracyclin in 22 Gülleproben detektierbar. Diese Befunde konnten bis dato nicht befriedigend erklärt werden. Die beteiligten Betriebe wurden aufgrund der Ergebnisse noch einmal bezüglich eines Einsatzes von Tetracyclin befragt, um ein Fehlen in der Dokumentation der Probennahmescheine auszuschließen. Die Probenahmeprotokolle wurden bestätigt. Das gleiche Phänomen ergab sich in den Untersuchungen von WINCKLER et al. (2003), wo bei bekanntem Wirkstoffeinsatz Tetracyclin in 6 Schweinegülle (n=7) nachgewiesen wurde (1,5 bis 28,9 mg/kg TM), obwohl alle Betriebe angaben, im betreffenden Zeitraum kein Tetracyclin eingesetzt zu haben. Aus diesen beiden Untersuchungen können folgende Schlußfolgerungen gezogen werden:

- Tetracyclin wird nur in Schweinegülle nachgewiesen, wo entweder Tetracyclin oder aber Chlortetracyclin bzw. Oxytetracyclin eingesetzt wurde. Ein Abbau oder Umbau dieser beiden Antibiotika zu Tetracyclin ist aber bis jetzt in der Literatur nicht beschrieben. Die Wirtschaftsdünger der Schweinemastbetriebe, bei denen kein Antibiotikum dieser Gruppe verschrieben worden ist, sind frei von Tetracyclinen.
- Der Einsatz von nicht verschriebenen Präparaten ist unwahrscheinlich, da in zwei unabhängigen Studien, die in zwei verschiedenen Ländern zu unterschiedlichen Zeitpunkten durchgeführt wurden, die gleichen Ergebnisse erzielt wurden.

Im Hühner- und Putenmist war der Wirkstoff nicht nachweisbar. Auch im Boden konnte Tetracyclin in der gegenständlichen Untersuchung nicht nachgewiesen werden.

WINCKLER et al. (2003) vermuten, dass Tetracyclin bereits während der Mastperiode der Hühner in der Mistmatte mikrobiell abgebaut wird. Auch die Versuche über die Persistenz im Hühnermist zeigten einen schnellen Konzentrationsrückgang von Tetracyclin in dieser Matrix.

Es ist bekannt, dass Tetracyclin im Boden eine starke Sorptionsneigung aufweist, im Oberboden persistieren kann und die Bioverfügbarkeit gering ist. Dies lässt den Schluss zu, dass eine Kontamination des Grundwassers durch Versickerung unwahrscheinlich ist. Oberflächliche Abschwemmung und Makroporenfluss („preferential flow“) sind in ihrer Bedeutung noch unklar (HÖPER et al., 2002).

Für die oberste Bodenschicht (0 - 30 cm, 1,4 g/cm³) wurde eine PEC von 0,029 bis 0,47 mg/kg Boden errechnet (BLAC, 2003). Die tatsächlichen Tetracyclinwerte auf mit Schweinegülle beschlagenen Böden (0 - 30 cm, Dauerbeobachtungsflächen in Niedersachsen) lagen in der Regel unterhalb von 0,02 mg/kg (HÖPER et al., 2002).

Warum in keiner der 30 Bodenproben Tetracyclin nachgewiesen werden konnte, auch nicht in den mit Schweinegülle gedüngten Ackerflächen, ist möglicherweise auf die Bildung von „gebundene Rückständen“ zurückzuführen bzw. auf die zu geringen Tetracyclin-Konzentrationen im Boden, die bei der gegebenen Bestimmungsgrenze von 0,1 mg/kg analytisch nicht erfassbar waren.

Aus der Lebensmittelchemie ist die Problematik von gebundenen Tetracyclin-Rückständen bekannt (SCHULZE, 2003). Gebundene Tetracycline könnten unter

bestimmten Bedingungen (z. B. pH-Wert-Erniedrigung, Ionenaustausch) wieder reaktiviert werden. Inwieweit diese Problematik auch auf das Medium Boden zutrifft, sollte nachgeprüft werden. Im Rahmen dieser Studie wurde unter sauren pH-Wert-Bedingungen sowie mit Komplexbildnern gearbeitet, um so weit wie möglich Tetracyclinrückstände zu erfassen.

Die BLAC-Untersuchungen (BLAC, 2003) ergaben Tetracyclin-Gehalte im Boden von frisch begüllten Flächen (n = 10) im Bereich von < 0,001 bis 0,071 mg/kg TM, der Mittelwert betrug 0,019 mg/kg TM. Sie lagen somit unter der für die gegenständlichen Analysen gültigen Bestimmungsgrenzen (BG) von 0,1 mg/kg TM. Auch die Untersuchungen von HAMSCHER et al. (2000, 2002) zeigten, dass sich in der obersten Bodenschicht (0 bis 40 cm) güllegedüngter Böden die Tetracyclin-Rückstände überwiegend im Bereich von 0,01 bis 0,1 mg/kg bewegten.

Auf das Phänomen der „hot spots“-Bildung, also das Vorkommen von hohen, lokalen Konzentrationen von Tetracyclinen im Ackerboden, die durch das Einpflügen von getrockneten Güllekrusten entstehen, sei nur hingewiesen (HAMSCHER et al., 2002)

FRÜND et al. (2000) fanden erst bei hohen Konzentrationen von Tetrazyklin (133 mg/kg Boden) eine Erhöhung des Sauerstoffverbrauches der Bodenmikroflora, was als eine Stressreaktion der Bodenmikroorganismen gedeutet wird

Oxytetracyclin

In 73 % der Schweinegülle-Proben (n = 30) konnte der Wirkstoff nachgewiesen werden. Der Konzentrationsbereich der positiven Proben reichte von 0,21 bis 29 mg/kg TM. Bezieht man die positiven Ergebnisse auf die Frischgülle so ergaben sich Werte im Bereich von 0,02 bis 2,4 mg/kg. Es liegen 14 Proben über den Schwellenwert von 0,1 mg/kg Frischgülle (siehe dazu Kapitel 7). WINKLER et al. (2003) fanden in 5,1 % der Schweinegülleproben (n = 176) Oxytetracyclin im Bereich von 1,6 bis 136,2 mg/kg TM (Mittelwert: 21,5 mg/kg). In den vier Schweinegülleproben des BLAC-Untersuchungsprogrammes konnte Oxytetracyclin nicht nachgewiesen werden (BLAC, 2003). Die Häufigkeit der positiven Gülleproben war in der gegenständlichen Untersuchung im Vergleich zu den Ergebnissen aus Deutschland deutlich höher, die gefunden Konzentrationen lagen darunter.

