

# Entwicklung eines Entscheidungs- und Überwachungsprogramms zur oralen Medikation beim Schwein

---

Dorothee Inge Edith Muschinski



**INAUGURAL-DISSERTATION** zur Erlangung des Grades eines **Dr. med. vet.**  
beim Fachbereich Veterinärmedizin der Justus-Liebig-Universität Gießen



*édition scientifique*  
**VVB LAUFERSWEILER VERLAG**

**Das Werk ist in allen seinen Teilen urheberrechtlich geschützt.**

**Die rechtliche Verantwortung für den gesamten Inhalt dieses Buches liegt ausschließlich bei dem Autor dieses Werkes.**

Jede Verwertung ist ohne schriftliche Zustimmung des Autors oder des Verlages unzulässig. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung in und Verarbeitung durch elektronische Systeme.

1. Auflage 2014

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or otherwise, without the prior written permission of the Author or the Publishers.

1<sup>st</sup> Edition 2014

© 2014 by VVB LAUFERSWEILER VERLAG, Giessen  
Printed in Germany



*édition linguistique*  
**VVB LAUFERSWEILER VERLAG**

STAUFENBERGRING 15, D-35396 GIESSEN  
Tel: 0641-5599888 Fax: 0641-5599890  
email: [redaktion@doktorverlag.de](mailto:redaktion@doktorverlag.de)

[www.doktorverlag.de](http://www.doktorverlag.de)

Aus dem Klinikum Veterinärmedizin, Klinik für Geburtshilfe, Gynäkologie und  
Andrologie der Groß- und Kleintiere mit tierärztlicher Ambulanz der  
Justus-Liebig-Universität Gießen

Betreuer: Prof. Dr. A. Wehrend

## **Entwicklung eines Entscheidungs- und Überwachungsprogramms zur oralen Medikation beim Schwein**

### **INAUGURAL – DISSERTATION**

zur Erlangung des Grades eines  
Dr. med. vet.

beim Fachbereich Veterinärmedizin der  
Justus-Liebig-Universität Gießen

eingereicht von

**Dorothee Inge Edith Muschinski**

Tierärztin aus Mainz

Gießen 2013

Mit Genehmigung des Fachbereichs Veterinärmedizin der Justus-Liebig-Universität  
Gießen

Dekan: Prof. Dr. Dr. h.c. M. Kramer

1. Gutachter: Prof. Dr. A. Wehrend

2. Gutachter: Prof. Dr. G. Reiner

Prüfer: Prof. Dr. G. Erhardt

Tag der Disputation: 11.12.2013

Meinen Eltern

Ich erkläre: Ich habe die vorgelegte Dissertation selbständig und ohne unerlaubte fremde Hilfe und nur mit den Hilfen angefertigt, die ich in der Dissertation angegeben habe. Alle Textstellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten oder nicht veröffentlichten Schriften entnommen sind, und alle Angaben, die auf mündlichen Auskünften beruhen, sind als solche kenntlich gemacht. Bei den von mir durchgeführten und in der Dissertation erwähnten Untersuchungen habe ich die Grundsätze guter wissenschaftlicher Praxis, wie sie in Promotionsordnung des Fachbereichs Veterinärmedizin 06.11.2012 7.40.10 Nr. 1 S. 8 der "Satzung der Justus-Liebig-Universität Gießen zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis" niedergelegt sind, eingehalten."

Düsseldorf, 10.04.2013

---

Dorothee Muschinski

# INHALTSVERZEICHNIS

INHALTSVERZEICHNIS .....	VI
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS .....	IX
ABBILDUNGSVERZEICHNIS .....	XII
TABELLENVERZEICHNIS .....	XIII
<b>1 EINLEITUNG .....</b>	<b>1</b>
<b>2 LITERATURÜBERSICHT .....</b>	<b>2</b>
<b>2.1 Einflusskriterien auf die Applikation oral anzuwendender Fertig-</b>	
<b>arzneimittel über das Tränkwasser .....</b>	<b>2</b>
2.1.1 Wasserbedarf .....	2
2.1.1.1 Alter, Körpergewicht und Leistung .....	2
2.1.1.2 Umweltbedingungen .....	3
2.1.1.3 Futteraufnahme und -zusammensetzung .....	4
2.1.1.4 Gesundheit und Wohlbefinden der Tiere .....	5
2.1.1.5 Schätzformel zur Vorhersage der Tränkwasseraufnahme .....	6
2.1.2 Wasserherkunft und -qualität .....	7
2.1.2.1 Einflüsse physikalischer Parameter auf die Wasserqualität .....	9
2.1.2.2 Chemische Parameter der Wasserqualität .....	11
2.1.2.3 Biologische Parameter der Wasserqualität .....	14
2.1.2.4 Wasseruntersuchung .....	16
2.1.2.5 Wasseraufbereitung und -desinfektion .....	17
2.1.3 Wasserleitungssystem .....	18
2.1.3.1 Werkstoffe .....	18
2.1.3.2 Rohrleitungssystem .....	19
2.1.3.3 Tränke .....	21
2.1.4 Wartung .....	29

<b>2.2 Einflusskriterien auf die Applikation oral anzuwendender Fertigarzneimittel über das Futter.....</b>	<b>30</b>
2.2.1 Futterbedarf .....	30
2.2.1.1 Stallklima .....	30
2.2.1.2 Erkrankungen der Tiere .....	31
2.2.1.3 Sonstige Einflussfaktoren .....	33
2.2.2 Futterherkunft und -qualität.....	33
2.2.3 Fütterungstechnik .....	36
2.2.3.1 Restriktive oder Ad libitum Fütterung.....	36
2.2.3.2 Trockenfütterung .....	38
2.2.3.3 Breifütterung .....	40
2.2.3.4 Flüssigfütterung .....	40
<b>2.3 Einflusskriterien der Medikamenteneigenschaften auf die orale Medikation.....</b>	<b>47</b>
2.3.1 Medikamenteneigenschaften .....	47
2.3.2 Darreichungsform .....	54
2.3.3 Rückstandsbildung .....	59
2.3.4 Resistenzbildung .....	62
<b>2.4 Fütterungsarzneimittel.....</b>	<b>64</b>
2.4.1 Rechtliche Situation in Deutschland .....	64
2.4.2 Entwicklung des Einsatzes von Fütterungsarzneimittel und die aktuelle Situation in Deutschland .....	66
2.4.3 Zu beachtende praktische Aspekte beim Einsatz von Fütterungsarzneimitteln .....	69
<b>3 MATERIAL UND METHODE .....</b>	<b>71</b>
<b>3.1 Literatursuche und Auswahl .....</b>	<b>71</b>
<b>3.2 Verwendete Hardware .....</b>	<b>71</b>
<b>3.3 Verwendete Software .....</b>	<b>71</b>
<b>3.4 Anforderungen an das zu entwickelnde Programm .....</b>	<b>72</b>

<b>4</b>	<b>ERGEBNISSE</b> .....	<b>73</b>
<b>5</b>	<b>DISKUSSION</b> .....	<b>83</b>
<b>5.1</b>	<b>Diskussion der Fragestellung</b> .....	<b>83</b>
<b>5.2</b>	<b>Diskussion der Ergebnisse</b> .....	<b>84</b>
<b>5.3</b>	<b>Schlussbetrachtung und weitere Fragestellungen</b> .....	<b>86</b>
<b>6</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG</b> .....	<b>88</b>
<b>7</b>	<b>SUMMARY</b> .....	<b>90</b>
<b>8</b>	<b>ANHANG</b> .....	<b>91</b>
<b>8.1</b>	<b>Merkblätter zur Anwendung von oral anzuwendenden Fertigarzneimittel über das Futter oder Wasser mit Dosiergeräten</b> ... 91	
8.1.1	Merkblatt für den Tierhalter zur Anwendung von oral anzuwendenden Fertigarzneimitteln (OAF) über das Futter mit Dosiergeräten .....	91
8.1.2	Merkblatt für den Tierhalter zur Anwendung von oral anzuwendenden Fertigarzneimitteln (OAF) über das Wasser mit Dosiergeräten .....	94
<b>8.2</b>	<b>CD mit EDV-Programm Checkliste „orale Verabreichung von Tierarzneimitteln“ Version x.06 (unbranded)</b> .....	<b>97</b>
<b>9</b>	<b>LITERATURVERZEICHNIS</b> .....	<b>98</b>

# ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

Abs.	Absatz
al.	et alii/et aliae
AM	Arzneimittel
AMG	Arzneimittelgesetz
Art.	Artikel
AUC	Area under the Curve
BMELV	Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz
BW	Body weight
BV	Bioverfügbarkeit
bzw.	beziehungsweise
cm	Zentimeter
CVMP	Committee for Veterinary Medicinal Product
DG SANCO	Directorate General für Health and Consumer Affairs
d. h.	das heißt
DIN	Deutsches Institut für Normung
DLG	Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft
DNA	Desoxyribonukleinsäure
EDV	Elektronische Datenverarbeitung
EG	Europäische Gemeinschaft
EMA	European Medicines Agency
EPS	extrazelluläre polymere Substanz
etc.	et cetera (lat.), und so weiter
EU	Europäische Union
EWG	Europäische Wirtschaftsgemeinschaft
evtl.	eventuell
Fa.	Firma
g	Gramm
GBZ	Gesamtbakterienzahl
ggf.	gegebenenfalls
K	Kalium
KBE	Kolonie bildende Einheiten

kg	Kilogramm
KGW	Körpergewicht
KM	Körpermasse
l	Liter
LFGB	Lebensmittel- und Futtermittelgesetzbuch
LM	Lebendmasse
m	Meter
MAT	Milchaustauscher
max.	maximal
MBC	minimale bakterizide Konzentration
ME	umsetzbare Energie
mg	Milligramm
MHC	minimale Hemmstoffkonzentration
mind.	mindestens
MJ	Megajoule
ml	Milliliter
mm	Millimeter
MRL	maximum residue level
m-RNA	messenger-Ribonukleinsäure
ms	Millisekunde
Na	Natrium
NaCl	Natriumchlorid
NAEL	no adverse effect level
ng	Nanogramm
Nr.	Nummer
OAF	oral anzuwendende Fertigarzneimittel
PAE	postantibiotischer Effekt
PC	Personal Computer
PEC	predicted environmental concentration
RL	Richtlinie
RNA	Ribonukleinsäure
s	Sekunde

TÄHAV	Tierärztliche Hausapotheken Verordnung
t-RNA	transfer-Ribonukleinsäure
TS	Trockensubstanz
TTS	toxikologischen Tränkwasser-Standards
u. a.	unter anderem
UV	Ultraviolett
v. a.	vor allem
VD	scheinbares Verteilungsvolumen
VO	Verordnung
VPE	vernetztes Polyethylen
vs.	versus
WPF	Windows Presentation Foundation
z. B.	zum Beispiel
z.T.	zum Teil
zukünft.	zukünftig
µm	Mikrometer
µg	Mikrogramm
µs	Mikrosekunde

# ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Selbsttränken für Schweine: Systemübersicht und Beurteilungsmerkmale (Marks, 2006).....	23
Abbildung 2: Teufelskreis bei gestörter Futteraufnahme und Verdauungsstörungen (Anonymus, 2004) .....	32
Abbildung 3: Keimentwicklung in der Futtersuppe (Schaerer, 2005).....	46
Abbildung 4: Überblick über die Pharmakokinetik und Pharmakodynamik bei antimikrobiell wirkenden Chemotherapeutika (Craig, 1998) .....	48
Abbildung 5: Berechnung der absoluten und relativen Bioverfügbarkeit (BV) aus der Fläche unter der Plasmakonzentrationskurve (AUC) (Kietzmann und Bäumer, 2009).....	49
Abbildung 6: Funktionsschema Dosiersystem (DIN Deutsches Institut für Normung e.V., 2010).....	58
Abbildung 7: Startbildschirm des Programmes.....	73
Abbildung 8: Maske zur Eingabe der Praxis-Stammdaten .....	73
Abbildung 9: Eingabeformular für die Stammdaten des Betriebs .....	74
Abbildung 10: Eingangsfragen der Checkliste und Demonstration des Hinweis-kommentares am Beispiel des Topdressings .....	75
Abbildung 11: Fragen zur Einmischung der Arzneimittel während des Transportes zum Trog .....	76
Abbildung 12: Fragen zur Medikation über die Flüssigfütterung.....	77
Abbildung 13: Fragen zur Verabreichung von Fütterungsarzneimitteln.....	78
Abbildung 14: Fragen zur Medikation über das Wasser .....	79
Abbildung 15: Microsoft Help Viewer mit Informationstabellen.....	80
Abbildung 16: Auswertungsbogen für den Tierarzt.....	81
Abbildung 17: Protokoll für den Tierhalter .....	82

# TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Tränkwasserbedarf von Schweinen (l/Tier und Tag) und Durchflussmenge (l/min) in Abhängigkeit von Lebendmasse bzw. Haltungsabschnitt (Büscher et al., 2008) .....	2
Tabelle 2: Einfluss der Stalltemperatur auf die Relation zwischen der Wasser- und Futteraufnahme bei Läuferschweinen (Kamphues und Schulz, 2002).....	3
Tabelle 3: Einfluss steigender Salzgehalte im Alleinfutter auf die Wasseraufnahme von Ferkeln (Hagsten und Perry, 1976).....	5
Tabelle 4: Einfluss einer Proteinübersversorgung von Mastschweinen auf die Futter und Wasseraufnahme sowie die faecale und renale Wasserausscheidung (Angaben je Tag) (Kamphues und Schulz, 2002).....	5
Tabelle 5: Schätzgleichungen zur Vorhersage der Tränkwasseraufnahme bei verschiedenen Tierkategorien in Abhängigkeit von diversen Einflussgrößen nach verschiedenen Autoren .....	7
Tabelle 6: Charakterisierung eines für die Versorgung lebensmittelliefernder Tiere „geeigneten“ Wassers (Kamphues et al., 2007).....	8
Tabelle 7: Toxikologische Tränkwasser-Standards (TTS) für das Schwein (Hapke, 2000) .....	12
Tabelle 8: Empfehlungen für Orientierungswerte zur Bewertung der chemischen und physiko-chemischen Tränkwasserqualität (eingespeistes und im Verteilersystem befindliches Tränkwasser) im Sinne der Futter- und Lebensmittelsicherheit (Kamphues et al., 2007) .....	13
Tabelle 9: Keimgehalte im Tränkwasser bei verschiedenen Tränkeformen (Nagel, 1974) .....	16
Tabelle 10: Einbauhöhen von Tränken bei Schweinen (Rudovsky, 1998).....	25
Tabelle 11: Bewertungsschema für Durchflussraten von Tränken für die Schweinehaltung (Marks, 2006).....	26
Tabelle 12: Krankheiten und Leistungsdepressionen durch mikrobiell veränderte Futtermittel (Gedek, 1985).....	35

Tabelle 13: Verbreitung von Fütterungsverfahren in der Schweinehaltung (Aumann, 2006) .....	41
Tabelle 14: Besondere Probleme beim Arzneimitteleinsatz über das Futter in Schweinebeständen mit Flüssigfütterungsanlagen (Kamphues, 1996) ....	47
Tabelle 15: Einflussfaktoren auf die Bioverfügbarkeit von mit dem Futter verabreichten Wirkstoffe (Kietzmann und Bäumer, 2009) .....	50



## 1 Einleitung

Der Einsatz von Arzneimitteln in der Tierhaltung, insbesondere von antimikrobiell wirksamen, ist stark umstritten. Vorfälle, wie der Schweinemastskandal im Jahre 2001, bei dem bekannt wurde, dass einige Tierärzte Antibiotika in großen Mengen illegal an Schweinemäster ohne Indikation vertrieben haben (Spiegel online, 2001) und Meldungen wie „Eine riesen Sauerei – Gefährliche Bakterien im Schweinefleisch“ (Stern.de, 2012) sensibilisierten die Bevölkerung auf die mit der Arzneimittelapplikation beim Tier einhergehende Problematik, wie der Resistenzbildung gegen antimikrobiell wirksamen Substanzen. Immer stärker wird die Forderung nach strengeren Kontrollen der Arzneimittelapplikation. Selbst die Aufhebung des Dispensierrechtes für Tierärzte steht zur Diskussion, um die Verabreichung von Arzneimitteln einzudämmen (DAZ.online, 2012).

In den letzten Jahren wurden Maßnahmen ergriffen, um zu gewährleisten, dass eine Medikation der Tiere lediglich dann vorgenommen wird, wenn dies der Behandlung von Erkrankungen und nicht der Leistungsförderung oder Prophylaxe dient. So sind die Bedingungen der oralen Medikation von Tiergruppen stark gesetzlich reglementiert.