Von den sechs beprobten Schweinemast-Betrieben setzten vier Oxytetracyclin ein. In den Gülleproben dieser Betriebe fanden sich auch die höchsten Oxytetracyclin-Konzentrationen. Die Halbwertszeit von Oxytetracyclin in Wirtschaftsdünger wird mit 30 Tagen angegeben (LIGUORO et al., 2003). Es ist somit davon auszugehen, dass die Funde von Oxytetracyclin auf die aktuellen Einsätze (Bestands- oder Gruppenbehandlung) dieses Wirkstoffes zurückzuführen sind. Die bisherigen Befunde aus der Literatur deuten auf eine bessere Abbaubarkeit von Oxytetracyclin im Vergleich zu Chlortetracyclin in Schweinegülle hin.

Im Hühnermist war Oxytetracyclin, bis auf eine Ausnahmen, nicht nachweisbar, ebenfalls nicht im Putenmist und in den gezogenen Bodenproben. Im Boden von frisch begüllten Flächen konnte Oxytetracyclin im Rahmen des BLAC-Untersuchungsprogrammes ebenfalls nicht nachgewiesen werden (BLAC, 2003). Auch HAMSCHER et al. (2000) konnten auf mit Gülle beschlagenen, landwirtschaftlichen Flächen dieses Antibiotikum nicht nachweisen.



Es stellt sich die Frage, warum Oxytetracyclin im Boden nicht nachweisbar ist, obwohl auf die Ackerflächen Schweinegülle ausgebracht wurde, die eindeutig mit Oxytetracyclin belastet war. Es ist zu vermuten, dass der Abbau relativ rasch erfolgt, sodass die Konzentrationen im Boden für den Nachweis zu gering sind.

DE LIGUORO et al. (2003) fanden in mit Kälbermist beschlagenen Böden, bei einer Oxytetracyclin-Konzentration von 0,82 mg pro kg Kälbermist, Bodenkonzentrationen unter 0,01 mg/kg, bei Bodentiefen von 0 bis 30 cm 0,006 bzw. 0,007 mg Oxytetracyclin pro kg Boden.

Oxytetracyclin wird in der Bodenmatrix stark gebunden (K_d -Werte von 417 bis 1.026) und weist eine geringe Mobilität auf (RABØLLE et al., 2000). Die Gefahr einer Grundwasser- bzw. Oberflächengewässer-Kontamination durch diese Substanz sollte somit gering sein.

Chlortetracyclin

Von allen analysierten Tetracyclinen wies Chlortetracyclin die höchsten Konzentrationen in der Schweinegülle auf. Die Konzentration der positiven Proben lag im Bereich von 0,1 bis 46 mg/kg TM. Bezieht man die positiven Ergebnisse auf die Frischgülle so ergaben sich Werte im Bereich von 0,0051 bis 3,66 mg/kg. Vier der sechs beprobten Betriebe setzten dieses Antibiotikum in der Bestandsbehandlung ein. Das Screening von anonymen Schweinegülleproben (n = 176) in Deutschland ergab 10,2 % positive Proben im Bereich von 1,1 bis 25,7 mg/kg TM. Die mittlere Konzentration betrug 6,2 mg/kg TM (WINCKLER et al, 2003).

Im Hühner- und Putenmist wurde Chlortetracyclin ebenfalls nachgewiesen, jedoch in geringeren Konzentrationen. Die Konzentrationen der positiven Proben lagen für Putenmist im Bereich von < 0,1 bis 1,7 mg/kg bzw. für Hühnermist im Bereich von 0,11 bis 0,49 mg/kg.

Bemerkenswert sind vor allem die Befunde der Bodenmatrix. Hier lagen die positiven Proben (7 von 30) im Bereich von < 0,1 bis 0,81 mg/kg TM. Die BLAC-Untersuchungen aus Deutschland ergaben in 9 von 10 frisch begüllten Bodenflächen (0 bis 30 cm) Chlortetracyclin-Werte im Bereich von <0,001 bis 0,038 mg/kg TM. Der Mittelwert betrug 0,01 mg/kg TM. Der Chlortetracyclin-Gehalt in den Bodenhorizonten einer Dauerbeobachtungsfläche ergab für die oberste Bodenschicht (0 bis 30 cm) einen Mittelwert (vier Teilflächen) von 0,007 mg/kg TM. In den unteren Bodenschichten (30 bis 40 bzw. 40 bis 90 cm) nahm die Konzentration stark ab (BLAC, 2003).

Die hier ermittelten Befunde für Chlortetracyclin im Boden erhärten den Verdacht der Persistenz dieses Wirkstoffes in dieser Matrix. Der Wirkstoff kann im Boden mobil sein (GAVALCHIN & KATZ, 1994), eine Kontamination des Grund- und Oberflächenwassers ist somit nicht auszuschließen.

Die meisten der im Rahmen dieser Studie ermittelten positiven Chlortetracyclin-Werte lagen über dem „Phase I Schwellen-Wert“ der EMEA-Leitlinie (CVMP/VICH/592/98-FINAL) von 0,1 mg/kg für Rückstände von Veterinärarzneimitteln im Boden. Dies würde bei Neuzulassung dieses Wirkstoffes die Notwendigkeit zusätzlicher Untersuchungen der Phase II wie Abbaubarkeitstests im Boden, Toxizitätstests mit Bodenmakro- und Mikroorganismen und Pflanzen nach sich ziehen.



Die Minimale Hemmkonzentration (MHK) von Chlortetracyclin liegt für verschiedene Bakterienstämme zwischen 0,01 bis 0,5 mg/l (HÖPER et al 2002; THIELEBRUHN, 2003). Die EC_{50} von Bakterien im Klärschlamm wird von HALLING-SØRENSEN (2001) mit 0,4 mg/l angegeben. Für Grünalgen (*Microcystis aeruginosa*) wurde eine EC_{50} von 0,05 mg/l ermittelt (HALLING-SØRENSEN, 2000).

Diese Werte, die sich auf wässrige Lösungen beziehen, sind allerdings nicht direkt auf die Bodenmatrix übertragbar. Die MHK-Werte für typische Bodenbakterien im Ackerboden liegen sicherlich höher.

WARMAN & THOMAS (1981) fand keine Beeinflussung der Bodenatmung über 24 Tage bei Chlortetracyclin-Dosierungen von 0,1 und 0,6 mg/kg. Die Abschätzung eines PNEC-Wertes für Bodenmikroorganismen ist aufgrund der heterogenen Datenlage schwierig, es ist jedoch davon auszugehen, dass der Sicherheitsabstand zum gefundenen Maximalwert von 0,81 mg Chlortetracyclin/kg TM im Boden ausreichend ist.

10.1.2 Sulfonamide und Trimethoprim

Sulfadimidin (Sulfamethazin)

Sulfadimidin wurde häufig in der Schweingülle detektiert (18 von 30 Proben waren positiv), während es im Hühner- und Putenmist sowie im Boden nicht nachweisbar war.

Der Konzentrationsbereich der positiven Schweinegülle-Proben war 0,13 bis 20 mg/kg TM, was 0,0079 bzw. 0,8 mg/kg Frischgülle entspricht.

Im Boden von Dauerbeobachtungsflächen mit Schweinegülle-Düngung (Deutschland) konnte Sulfadimidin im Bereich von n.n. bis 0,011 mg/kg Boden nachgewiesen werden. In mit Geflügelmist gedüngten Flächen war der Wirkstoff nicht nachweisbar. In der obersten Bodenschicht (0 bis 30 cm) einer Dauerbeobachtungsfläche wurde ein Mittelwert von 0,0021 mg/kg TM Boden bestimmt. Die unteren Bodenhorizonte (30 - 40, 40 - 90 cm) wiesen Werte $< 0,001$ mg/kg TM auf, was auf eine starke Konzentrationsabnahme im Unterboden hindeutet (BLAC, 2003).

Sulfadimidin wird offensichtlich bereits in der Gülle abgebaut und inaktiviert (LANGHAMMER et al., 1988). Diese Befunde zeigen die Wichtigkeit einer entsprechenden Verweildauer der Gülle in geeigneten Lagerstätten, wo Lagerzeiten von 180 Tagen offensichtlich ausreichend für den Abbau dieser Wirkstoffe sind. Offen bleiben natürlich die Fragen einer Bildung von biologisch aktiven Metaboliten (Reaktivierung) und das Problem der hohen Mobilität von Sulfonamiden im Boden. Hauptabbauprodukte der Sulfonamide im Säugerorganismus sind Acetylderivate und Glucuronide, die nicht biologisch aktiv sind. Auch die Bildung von gebundenen Rückständen im Boden wäre denkbar.

Die Untersuchungen mit Saugsonden im Rahmen des BLAC-Programmes deuten darauf hin, dass Sulfadimidin möglicherweise das Potential hat, oberflächennahes Grundwasser zu kontaminieren (BLAC, 2003).



Sulfadiazin

Die höchsten Sulfadiazin-Konzentrationen fanden sich mit 51 bzw. 91 mg/kg TM im Hühner- und Putenmist. 25 % der Hühnermistproben waren mit Sulfadiazinen belastet. In der Schweinegülle war dieser Wirkstoff nicht nachweisbar. In den Bodenproben war Sulfadiazin nicht nachweisbar.

Nach den bisherigen BLAC-Untersuchungen aus Deutschland (BLAC, 2003) lagen die Sulfadiazin-Konzentrationen in Schweinegülle (n = 4) im Bereich von n.n. bis 0,6 mg/kg frischer Gülle. In einer Geflügelmistprobe war der Wirkstoff nicht nachweisbar, ebenfalls nicht im Boden und Grundwasser.

KREUZIG et al. (2003) zeigten in ihren Untersuchungen, dass es im Boden zu einer schnellen Bildung von gebundenen, nicht extrahierbaren Sulfadiazin-Rückständen kommt.

Auch hier ist davon auszugehen, dass im Zeitraum der Zwischenlagerung des Hühner- und Putenmistes in Stallmistlagerstätten nachhaltige Abbauvorgänge stattfinden, sodass die Ausgangssubstanz Sulfadiazin, trotz der hohen Rückstände im Hühner- und Putenmist, im Boden nicht nachgewiesen werden konnte. Die Problematik der gebundenen Rückstände ist auch hier zu beachten.

Sulfadoxin, Sulfathiazol, Sulfamethoxazol

Ein Schweinemastbetrieb gab den Einsatz von Sulfamethoxazol an. Der Einsatz von Sulfadoxin und Sulfathiazol wurde von keinem Betrieb angeführt.

Diese Sulfonamide konnten nur vereinzelt in der Schweinegülle (Sulfamethoxazol) und in Hühner- und Putenmistproben (Sulfathiazol) nachgewiesen werden. In den Bodenproben, waren sie bis auf eine Ausnahmen, nicht bzw. nur in geringen Konzentrationen (< 0,1 mg/kg TM) bestimmbar. Dies ist in Übereinstimmung mit den Befunden aus der Literatur (BLAC, 2003; HÖPER et al., 2002).

Auch diese Sulfonamide werden vermutlich in Gülle, Festmist und Boden rasch abgebaut. Denkbar wäre auch, dass sie aufgrund ihrer geringen Bodenadsorption abgeschwemmt oder in tiefere Bodenschichten verlagert wurden.

Trimethoprim (Synergist)

Trimethoprim wurde hauptsächlich in frischen Hühnermist und Putenmistproben (Max.: 13 bzw. 17 mg/kg TM) nachgewiesen. In den Bodenproben war der Wirkstoff bis auf zwei Ausnahmen (< 0,1 mg/kg TM) nicht detektierbar, ebenso nicht in der Schweinegülle.

Dies deutet auf einen weitgehenden Abbau und Inaktivierung des Wirkstoffes in der Schweinegülle bzw. im Güllebecken und bei der Zwischenlagerung der Hühner- und Putenmistproben hin. Auch die Möglichkeit der Bildung von „gebundenen Rückständen“, die somit analytisch eventuell nicht erfassbar werden, ist denkbar. Auch HALLER et al. (2002) konnten Trimethoprim in sechs Schweinegülleproben (Mutterschweine, Ferkel, Mastschweine) nicht bzw. nur in Mengen unter 0,1 mg/kg TM nachweisen.



10.1.3 Chinolone

Enrofloxacin

In einem Schweinemastbetrieb (Betrieb 3) konnte der Wirkstoff im Bereich von 0,13 bis 0,75 mg/kg TM in der Schweinegülle nachgewiesen werden. Dieser Betrieb gab den Einsatz von Enrofloxacin an. Im Hühner- bzw. Putenmist waren 5 von 20 (25 %) bzw. 6 von 16 Proben (37,5 %) positiv in Bezug auf Enrofloxacin. Die gefundenen Maximalkonzentrationen von Enrofloxacin fanden sich im Puten- bzw. Hühnermist mit 8,3 mg/kg TM und 2,8 mg/kg TM.