Ziel dieser Arbeit ist es, dem Tierarzt bei der Überprüfung der von ihm betreuten Schweinebestände eine Hilfestellung zu geben, um eine Bewertung der Eignung einer oralen Medikation über das Futter oder Trinkwasser vorzunehmen. Diese Hilfestellung erfolgt über ein EDV-Programm, das den Tierarzt in die Lage versetzt schnell und gezielt alle wichtigen Aspekte bei der Anwendung von oral anzuwendenden Fertigarzneimitteln zu überprüfen und etwaige Mängel, die die Therapiesicherheit gefährden, aufzudecken.

## 2 Literaturübersicht

### 2.1 Einflusskriterien auf die Applikation oral anzuwendender Fertig- arzneimittel über das Tränkwasser

#### 2.1.1 Wasserbedarf

„Der Wasserbedarf ist die Menge [an Wasser], die unmittelbar für den Stoffwechsel der Tiere benötigt wird.“ (Marks, 2006), wobei der echte Bedarf schwer zu erfassen ist, da er von vielen Faktoren abhängig ist (Marks, 2006). Auf die wichtigsten soll im Folgenden eingegangen werden.

##### 2.1.1.1 Alter, Körpergewicht und Leistung

Der Wasserbedarf steigt stetig mit dem Alter an (Tabelle 1), wobei bereits Saugferkel innerhalb der ersten Lebensstage neben der Milch zusätzlich Wasser aufnehmen (Fraser et al., 1988). Ein ausreichendes Trinkwasserangebot für die Saugferkel sollte eine Selbstverständlichkeit sein, zumal die Tiere nach einem alternativen Flüssigkeitsangebot suchen, wie aus dem Trog der Sau oder Jauche, sollten ihre Bedürfnisse nicht befriedigt werden (Marks, 2006).

Tabelle 1: Tränkwasserbedarf von Schweinen (l/Tier und Tag) und Durchflussmenge (l/min) in Abhängigkeit von Lebendmasse bzw. Haltungsabschnitt (Büschler et al., 2008)

Haltungsabschnitt	Lebensmasse (kg)	Wasserbedarf (l/Tier und Tag)	Durchflussmenge (l/min)
Saugferkel	< 9	0,7 - 1	0,4 - 0,5
Absatzferkel	< 29	1 - 3	0,5 - 0,7
Mastschweine	< 50	3 - 6	0,6 - 1,0
	50 - 80	5 - 8,5	0,8 - 1,2
	80 - 120	8,5 - 11	1,5 - 1,8
güste und niedertragende Sauen		8 - 12	1,5 - 1,8
hochtragende Sauen		10 - 15	1,5 - 1,8
säugende Sauen		15 + 1,5/Ferkel	2,5 - 3,0
Eber		12 - 15	1,0 - 1,5

### 2.1.1.2 Umweltbedingungen

Die wichtigste Einflussgröße stellt die Umgebungstemperatur dar, da Wasser für die Thermoregulation essentiell ist (Tabelle 2).

Tabelle 2: Einfluss der Stalltemperatur auf die Relation zwischen der Wasser- und Futteraufnahme bei Läuferschweinen (Kamphues und Schulz, 2002)

Stalltemperatur °C	Wasser/Futterrelation (l/kg Futter)	Autoren
5	1,4	Mount et al., 1971
20	1,7	
35	5,0	
10	2,5	Nienaber und Hahn, 1984
20	2,6	
30	3,9	

Die thermoneutrale Zone ist als der Temperaturbereich, in dem die physiologischen Funktionen der Tiere mit einem Minimum an Energie aufrechterhalten werden können, definiert (Mount, 1968). Diese liegt beim adulten Schwein zwischen 10 bis 15 °C. Bei höheren Temperaturen verhindern die Fettablagerungen und das Fehlen der Schweißdrüsen die Abgabe der überschüssigen Wärme. Diese wird daher durch verstärkte Durchblutung der Maulschleimhäute und der oberen Atemwege, sowie dünner Hautpartien wie den Ohren in begrenztem Maße konvektiv abgegeben. Zudem kann die Wärmeabgabe durch Verdunstung erhöht werden, indem die Atemfrequenz steigt und das Schwein hechelt (Richter und Busch, 2006). Folglich ist auch die Wasseraufnahme auf Grund des höheren Verbrauchs erhöht (KTBL, 2009). Es wurde nachgewiesen, dass bei einem Temperaturanstieg von 20 °C auf 30 °C der Wasserbedarf verdoppelt wird (Kleine Klausing, 2003).

Auch die Wassertemperatur hat Einfluss auf die Wasseraufnahme beim Schwein. Bei hohen Umgebungstemperaturen (25 - 30 °C) nehmen die Tiere bevorzugt kühles Wasser (11 °C im Vergleich zu 30 °C warmen Wasser) auf, während bei kühlerem Stallklima (22 °C) die Tiere vermehrt wärmeres Wasser (30 °C) trinken (Kamphues und Schulz, 2002). Als optimaler Temperaturbereich des Tränkwassers für Schweine wird 16 °C - 18 °C angesehen. Auch muss beachtet werden, dass höhere Temperaturen einen negativen Einfluss auf die Genießbarkeit haben, sowie das Wachstum

von Mikroorganismen fördern und den Sauerstoffgehalt des Wassers senken (Seitter, 2007).

### **2.1.1.3 Futteraufnahme und -zusammensetzung**

Es besteht eine enge Wechselbeziehung zwischen der Wasser- und Futteraufnahme, da eine hohe Futteraufnahme gleichzeitig eine hohe Wasseraufnahme bedingt und eine ausreichende Wasseraufnahme die Grundvoraussetzung für eine hohe Futteraufnahme ist. Auch ein zeitlicher Zusammenhang zwischen Futter- und Wasseraufnahme lässt sich belegen. Es zeigte sich, dass mit einer zeitlichen Verzögerung zur Futteraufnahme eine verstärkte Wasseraufnahme stattfindet. Diese Wechselwirkung lässt sich mit der vermehrten Speichelproduktion und der Sekretion ins Darmlumen während der Mahlzeiten erklären (Kamphues und Schulz, 2002).

Bei der Futterzusammensetzung ist zunächst auf den Trockenmassegehalt des Futters zu achten, der den größten Einfluss auf den Wasserbedarf hat. Daher stellt die Relation von Wasser- zu Trockensubstanzaufnahme eine passende Kenngröße für den Vergleich zwischen einzelnen Tiergruppen sowie Tierarten dar. Bei Mastschweinen liegt die Wasser-Futterrelation (l Wasser/kg Trockenmasseaufnahme) bei 3, bei laktierenden Sauen wurde ein Wert bis 4 nachgewiesen (Kamphues et al., 2007).

Neben dem Trockenmassegehalt hat auch die Zusammensetzung des Trockenmasseanteils im Futter Auswirkungen auf den Wasserbedarf der Tiere. Eine steigende Nährstoffaufnahme, deren Überschuss vor allem renal eliminiert wird (z. B. Na, K) bedingt eine vermehrte Wasseraufnahme. Die größte Relevanz kommt hier den Elektrolyten und Proteinen zu (Kamphues et al., 2007). Daher ist v. a. bei der Fütterung auf Basis von Speiseresten auf den Salzgehalt sowie eine ausreichende Wasserversorgung zu achten (Kamphues und Schulz, 2002). Tabelle 3 zeigt den proportionalen Zusammenhang zwischen dem Salzgehalt des Futters und der Wasseraufnahme.

Tabelle 3: Einfluss steigender Salzgehalte im Alleinfutter auf die Wasseraufnahme von Ferkeln (Hagsten und Perry, 1976)

	NaCl-Zusatz (g/kg Futter)			
	0,6	1,3	2	2,7
Futteraufnahme (kg)	1,32	1,43	1,51	1,45
Wasser: Futter (l/kg)	3,2	3,3	3,4	3,7
Tageszunahmen (g)	410	560	630	610

Der Sulfatgehalt hat ebenfalls Auswirkungen auf den Wasserbedarf. Wenn der Sulfatgehalt im Futter die Resorptionskapazität des Darmes überschreitet, wirkt das im Darmlumen verbleibende Sulfat osmotisch und es führt zur erhöhten faecalen Wasserausscheidung (Kamphues und Schulz, 2002).

Ein zu hoher Proteingehalt im Futter führt zu einer vermehrten Bildung von Stickstoff, der renal eliminiert wird und somit zur Vergrößerung des Harnvolumens führt (Kamphues und Schulz, 2002). Dieser Zusammenhang wird in Tabelle 4 deutlich.

Tabelle 4: Einfluss einer Proteinübersversorgung von Mastschweinen auf die Futter und Wasseraufnahme sowie die faecale und renale Wasserausscheidung (Angaben je Tag) (Kamphues und Schulz, 2002)

Proteinversorgung	bedarfsgerecht	überhöht
Proteinaufnahme (g)	319	433
TS- Aufnahme (g)	1914	1910
Wasseraufnahme (ml)	4318	5427
Wasserausscheidung (g)		
- Harn	1873	2893
- Kot	1187	1189
Harnstoff im Harn (g)	10	26,5

#### 2.1.1.4 Gesundheit und Wohlbefinden der Tiere

Krankheiten können zu einer vermehrten oder verminderten Aufnahme von Trinkwasser führen. Eine Ursache für eine forcierte Wasseraufnahme ist beispielsweise eine Intoxikation mit dem Mykotoxin Ochratoxin, welches zu Nierenschädigung und

in Folge dessen zu einer Polyurie führt. Durch die erhöhte Ausscheidung von Wasser versucht das Schwein den Verlust über eine vermehrte Trinkwasseraufnahme auszugleichen (Sieverding, 2000). Bei schweren Allgemeinerkrankungen kann das Tier so geschwächt sein, dass eine Wasseraufnahme nicht mehr oder nur noch sehr eingeschränkt möglich ist (Kamphues und Schulz, 2002).

Auch das Wohlbefinden der Tiere hat einen Effekt auf die Wasseraufnahme. Werden die Tiere in einer reizarmen Umgebung, wie z. B. einstreulosen Haltung, aufgestellt oder bleibt das Sättigungsgefühl auf Grund restriktives Fütterung aus, können die Tiere Verhaltensstörungen entwickeln, die sich in dauerhaftem Betätigen der Tränken oder in einer forcierten Wasseraufnahme manifestieren. Dies hat v. a. in der Haltung tragender Sauen eine praktische Relevanz, und kann durch das Angebot von Stroh, anderen Gegenstände oder rohfaserhaltigerem Futter reduziert werden (Kamphues und Schulz, 2002). Im Hinblick auf diesen Aspekt ist es wichtig, eine Differenzierung zwischen dem Wasserbedarf und dem Wasserverbrauch vorzunehmen, da durch die Wasserverluste auf Grund des Spiel- und Beschäftigungstriebes der Tiere erhebliche Unterschiede auftreten können (Kamphues und Schulze-Horsel, 1997).

#### **2.1.1.5 Schätzformel zur Vorhersage der Tränkwasseraufnahme**

Um trotz der verschiedenen Einflüsse eine ungefähre Aussage über den Wasserbedarf treffen zu können, wurden einige Schätzformeln unter Berücksichtigung von Futterraufnahme, Körpergewicht oder der Trockensubstanzaufnahme aufgestellt (Tabelle 5). Sie ersetzen allerdings v. a. bei der Verabreichung von Arzneimitteln über das Trinkwasser nicht die regelmäßige Kontrolle des tatsächlichen Wasserverbrauches.

Tabelle 5: Schätzgleichungen zur Vorhersage der Tränkwasseraufnahme bei verschiedenen Tierkategorien in Abhängigkeit von diversen Einflussgrößen nach verschiedenen Autoren. FA bezeichnet die Futteraufnahme in Kilogramm pro Tag.

Tierkategorie	Schätzgleichung (y = Wasseraufnahme; l/Tag)	Autor
Ferkel	$y = 0,149 + 3,053 \times \text{TS-Aufnahme (kg/Tag)}$ $y = 0,788 + 2,23 \times \text{TS-Aufnahme (kg/Tag)}$ $+ 0,367 \times \text{kg LM}^{0,6}$	Brooks et al., 1984 Thulin und Brumm, 1991
Mast- schweine	$y \text{ in Relation zur FA} = 2,13 \times \text{FA (kg/Tag)} + 1,57$ $y \text{ in Relation zur KM} = 0,076 \times \text{KM (kg)} + 1,96$	Schianon und Emmans, 2000
laktierende Sauen (3. Laktations- woche)	$y \text{ in Relation zur FA} = 2,52 \times \text{FA (kg/Tag)} + 4,22$ $y \text{ in Relation zur KM} = 0,01 \times \text{KM (kg)} + 16,1$	Kamphues et al., 2007

### 2.1.2 Wasserherkunft und -qualität

Die Herkunft des Wassers unterscheidet sich z. T. erheblich. Da viele landwirtschaftliche Betriebe außerhalb der Ortschaften liegen, ist ein Wasseranschluss an das kommunale Versorgungswerk oft nicht gegeben. Dies macht eine betriebseigene Versorgung notwendig, die meist durch Brunnen gewährleistet wird. Auch Bohrlöcher und Wasserfässer sind möglich. Eine andere Möglichkeit ist die Nutzung von Meerwasser oder Oberflächengewässern, wie Flüsse, Bäche, Teiche und Seen, was allerdings nur bei der Weidehaltung eine Rolle spielt (Kamphues et al., 2007) und im Rahmen der Fragestellung dieser Dissertation nicht relevant ist.

Die unterschiedliche Herkunft des Tränkwassers bedingt eine stark voneinander abweichende Wasserqualität. So kann bei Wasser aus dem öffentlichen Wassernetz davon ausgegangen werden, dass es eine Qualität laut Trinkwasserverordnung aufweist, wohingegen die Qualität des Wassers aus betriebseigener Versorgung erheblich von den dort vorgeschriebenen Werten abweichen (Kamphues et al., 2007) und enormen Schwankungen unterliegen kann. Die Tränkwasserqualität der betriebseigenen Versorgung ist oft nicht ausreichend. Dies belegte auch eine Untersuchung der Landwirtschaftskammer Niedersachsen, die zeigte, dass jede fünfte untersuchte

Wasserprobe Verunreinigungen oder Überschreitungen der chemischen Parameter aufwies, welche eine Verwendung als Tränkwasser ausschloss (Schulz, 2009).

Diese Ergebnisse zeigen, dass es essentiell für die Gewährleistung einer optimalen Tränkwasserversorgung ist, das Wasser in regelmäßigen Abständen, mindestens ein-, besser sogar zweimal jährlich untersuchen zu lassen (Schulz, 2009), auch wenn dies für Tränkwasser nicht vorgeschrieben ist. Laut VO 183/2005 Anhang III muss das Wasser „so beschaffen sein, dass es für die betreffenden Tiere geeignet ist.“ (VO 183/2005, 2005). Nach Kamphues et al. (2007) kann die geforderte Eignung durch die in Tabelle 6 beschriebenen Anforderungen charakterisiert werden.

Tabelle 6: Charakterisierung eines für die Versorgung lebensmittelliefernder Tiere „geeigneten“ Wassers (Kamphues et al., 2007)

Anforderung <sup>1)</sup>	Erläuterung
Schmackhaftigkeit	Voraussetzung für eine ausreichende Wasseraufnahme (entspricht ebenfalls der Voraussetzung für eine adäquate Trockensubstanzaufnahme)
Verträglichkeit	Inhaltsstoffe und/oder unerwünschte Stoffe sowie Organismen nur in einer für die Tiere bzw. die von ihnen gewonnenen Lebensmittel nicht schädlich bzw. nachteiligen Konzentration
Verwendbarkeit	keine nachteiligen Effekte auf die baulichen Substanzen (z.B. auf die Gebäude- und Tränketchnik) sowie bei Nutzung <sup>2)</sup> des Wassers zur Zubereitung des Futters

1) implizieren auch eine entsprechende sensorische Qualität (z. B. keine stärkere Trübung, frei von Fremdgeruch u. a.)

2) z. B. auch bei Applikation von Arzneimitteln, bestimmten Futtermittelzusatzstoffen etc.

Die Trinkwasserverordnung stellt lediglich eine gute Orientierungshilfe an die Qualität des Tränkwassers dar, da sie den Bedingungen in der Tierhaltung nicht ausreichend Beachtung schenkt. Hartung und Kamphues (2000) sind der Auffassung, dass die praxisbezogenen, sowie tierart- und tierhaltungsspezifischen Gesichtspunkte einbezogen werden müssen, wozu sie die Wassergewinnungs- und Verteilungsgegebenheiten sowie die Haltungs- und Managementbedingungen in nutztierhaltenden Betrieben zählen. Ebenfalls unumgänglich ist ihnen die Berücksichtigung der tierartspezifischen Standards für bestimmte Stoffe und Kontaminanten.