Die Tatsache, dass in 5 von 30 Bodenproben Enrofloxacin ($< 0,1$ bis $0,2$ mg/kg TM) bzw. Ciprofloxacin ($0,17$ bis $0,37$ mg/kg TM), als Hauptmetabolit von Enrofloxacin, gefunden wurde, lässt den Verdacht auf einer möglichen Persistenz dieses Wirkstoffes in landwirtschaftlich genutzten Böden zu. Es besteht somit auch die theoretische Gefahr einer Anreicherung dieser Wirkstoffe in Ackerböden. Chinolone wie Enrofloxacin sind prinzipiell biologisch abbaubar (WETZSTEIN, 2001). Weitere Untersuchungen dieses Autors (WETZSTEIN et al., 2002) ergaben eine Enrofloxacin-Halbwertszeit von etwa 84 ± 6 Tagen im Rindermist. Für Danofloxacin werden im Ackerboden HWZ von 87 bis 143 Tagen angeführt, die auch für Enrofloxacin in diesem Bereich liegen sollen. HALLING-SØRENSEN et al. (2002) berechneten einen „worst case“ PEC für Enrofloxacin in mit Schweinegülle gedüngten Boden (0 bis 10 cm, 150 kg N/ha/Jahr) von 3,81 mg/kg (Antibiotika-Applikation über das Futter, 10 g/Tag).

Die Frage, ob ein nachhaltiger Abbau von Enrofloxacin bzw. Ciprofloxacin auch in landwirtschaftlich genutzten Böden erfolgt, die regelmäßig mit Puten- und Hühnermist beschlagen werden, bleibt offen.

In 25 Bodenproben war Enrofloxacin nicht nachweisbar. Die positiven Bodenproben von Enrofloxacin und Ciprofloxacin lagen im Bereich von $< 0,1$ bis $0,20$ mg/kg TM bzw. $0,17$ bis $0,37$ mg/kg TM. Sie überschreiten, bis auf eine Ausnahme, die „Phase I Schwellen-Werte“ der EMEA-Leitlinie (CVMP/VICH/592/98-FINAL) von $0,1$ mg/kg für Rückstände von Veterinärarzneimitteln im Boden. Dies würde bei Neuzulassung dieses Wirkstoffes die Notwendigkeit zusätzlicher Untersuchungen der Phase II wie Abbaubarkeitstests im Boden, Toxizitätstests mit Bodenmakro- und Mikroorganismen sowie Pflanzen nach sich ziehen.

In der Phase II dieser Leitlinie (EMEA/CVMP/055/96-FINAL) wird als Schwellenwert für Mikroorganismen ein PEC/MHK $> 0,1$ angegeben. Die gefundenen Maximalwerte (MEC) von Enrofloxacin und Ciprofloxacin im Boden betragen $0,2$ bzw. $0,37$ mg/kg TM. Addiert man diese beiden Werte und nimmt diesen PEC-Wert von $0,57$ mg/kg TM in erster Näherung als „worst-case“-Belastung von Enrofloxacin im Boden an, so ergibt sich bei einer MHK von 8 mg/kg im Boden (Enrofloxacin: $MHK_{\text{Wasser}} (0,008 \text{ mg/l}) \times \text{Faktor } 1000 = MHK_{\text{Boden}}$). ein Wert von $0,0713$. Dieser Wert unterschreitet somit den vorgeschlagenen CVMP-Schwellenwert von $> 0,1$ und würde somit keine weiteren Forderungen an zusätzlichen Toxizitätstests bei einer Neuzulassung nach sich ziehen.

Die minimale Hemmkonzentration (MHK) von Ciprofloxacin beträgt $\geq 0,01$ mg/l (GOLET et al., 2002). Für Enrofloxacin wird ebenfalls eine sehr niedrige MHK angegeben, die im Bereich von $0,008$ bis $0,75$ mg/l liegt (ALTHAUS & NÄGELI, 2004).



Die Erhöhung der MHK-Werte für typische Bodenbakterien um den Faktor 1.000 wurde für einige Chinolone in der Literatur beschrieben. Für Enrofloxacin sollen sie in der gleichen Größenordnung liegen (WETZSTEIN, 2001; WETZSTEIN et al., 2002).

Chinolone werden im Boden stark gebunden und sind nahezu immobil. Der bioverfügbare Anteil soll sehr gering sein (WETZSTEIN, 2001). Die Gefahr einer Versickerung und Abschwemmung von Enrofloxacin ist somit als marginal einzustufen.

Für Algen (*Selenastrum capricornutum*) und Klärschlamm-bakterien (*Pseudomonas putida*) wird eine EC₅₀ von 3 mg/l Wasser bzw. 0,08 mg Ciprofloxacin/l Klärschlamm angegeben.

Auch in der Schweiz wurden Chinolone (Ciprofloxacin, Norfloxacin) in Kläranlagen, im Klärschlamm, Fließgewässern und in mit Klärschlamm beschlagenen Böden untersucht und auch nachgewiesen (GOLET et al., 2002, 2003). Beide Chinolone werden nur in der Humanmedizin eingesetzt und kommen über den Klärschlamm in den Boden. Von Interesse ist daher der Wirkstoff Ciprofloxacin, der bei den gegenständlichen Untersuchungen als Hauptmetabolit von Enrofloxacin im Boden (über die Ausbringung von Wirtschaftsdüngern) gefunden wurde.

Die Ciprofloxacin-Konzentrationen lagen im Zulauf der Schweizer Kläranlagen im Bereich von 0,43 µg/l, im Ablaufwasser im Bereich von 0,07 µg/l und im behandelten Klärschlamm im Bereich von 3 mg/kg. Im untersuchten Fließgewässer (Fluss Glatt, Schweiz) bewegten sich die Konzentrationen um 5 ng/l. In mit Klärschlamm beschlagenen Böden (50 t/ha auf einem Versuchsfeld – in der Schweiz sind 5 t/ha innerhalb von 3 Jahren erlaubt) wurden für die oberste Bodenschicht (0 - 2,5 cm) Konzentrationen von 0,45 ± 0,1 mg/kg nachgewiesen. In unteren Bodenschichten nahm die Ciprofloxacin-Konzentration stark ab (< 0,05 mg/kg Boden). In der Bodenschicht 0 - 20 cm bewegten sich die Ciprofloxacin-Werte im Bereich von 0,05 bis 0,3 mg/kg.

10.2 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

International gültige Grenzwerte für Rückstände von Veterinärantibiotika im Boden existieren derzeit nicht. Die im Rahmen dieser Studie erfolgte ökotoxikologische Risikobewertung für den Lebensraum Boden folgt der EMEA-Leitlinie („Environmental risk assessment for veterinary medicinal products other than GMO-containing and immunological products“ (EMEA/CVMP/055/96-FINAL), die in der Phase I „Schwellen-Wert“ von 0,1 mg/kg für Rückstände von Veterinärarzneimitteln im Boden festlegt (siehe CVMP/VICH/592/98-FINAL), revidierte Fassung aus dem Jahr 2000). Dies gilt nur für die Zulassung neuer Veterinärarzneimittel-Wirkstoffe. Weiters würde bei Neuzulassung eines Wirkstoffes bei Konzentrationen über den Schwellenwerten die Notwendigkeit zusätzlicher Untersuchungen der Phase II wie Abbaubarkeitstests im Boden, Toxizitätstests mit Bodenmakro- und Mikroorganismen und Pflanzen notwendig machen. Die Schwellenwerte der Phase II Stufe A und B sind im Kapitel 7 angeführt. Es soll nicht unerwähnt bleiben, dass die EMEA-Leitlinie zum Teil nicht dem „PEC/PNEC-Konzept“ folgt, sondern akute Toxizitätsdaten und Abbaudaten (z. B. LC₅₀, EC₅₀, DT₅₀) zur Entscheidung heranzieht.

Bei dem für die ökotoxikologische Risikobewertung üblichen „PEC/PNEC-Konzept“ wird für die Beurteilung der Quotient aus PEC (Expositionsdaten, hier Bodendaten



der chemischen Analysen) und PNEC (Wirkungsdaten: Konzentration eines Stoffes bei der mit keiner Schädigung für Bodenorganismen zu rechnen ist) herangezogen, wobei entscheidend ist, ob er größer oder kleiner 1 ist.

1. $PEC/PNEC < 1$: kein Risiko für die Umwelt erkennbar
2. $PEC/PNEC > 1$: Schädigung der Umwelt ist zu erwarten, es besteht Handlungsbedarf

Als wichtigstes Ergebnis dieser Untersuchung sind die positiven Funde von Chlor-tetracyclin und Enrofloxacin und seines Hauptmetaboliten Ciprofloxacin in den Bodenproben herauszustreichen. Beide Wirkstoffe persistieren offensichtlich in der Bodenmatrix und es besteht die Gefahr einer Anreicherung in den obersten Bodenschichten. Auch aus ökotoxikologischer Sicht sind sie kritisch zu betrachten (siehe Kapitel 10).

Von den Sulfonamiden und ihrem Synergisten Trimethoprim sind negative Auswirkungen auf den Boden nicht zu erwarten, wenn Gülle und Festmist vor der landwirtschaftlichen Ausbringung entsprechend gelagert werden.

Tetracyclin und Oxytetracyclin waren im Boden nicht nachweisbar. Ihre Konzentrationen lagen offenbar unter der Bestimmungsgrenze von 0,1 mg/kg.

Nach dem derzeitigen Wissensstand sind Bodenmikroorganismen als empfindlichste Indikatororganismen anzusehen, da die Antibiotika hier naturgemäß ihre Hauptwirkung entfalten. Das Ökosystem Boden kann eine hohe Regenerationsfähigkeit und Pufferwirkung gegenüber Xenobiotika aufweisen. Es bleibt allerdings die Frage offen, ob die im Boden gefundenen Antibiotika-Rückstände längerfristig eine Gefährdung für die im Boden lebenden Organismen darstellen. Hier besteht sicher noch Forschungsbedarf.

SULFONAMIDE UND TRIMETHOPRIM

Von der Antibiotikagruppe der Sulfonamide konnte nur das Sulfadimidin (Sulfamethazin) in der Schweinegülle und das Sulfadiazin in Hühner- und Putenmistproben in nennenswerten Konzentrationen gefunden werden. Sulfadoxin war, bis auf wenige Ausnahmen, in den untersuchten Proben, nicht nachweisbar. Auch im Boden waren alle analytisch erfassten Sulfonamide nur vereinzelt und in geringen Konzentrationen ($< 0,1$ mg/kg TS Boden) auffindbar. Die erhobenen Befunde deuten auf Abbauvorgänge dieser Wirkstoffe in der Gülle sowie bei der Zwischenlagerung des Hühner- und Putenmistes hin. Für Sulfadiazin wurde die Bildung von gebundenen Rückständen im Boden nachgewiesen. Diese Problematik sollte für die gesamte Gruppe der in der Veterinärmedizin eingesetzten Sulfonamide intensiver untersucht werden. Prinzipiell besteht Gefahr der Abschwemmung und der Kontamination von Grundwasser. Für das Antibiotikum Sulfadimidin wurde dies im Rahmen der BLAC-Untersuchungen (BLAC, 2003) nachgewiesen.

Der Synergist Trimethoprim wurde hauptsächlich in Hühnermist- und Putenmistproben nachgewiesen, nicht jedoch in der Schweinegülle. Von den 30 Bodenproben waren nur zwei positiv ($< 0,1$ und $0,17$ mg/kg TS Boden). Bezüglich des Abbaus in Gülle, Hühner- und Putenmist ist Trimethoprim wie die Sulfonamide einzuschätzen.



Negative Auswirkungen auf die im Boden lebenden Organismen sind seitens der Sulfonamide und ihres Synergisten Trimethoprim, soweit vor der Ausbringung der Gülle und des Festmistes auf landwirtschaftliche Flächen für eine zeitlich ausreichende Lagerung gesorgt wird, nicht zu befürchten.

TETRACYCLINE

Chlortetracyclin war in relativ hohen Konzentrationen in der Schweinegülle, im Hühner- und Putenmist bestimmbar. Sieben der 30 Bodenproben waren positiv. Sie lagen, bis auf zwei Werte, über dem „Phase I Schwellen-Wert“ der EMEA-Leitlinie (CVMP/VICH/592/98-FINAL) von 0,1 mg/kg für Rückstände von Veterinärarzneimitteln im Boden. Die analytischen Befunde für Chlortetracyclin im Boden erhärten somit den Verdacht der Persistenz dieses Wirkstoffes in dieser Matrix. Der Wirkstoff kann im Boden mobil sein, somit ist die Gefahr einer Kontamination des Grund- und Oberflächenwassers zumindest theoretisch gegeben.

Tetracyclin wurde ebenfalls oft in Schweinegülleproben nachgewiesen, obwohl nur ein Betrieb dessen Einsatz bestätigte. Im Hühner und Putenmist war er nicht nachweisbar. Tetracyclin konnte im Boden bei einer BG von 0,1 mg/kg nicht gefunden werden. Die Gefahr einer Kontamination des Grundwassers durch Tetracyclin ist als gering einzustufen.