### **2.1.2.1 Einflüsse physikalischer Parameter auf die Wasserqualität**

#### **pH-Wert**

Der pH-Wert des Wassers wird durch die Carbonathärte und die Wassertemperatur beeinflusst (Waterquality.de, 2005) und sollte möglichst zwischen 6,5 und 8,5 liegen (Kamphues et al., 2007). Erhöhte pH-Werte können eine vermehrte Keimbelastung und somit eine erhöhte Infektionsgefahr für die Tiere bewirken. Erniedrigte Werte hingegen bewirken die Auflösung von Kalk, sodass aggressive Kohlensäure entsteht, die zu Schäden und Korrosionen an dem wasserleitenden und -speichernden System führt (Seittler, 2007). Erniedrigte Werte findet man z. T. in moorigen Gegenden durch den Eintrag von Huminsäuren ins Grundwasser. Von den Richtwerten abweichende pH-Werte beeinflussen zudem die Tränkwasseraufnahme, die Wirksamkeit einer Chlorierung und beeinträchtigen ebenfalls die Löslichkeit und somit die Wirksamkeit und gleichmäßige Verteilung von in Lösung gegebener Medikamente (Kamphues et al., 2007). Als Beispiel sind hier die Sulfonamide zu nennen, die in Wasser allgemein schwer- bis unlöslich sind, in alkalischem Medium allerdings besser in Lösung gehen (Kietzmann, 2000).

#### **Wasserhärte**

Die Wasserhärte gibt den Gehalt der im Wasser enthaltenen Erdalkalitionen an, wobei v. a. Calcium- und Magnesiumionen bestimmend sind. Je höher ihr Gehalt ist, desto härter ist das Wasser. Die Wasserhärte hat kaum einen Effekt auf die Wasseraufnahme der Tiere und führt nicht zu gesundheitlichen Beeinträchtigungen (Kamphues et al., 2007). Die Probleme, die sich bei hartem Wasser ergeben, sind in der Regel technischer Natur. Hartes Wasser führt v. a. in Warmwasserleitungen in größerem Ausmaß zu Kalkablagerungen (Kesselstein) an den Innenwänden des Leitungssystems sowie an Sieben, Verteilern und Tränken als weiches Wasser (Anonymus, 2007b; Kamphues et al., 2007). Ein geringer Gehalt an Calcium kann hingegen in Kombination mit einem niedrigen pH-Wert Lochfraß verursachen. Ein weiterer sehr wichtiger Aspekt ist, dass hartes Wasser zur Komplexbildung mit den zu verabreichenden Arzneimitteln führen kann (Schulz, 2009). Als Beispiel seien hier Tetracycline aufgeführt, die v. a. mit Calcium komplexieren und so in hartem Wasser nur eingeschränkt löslich sind (Kietzmann, 2000). Aber auch in Verbindung mit einem hohen Eisengehalt im Wasser führt hartes Wasser vermehrt zur Komplexbildung der

Arzneimittel. Folge der Komplexbildung ist eine Ausfällung in Form von Schlieren, die zum einen die Tränkenippel verstopfen und zum anderen zur Unwirksamkeit des Arzneimittels führt (Schulz, 2009).

### Elektrische Leitfähigkeit

Die elektrische Leitfähigkeit des Wassers beruht auf in Wasser gelösten Ionen, die elektrischen Strom transportieren. Die Leitfähigkeit nimmt dabei mit der Ionenmenge zu und so kann umgekehrt durch die Messung der elektrischen Leitfähigkeit eine Aussage über die Gesamtkonzentration der im Wasser enthaltenen Ionen getroffen werden. Die Maßeinheit für diesen Parameter ist in der Regel Mikrosiemens pro Zentimeter ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), seltener Millisiemens pro Meter ( $\text{mS}/\text{m}$ ). In der Trinkwasserverordnung ist ein Grenzwert von  $2.790 \mu\text{S}/\text{cm}$  bei  $25 \text{ }^\circ\text{C}$  angegeben, mit dem Hinweis, dass das Wasser nicht korrosiv wirken soll (TrinkWVO, 2011). Kamphues et al. (2007) und Früchtenicht (2000) sind der Auffassung, dass bereits ein Wert über  $500 \mu\text{S}/\text{cm}$  korrosionsrelevant ist und daher nicht wesentlich überschritten werden sollte, v. a. da höhere Werte der elektrischen Leitfähigkeit ein Hinweis auf Einträge von Natrium, Kalium und Chlorid durch beispielsweise Harn oder Kot sein könnten. Als Orientierungswert für Trinkwasser geben Kamphues et al. (2007) allerdings einen Wert von  $< 3000 \mu\text{S}/\text{cm}$  an mit dem Hinweis, dass es bei höheren Werten gegebenenfalls zu Durchfällen und einer Beeinträchtigung der Schmackhaftigkeit kommen kann.

Auch dieser physikalische Parameter hat einen Einfluss auf die Löslichkeit der Arzneimittel. Im Wasser gelöste Elektrolyte können die Löslichkeit anderer Substanzen steigern oder vermindern. Wie Kietzmann (2000) aufzeigt, werden die notwendigen pharmazeutischen Studien, die für die Arzneimittelzulassung erforderlich sind, mit gereinigtem Wasser durchgeführt, das den Anforderungen des Deutschen Arzneimittelbuches entspricht. Diese Anforderungen, die vorschreiben, dass das gereinigte Wasser einen pH-Wert von 5 - 7 und weder Chlorid, Sulfat, Nitrat noch andere Stoffe enthalten darf, führt dazu, dass das gereinigte Wasser eine elektrische Leitfähigkeit von unter  $10 \mu\text{S}/\text{cm}$  aufweist (DAB, 2012). Im Gegensatz dazu beträgt die elektrische Leitfähigkeit von Leitungswasser in der Regel 100 bis  $300 \mu\text{S}/\text{cm}$ . Wasser aus dem eigenen Versorgungswerk weicht oft deutlich weiter ab. Durch diese erheblichen Diskrepanzen wird deutlich, dass die Löslichkeit eines Arzneimittels in Trinkwasser

stark differieren kann, obwohl ihm eine ausreichende Löslichkeit im Wasser bescheinigt wurde (Kietzmann, 2000).

### **2.1.2.2 Chemische Parameter der Wasserqualität**

Das Wasser sollte möglichst frei von chemischen Stoffen sein, unabhängig davon, ob sie eine gesundheitliche Bedeutung aufweisen, natürliche Inhaltsstoffe, Zusätze, Rückstände oder Umweltkontaminanten darstellen, da im Wasser grundsätzlich alle Substanzen unerwünscht sind. Da sich dies in der Praxis nicht erfüllen lässt, müssen die Inhaltsstoffe einer toxikologischen Untersuchung unterzogen werden. Hierbei müssen drei Wirkungskriterien Beachtung finden:

- Kann die Substanz zu akuter oder chronischer Vergiftung führen und somit direkt die Gesundheit des Tieres gefährden?
- Wird durch die Substanz das Leistungsvermögen, wie die tägliche Zunahme, Fruchtbarkeit oder Aufzuchtleistung beeinträchtigt?
- Wird die Lebensmittelqualität durch Kumulation der Substanz beeinträchtigt?

Es muss daher festgelegt werden, ab welchem Schwellenwert eine bestimmte Substanz einen schädlichen Effekt auf Tier und/oder Mensch zeigt. Dies erfolgt mit Hilfe des toxikologischen Tränkwasser-Standards (TTS), der als „Konzentration (mg/l) eines Stoffes im Tränkwasser, unterhalb derer Wirkungen auf Gesundheit und Leistungsvermögen sowie Lebensmittelqualität unwahrscheinlich sind“ (Hapke, 2000) definiert ist. Zunächst wird hierfür das „no adverse effect level“ (NAEL) an Hand von Versuchen am entsprechenden Nutztier festgelegt. Diese Werte beziehen sich allerdings nur auf die Konzentrationen im Futter, die täglich ohne negative Effekte von dem Tier aufgenommen werden können. Die TTS errechnet sich aus der Annahme, dass zusätzlich ein Zehntel der erlaubten Futterkonzentration ohne Gefahr über das Tränkwasser aufgenommen werden kann. Es muss allerdings bedacht werden, dass diese Werte lediglich Anhaltspunkte liefern können, da die Bestimmung an einem „Modelltier“ (Schwein 100 kg) mit einem einheitlichen täglichen Tränkwasserverbrauch (Schwein 10 l) erfolgte. In Tabelle 7 sind die TTS, die für das Schwein vorgeschlagen werden, aufgeführt (Hapke, 2000).

Tabelle 7: Toxikologische Tränkwasser-Standards (TTS) für das Schwein (Hapke, 2000)

Element	TTS (mg/l)
Blei	0,2
Kadmium	0,02
Quecksilber	0,002
Arsen	0,05
Thallium	0,04
Kupfer	6
Nitrat	180
Nitrit	18

In Tabelle 8 sind die von Kamphues et al. (2007) erstellten Orientierungswerte für die Eignung von Tränkwasser angegeben.

Tabelle 8: Empfehlungen für Orientierungswerte zur Bewertung der chemischen und physiko-chemischen Tränkwasserqualität (eingespeistes und im Verteilersystem befindliches Tränkwasser) im Sinne der Futter- und Lebensmittelsicherheit (Kamphues et al., 2007)

Parameter	Einheit	Orientierungswert für die Eignung von Tränkwasser	Bemerkungen (mögliche Störungen)	Grenzwerte für Trinkwasser nach TrinkwasserVO
<b>Physiko-chemische Parameter</b>				
pH-Wert <sup>1)</sup>		> 5, < 9	Korrosionen im Leitungssystem	6,5 - 9,5
Elektrische Leitfähigkeit	( $\mu\text{S/cm}$ )	< 3.000	evtl. Durchfälle bei höheren Werten, Schmachhaftigkeit	2.500
Lösliche Salze, gesamt	(g/l)	< 2,5		
Oxidierbarkeit <sup>2)</sup>	(mg O <sub>2</sub> /l)	< 15	Maß für die Belastung mit oxidierbaren Stoffen	5
<b>Chemische Parameter</b>				
Ammonium (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	(mg/l)	< 3	Hinweis auf Verunreinigung	0,5
Arsen (As)	(mg/l)	< 0,05	Gesundheitsstörungen, Minderleistung	0,01
Blei (Pb)	(mg/l)	< 0,1	Vermeidung von Rückständen	0,01
Cadmium (Cd)	(mg/l)	< 0,2		0,005
Calcium (Ca) <sup>3)</sup>	(mg/l)	< 500	Funktionsstörungen, Kalkablagerungen in Rohren und Ventilen	kein Grenzwert vorhanden
Clorid (Cl <sup>-</sup> )	(mg/l)	< 250 <sup>a)</sup> < 500 <sup>b)</sup>	Feuchte Exkrememente <sup>a)</sup>	250
Eisen (Fe) <sup>3)</sup>	(mg/l)	< 3	Antagonist zu anderen Spurenelementen, Eisenablagerungen in Rohren, Biofilmbildung, Geschmacksbeeinflussung	0,2
Fluor	(mg/l)	< 1,5	Störungen an Zähnen und Knochen	1,5
Kalium (K)	(mg/l)	< 250 <sup>a)</sup> < 500 <sup>b)</sup>	Feuchte Exkrememente <sup>a)</sup>	kein Grenzwert vorhanden
Kuper (Cu) <sup>4)</sup>	(mg/l)	< 2	Gesamtaufnahme bei Schafen und Kälbern berücksichtigen	2
Mangan (Mn)	(mg/l)	< 4	Ausfällungen im Verteilersystem, Biofilme möglich	0,05
Natrium (Na)	(mg/l)	< 250 <sup>a)</sup> < 500 <sup>b)</sup>	Feuchte Exkrememente <sup>a)</sup>	200
Nitrat (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	(mg/l)	< 300 <sup>c)</sup> < 200 <sup>d)</sup>	Risiken für Methämoglobinbildung, Geamtaufnahme berücksichtigen	50
Nitrit (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	(mg/l)	< 30		0,5
Quecksilber (Hg)	(mg/l)	< 0,003	Allgemeine Störungen	0,001
Sulfat (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	(mg/l)	< 500	Laxierender Effekt	240
Zink (Zn)	(mg/l)	< 5	Schleimhautalteration	kein Grenzwert vorhanden

a) Geflügel b) sonstige Tierarten c) ruminierende Wiederkäuer d) Kälber und andere Tierarten

<sup>1)</sup> pH < 5: sauer und möglicherweise korrosiv wirkend, Zusatz organischer Säuren kann pH senken

<sup>2)</sup> Maß für organische Substanzen im Wasser (< 5mg/l für eingespeistes Wasser)

<sup>3)</sup> Zusetzung von Leitungen und Nippeltränken

<sup>4)</sup> Orientierungswert problematisch für Schafe sowie Kälber mit Milchaustauschern (Cu-arme MAT verwenden)

<sup>5)</sup> Orientierungswert nur bei Herstellung von MAT-Tränke

### **2.1.2.3 Biologische Parameter der Wasserqualität**

Bei der oralen Medikation über das Tränkwasser ist neben den chemisch-physikalischen Inhaltsstoffen auch die biologische Qualität des Wassers zu berücksichtigen, da eine mikrobielle Kontamination zum einen zu einer eingeschränkten Wirkstoffstabilität führen und zum anderen eine Rolle bei der Verschleppung des Wirkstoffes spielen kann (Kietzmann, 2000).

Eine genaue Differenzierung zwischen der Kontaminationsflora und der autochtonen Flora aquatischer Biotope ist meist nicht möglich. Vor allem Oberflächenwasser enthält viele hygienisch bedenkliche, aber zur normalen Keimflora zugehörige Mikroorganismen und selbst Grundwasser kann durch die Bildung von Mikrofilmen in den Wasserleitungen eine Vielzahl an Keimen enthalten (Böhm, 2000).

Es ist wichtig zwischen der Qualität des in das Versorgungssystem eingespeisten Wassers und der Qualität des aufgenommenen Wassers zu unterscheiden, denn hier können erhebliche Schwankungen in der mikrobiellen Zusammensetzung auftreten. Die Qualität des eingespeisten Wassers entspricht der des Grundwassers, wobei v. a. bei der betriebseigenen Wasserversorgung einige mögliche Eintragsquellen für eine mikrobielle Kontamination berücksichtigt werden müssen. Folgende Aspekte sind hier zu nennen:

- Oberflächenwasser kann z. B. bei Überflutungen ins Grundwasser gelangen.
- Undichte Abwassersysteme und Lagerstätten von Gülle oder Jauche in der Nähe der Wassergewinnung
- Bodenauswaschungen und Biofilme in den Grundwasserleitern und Brunnen (Böhm, 2000; Kamphues et al., 2007)

Die Qualität des tatsächlich aufgenommenen Wassers kann von der des eingespeisten Wassers durch eine der folgenden Situationen beeinträchtigt werden:

- Kontamination des Wassers mit apathogenen Keimen der Tiere und ihrer Umgebung, wie z. B. Staub, Futterreste und aus dem Leitungssystem
- Zusätzlich kann eine Kontamination mit Krankheitserreger durch die Ausscheidung der Tiere aus demselben Bestand erfolgen.
- Kontamination mit pathogenen Keimen, die nicht aus dem Bestand selbst stammen, sondern durch z. B. Wild oder Ausscheidungen betriebsfremder Tiere eingetragen wurden, wobei hier bereits in der Regel das eingespeiste Wasser kontaminiert ist (Kamphues et al., 2007).

Die Technik der Wasserbereitstellung spielt eine sehr große Rolle im Hinblick auf den Keimgehalt des Wassers. Wichtige Faktoren, die hier berücksichtigt werden müssen, sind längere Standzeiten des Wassers, erhöhte Umgebungstemperaturen, Lichteinfall, die das Algenwachstum beschleunigen, Kontakt des Wassers zu Staub, Schadhagern und Fliegen und die eigentliche Tränkevorrichtung (Kamphues und Schulz, 2002).

Längere Standzeiten des Wassers in den Leitungen sowie eine erhöhte Umgebungstemperatur begünstigen die Bildung von Biofilmen (Moritz et al., 2009). Neben Wasser stellt die extrazelluläre polymere Substanz (EPS) den Hauptbestandteil der Biofilme dar, die sich v. a. aus Proteinen, aber auch aus Kohlenhydraten und DNA zusammensetzt. Diese bildet die extrazelluläre Matrix der Biofilme und bietet den Mikroorganismen Schutz vor äußeren Stressoren wie Desinfektionsmittel oder Antibiotika (Flemming und Wingender, 2010). Es konnte am Beispiel von *Escherichia coli* gezeigt werden, dass die Interaktion von Bakterien in den Biofilmen dazu führen kann, dass Mikroorganismen, die in freiem Wasser nicht wachsen, sich in Biofilmen vermehren. Durch den Schutz vor äußeren Stressoren können die pathogenen Mikroorganismen Wochen bis Monate in den Biofilmen persistieren, bei Freisetzung zu einer Kontamination des Wassers und somit zur Gesundheitsgefährdung der Tiere führen (Moritz et al., 2009; Szewzyk und Szewzyk, 2003).