Oxytetracyclin wurde vor allem in der Schweinegülle gefunden. Im Putenmist war Oxytetracyclin nicht nachweisbar. Im Hühnermist wurde Oxytetracyclin einmal bestimmt. Wie Tetracyclin war auch dieser Wirkstoff im Boden nicht nachweisbar. Es ist zu vermuten, dass die Konzentrationen im Boden zu gering sind, um bei der vorgegebenen BG von 0,1 mg/kg analytisch erfasst zu werden. Aufgrund seiner geringen Bodenmobilität ist die Gefahr einer Gewässerkontamination weitgehend auszuschließen.

CHINOLONE

Positive Proben von Enrofloxacin fanden sich vor allem in Hühner- und Putenmistproben. In der Schweinegülle war das Antibiotikum aufgrund des geringen Einsatzes nur vereinzelt nachweisbar.

Herauszustreichen ist der Befund, dass in ca. 17 % der Bodenproben Enrofloxacin und sein Hauptmetabolit Ciprofloxacin gefunden wurde. Es besteht somit der Verdacht der Persistenz und Anreicherung dieses Wirkstoffes in landwirtschaftlich genutzten Böden. Die Konzentrationen der positiven Proben von Enrofloxacin bzw. Ciprofloxacin überschreiten, bis auf eine Ausnahme, die „Phase I Schwellen-Werte“ der EMEA-Leitlinie (CVMP/VICH/592/98-FINAL) von 0,1 mg/kg für Rückstände von Veterinärarzneimitteln im Boden. Enrofloxacin und seine Metaboliten sind aus ökotoxikologischer Sicht kritisch zu betrachten. WETZSTEIN et al. (2002) haben zwar die prinzipielle, biologische Abbaubarkeit von Enrofloxacin nachgewiesen, dennoch besteht bezüglich der längerfristigen Umweltauswirkungen von Chinolonen weiterer Forschungsbedarf.

FOLGERUNG

Es wäre wünschenswert, wenn die in dieser Arbeit erhobenen Befunde auf eine breitere Datenbasis gestellt werden könnten. Dies gilt insbesondere für die Chinolone und für die Wirkstoffgruppe der Tetracycline. Die Frage, ob ein nachhaltiger Abbau von Enrofloxacin bzw. Ciprofloxacin und Chlortetracyclin auch in landwirtschaftlich genutzten Böden erfolgt, die regelmäßig mit Wirtschaftsdüngern bespritzt werden, bleibt offen.

Ein differenziertere Probennahme über einen längeren Zeitraum, größere Stichprobenumfänge, Proben mit verschiedenen Bodenarten, ein Vergleich von frisch begüllten Flächen mit Referenzen ohne organische Düngung bzw. von Böden mit organischer Düngung verschiedener Herkunft, die in bekannten und definierten Zeitabständen erfolgt, könnten noch mehr Aufschluss über das Vorkommen, Verhalten, Verteilung, Abschwemmung und Versickerung von Veterinärantibiotika geben.

Analytisch wäre auch eine Ausweitung des Analysenprogramms auf andere Antibiotikawirkstoffe überlegenswert.

Ein in dieser Studie ungeklärter Aspekt bezieht sich auf die im Tierkörper und in der Umwelt gebildeten Antibiotika-Metaboliten. Sie können ebenfalls biologisch aktiv bzw. antimikrobiell sein oder sogar eine höhere Wirksamkeit aufweisen als die Ausgangssubstanz. Teilweise werden Metaboliten von den gängigen analytischen Methoden erfasst, teilweise nicht (z. B. die Anhydroformen der Tetracycline). Inaktive Antibiotika-Glucuronide und andere Antibiotika-Konjugat-Metaboliten könnten sich durch bakterielle Aktivitäten wieder in aktive Substanzen rückverwandeln (HALLING-SØRENSEN, et al., 2002).

Obwohl seitens der untersuchten Betriebe nur ein aktueller Tetracyclineinsatz angegeben wurde, war Tetracyclin in den meisten Gülleproben detektierbar. Das gleiche Phänomen ergab sich in den Untersuchungen von WINCKLER et al. (2003). Der Einsatz von nicht zugelassenen Präparaten ist unwahrscheinlich, da in den zwei unabhängigen Studien, die in zwei verschiedenen Ländern zu unterschiedlichen Zeitpunkten durchgeführt wurden, die gleichen Ergebnisse erzielt wurden. Zusätzliche Untersuchungen, über die Zielsetzungen dieses Pilotprojekts hinaus, wären notwendig, um diese Befunde befriedigend erklären zu können.

Die Ermittlung von ausreichenden Lagerzeiten wäre wünschenswert, um auch bei Veterinärantibiotika, die eine höhere Persistenz aufweisen, einen weitgehenden Abbau sowie eine Konzentrationsverminderung in Gülle bzw. Festmist vor der landwirtschaftlichen Ausbringung zu erzielen. Dies würde eine wichtige Maßnahme zur Risikominimierung darstellen, wenn eine ausreichende Verweildauer der Schweinegülle im Güllelager bzw. des Hühner- und Putenmistes in geeigneten, betrieblichen Stallmistlagerstätten gewährleistet ist.

Die akute und subakute Toxizität von Veterinärantibiotika auf die Makro- und Mesofauna (Regenwürmer, Enchytraea, Springschwänze usw.) ist nach den vorliegenden Befunden aufgrund der gefundenen Umwelt-Konzentrationen offensichtlich als niedrig einzustufen (HÖPER et al., 2002; THIELE-BRUHN, 2003). Dies trifft naturgemäß *nicht* auf die Mikroorganismengemeinschaft des Bodens zu, da die Antibiotika hier ihre Hauptwirkung entfalten. Trotzdem sind Aussagen darüber derzeit nicht möglich, da entsprechende international akzeptierte Richtlinien (OECD-Richtlinien) für diese spezielle Art von Untersuchungen noch nicht existieren bzw. erst in Entwicklung sind.



Da der Boden Störungen durch Xenobiotika kompensieren kann und beobachtbare Störungen bzw. Effekte daher oft nur von temporärer Dauer sind, ist davon auszugehen, dass mögliche subletale Effekte, negative Beeinflussungen der Mikroorganismengemeinschaft und/oder des Artengefüges des Bodens durch die derzeitigen Untersuchungsmethoden nicht oder nur ungenügend erfasst werden (BOXALL et. al., 2003). Eine Beeinflussung der Mikroorganismengemeinschaft durch Antibiotika könnte auch negative Wirkungen auf Bodenmakroorganismen haben, da Bakterien, Mikroalgen usw. diesen als Nahrungsgrundlage dienen.