Die Tränkevorrichtung hat einen großen Einfluss auf den mikrobiellen Status des aufgenommenen Tränkwassers. Wird das Wasser in Schalen oder Becken angeboten, in denen ständig das Wasser steht, kann es zu enormen Verschmutzungen

durch Futterreste, Speichel, Kot oder Einstreu kommen. Im Gegensatz hierzu sind Selbsttränken, die bei Betätigung den Tieren das Wasser direkt in das Maul sprühen, wesentlich geringeren Kontaminationsmöglichkeiten ausgesetzt (Kamphues und Schulz, 2002). Dieser Zusammenhang wird in Tabelle 9 verdeutlicht, die die Keimgehalte im Tränkwasser bei verschiedenen Tränkeformen aufzeigen.

Tabelle 9: Keimgehalte im Tränkwasser bei verschiedenen Tränkeformen (Nagel, 1974)

Art der Tränke	Koloniezahl KBE/ml	Anzahl coliformer Bakterien KBE/ml
Tränkebecken	$6,0 \times 10^5$ ( $1,6 \times 10^3 - 4,2 \times 10^6$ )	$2,8 \times 10^3$ ( $10 - 1,6 \times 10^4$ )
Zapfen	$1,4 \times 10^4$ ( $1,3 \times 10^2 - 8,9 \times 10^4$ )	$1,9 \times 10^2$ ( $0 - 1,0 \times 10^3$ )
Nippel	93 (25 - 350)	0

Böhm (2000) hat unter Berücksichtigung der Verbrauchererwartung sowie der Schwierigkeiten einer guten Tränkwasserhygiene im Stall folgende Empfehlung an die mikrobiologische Qualität von Tränkwasser gegeben:

- Eingespeistes Wasser sollte der Trinkwasserqualität entsprechen
- die Wasserqualität sollte folgende Parameter erfüllen:
  - frei von Salmonellen und Campylobacter in 100 ml
  - frei von Escherichia coli in 10 ml
  - Gesamtbakterienzahl (GBZ) (37 °C) unter 1.000/ml
  - GBZ (20 °C) unter 10.000/ml

#### 2.1.2.4 Wasseruntersuchung

Wie zuvor aufgezeigt, spielt die physiko-chemische sowie die mikrobiologische Qualität des Tränkwassers eine große Rolle im Hinblick auf die Wasseraufnahme, die Tiergesundheit und die Eignung des Wassers als Medium für Arzneimittel. Aus die-

sem Grund sollte die Wasserqualität v. a. bei der betriebseigenen Wasserversorgung ein bis zwei Mal jährlich kontrolliert werden (Schulz, 2009). Die Beprobung sollte an mehreren Stellen des Wassersystems erfolgen. Zur Beurteilung der Qualität des eingespeisten Wassers wird die Probe möglichst nah am Herkunftsort genommen, d. h. entweder am Brunnen oder an der Hauptzuleitung in das Versorgungssystem, wo das Wasser bisher kaum Kontakt mit dem Wasserleitungssystem des Betriebes hatte. Eine Probenentnahme aus dem Wasserleitungssystem gibt Hinweise auf den Zustand der Leitungen, wie z. B. das Vorliegen von Korrosionen oder eines Biofilms. Eine Bewertung der Trinkwasserqualität zum Zeitpunkt der Wasseraufnahme wird an dem aus der Tränke entnommenen Wasser vorgenommen (Kamphues et al., 2007).

Um ein schnelles Untersuchungsergebnis zu erlangen wurden Testsysteme entwickelt, die der bestandsbetreuende Tierarzt direkt vor Ort durchführen kann. Diese alternativen Testsysteme wurden mit den Methoden gemäß der Trinkwasserverordnung als Referenzmethoden verglichen und die statistisch errechneten Sensitivitäten und Spezifitäten erreichten oft Werte von über 90% (Sassen, 2002). Neben der schnellen und einfachen Durchführung ist auch positiv zu bewerten, dass die Testsysteme je nach Fragestellung individuell zusammengestellt werden können.

#### **2.1.2.5 Wasseraufbereitung und -desinfektion**

Zeigen sich bei der Untersuchung des Wassers erhebliche Qualitätsabweichungen, so kann eine Behandlung des Trinkwassers vorgenommen werden, wobei hier mehrere Indikationen zu unterscheiden sind:

- Behandlung zur Verringerung nachteilig wirkender Inhaltsstoffe, wie z. B. Eisen
- Behandlung zur Verringerung des Keimgehalts, z. B. bei erhöhtem Gehalt an coliformen Bakterien
- Behandlung zur Vermeidung und Elimination von Biofilmen
- Behandlung des Wassers, die auch eine Keimvermehrung im sichtbaren Wasservorrat, wie z. B. in Beckentränken verhindern, bzw. verzögern

Bei der Wasseraufbereitung/-desinfektion durch den Zusatz chemischer Substanzen ist es wichtig, dass ausschließlich laut § 11 Trinkwasserverordnung, der Biozidverordnung oder futtermittelrechtlich zugelassene Stoffe angewendet werden um eine

Gefährdung der Tiere, als auch den aus ihnen gewonnenen Lebensmittel, und somit für den Verbraucher auszuschließen (Kamphues et al., 2007). Auch muss beachtet werden, dass ein Desinfektionsmittelzusatz möglicherweise eine negative Wirkung auf applizierte Arzneimittel haben kann. Häufig zum Einsatz kommen Chlordioxid und modifizierte Peressigsäure.

### **2.1.3 Wasserleitungssystem**

#### **2.1.3.1 Werkstoffe**

Die richtige Wahl des Werkstoffes für die Tränkwasserleitungen ist ebenfalls sehr wichtig um eine gute Tränkwasserqualität zu gewährleisten. Allgemein sollten sie lichtundurchlässig und korrosionsbeständig sein sowie keine negativen Einflüsse auf die Wasserqualität durch z. B. Abgabe von Weichmachern haben. Die Lichtundurchlässigkeit ist wichtig, da Lichteinstrahlung zur Förderung des Algenwachstums führt und somit die Wasserqualität erheblich beeinträchtigen kann (Mischok, 2004).

Auf Grund der Relevanz soll an dieser Stelle näher auf die einzelnen, am häufigsten verwendeten Werkstoffe für die Trinkwasserversorgung eingegangen werden. Hier sind v. a. die Werkstoffe Stahl, duktiles Gusseisen, Kunststoff und Beton zu nennen, wobei in Hausinstallationen zudem verzinkter Stahl, Kupfer und dessen Legierungen sowie hochvernetztes Polyethylen angewendet werden. Alle hier genannten Werkstoffe unterliegen einer Korrosionsabnutzung. Der Temperatureinfluss spielt hierbei eine wesentliche Rolle. In Temperaturbereichen von 10 °C bis 80 °C erhöht sich die Korrosion nahezu um den Faktor 10, weshalb darauf geachtet werden sollte, in Warmwasserleitungen keine höheren Temperaturen als nötig einzustellen (Wilhelm, 2008).

Leitungen aus Gusseisen sind meist korrosionsbeständiger als Stahlrohre u. a. auf Grund ihrer Wanddicken, wobei duktiles Gusseisen auch fast die gleiche Festigkeit aufweist wie Stahlrohre und auf Biegung beansprucht werden kann. Neuwertige Gusseisenleitungen unterliegen zunächst einer stärkeren Korrosion als unlegierter Stahl. Die entstehenden Korrosionsprodukte überlagern dann jedoch das unterliegende Grafitgerüst, sodass keine weitere Korrosion stattfindet (Wilhelm, 2008).

Kupfer zeigt sich sehr korrosionsbeständig und weist gegenüber Stahl eine um eine Zehnerpotenz niedrigere Abtragung bei Temperaturen zwischen 10 °C und 70 °C

auf. Allerdings bringen Kupferleitungen auch Nachteile mit sich. Zum einen gehen v. a. während der Stagnation des Wassers im Leitungssystem Kupferionen in Lösung, so dass der in der Trinkwasserverordnung festgelegte Grenzwert von 2 mg/l zum Teil überschritten wird. Des Weiteren kann es durch die in Lösung gehenden Kupferionen zu erheblichen Schäden an dahinter angebrachten Rohrleitungsabschnitten kommen, wenn diese aus unedleren Metallen bestehen. Die Kupferionen dienen als Kathode und es kommt zur anodischen Reaktion am unedleren Metall wie z. B. Zink, d. h. zur verstärkten Korrosion.

Kunststoffleitungen weisen einige Vorteile gegenüber metallischen Leitungen auf. Sie sind von geringerer Dichte und ihre Verarbeitung ist in der Regel wesentlich einfacher und mit geringerem Aufwand verbunden. Des Weiteren sind sie sehr resistent gegenüber Abrieb und durch die glatten Oberflächen kommt es weder zur Steinbildung noch zu Reibungsverlusten. Die Nachteile der Kunststoffe bestehen v. a. in der geringen Temperaturbeständigkeit, dem großen Wärmeausdehnungskoeffizienten sowie der mangelnden Stoßbelastungstoleranz. Diese Probleme wurden allerdings durch die Entwicklung des hochvernetzten Polyethylen (VPE), das eine sehr hohe Temperaturbeständigkeit aufweist sowie der Verlegung von VPE-Schläuchen, die die Wärmeausdehnung aufnehmen können, größtenteils gelöst. Eine Korrosion im eigentlichen Sinne, sprich das Auflösen des Werkstoffes durch das Lösen von Ionen, findet hier nicht statt. Im Gegenteil, hier nimmt der Kunststoff Lösungsmittel auf und verliert dadurch seine Festigkeit.

Beton dient als Material für Rohrleitungen und Wasserbehälter und ist gegen nicht-aggressives Wasser beständig, vorausgesetzt die Konzentration an Sulfationen ist kleiner als 400 mg/l (Wilhelm, 2008).

### **2.1.3.2 Rohrleitungssystem**

Rohrleitungssysteme, die nicht an das kommunale Versorgungswerk angeschlossen sind, bestehen aus einer Pumpe, einem Wasserspeicher sowie den Rohrleitungen.

Die Anordnung des Rohrsystems ist bei der Beurteilung, ob eine Medikation über das Tränkwasser möglich ist, in jedem Fall zu berücksichtigen. Zunächst muss geklärt werden, ob jedes Abteil einen separaten Zufluss hat, also eine separate Ring- oder Stichleitung, oder ob eine gezielte Medikation einzelner Abteile nicht möglich ist. Ist letzteres der Fall, sollte eine Medikation nicht über das Tränkwasser durchgeführt

werden, da ansonsten der gesamte Bestand mit dem eingemischtem Arzneimittel versorgt wird. Dies verstößt zum einen gegen die „Leitlinien zum sorgfältigen Umgang mit antimikrobiell wirksamen Substanzen“, die besagen, dass der Einsatz von Antibiotika nicht prophylaktisch, also am gesunden Tier, vorgenommen werden darf (Bundestierärztekammer und Arbeitsgemeinschaft der leitenden Veterinärbeamten, 2010), zum anderen erhöht sich die Gefahr der Rückstandsbildung und der Wirkstoffverschleppung. Des Weiteren kann dies zu einem enorm hohen Medikamentenverbrauch und somit zu hohen Kosten führen.

Bei der Stichleitung kann die Zugabe des Medikamentes direkt in den einzelnen Stich vor dem Abteil der zu behandelnden Tiergruppe gegeben werden. Nachteilig ist hier, dass es zu längeren Standzeiten kommen kann. Dies fördert eine Entmischung des Arzneimittels aus dem Wasser und somit Ablagerungen in den Leitungen. Als Folge treten zum einen eine fehlerhafte Arzneimitteldosierung sowie eine mögliche Verschleppung des Medikamentes durch Ablagerungen auf, die sich im Laufe der Zeit ablösen können. So kann es vorkommen, dass Tiere einer Bucht, die noch nie medikamentell behandelt wurden, dennoch positiv auf Rückstände getestet werden (Bleyl, 2004). Voraussetzung für eine sichere Medikamentenapplikation über den Stich ist zudem ein Rückschlagventil, welches den Vorgaben der DIN 3269 entsprechen sollte. Dieses Ventil verhindert einen Rückfluss des mit Medikamenten versetzten Tränkwassers aus dem Stich in das restliche Wasserleitungssystem, dient somit der Vermeidung von Arzneimittelverschleppung (Bleyl, 2004). Zudem sollte am Ende der Wasserleitung ein Ablassventil angebracht sein, damit die Leitung nach der medikamentellen Behandlung gespült und so von Wirkstoffresten befreit werden kann. Dies gewährleistet, dass die Tiere nicht länger als veranschlagt das Medikament verabreicht bekommen und die Wartezeit eingehalten wird (Wißmann, 2008).

Der Stichleitung ist die Ringleitung zu bevorzugen, sofern jedes Abteil seinen eigenen Ring besitzt. Der Medikation wird direkt an den Vor- und Rücklauf der Ringleitung des Abteils mit der zu behandelnden Tiergruppe angebracht, so dass die Wasserversorgung ausschließlich über den Medikation erfolgt und das Wasser ständig umgepumpt wird. Es kommt somit nicht zur Entmischung des Arzneimittels und eine ausreichend hohe Wirkstoffkonzentration wird gewährleistet. Zudem wird das Risiko von Verschleppungen durch Ablagerungen minimiert. Nach der Medikamentengabe sollte das komplette Applikationssystem gereinigt werden, möglichst mit säurehaltigen Rei-

nigungsmitteln. Deren Einsatz ist v. a. dann angezeigt, wenn geschmacksfördernde Mittel dem Wasser zugesetzt wurden (Bleyl, 2004). Zudem sollte auch bei der Ringleitung ein Rückschlag- und Ablassventil montiert sein.

Des Weiteren ist darauf zu achten, dass auch im Winter eine ausreichende Tränkwasserversorgung gewährleistet ist. Es muss kontrolliert werden, ob die Leitungen frostschutzsicher verlegt wurden bzw. beheizt werden können. Teilweise reichte eine Verlegungstiefe von 80 cm nicht aus um ein Einfrieren der Leitungen zu verhindern. Daher wird eine Verlegungstiefe von 120 cm empfohlen. Andererseits besteht bei einer tiefen Verlegung unter dem Stallboden die Gefahr der Medikamentenablagerung (Haidn et al., 2003), weshalb die Medikamentenzugabe so nah wie möglich an den Abteilen erfolgen sollte.

Ein wichtiger Aspekt ist eine ausreichende Dimensionierung der Rohrleitung. Ziel ist es, an jeder Wasserentnahmestelle einen ausreichenden Volumenstrom zu erreichen. Folgen eines ungeeigneten Rohrdurchmessers sind bei zu niedrigem Durchmesser und gleichzeitig zu geringem Versorgungsdruck ein zu geringer Ausfluss und somit eine zu lang andauernde Entnahmezeit. Ist der Versorgungsdruck hingegen zu hoch, treten als Folge darauf zu hohe Fließgeschwindigkeiten auf, was zum einen zu Erosionskorrosion und zum anderen zu Geräuschentwicklung führen kann. Auf der anderen Seite sind Auswirkungen eines zu weiten Rohrdurchmessers höhere Anschaffungskosten, größere Wärmeaufnahme bei Kaltwasserleitungen, Stagnation des Wassers und daraus sich ergebende erhöhte Gefahr von Ablagerungen, Korrosion und Keimbildung (Marks, 2006).

Wurde der Rohrdurchmesser zu Anfang nicht korrekt ausgewählt, besteht die Möglichkeit durch einen Druckminderer den Hochdruck zu reduzieren und eventuell auftretende Druckschwankungen auszugleichen (Schenker, 1999).

### **2.1.3.3 Tränke**

Die Tränkvorrichtung stellt den Endpunkt des Wasserleitungssystems dar. Hier sind ebenfalls einige Faktoren zu beachten um eine optimale Wasseraufnahme sowie eine minimale Wasservergeudung sicherzustellen. Dazu zählen die Anzahl der Tränken, die Standorte sowie die verwendeten Tränketypen.

In der Tierschutznutztierhaltungsverordnung (2009) wird gefordert, dass „jedes Schwein jederzeit Zugang zu Wasser in ausreichender Menge und Qualität hat[. Zu-

dem sind] bei einer Haltung in Gruppen [...] räumlich getrennt von der Futterstelle zusätzliche Tränken in ausreichender Anzahl vorzuhalten“ (TierSchNutzVO, 2009). Es wird eine Mindestanzahl von einer Selbsttränke pro zwölf Schweine in Gruppenhaltung festgelegt, die in jedem Fall einzuhalten ist.

Bei der Positionierung der Tränkvorrichtungen muss das tierartspezifische Verhalten berücksichtigt werden. Schweine strukturieren ihre Bucht in Aktivitäts-, Kot- und Liegebereich. Da sie den Kotgeruch als unangenehm empfinden, liegen Liege- und Kotbereich meist gegenüber, wobei der Bereich zum Koten dem zugigsten, kältesten und/oder feuchtesten Platz der Bucht entspricht. Die Tränke sollte daher im Aktivitätsbereich nahe dem Kotbereich und über dem Spaltenboden angebracht werden (Büscher et al., 2008), sodass der Liegebereich, wie in der Tierschutznutztierhaltungsverordnung (2009) gefordert, trocken bleibt. Der Buchtentrennwandabschnitt, an dem die Tränke angebracht ist, sollte geschlossen sein, um Verschmutzungen durch Reviermarkierungen zu vermeiden (Büscher et al., 2008). Auch ist darauf zu achten, dass die Tiere genug Platz an der Tränke haben. Gerade in großen Gruppen kommt es bei einer schlechten Tränkeverteilung zu mehr Aggressionen (Turner et al., 1999). Um den Tieren genug Raum zu geben ranghöheren Artgenossen auszuweichen und somit Verletzungen zu vermeiden, sollten die Tränken für Absatzferkel mind. 60 cm, für Mastschweine mind. 1 m und für Sauen mind. 2 m von der Wand entfernt angebracht werden (Büscher et al., 2008). Der Abstand zwischen den einzelnen Tränken sollte ebenfalls nicht zu klein gewählt werden, da dies den Wasserverbrauch signifikant senken kann, wie Magowan et al. (2007) in ihrer Studie mit Hilfe von Beckentränken nachgewiesen haben.

Der eingesetzte Tränketyp hat einen großen Einfluss auf die Wasseraufnahme sowie die Wasservergeudung. Es gibt eine Vielzahl unterschiedlicher Tränketypen auf dem Markt, die alle ihre Vor- und Nachteile haben (Abbildung 1). Sie lassen sich in Aktiv- und Passivtränken einteilen.

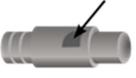
System		Anwendungsbereich	Vergeudung	Hygiene	sonst. Bemerkungen	
Symbol	Bezeichnung					
Trogprüher		Trogprühnippel	Zucht- und Mastschweine	keine	sehr gut	gelegentliche Reinigung
Zapfentranken		Beißtränke	Zucht- und Mastschweine, Ferkel	gering	sehr gut	Reinigung entfällt
		Nippeltränke	Zucht- und Mastschweine, Ferkel	erhöht	sehr gut	Reinigung entfällt
		Stopfzapfentranke	Zucht- und Mastschweine, Ferkel	erhöht	sehr gut	gelegentliche Reinigung bei Anordnung über dem Trog
		Druckplattentränke	Zucht- und Mastschweine, Ferkel	gering bis erhöht	sehr gut	gelegentliche Reinigung bei Anordnung über dem Trog
Beckentranken		Zungenventiltränke	Zucht- und Mastschweine, Ferkel	gering	weniger befriedigend bei mangelh. Reiginigung	tägliche Reinigung nötig
		Schwimmertränke	Zucht- und Mastschweine, Ferkel	gering	weniger befriedigend bei mangelh. Reiginigung	umständliche, tägliche Reinigung nötig

Abbildung 1: Selbsttränken für Schweine: Systemübersicht und Beurteilungsmerkmale (Marks, 2006)

Bei den Aktivtränken müssen die Tiere aktiv einen Nippel, eine Druckplatte oder einen Hebel betätigen, um trinken zu können. Hierzu zählen die Zapfen- und Beckentränke sowie der Trogprüher.

Bei den Zapfentränken wird zwischen Beiß-, Nippel-, Stoßzapfen- und Druckplattentränke unterschieden, wobei nur bei der Beißtränke der vordere Teil komplett ins Maul genommen werden muss, um diese mit dem Gaumen zu betätigen. Dies führt dazu, dass das Wasser direkt ins Maul gelangt und die Wasserverluste hier sehr gering ausfallen. Die Hygiene ist bei den Zapfentränken als sehr gut zu bewerten, da das Wasser hier direkt aus der Leitung vom Tier aufgenommen wird und somit eine Kontamination mit Kot, Urin oder Staub kaum stattfindet, wie in Tabelle 9 bereits auf-

gezeigt wurde (Marks, 2006; Büscher et al., 2008). Lediglich bei Zapfentränken, die mit Niederdruck betrieben werden, kann es bei Betätigung der Tränke durch einen retrograden Rückstrom des Wassers am Auslassventil zu einer Kontamination mit Mikroorganismen kommen (Kamphues und Schulz, 2002).

Bei dieser Tränkebauart ist es sehr wichtig, auf die richtige Montagehöhe, den richtigen Winkel und die Durchflussrate zu achten, um hier eine Wasservergeudung so gut wie möglich zu vermeiden, die bei Mastschweinen bei ca. 26 % liegt. Dieser Wert schwankt je nach Größe des Schweins, Nippeltränke und Flussrate zwischen 15 – 42 % (Li et al., 2005).

Die optimale Position zur Wasseraufnahme aus einer Zapfentränke ist ein gestreckter, nach oben gerichteter Hals (Marks, 2006). Laut Stein (1996) sollten die Tränken in einem Winkel von 15° ca. 10 cm über dem Widerrist der Tiere angebracht werden. Gonyou (1996) empfiehlt eine Montagehöhe von 20 % über dem Widerrist, während Gill und Barber (1990) folgende Formeln zum Errechnen der optimalen Höhe aufgestellt haben:

- Tränke mit 90°Winkel
  - Einbauhöhe in cm =  $15 \times BW^{0,33}$  (kg)  $\cong$  Schulterhöhe
- Tränke mit nach unten geneigtem Winkel:
  - Einbauhöhe in cm =  $18 \times BW^{0,33}$  (kg)  $\cong$  120 % Schulterhöhe

In Tabelle 10 werden die von Rudovsky (1998) empfohlenen Einbauhöhen angegeben.

Tabelle 10: Einbauhöhen von Tränken bei Schweinen (Rudovsky, 1998)

Haltungsabschnitt	Einbauhöhe (mm)		
	Beckenränken (max. Höhe)	Zapfentränken (min. Höhe)	
		90° Anstellwinkel	45° Anstellwinkel
Saugferkel		100	150
Absatzferkel 7 kg	80 - 100	200	250
15 kg		450	350
25 kg		550	450
Mastschweine	250 - 300	650	550
Jungsauen	250 - 300	750	650
Sauen und Eber	350 - 400	900	750

Die Angaben in Tabelle 10 zeigen, dass die Höhe der Tränke altersspezifisch an die Schweine angepasst werden muss, wobei sich die Montagehöhe immer nach dem kleinsten Tier der Gruppe richten sollte. Das bedeutet, dass entweder die Tränken bei wachsenden Tieren regelmäßig manuell verstellt oder zwei Tränken in unterschiedlicher Höhe in den Abteilen montiert werden müssen. Alternativen hierzu sind zum einen eine kleine Trittstufe, die unter die Tränke gestellt wird, damit die kleineren Tiere ebenfalls problemlos die Tränke bedienen können, und zum anderen die „V-Tränke“, die nach oben gebogen ist, sodass die Schweine mit gesenktem Kopf trinken können und eine Höhenanpassung somit nicht erforderlich ist (Büscher et al., 2008). Allerdings ist grundsätzlich nach unten geneigten Zapfentränken den Vorzug zu geben, da diese z. B. bei Absatzferkeln zu einem 63 % geringeren Wasserverlust, eine um 7 % bessere Futterverwertung und zu einem 6,5 % schnelleren Wachstum führen (Ogunbameru et al., 1991). Allgemein ist festzuhalten, dass mit einer guten Höhenanpassung der Zapfentränke an die Tiere der Wasserverlust im Vergleich zu nicht angepassten Tränken um bis zu 15 % gesenkt werden kann und somit genauso geringe Wasserverluste erzielt werden können wie mit Beckenränken (Li et al., 2005).

Zapfentränken sind in unterschiedlichen Winkelungen erhältlich, wobei die 90°-Winkelung am häufigsten Anwendung findet. Der geringste Wasserverlust wird allerdings mit einer Winkelung von 30° erreicht (Yun et al., 2008). Auf die von den Schweinen aufgenommene Wassermenge hatte die Winkelung keinen Einfluss.

Die Durchflussrate der Tränken ist ein weiterer wichtiger Aspekt, um sowohl eine ausreichende Wasseraufnahme zu gewährleisten, als auch eine unnötige Wasservergeudung zu verhindern. In Tabelle 1 sind die gewünschten Durchflussmengen für die Tränken, nicht nur auf Zapfetränken bezogen, aufgeführt. In Tabelle 11 hingegen wird das Beurteilungsschema für die Durchflussraten laut des DLG aufgeführt. Untersuchungen in Nordrhein-Westfalen zeigten, dass jede zweite Tränke nicht die gewünschte Durchflussrate aufweist (Bunge, 2000). Bei der Überprüfung der Durchflussrate bei tragenden Sauen entsprachen nur 37 % der Durchflussraten dem optimalen Bereich, wohingegen die anderen Tränken einen zu niedrigen Durchfluss zeigten (Franke und Loebstin, 2003). Generell treten allerdings eher zu hohe Flussraten auf, wobei eine große Varianz zwischen den einzelnen Tränken in einem Stall auftreten kann (Kamphues und Schulze-Horsel, 1998).

Tabelle 11: Bewertungsschema für Durchflussraten von Tränken für die Schweinehaltung (Marks, 2006)

	Saugferkel	abgesetzte Ferkel	Mastschweine, Eber, Sauen	ferkelführende Sauen
Bewertung	Durchflussrate in l/min			
++ = sehr gut	0,45 - 0,55	0,55 - 0,65	0,80 - 1,00	> 2,00/ < 2,50
+ = gut	> 0,40/ < 0,60	> 0,50/ < 0,70	> 0,75/ < 1,20	> 2,50/ < 2,70
0 = mittel	> 0,35/ < 0,65	> 0,45/ < 0,75	> 0,70/ < 1,40	> 2,70/ < 3,00
- = schlecht	< 0,30/ > 0,65	< 0,45/ > 0,75	< 0,70/ > 1,40	< 2,00/ > 3,00
-- = sehr schlecht	< 0,30/ > 0,70	< 0,40/ > 0,80	< 0,50/ > 2,00	< 1,50/ > 3,50

Die Folge zu niedriger Durchflussraten ist, dass rangniedere Tiere nicht genug Wasser aufnehmen können bevor sie von Ranghöheren verdrängt werden, bzw. die ranghöheren Tiere die Tränken sehr lange blockieren (Stein, 1996). Eine zu niedrige Wasseraufnahme führt bei den Tieren wie bereits oben erwähnt zu einer geringeren Futteraufnahme und somit zu einer verminderten Wachstumsrate (Marks, 2006), bzw. zu einem erhöhten Verlust des Körpergewichts bei eingeschränkter Wasseraufnahme durch zu geringe Flussraten während der Laktation (Leibbrandt et al., 2001). Des Weiteren führt dies auch zu einer Unterdosierung von möglicherweise eindosier-

ten Arzneimitteln. Zu hohe Flussraten hingegen führen zwar nicht zu einer veränderten Wasseraufnahmemenge, allerdings bringt dies teilweise erhebliche Wasserverluste mit sich, was auch eine Vergeudung der zudosierten Wirkstoffe bedingt (Kamphues und Schulze-Horsel, 1998; Schulze-Horsel, 1998). Phillips et al. (1995) entwickelten eine Methode zur Messung des Effekts der Flussrate von Nippeltränken auf die Wasseraufnahme und -vergeudung bei laktierenden Sauen. Hier zeigte sich, dass in den ersten zwei Minuten eine Flussrate von 3 l/min zu nicht allzu großen Wasserverlusten führt, da die Tiere anfangs teilweise bis zu 2,17 l/min aufgenommen haben. Ließ der Durst dann allerdings nach, führten bereits Flussraten von > 1,8 l/min zu vermehrten Wasserverlusten.

Zusammenfassend gilt für die Zapfentränken, dass ihre Vorteile in der sehr guten Hygiene, dem geringen Wartungs- und Kostenaufwand sowie v. a. bei der Beißtränke der geringen Wasservergeudung bei richtiger Anbringung liegen. Nachteilig ist zu bewerten, dass die Position und Winkelung der Tränke exakt an die Tiere angepasst werden muss bzw. mehrere Tränken unterschiedlicher Höhe angebracht werden müssen. Des Weiteren kann es zu erhöhten Wasserverlusten durch den Spieltrieb der Schweine kommen oder verkantete Zapfen können zu einem permanenten Wasserfluss führen. Zapfentränken sind für säugende Sauen, Sauen in Einzelhaltung sowie für Saugferkel nicht geeignet. Säugende Sauen müssen zu lange trinken, um die benötigte Wassermenge aufzunehmen, wohingegen bei Sauen in Einzelhaltung zum einen die Liegefläche durch Spritzverluste durchnässt wird und es zudem durch den Spieltrieb zu erhöhten Wasserverlusten kommt (Bergeron, 1995; Büscher et al., 2008). Saugferkel sind in den ersten Lebenstagen meist noch nicht in der Lage die Nippeltränken zu bedienen (Phillips und Fraser, 2001).

Eine weitere Art der Aktivtränke stellt die Beckentränke, auch Schalenränke genannt, dar. Hier betätigt das Schwein ein Zungenventil oder einen Stift und das Wasser fließt zunächst in eine Tränkschale, bevor es dann von den Schweinen aufgenommen wird (Seittler, 2007). Da Schweine Saugtrinker sind, ermöglicht diese Art der Tränke im Gegensatz zu den Zapfentränken eine verhaltensgerechte Wasseraufnahme bereits ab dem 1. Lebenstag (Boxberger, 1986; Phillips und Fraser, 1991).

Auch bei den Beckentränken ist auf die richtige Einstellung der Montagehöhe zu achten, wobei sich die Angaben auf die Beckenoberkante beziehen (Tabelle 10). Um die

Wasseraufnahme auch für kleinere Tiere zu gewährleisten, kann eine kleine Trittstufe unter der Tränke angebracht werden (Marks, 2006). Ansonsten gelten die gleichen Aspekte und Vorgaben zur Durchflussrate wie für die Zapfentränke.

Neben dem Vorteil, dass bereits Ferkel hier direkt Wasser aufnehmen können, stellen die hohe Funktionssicherheit, die einfache Kontrolle, niedrige Wasserverluste und die geringe Verletzungsgefahr weitere Vorzüge der Beckentränke dar. Zudem sind Beckentränken im Gegensatz zu Zapfentränken auch in beheizbaren Varianten erhältlich und bieten somit Schutz vor Frost (Haidn et al., 2003).

Ein großer Nachteil besteht neben den hohen Anschaffungskosten allerdings in der hohen Verschmutzungsgefahr (Büscher et al., 2008), was dazu führt, dass die Tiere weniger Wasser aufnehmen (Torrey et al., 2008). Wie in Tabelle 9 aufgeführt, werden in Beckentränken wesentlich höhere Keimgehalte nachgewiesen als bei Zapfentränken, was durch die Kontamination des im Becken stehenden Wassers als auch der Verschmutzung des Beckens an sich durch Futter, Speichel, Einstreu, Staub und Exkremente zurückzuführen ist (Kamphues und Schulz, 2002). Beckentränken sollten nicht in Ecken angebracht werden, da hier die Kontaminationsgefahr noch höher ist (Gonyou, 1996). Des Weiteren sollte bei der Anbringung der Tränken darauf geachtet werden, dass sie nicht direkt nebeneinander sondern im Abstand von ca. zwei Meter montiert werden, was sich positiv auf den Wasserverlust auswirkt (Magowan et al., 2007).

Trogsprüher zählen ebenfalls zu den Aktivtränken und sind mit einer Druckplatte oder einem Stößel erhältlich. Bei beiden Varianten läuft bei Betätigung des Ventils Wasser in den Futter- bzw. Wassertrog und wird dort von den Tieren aufgenommen. Trogsprüher mit Druckplatte kommen v. a. in Längströgen bei Mastschweinen und bei Sauen in Einzelhaltung zum Einsatz. Ihre Vorteile liegen in dem einfachen Einbau in die Wasserleitung, dem Benetzen von Trockenfutter im Trog sowie der Funktionssicherheit und guten Hygiene. Allerdings kann es durch den Spieltrieb der Tiere zu erhöhten Spritzwasserverlusten und Vernässung der Liegeflächen kommen.