11 LITERATURVERZEICHNIS

- ALLERBERGER, F. & WÜRZNER, H. (1998): Antibiotics in animal husbandry. Abstract. Update in Internal Medicine. Wien.
- ALTHAUS, F. R. & NÄGELI, H. P. (2004): Antimikrobille Wirkstoffe und Entzündungshemmer. Vetsuisse-Fakultät der Universität Zürich. Institut für Pharmakologie und Toxikologie. www.vetpharm.unizh.ch.
- AUSTRIA-CODEX FACHINFORMATION (2004): CDROM, Spezialitäten Informationssystem (SIS), Informationen über alle in Österreich zugelassenen Arzneispezialitäten. Österreichische Apotheker Verlagsgesellschaft, Wien.
- BGBI. 28 (2002): Erlassung des Tierarzneimittelkontrollgesetzes – TAKG sowie des Arzneiwareneinfuhrgesetzes und Änderung des Tierärztegesetzes.
- BLAC (2003): Arzneimittel in der Umwelt. Auswertung der Untersuchungsergebnisse. Hamburg. www.hu.hamburg.de.
- BOXALL, A. B. A.; KOLPIN, D. W.; HALLING-SØRENSEN, B.; TOLLS, J. (2003): Are veterinary medicines causing environmental risks? Environmental Science & Technology August 1, 2003, 287 A-294 A.
- CLINIPHARM/CLINITOX: Ein computerunterstütztes Informationssystem für die Pharmakotherapie und klinische Toxikologie.
http://www.vetpharm.unizh.ch/perldocs/index_i.htm.
- DE LIGUORO, M.; CIBIN, V.; CAPOLONGO, F.; HALLING-SØRENSEN, B.; MONTESSIA, C. (2003): Use of oxytetracycline and tylosin in intensive calf farming: evaluation of transfer to manure and soil. Chemosphere 52: 203-212.
- EMEA (1996): Note for guidance: environmental risk assessment for veterinary medicinal products other than GMO-containing and immunological products. EMEA/CVMP/055/96-final. London. www.emea.eu.int.
- EMEA (2003): Environmental impact assessments (EIAs) for veterinary medicinal products (VMPs) – Phase II. Draft Guidance. CVMP/VICH/790/03-consultation. London. www.emea.eu.int.
- FEDESA (1999): Antibiotics for animals: A FEDESA perspective on antibiotics, animal health and the resistance debate. www.fedesa.be.
- FRÜND, H. C.; SCHLÖSSER, A.; WESTENDORP, H. (2000): Effects of tetracycline on the soil microflora determined with microtiter plates and respiration measurement. Mitteilungen Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch. 93: 244-247.
- GAVALCHIN, J. & KATZ, S. E. (1994): The persistence of fecal-borne antibiotics in soil. Journal of AOAC International Vol. 77, No 2., 481-485.
- GOLET, E.; ALDER, A. C.; GIGER, W. (2002): Environmental exposure and risk assessment of fluoroquinolone antibacterial agents in wastewater and river water of the Glatt Valley watershed, Switzerland. Environmental Science & Technology, Vol. 36, No. 17, 3645-3651.
- GOLET, E.; XIFRA, I.; SIEGRIST, H.; ALDER, A. C.; GIGER, W. (2003): Environmental exposure assessment of fluoroquinolone antibacterial agents from sewage to soil. Environmental Science & Technology, Vol. 37, No. 15, 3243-3249.



- HALLER, M.Y.; MÜLLER, S. R.; McARDELL, C. S.; ALDER, A. C.; SUTER, M. J.-F. (2002): Quantification of veterinary antibiotics (sulfonamides and thrimethoprim) in animal manure by liquid chromatography – mass spectrometry. *J. Chromatography A*, 952, 111-120.
- HALLING-SØRENSEN, B. (2001): Inhibition of aerobic growth and nitrification of bacteria in sewage sludge by antibacterial agents. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 40, 451-460.
- HALLING-SØRENSEN, B.; JENSEN, J.; TJØRNELUND, J.; MONFORTS, M.H.M.M. (2001): Worst-case estimations of predicted environmental soil concentrations (PEC) of selected veterinary antibiotics and residues used in Danish agriculture. In: KÜMMERER, K. (2001): *Pharmaceuticals in the environment*. 143-157. Springer Verlag Berlin, Heidelberg, New York.
- HALLING-SØRENSEN, B.; NIELSEN, S. N.; JENSEN, J. (2002): Environmental assessment of veterinary medicinal products in Denmark. Environmental Project No. 659. Danish Environmental Protection Agency.
- HAMSCHER, G.; SCZESNY, S.; ABU-QARE, A.; HÖPER, H.; NAU, H. (2002): Stoffe mit pharmakologischer Wirkung einschließlich hormonell aktiver Substanzen in der Umwelt: Nachweis von Tetracyclinen in güllegedüngten Böden. *Dtsch. Tierärztl. Wschr.* 107/8, 293-348.
- HAMSCHER, G.; SCZESNY, S.; HÖPER, H.; NAU, H. (2002): Determination of persistent tetracycline residues in soil fertilized with liquid manure by high-performance liquid chromatography with electrospray ionization tandem mass spectrometry. *Analytical Chemistry* 74 (7), 1509-1518.
- HÖPER, H.; KUES, J.; NAU, H.; HAMSCHER G. (2002): Eintrag und Verbleib von Tierarzneimittelwirkstoffen in Böden. *Bodenschutz* 4/02, 141-148.
- KREUZIG, R.; KULLMER, C.; MATTHIES, B.; HÖLTGE, S.; DIECKMANN, H. (2003): Fate and behaviour of pharmaceutical residues in soils. *Fresenius Environmental Bulletin* 12/6, 550-558.
- KÜMMERER, K. (Ed.) (2001): *Pharmaceuticals in the environment*. Springer Verlag Berlin, Heidelberg, New York.
- LANGHAMMER, J. P.; BÜNING-PFAUE, H.; WINKELMANN, J.; KÖRNER, E. (1988): Chemotherapeutika-Rückstände und Resistenzverhalten bei der Bestandsbehandlung von Sauen post partum. *Tierärztliche Umschau* 43, 375-382.
- RABØLLE, M.; SPLIID, N. H. (2000): Sorption and mobility of metronidazole, olaquinox, oxytetracycline and tylosin in soil. *Chemosphere* 40, 715-722.
- ROSE, M.; Bygrave, J.; Stubbings; G.W.F.; 1998: Extension of multi-residue methodology to include the determination of quinolones in food. *Analyst*, 123, 2789-2796.
- SCHULZE, F. (2003): Verbleib in Knochen gebundener Rückstände von Tetracyclinen während der Herstellung von Gelatine mit dem sauren Aufschlussverfahren. Dissertation, Hannover, Tierärztliche Hochschule.
- THIELE-BRUHN, S. (2003): Pharmaceutical antibiotic compounds in soils – a review. *J. Plant. Nutr. Soil Sci.* 166, 145-167.
- WARMAN, P.R.; THOMAS, R.L. (1981): Chlortetracycline in soil amended with poultry manure. *Can. J. Soil. Sci.* 61: 161-163.



- WINCKLER, C. & GRAFE, A. (2000): Charakterisierung und Verwertung von Abfällen aus der Massentierhaltung unter Berücksichtigung verschiedener Böden. Stoffeintrag durch Tierarzneimittel und pharmakologisch wirksame Futterzusatzstoffe unter besonderer Berücksichtigung von Tetracyclinen. UBA-Texte 44/00, Berlin.
- WINCKLER, C.; ENGELS, H.; HUND-RINKE, K.; LUCKOW, T.; SIMON, M.; STEFFENS, G. (2003): Verhalten von Tetracyclinen und anderen Veterinärantibiotika in Wirtschaftsdünger und Boden. UFOPLAN 200 73 248. Im Auftrag des Umweltbundesamtes Berlin.
- WETZSTEIN, H.-G. (2001): Chinolone in der Umwelt: Biologische Abbaubarkeit der Gyrasehemmer. Pharmazie in unserer Zeit. 30. Jahrgang, Nr. 5.
- WETZSTEIN, H.-G, SCHNEIDER, J.; KARL, W. (2002): Kinetics of the biotransformation of Enrofloxacin in aging cattle dung. Poster Q-70. 102nd General Meeting of the American Society for Microbiology, Salt Lake City.



12 ANHANG

12.1 Abkürzungen der Substanznamen

Substanz	Abkürzung
Tetracyclin	TC
Oxytetracyclin	OTC
Chlortetracyclin	CTC
Trimethoprim	TMP
Sulfadimidin	SDM
Sulfadiazin	SDZ
Sulfadoxin	SDO
Sulfathiazol	STZ
Sulfamethoxazol	SMZ
Ciprofloxacin	CIP
Enrofloxacin	ENRO

12.2 Abkürzungsverzeichnis

AMG	Arzneimittelgesetz
BCF	Biokonzentrationsfaktor
BG	Bestimmungsgrenze
BLAC	Bund-/Länderausschuss für Chemikaliensicherheit, Deutschland
CVMP	Committee for Veterinary Medicinal Products
DT ₅₀	Degradation Time (Zeit, in der 50 % einer Substanz abgebaut wird)
DT ₉₀	Degradation Time ((Zeit, in der 90 % einer Substanz abgebaut wird)
EC	Effective Concentration (Konzentration bei der 0, 10, 50 oder 100% der Testorganismen den geprüften Effekt zeigen)
EMA	European Agency for the Evaluation of Medicinal Products
FEDESA	European Federation of Animal Health Industry
HWZ	Halbwertszeit (Die biologische HWZ ist die Zeitspanne, nach deren Ablauf ein Organismus die Hälfte einer ihm zugeführten Substanz durch Stoffwechselvorgänge ausgeschieden oder abgebaut hat.)



i.v.	intravenöse Applikation
i.m.	intramuskuläre Applikation
K_d	Adsorptions-Verteilungs-Koeffizient (Verhältnis zwischen der Konzentration einer Substanz, die in der Bodenmatrix gebunden ist und der in Lösung befindlichen Konzentration im Zustand des Gleichgewichtes)
K_f	Adsorptionskoeffizient einer Substanz an die Bodenmatrix
KGW	Körpergewicht
K_{oc}	Adsorptionskoeffizient einer Substanz, bezogen auf den jeweiligen organischen Gehalt des Bodens
K_{ow}	n-Oktanol-Wasser-Verteilungskoeffizient
LC50	Lethal Concentration (für 50% aller Testorganismen tödliche Konzentration)
LD50	Lethal Dose (letale Dosis, bei der 50% der Testorganismen sterben)
LOEC	Lowest Observed Effect Concentration (niedrigste Testkonzentration bei der noch signifikante Effekte beobachtet werden)
Max	Maximum
MIC	Minimal Inhibitory Concentration
Min	Minimum
MEC	Messured Environmental Concentration (in der Umwelt tatsächlich gemessene Konzentration)
MHK	Minimale Hemmkonzentration für Test-Mikroorganismen im Reihenverdünnungstest. Also die kleinste Konzentration ($\mu\text{g/ml}$) eines antimikrobiellen Wirkstoffes die die Keimvermehrung im Kulturansatz noch verhindert.
MW	Mittelwert
NG	Nachweisgrenze
n.a.	nicht auswertbar
n.n.	nicht nachweisbar
-	nicht analysiert
n	Anzahl der Proben
NOEC	No Observed Effect Concentration (höchste Testkonzentration ohne beobachtete Wirkung)
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
PEC	Predicted Environmental Concentration (erwartete/vorhergesagte Umweltkonzentration)
PNEC	Predicted No Effect Concentration (Konzentration, bei der keine Wirkung in der Umwelt zu erwarten ist)



s.c.	subkutane Applikation (unter die Haut)
TM	Trockenmasse

12.3 Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Übersicht über Antibiotikawirkstoffe in der österreichischen Veterinärmedizin	9
Tab. 2: Von den Betrieben eingesetzte und vom gegenständlichen Analysenprogramm erfasste Wirkstoffe.....	10
Tab. 3: Übersicht der zugelassenen Arzneispezialitäten (Präparate), die die chemisch analysierten Antibiotikawirkstoffe enthalten	13
Tab. 4: Eingesetzte Arzneispezialitäten nach Angaben der beprobten Betriebe. Quelle für Name, Zusammensetzung, Art der Anwendung und Dosierung: AUSTRIA CODEX 2004.....	33

12.4 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Gehalt an Antibiotika in Schweinegülle / Betrieb 1	44
Abb. 2: Gehalt an Antibiotika in Schweinegülle / Betrieb 2	47
Abb. 3: Gehalt an Antibiotika in Schweinegülle / Betrieb 3	50
Abb. 4: Gehalt an Antibiotika in Schweinegülle / Betrieb 5	56
Abb. 5: Gehalt an Antibiotika in Schweinegülle / Betrieb 6	59