Trogsprüher mit Stößel hingegen werden v. a. in Kombination mit Breifutterautomaten in der Ferkelaufzucht, der Mast sowie bei Sauen in Einzelhaltung verwendet. Da diese Variante für die Tiere als Spielzeug uninteressant ist, werden hier nur sehr geringe Wasserverluste verzeichnet. Allerdings ist der Durchfluss der Tränken schwerer zu kontrollieren, sie verstopfen leicht durch das Trockenfutter und es

kann zu Hygieneproblemen im Trog kommen. Zudem ist eine zusätzliche Tränke in der Bucht bei Gruppenhaltung erforderlich.

Generell sind Trogsprüher aus denselben Gründen wie die Zapfentränken für Saugferkel und säugende Sauen ungeeignet (Büscher et al., 2008).

Passivtränken sind Tränken, die nicht aktiv von den Schweinen betätigt werden müssen, sondern in denen permanent ein definierter Wasserpegel aufrechterhalten wird. Diese Trogfluter ermöglichen eine sehr verhaltensgerechte Wasseraufnahme, eine hohe Funktionssicherheit und Wasserverluste sind kaum zu verzeichnen. Durch die Entwicklung von Kipptränken wird die Reinigung erheblich vereinfacht. Passivtränken kommen z. B. in der Saueneinzelhaltung zum Einsatz (Büscher et al., 2008).

#### **2.1.4 Wartung**

Das Leitungssystem sowie das Tränkwasser bedürfen einer ständigen Kontrolle. Der Stall muss täglich begangen werden. Hierbei sind die Tränken stets auf Funktionstüchtigkeit und Verschmutzung zu kontrollieren und diese gegebenenfalls zu beheben. V. a. bei Beckentränken kommt es sehr häufig zu Verschmutzungen, aber auch Zapfentränken können gravierende Verunreinigungen aufweisen und dadurch nur noch unzureichend schließen. Tropfverluste und ein Durchnässen der Einstreu sind die Folge. Neben der Funktion der Tränke muss sichergestellt werden, dass auch die kleinen Tiere einer Bucht ausreichend Wasser aufnehmen können. Eine regelmäßige Anpassung der Tränke ist vorzunehmen, falls eine Höhenverstellung möglich ist. Auch die Durchflussrate muss regelmäßig überprüft und bei Bedarf korrigiert werden. Des Weiteren ist ein Abfluss des übergelaufenen Wassers zu gewährleisten. Im Winter müssen zusätzlich Kontrollen im Hinblick auf die Frostbeständigkeit der Tränken durchgeführt werden (Hartung, 2000).

Die Wasserqualität muss ebenfalls in regelmäßigen Abständen kontrolliert werden, v. a. bei der Verwendung von Wasser aus betriebseigener Herkunft. Auch wenn keine gesetzliche Regelung hierzu getroffen wurde, sollte die Kontrolle der Wasserqualität mind. ein-, besser zweimal jährlich durchgeführt werden (Schulz, 2009). Die Wasserproben sind aus verschiedenen Lokalisationen des Leitungssystems zu nehmen, zum einen aus der zuführenden Hauptwasserleitung und zum anderen aus mehreren Stellen mitten im Leitungssystem und an der Tränke selbst (Kamphues und Schulz,

2002). Bestimmte Gegebenheiten können neben den regelmäßigen Kontrollen zusätzliche Überprüfungen notwendig machen. Hier sind unter anderem zu nennen:

- eine reduzierte Wasseraufnahme der Tiere
- nach Reparaturen am Leitungssystem oder dem Einsatz von Säuren, wodurch sich beispielsweise kalkhaltige Ablagerungen lösen können
- die Inbetriebnahme neuer Wasserversorgungsteile, wie ein neues Bohrloch oder eine Pumpe (Kamphues und Schulz, 2002).

## **2.2 Einflusskriterien auf die Applikation oral anzuwendender Fertigarzneimittel über das Futter**

### **2.2.1 Futterbedarf**

Der Futterbedarf der Schweine ist von vielen Faktoren abhängig, wie der Leistung, Körpergröße, Alter, Geschlecht und Ernährungszustand. Auch der Energie- und Proteingehalt des Futters spielt eine wichtige Rolle, denn von ihnen ist die Menge des aufgenommenen Futters abhängig.

#### **2.2.1.1 Stallklima**

Ein durch die Temperatur bedingter Rückgang der Futteraufnahme ist ein Hauptgrund für haltungsbedingte negative Effekte auf die Leistungsparameter der Tiere (Renaudeau et al., 2007), daher soll kurz auf diesen Aspekt eingegangen werden.

Die obere kritische Temperatur stellt die Grenze der thermoneutralen Zone dar. Wird sich dieser Grenze angenähert, bzw. diese überschritten, müssen die Tiere dies mit Maßnahmen wie vermehrter Wasseraufnahme, erhöhter Atemfrequenz und einer verringerten Futteraufnahme kompensieren (Banhazi et al., 2007). Die Tiere versuchen zudem, sich durch Benässen der Haut zu kühlen. Dies erreichen sie zum einen durch Wälzen in ihren Ausscheidungen, was zu einer starken Verschmutzung der Tiere sowie der Bucht führt und zum anderen durch Nutzung der Tränke als Dusche (Barbari und Bianchi, 2007; Bauer, 1994).

Da die Stalltemperatur unter normalen Bedingungen analog zur Außentemperatur langsam ansteigt, ist den Tieren eine Adaption an das sich ändernde Klima möglich. Ein Temperaturanstieg auf 28 - 32 °C über 22 Stunden führt zu einem Rückgang der

Futteraufnahme, der zum Teil bis zu 20 % beträgt (Banhazi et al., 2007). Für laktierende Sauen wurde sogar ein Rückgang der Futteraufnahme um bis zu 40 % festgestellt, wenn die Lufttemperatur von 18 °C auf 30 °C ansteigt, wie Black et al. (1993) und Quiniou et al. (2000) zeigten.

Dies hat natürlich Auswirkungen auf die Leistungsparameter der Tiere. Es kommt zu einer verringerten Wachstumsrate (Banhazi et al., 2007), schlechteren Futterverwertung, einer geschwächten Immunabwehr (Minton, 1994), erhöhter embryonaler Sterblichkeit bei Sauen (Voglmayr, 2009), Verringerung der Milchleistung sowie einer verlängerten Dauer zwischen Laktation und erneuter erfolgreicher Belegung. Auch der Schlachtkörperfettgehalt und dessen Verteilung verändern sich negativ durch eine erhöhte Umgebungstemperatur (Banhazi et al., 2007).

Um den Temperaturanstieg im Stallgebäude zu vermeiden und somit eine Reduktion der Futteraufnahme zu verhindern bzw. zu kompensieren, können einige Maßnahmen getroffen werden:

- Unter der Berücksichtigung, dass die Wärmeproduktion der Tiere um ca. 20 % zwischen Tag und Nacht schwankt, wobei der Höhepunkt der Wärmeproduktion um die Mittagszeit erreicht wird (Banhazi et al., 2007), sollte eine Fütterung zu dieser Zeit vermieden werden und stattdessen auf die frühen Morgen- bzw. späten Abendstunden verschoben werden (Voglmayr, 2009).
- Änderung der Fütterungsrezeptur, in dem der Rohfasergehalt gesenkt und der Rohfettgehalt erhöht wird (Banhazi et al., 2007)
- Kühlung des Stalles, wie z. B. durch das Besprenkeln der Tiere mit Wasser (Mueller, 2007; Banhazi et al., 2007) oder der Kühlung des Bodens (Huynh et al., 2005; Shi et al., 2006)

### **2.2.1.2 Erkrankungen der Tiere**

Eine Erkrankung der Tiere kann ebenfalls eine gestörte Futteraufnahme bedingen, wodurch ein Teufelskreis ausgelöst wird (Abbildung 2).

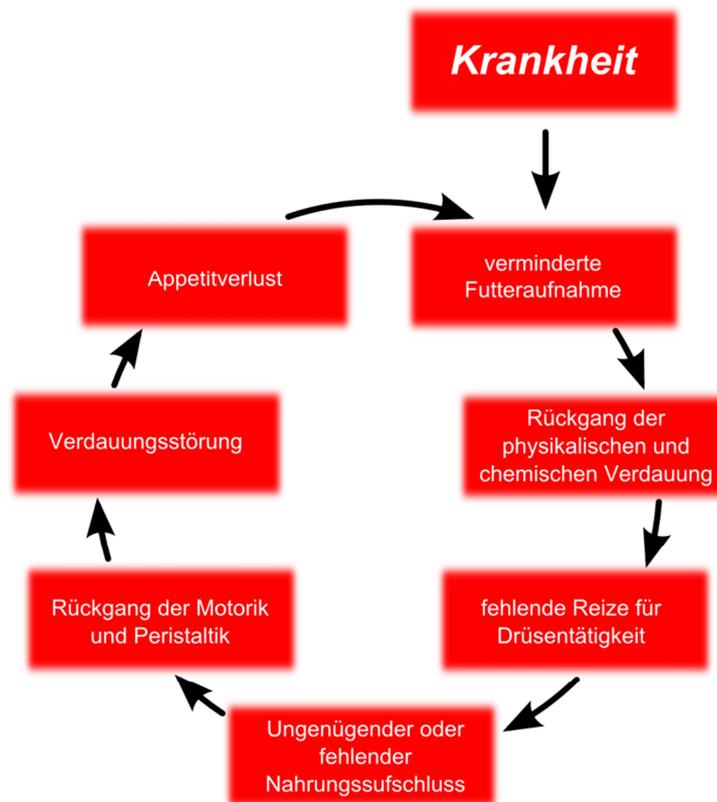


Abbildung 2: Teufelskreis bei gestörter Futteraufnahme und Verdauungsstörungen (Anonymus, 2004)

Neben den systemischen Erkrankungen können auch Lahmheiten zu einer verminderten Futteraufnahme führen. Diese Tiere haben zum Teil starke Schmerzen, die sich zum einen auf den Appetit auswirken und zum anderen zu einer eingeschränkten Mobilität führen. Sie können nicht oder nur sehr langsam zum Trog laufen und somit v. a. bei restriktiver Fütterung nicht genügend Futter aufnehmen (Anonymus, 2007a).

Das größte Problem stellen allerdings die subklinischen Erkrankungen dar. Diese führen zu einer verringerten Futteraufnahme, die nur durch eine engmaschige Kontrolle des Futtermittelsverbrauchs detektiert werden kann. In vielen Betrieben erfolgt dies entweder gar nicht oder erst gegen Ende der Mast. Zu diesem Zeitpunkt sind bereits hohe wirtschaftliche Schäden durch den erhöhten Futterbedarf, die verlängerte Mast sowie die verringerte Fruchtbarkeit entstanden.

### **2.2.1.3 Sonstige Einflussfaktoren**

Weitere Einflussfaktoren, die direkt durch das Futter bedingt sind, im Rahmen dieser Dissertation allerdings nicht weiter erläutert werden sollen, sind (Anonymus, 2004; Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, 2001):

- Schmackhaftigkeit des Futters
- Futtermittelkonsistenz
- Fütterungsdauer
- Gestaltung des Futtermittelwechsels

### **2.2.2 Futterherkunft und -qualität**

Eine hohe Futterqualität ist Voraussetzung für die Ausschöpfung des Leistungspotentials und die Gesundheit der Tiere. Zudem führt sie zu einer höheren Sicherheit für den Endverbraucher. Um diese Qualität zu gewährleisten, werden gesetzliche Anforderungen an die Futtermittelqualität hinsichtlich der Reinheit und Unverdorbenheit sowie an die Abwesenheit von Infektionserregern gestellt (LFGB, 2012; VO 767/2009, 2009). Die RL 2002/32/EG legt zudem Höchstgrenzen für unerwünschte Stoffe in Futtermitteln fest. Laut dieser Richtlinie sind unerwünschte Stoffe als „Stoffe oder Erzeugnisse, mit Ausnahme von Krankheitserregern, die in und/oder auf einem zur Tierernährung bestimmten Erzeugnis vorhanden sind und eine potenzielle Gefahr für die Gesundheit von Mensch oder Tier oder für die Umwelt darstellen oder die tierische Erzeugung beeinträchtigen können“ definiert (RL 2002/32/EG, 2002). Hierzu zählen z. B. Aflatoxin B<sub>1</sub>, Mutterkornalkaloide, Dioxin, Cadmium oder Blei.

Zur Beurteilung der Futtermittelqualität muss auch die Herkunft des Futters berücksichtigt werden.

Während die Hersteller von Fertigfuttermitteln eine konstante Futtermittelqualität gewährleisten müssen und somit das Futter ständigen Kontrollen unterzogen wird, kann wirtschaftseigenes Futter großen Qualitätsschwankungen unterliegen. Hier spielen viele Faktoren eine Rolle, wie z. B. die vorherrschende Witterung während der Wachstumsperiode der Pflanzen, die Bodenqualität, der Zeitpunkt der Ernte und die Lagerung (Pózvári, 1985). Als Konsequenz schwankender Nährstoff- und Energiegehalte nehmen die Tiere unterschiedliche Mengen des Futters auf. Die exakte Dosierung eines Arzneimittels, das über das Futter verabreicht werden soll, ist daher

nicht möglich. Es resultiert eine Über- bzw. Unterdosierung des Wirkstoffes, so dass die Therapiesicherheit nicht gewährleistet werden kann. Daher sollte auch wirtschaftseigenes Futter einer regelmäßigen Qualitätskontrolle unterzogen werden.

Doch nicht nur auf Grund der möglichen Nährwertschwankungen sollte die Qualität des Futters überprüft werden, auch der mikrobiologische Status sollte kontrolliert und eine mögliche Kontamination mit Schadstoffen ausgeschlossen werden, da diese Kriterien ebenfalls einen großen Einfluss auf die Gesundheit der Tiere haben.

Als Kriterien für die Beurteilung des mikrobiellen Status eines Futtermittels werden die Zahl der mesophilen Bakterien, Hefen und Schimmelpilze, die Anwesenheit von Verderbniserregern, möglichen Mykotoxinbildnern sowie bedingt pathogenen Mikroorganismen, wie z. B. Salmonellen, herangezogen, wobei die bedeutendste Qualitätsminderung durch Enterotoxinbildner und „Verderbserreger“ verursacht wird. Zu diesen zählen u. a. Mikrokokken, Pseudomonaden, Bazillen, Streptomycceten, Schimmelpilze und einige Hefen (Pózvári, 1985). Tabelle 12 zeigt mögliche Krankheiten und Leistungsdepressionen, die durch mikrobiell verändertes Futter auftreten können. Eine eher geringe Rolle spielen hingegen Viren in Futtermitteln. Eine Penetration tierischer Viren in die Pflanze ist unwahrscheinlich, so dass die Viren sich nicht vermehren können. Pathogene Viren, die mittels Gülle, Klärschlamm oder während der Verarbeitung und Lagerung auf die Pflanzen gelangen, müssen wirtsspezifisch, von hoher Pathogenität und Tenazität sein und einen oralen Infektionsweg aufweisen, um eine Infektion bei den Tieren auslösen zu können (Haas und Kaaden, 1985).

Tabelle 12: Krankheiten und Leistungsdepressionen durch mikrobiell veränderte Futtermittel (Gedek, 1985)

Wirkung	Art der Erkrankung bzw. Krankheitsgeschehen	Ursächlich daran beteiligte Mikroorganismen bzw. deren Stoffwechselprodukte
akut, häufig deletär	Vergiftung mit Auftreten von erhöhter Atem- und Pulsfrequenz, vermehrter Speichelfluss, Tränenfluss, Futtermittelverweigerung, Erbrechen, Ikterus, Diarrhoe, Ödemen, Tremor, Convulsionen, Haemorrhagien, Apathie und Paralyse	verschiedene Arten von Toxinen, Bakterien und Pilzen
	Allergien (anaphylaktischer Schock, Fog Fever u.a.)	Zellständige Polysaccharide und Proteine von Bakterien (inkl. Aktinomyzeten) und Pilzen
	Anaphylaktische Reaktionen	Bakterien und bakterielle Eiweißabbauprodukte
	Hypertension	biogene Amine von Bakterien
	Enteritiden und Gastroenteritiden	Toxine mit spezieller Darmwirkung von Salmonella, E. coli u.a. Enterobacteriaceae, Staph. aureus und Clostridien, schleimhautirritierende Gärprodukte von Hefen
chronisch, manchmal deletär	Malabsorption, Maldigestion	Toxinogene Zellinhaltsstoffe und Zerfallsprodukte von Bakterien
	Infektionen des Respirations- und Digestionstraktes, Aborte	Hefen und Schimmelpilze
	Gewichtsverluste, verminderte Gewichtszunahme, erhöhte Infektanfälligkeit, Hepatitis und fettige Leberdegeneration, Gallengangsproliferation, Hepatome, Nephritis, Haut- und Schleimhautveränderungen, zuweilen mit Geschwüren, Haemorrhagische Diathesen, Knochenmarksveränderungen, Photosensibilität, Gangränöse Veränderungen an Schwanz und Extremitäten, Abort, Totgeburten, Mißbildungen, Infertilität, Hyperöstrogenismus mit abnormen Brunsterscheinungen, Vergrößerung der Milchdrüse, Vulvovaginitis, Ataxien, Halluzinationen	Metaboliten von toxinogenen Schimmelpilzen und primär pflanzenpathogenen Pilzen, die auch noch nach der Ernte der Futterpflanzen Toxine bilden
	Vitaminmangelzustände (Cerebrocortikalnekrose, Rachitits)	Stoffwechselprodukte von Bakterien, Hefen und Schimmelpilzen sowie pflanzenpathogene Pilzen

Eine gewisse Keimkontamination des Futters lässt sich nicht verhindern. Diese setzt sich aus der Primärflora und der unvermeidbaren, geringgradigen Keimkontamination, der Sekundärflora, zusammen. Verschiebt sich der Keimgehalt zugun-

ten der Sekundärflora ist dies ein Hinweis auf eine verminderte Futterqualität und gegebenenfalls auf Verderb. Besonders hohe Keimbelastungen weisen Hafer auf Grund der Kornbeschaffenheit, wirtschaftseigenes Futter und Maniokmehl auf. Auch die Pilzbelastung ist in wirtschaftseigenem Futter, neben Getreide, Sojaschrot und Mehlfutter besonders hoch, was als Folge der Gewinnung und Lagerung erklärt wird (Pózvári, 1985). Hierbei ist zu beachten, dass ein Pilznachweis nicht mit einer möglichen Schadwirkung gleichzusetzen ist, die nur durch einen Mykotoxinnachweis bewertet werden kann.

## **2.2.3 Fütterungstechnik**

### **2.2.3.1 Restriktive oder Ad libitum Fütterung**

Grundsätzlich wird zwischen der restriktiven, bzw. der rationierten, und der ad libitum Fütterung unterschieden. Bei der restriktiven Fütterung bekommen die Tiere zu bestimmten Futterzeiten eine genau definierte Futtermenge vorgelegt, wohingegen bei der ad libitum Fütterung ständig Futter zur freien Verfügung steht.

Wichtige Einflussparameter auf die Futteraufnahme der Tiere sind bei beiden Formen der Fütterung das Tier-Fressplatzverhältnis und die Gruppengröße. Während bei der rationierten Fütterung ein Tier-Fressplatzverhältnis von 1:1 und bei der tagesrationierten Fütterung von 2:1 vorgeschrieben wird (TierSchNutzVO, 2009), kann bei der ad libitum Fütterung ein weiteres Verhältnis zwischen der Tierzahl und den Futterplätzen gewählt werden. Die Tiere sind hier nicht auf bestimmte Futterzeiten angewiesen und Rankämpfe um die Fütterungsplätze können umgangen werden. Bei der ad libitum Fütterung werden für die Trockenfütterung ein Tier-Fressplatzverhältnis von 4:1 (Bremermann, 2003; Weber, 2010), bei der Breifütterung von 12:1 und bei der Flüssigfütterung von 7:1 gefordert. Ein recht enges Tier-Fressplatzverhältnis muss bei der Trockenfütterung trotz permanenter Futtervorlage gewählt werden, da die Tiere hier ca. 14 % des Tages mit der Nahrungsaufnahme beschäftigt sind, was in etwa dreimal länger ist als bei der Breifütterung (Hesse, 2001).

Wird das Tier-Fressplatzverhältnis zu weit gewählt, zieht dies Konsequenzen nach sich. Rasmussen et al. (2005) führten eine Studie mit unterschiedlichen Tier-Fressplatzverhältnissen (4:1; 7:1; 13:1) durch. Es zeigte sich, dass ein zu weit gewähltes

Verhältnis zu kürzeren Aufenthalten am Trog, längeren Wartezeiten vor den Trögen, v. a. für die leichteren Tiere, und zu vermehrter Verdrängung am Trog führt. Auch einen Rückgang der täglichen Zunahme von 912 g bei der Gruppe mit einem Tier-Fressplatzverhältnis von 4:1 auf 812 g bei der Gruppe mit dem weiten Verhältnis von 13:1 wurde aufgezeigt. Als Fazit lässt sich ziehen, dass ein Verhältnis von 13:1 nicht tiergerecht ist.

Hoy et al. (1995) zeigten ebenfalls an Versuchen mit Breifutterautomaten, dass ein Tier-Fressplatzverhältnis von über 10:1 zu erheblich mehr Kämpfen und Verdrängungen führt. Zudem zwingt es v. a. die rangniederen Tiere zu einer vermehrten Futterraufnahme in der Nacht, was nicht dem natürlichen Verhalten der Tiere entspricht (Hoy et al., 1995; Hesse, 2001). Da die Anforderung an die Anzahl der Fressplätze bei Breifutterautomaten eine rechtliche Grauzone darstellt, wird empfohlen, die Zahl entsprechend der Gruppengröße und anderen Faktoren zu wählen (Hoy et al., 1995), wobei es nie weiter als 10:1 gewählt werden sollte (Kirchner, 2001).

Schäfer und Hoy (1997) belegten, dass auch die Gruppengröße bei gleichem Tier-Fressplatzverhältnis Auswirkungen auf die Futterraufnahme hat. Es wurde das Verhalten sowie die Leistung von Ferkeln in einer aus 12 und einer aus 24 Tieren bestehenden Gruppe bei einem Tier-Fressplatzverhältnis von 4:1 verglichen. Es zeigte sich, dass die Tiere der kleineren Gruppe höhere tägliche Zunahmen aufwiesen. Bei der größeren Gruppe kam es vermutlich durch die größere Bewegungsfreiheit zu stärkeren Unruhen und vermehrten Auseinandersetzungen. Dies resultierte in kürzeren Fresszeiten und geringeren Tageszunahmen. Des Weiteren kommt es bei einem weit gewählten Tier-Fressplatzverhältnis zu einem stärkeren Auseinanderwachsen der Tiere (Hoy et al., 2007). Daher empfehlen Hoy et al. (2007) sogar ein Tier-Fressplatzverhältnis von 1:1 zumindest um den Zeitraum des Absetzens, um die Tiere weniger zu belasten und höhere Zunahmen sowie eine homogene Entwicklung der Tiere zu erzielen.

Bei Mastschweinen in größeren Gruppen mit ca. 30 Tieren wurde kein Rückgang der Mastleistung festgestellt. Dies lässt sich vermutlich damit erklären, dass ältere Tiere ihr Futter schneller aufnehmen, somit die Belegdauer der Tröge pro Tier verkürzt ist und es zu weniger Verdrängung kommt (Schäfer und Hoy, 1997).

Es stellt sich zudem die Frage, ob die restriktive oder die ad libitum Fütterung bessere Leistungen der Tiere erzielt. Laut Ziron (2005) führt die ad libitum Fütterung bei

Sauen zu einer wesentlich stärkeren Verfettung bei tragenden Sauen, die während der Laktation nicht ausreichend abgebaut werden kann. Die Leistungsunterschiede zwischen den rationiert und den ad libitum gefütterten Sauen betrug im Versuch bei dem zweiten und dritten Wurf lediglich 0,5 Ferkel, aber bereits bei dem vierten Wurf stieg die Differenz auf 1,6 Ferkel und bei dem fünften Wurf auf 2,75 Ferkel an. Auch die Anzahl der totgeborenen Ferkel war bei den ad libitum gefütterten Tieren tendenziell höher, ebenso wie die Saugferkelverluste bis zum Absetzen. Daher kommt Ziron (2005) zu dem Schluss, dass die rationierte Fütterung für Sauen die bessere Fütterungsmethode darstellt. Im Vergleich hierzu konnte dieser Zusammenhang in der Feldstudie von Steffens (2005) nicht festgestellt werden. Vielmehr zeigte sich, dass die betriebsspezifischen Gegebenheiten einen wesentlich größeren Einfluss auf die Leistung der Tiere hatten als die Fütterungsmethode. Deutlich wurde zwar, dass der Anteil der Tiere mit einer sehr niedrigen, kritischen Rückenspeckdicke bei den restriktiv gefütterten Sauen gegen Ende der Trächtigkeit deutlich höher war, doch dies hatte keinen Einfluss auf die Tiergesundheit (Steffens, 2005). Auch Meyer et al. (2011), die die zwei unterschiedlichen Fütterungsmethoden bei Börgen untersuchten, kamen zu dem Schluss, dass diese keinen Einfluss auf die Leistung der Tiere haben. Die tägliche Zunahme der Tiere lag bei der ad libitum Fütterung zwar um 46 g höher, allerdings nahmen die Tiere auch 120 g mehr Futter am Tag auf als die restriktiv gefütterten Tiere, so dass der Futtermittelverbrauch je Kilogramm Lebensmassezunahme nicht von der der restriktiv gefütterten Tiere abwich.

Als Fazit ist zu nennen, dass sowohl die rationierte als auch die ad libitum Fütterung für Schweine geeignet ist, wenn das Tier-Fressplatzverhältnis sowie die Gruppengröße richtig gewählt werden. Nur so kann gewährleistet werden, dass jedes Tier ausreichend Futter aufnehmen kann und bei einer Medikation über das Futter auch die benötigte Arzneimittelmenge erhält.

### **2.2.3.2 Trockenfütterung**

Die Trockenfütterung eignet sich besonders gut, wenn Fertigfutter oder eine Getreidemischung aus eigenem Anbau verfüttert werden soll, wobei die fertige Mischung entweder im Silo aufbewahrt oder täglich neu im Chargenmischer angemischt wird (Schulte-Sutrum, 2010). Wie bereits oben erwähnt, benötigen die Tiere bei der Trockenfütterung ca. dreimal länger für die Futteraufnahme als bei der Breifütterung, so

dass genügend Fressplätze zur Verfügung stehen müssen (Hesse, 2001). Auch eine ausreichende Anzahl an Tränkemöglichkeiten ist zu gewährleisten, da die Tiere hier kein Wasser über die Nahrung aufnehmen und v. a. während und nach der Futtermittelaufnahme die Wasseraufnahme der Tiere steigt (Schulze-Horsel, 1998).

Die Lagerung des Futters erfolgt in der Regel in Futtersilos. Seit 2006 müssen die Landwirte laut der Futtermittelverordnung verstärkt auf die Futtermittelhygiene achten, worunter auch die Hygiene der Silos fällt. Man kann zwischen Innen- und Außensilos unterscheiden. Die Innensilos bestehen meist aus dem stabilen, luftundurchlässigen Stoff Trevira, dessen Außenhaut wie ein Filter wirkt und den Staub nicht entweichen lässt, sodass eine Kontamination der Umgebung hier weitgehend unterbunden wird. Bei diesen Silos genügt meist schon das Ausschütteln des Stoffes zur Reinigung, ggf. kann auch ein Staubsauger verwendet werden. Bei den Außensilos stellt sich die Reinigung nicht so einfach dar und eine Reinigung per Hand ist nur sehr eingeschränkt möglich. Am einfachsten und hygienischsten ist die Verwendung eines Siloreinigungsroboters, der selbst hartnäckige Rückstände entfernt und das Silo trocknet. Dieser Aspekt muss allerdings nicht nur bei der Trockenfütterung sondern bei jeglicher Art der Fütterung beachtet werden (Anonymus, 2010).

Der Futtertransport erfolgt hier über Förderseile, -ketten und Spiralen oder mittels Druckluft. An den Förderketten sind Scheiben befestigt, die der Futtermittelnahme dienen. Sind die Futterannahmen der einzelnen Buchten mit Absperrschiebern versehen, können in einem Kreislauf mehrere Mischungen verabreicht werden. Separaten Kreisläufen ist allerdings der Vorzug zu geben. Dies gilt insbesondere im Hinblick auf die Medikation über das Futter, da hier die Verschleppungsgefahr wesentlich geringer ist als wenn lediglich ein Kreislauf verwendet wird. Die Spiralen eignen sich v. a. für den Transport von feuchtkrümeligem Futter. In der Regel werden hier für unterschiedliche Futtermischungen verschiedene Förderleitungen verwendet. Bei dem Futtertransport mit Druckluft können mehrere Mischungen in einer Förderleitung transportiert werden, da einzelne Ventilmengen bei ansonsten leerer Futterleitung transportiert werden (Schulte-Sutrum, 2010).

Man kann bei der Trockenfütterung zwischen der Fütterung von Mehl, Granulat und Pellets unterscheiden. Dieser Aspekt ist im Hinblick auf die orale Medikation über das Futter besonders wichtig. Bei der Pelletfütterung ist die orale Medikation nicht möglich, da es hier auf Grund der stark differierenden Teilchengröße zwischen Medi-

kament und Futter zu einer nahezu hundertprozentigen Entmischung kommt. Dies führt zunächst zu einer starken Unterdosierung des Wirkstoffes, so dass ein Therapieerfolg höchstwahrscheinlich ausbleiben wird. Das Medikament sinkt auf den Boden des Troges, so dass die Tiere, die gegen Ende der Fütterung an den Trog gelangen, entweder sehr große Mengen des Medikamentes aufnehmen und es zu einer erheblichen Überdosierung kommt, oder diese Tiere die Nahrungsaufnahme auf Grund der negativen Geschmacksbeeinträchtigung des Futters durch das Medikament verweigern (Kamphues, 1996). Ähnlich stellt sich der Sachverhalt bei der Granulatfütterung dar. Die Mehlfütterung hingegen ist für die Verabreichung von Medikamenten, die zumeist in Pulverform vorliegen, geeignet, wobei auch hier darauf geachtet werden sollte, dass die Teilchengröße von Mehl und Arzneimittelpulver nahezu identisch ist. So kommt es nicht zu einer Entmischung zwischen Futter und Arzneimittel und alle Tiere bekommen die gewünschte Wirkstoffmenge (Schallenberg, 2009b).

### **2.2.3.3 Breifütterung**

Bei der Breifütterung befinden sich direkt über dem Trog Tränkevorrichtungen, mit Hilfe derer sich die Tiere das eigentlich in trockener Form vorliegende Futter anfeuchten können (Hoy et al., 1995). Durch das Anfeuchten der Nahrung nehmen die Tiere zum einen direkt mit der Nahrung Wasser auf und zum anderen erfolgt die Nahrungsaufnahme schneller, so dass pro Futterplatz mehr Tiere versorgt werden können (Hesse, 2001). Für die Breifütterung müssen die gleichen Aspekte im Hinblick auf die orale Medikation beachtet werden, wie bei der Trockenfütterung.

### **2.2.3.4 Flüssigfütterung**

Bei der Flüssigfütterung werden trockene und feuchte Futterkomponenten mit Hilfe von Wasser oder flüssigen Futtermitteln, wie Molke, Schlempe oder Magermilch zu einer Futtersuppe vermischt und anhand von Rohrleitungen zu den Buchten transportiert (Sommer und Zähres, 1987). Die Flüssigfütterung ist eine der häufigsten Fütterungsmethoden in der Schweinehaltung mit steigender Tendenz (Tabelle 13). Lediglich in der Schweinemast ist ein Abfall der Häufigkeit der Flüssigfütterung zu erwarten. Dies liegt vermutlich an den schlechten Erfahrungen der Schweinemastbe-

treiber mit den Anlagen aus den achtziger Jahren des letzten Jahrhunderts, die trotz hoher Investitionskosten sehr störanfällig waren, und bei denen ein ausreichender Hygienestatus nicht aufrechtzuerhalten war (Aumann, 2006).

Tabelle 13: Verbreitung von Fütterungsverfahren in der Schweinehaltung (Aumann, 2006)

	Flüssigfütterungsverfahren		Trockenfütterungsverfahren		andere Verfahren	
	Ist - Situation	zukünft. Situation	Ist - Situation	zukünft. Situation	Ist - Situation	zukünft. Situation
Ferkelaufzucht	6,93%	21,8%	81,2%	74,3%	11,9%	3,9%
Mastschweine	59,5%	48,4%	38,1%	47,6%	2,4%	4,0%
Sauen im Wartebereich	11,8%	16,5%	63,5%	72,9%	24,7%	10,6%
Sauen im Abferkelbereich	13,0%	21,7%	58,0%	78,3%	29,0%	0,0%

Es wird zwischen der Standardfütterung, bei der der Futterbrei nach der Fütterung in der Leitung verbleibt, und der Restlosfütterung unterschieden. Hier werden die Rohre nach der Fütterung mit Wasser durchgespült, welches dann in der Leitung verbleibt. Zudem kann zwischen der Futtevorlage zu bestimmten Zeiten und der Sensorfütterung, bei der der Füllungsstand der Tröge in bestimmten Abständen kontrolliert und bei Unterschreitung eines definierten Füllungsgrades neues Futter automatisch nachgelegt wird, differenziert werden. So kann die Fütterung genau an das Fressverhalten der Tiere angepasst und bessere Zunahmen erzielt werden (Aumann, 2006; Hoppenbrock, 1998).

Die Vorteile der Flüssigfütterung liegen in der Möglichkeit, Nebenprodukte der Lebensmittelindustrie, wie z. B. Molke oder siliertes Feuchtgetreide, zu verwenden. Die Futterzusammensetzung kann sehr flexibel an den Bedarf der Tiere angepasst werden. Eine Erweiterung der Anlage ist einfach und preisgünstig. Auch die Automatisierung der Anlage kann hier besser vorgenommen werden (Schaerer, 2005; Aumann, 2006; Luft, 2008).

Die Nachteile dieser Fütterungstechnik sind, wie bereits oben erwähnt, die Störanfälligkeit des Systems sowie die Hygiene. Eine erfolgreiche Verwendung der Flüssigfüt-

terung ist lediglich möglich, wenn geeignete Technik verwendet wird, eine ständige Überwachung des Systems erfolgt und die Hygieneanforderungen eingehalten werden (Valaer, 1998; Aumann, 2006).

Zu den Bauteilen einer Standardflüssigfütterungsanlage gehören ein Wiegemischbehälter mit Rührwerk, eine Pumpe, Rohrleitungen mit Futterventilen, die in den Trog münden sowie die Steuerelektronik (Luft, 2008). Wichtig ist, dass die Teile zum einen zusammenpassen und zum anderen für den vorgesehenen Zweck richtig dimensioniert sind. Ist das Rührwerk und/oder die Pumpe zu schwach für das Leitungssystem, führt dies zu einer ungenügenden Durchmischung der Futterkomponenten. Durch den zu langsamen Futtertransport findet eine zusätzliche Entmischung statt und eine Vermehrung der Mikroorganismen wird gefördert. Daher sollte eine Fließgeschwindigkeit von 0,65 m/s nicht unterschritten werden (Aumann, 2006). Zu lange Futterleitungen bringen die gleichen Folgen mit sich (Valaer, 1998). Eine negative Beeinflussung der Futtersuppe kann auch durch die falsche Auswahl der Pumpe erfolgen. Soll Roggen, der besonders lösliche Proteine enthält, erntefrisch oder in einem Anteil von über 30 % der Futtersuppe zugegeben werden, ist beispielsweise zu beachten, dass es bei der Verwendung einer Kreiselpumpe zu massiver Schaumbildung kommen kann, die den Weitertransport des Futters sowie die Dosiergenauigkeit behindern. Abhilfe lässt sich hier durch Modifikation der Pumpeneigenschaften schaffen, wie eine Senkung der Rührgeschwindigkeit, Änderung der Anbringungshöhe oder der Flügelform. Auch die Änderung des Wasserzulaufs, um Verwirbelungen zu vermeiden oder die Zugabe von Öl zur Reduktion der Oberflächenspannung tragen zu einer verminderten Schaumbildung bei. Um die Schaumbildung weitestgehend auszuschließen, sollte jedoch auf eine Schneckenverdrängerpumpe zurückgegriffen werden, die zudem ein konstantes Fördervolumen und eine hinreichend homogene Verteilung des Futters gewährleistet (Renfert-Deitermann, 2002; ISN, 2003). Die Futtertröge sollen so konzipiert sein, dass ein Herausfallen des Futters und der evtl. zugegebenen Arzneimittel weitgehend verhindert wird. So wird die Verschleppung der Arzneimittel in die Gülle minimiert. Als Material eignen sich v. a. Edelstahl und Polymerbeton. Diese haben sich als wesentlich hygienischer erwiesen als beispielsweise Tontröge (Clar und Bokelmann, 2006).

Bei der Flüssigfütterung ist nicht der Energiegehalt sondern das Futtervolumen der limitierende Faktor der Futteraufnahmemenge. Man geht von einem Fassungs-

vermögen des Magens von 6 l bei Tieren mit einem Gewicht von ca. 35 kg aus. Tiere in der Mastmitte können ca. 10 l und gegen Ende der Mast ca. 13 l Flüssigfutter aufnehmen. Um eine ausreichende Nährstoffkonzentration zu erreichen, sollte der Energiegehalt bei mind. 2,9 MJ ME/l Futter liegen (Schmittgen et al., 1989). Um eine optimale Versorgung der Tiere zu gewährleisten, ist auf eine möglichst genaue quantitative und qualitative Dosiergenauigkeit zu achten.

Bei der quantitativen Dosiergenauigkeit wird die ausdosierte Futtermenge mit dem eingestellten Sollwert verglichen (Beck, 1989). Bei der Trockenfütterung kann eine vorübergehende Unter- oder Überdosierung ausgeglichen werden, wenn die insgesamt aufgenommene Nährstoffmenge dem angestrebten Versorgungsniveau entspricht. Schwankungen von bis zu 25 % haben keinen negativen Einfluss auf die Mastleistung. Im Gegensatz dazu kann bei der Flüssigfütterung ein derartiger Ausgleich nicht erfolgen, da die Limitierung durch das Fassungsvermögen des Magens erfolgt. Eine Unterversorgung kann nicht ausgeglichen werden (Boxberger, 1981). Aus diesem Grund ist eine Abweichung des angestrebten Nährstoffgehaltes von über 5 % nicht zulässig (Boxberger, 1987). Laut Boxberger et al. (1983) gewährleisten Anlagen mit induktiver Durchflussmessung und einer Literanzeige die beste quantitative Dosiergenauigkeit, wohingegen eine Dosierung über die Zeit die schlechtesten Ergebnisse bringt.

Die Prüfung der qualitativen Dosiergenauigkeit gibt Aufschlüsse über die Zusammensetzung des Futters. Hierbei wird die Konzentration der ausdosierten Nährwertgehalte mit den Gehalten der Ausgangsmasse im Wiegemischer verglichen. Der Gehalt der kleineren Komponenten darf nicht über 5 % vom Sollwert abweichen (Luft, 2008). Meist werden die Anforderungen an die Dosiergenauigkeit eingehalten, wobei allerdings nicht so exakte Werte wie bei der Trockenfütterung erreicht werden (Drochner et al., 1984). Ursachen für eine schlechte Dosiergenauigkeit können zum einen wie bereits erwähnt in der Technik wie einem nicht ausreichenden Rührwerk oder zu langen Standzeiten und Förderwegen liegen. Zum anderen kann dies aber auch durch eine mangelhafte Futterrezeptur verursacht werden (Luft, 2008). Es sollte darauf geachtet werden, dass das spezifische Gewicht sowie die Teilchengröße und das Quellvermögen der einzelnen Komponenten ähnlich ist (Drochner et al., 1984). Gleiches gilt für Arzneimittel, die dem Futter zugegeben werden sollen. Um die Futtermischung zu stabilisieren, kann der Trockenmassegehalt des Futters er-

hört werden, wobei beachtet werden muss, dass ab einem Trockenmassegehalt von über 28 % die Pump- und Fließfähigkeit des Futters negativ beeinträchtigt werden. Ein Trockenmassegehalt von 22 % sollte allerdings nicht unterschritten werden, da die Tiere sonst nicht ausreichend Nährstoffe aufnehmen können (Coenen, 1998).

Ein sehr großes Problem bei der Flüssigfütterung stellt die Hygiene der Anlage dar. Vor allem in Ferkelaufzuchtbetrieben, wo das Futter möglichst warm vorgelegt werden sollte, muss auf einen hohen Hygienestatus geachtet werden (Aumann, 2007), da ansonsten intestinale Dysfunktionen mit Diarrhoe, Tympanie, Herzkreislaufstörungen bis hin zu Todesfällen auftreten können (Drochner, 1990; Wiesner, 1991). Der mikrobiologische Status des Flüssigfutters ist von der Keimbelastung des Ausgangsfutters, den Standzeiten nach dem Anmischen des Futters, den Anlageeigenschaften, wie der Fließgeschwindigkeit, dem pH-Wert und dem Reinigungsregime des Betriebes, abhängig.

Die wichtigsten Bewertungskriterien für den mikrobiellen Status des Futters sind die aerobe mesophile Koloniezahl, der Gehalt an Enterobacteriaceae, Hefen, Schimmelpilzen und Laktobazillen.

Bei der aeroben mesophilen Koloniezahl werden alle Bakterien erfasst, die aerob bei 30 °C auf definierten Nährböden Kolonien bilden. Ab einem Keimgehalt von  $10^5$  KBE/ml Futter ist es wahrscheinlich, dass innerhalb von 24 Stunden eine deutliche Abnahme leicht verwertbarer Substrate wie Kohlenhydrate und freie Aminosäuren durch die Mikroorganismen erfolgt. Diese stehen den Schweinen somit nicht mehr zur Verfügung. Die Futterqualität kann zudem durch die Stoffwechselprodukte der Mikroorganismen negativ beeinträchtigt werden.

Enterobacteriaceae sind nicht nur Bewohner des Gastrointestinaltraktes sondern zum Teil auch Bodenbewohner und werden meist mit an Getreidekörner haftenden Bodenpartikeln in das Futter eingetragen. Sie können sich erst ab einem pH-Wert über 5 vermehren, was allerdings bei Fertigfuttermitteln häufiger ein Problem darstellt. Diese weisen nach dem Anmischen oft einen pH-Wert von 6 - 8 auf. Es ist daher ratsam, entweder Säuren zuzugeben oder saure Flüssigkomponenten zum Anmischen des Futters zu verwenden. Im Falle einer Vermehrung können die Enterobacteriaceae zu ausgeprägtem Verderb und einer reduzierten Futteraufnahme führen.

Hefen befinden sich v. a. in Nebenprodukten und in silierten Komponenten wie dem Corn-Cob-Mix. Ab einem Hefepilzgehalt von  $10^5$  -  $10^7$  KBE/g Futter kann es zum einen zur Gasbildung im Futter kommen, was zu Dosierungenauigkeiten und einer verringerten Futteraufnahme führt (Nagel, 2005). Zum anderen kann dies Änderungen der autochthonen Mikroflora der Tiere mit Motilitätsstörungen und Tympanien zur Folge haben (Coenen, 1998). Das Hefepilzwachstum kann durch den Einsatz von organischen Säuren nur kurzfristig unterbunden werden, da die Pilze bei längerer Anwendung eine Säuretoleranz ausbilden können (Nagel, 2005; Schaerer, 2005).

Die Milchsäurebakterien stellen mit über 90 % den größten Teil der Flüssigfutterflora dar. Sie bilden bei der Fermentation von Kohlenhydraten Milchsäure, die zunächst als positiv zu bewerten ist, da sie den pH-Wert absenkt und somit das Wachstum vieler anderer Mikroorganismen, wie der Enterobacteriaceae, hemmt. Zudem verbessert es die Schmackhaftigkeit und Verdaulichkeit des Futters (Schaerer, 2005). Daher werden Laktobazillen auch häufig dem Futter zugesetzt, v. a. nach Reinigung der Anlagen mit Ätznatron, da diese die massive Vermehrung von z. B. Hefen verhindern (Aumann, 2007). Sind allerdings die Kohlenhydrate, die von den Milchsäurebakterien verstoffwechselt werden können, aufgebraucht, verwerten sie freie Aminosäure unter Bildung endogener Amine (Halász et al., 1994). Diese sind teilweise übelriechend. Einige, wie Histamin und Tyramin, weisen eine pharmakologische Wirkung auf das Herzkreislaufsystem auf, was zu Appetitlosigkeit, Unruhe und gar zum Tod führen kann (Ahrens, 2003).

Wie bereits erwähnt, ist eine tägliche Zugabe von Konservierungssäuren nicht ausreichend, um einen angemessenen Hygienestatus der Fütterungsanlage zu erreichen. Dieser Aspekt ist in Abbildung 3 dargestellt. Es empfiehlt sich daher, zusätzlich zu der täglichen Zugabe der Konservierungssäuren und der Reinigung der Futterstände, alle 3 - 4 Tage die Entstauber zu demontieren und zu reinigen. Zudem sollte wöchentlich Wasserstoffperoxid über Nacht in den Anmischbehälter und die Leitungen gegeben werden und alle 2 Monate das System mit Natronlauge und einprozentiger Desinfektionslösung gespült werden, um den mikrobiologischen Toleranzwert nicht zu überschreiten.

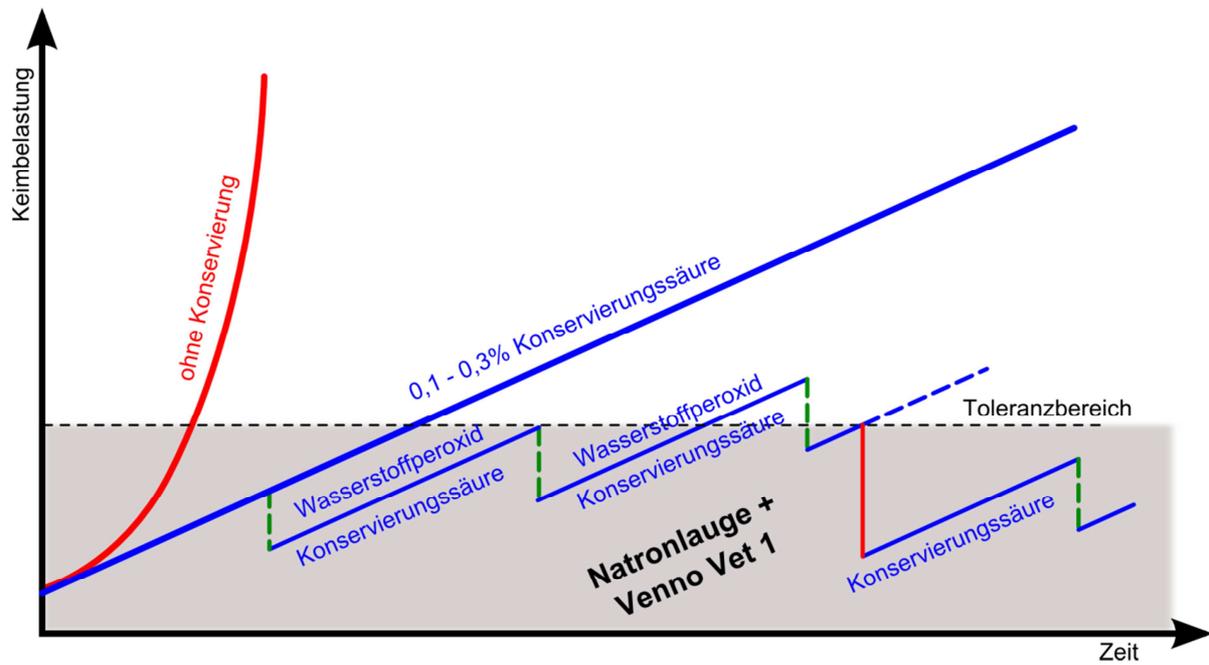


Abbildung 3: Keimentwicklung in der Futtersuppe (Schaerer, 2005)

In Tabelle 14 werden die Probleme, die sich bei der Arzneimittelverabreichung über das Futter mit Flüssigfütterungsanlagen ergeben, zusammengefasst.

Tabelle 14: Besondere Probleme beim Arzneimitteleinsatz über das Futter in Schweinebeständen mit Flüssigfütterungsanlagen (Kamphues, 1996)

1. zusätzliche Wasserversorgung, Selbsttränken
  - evtl. keine Alternative zur Applikation über Futter
  - Kopplung von Futter- und Wasseraufnahme
2. ein einziger Anmischbehälter für verschiedene Alters- und Leistungsgruppen
  - Kontamination folgender Chargen
  - Standzeiten im Anmischbehälter
3. gemeinsame Strecken im Transportsystem zu den Trögen verschiedener Tiergruppen
  - restlose Leerung/Reinigung
  - Verbleib der Spülcharge
  - Säuregebrauch bei Reinigung
4. Verwendung besonderer Komponenten als Träger/Medium des Fließfutters
  - Molke (propionsäure-, formaldehydkonserviert?)
  - Corn Cob Mix (Hauptkomponente = pH 4, Milchsäure)
  - Wasser als Träger (75 % der fertigen Mischungen, Wasserqualität?)
5. Trockenmischfutter mit wasserunlöslichen Arzneimitteln?
  - bei Wasserzusatz: Suspendierung? Entmischung (Sedation unlöslicher Substanzen?)
  - unterschiedliches Fließverhalten (Gefahr der Entmischung steigt mit zunehmender Transportstrecke)
6. Intensivierung nachteiliger Geschmacksqualitäten der Arzneimittel, mögliche Kaschierung?
  - Löslichkeit der Arzneimittel (Vorteil und Nachteil zugleich)
  - Futteraufnahme; hierdurch sekundäre Effekte für Arzneimitteldosis, die im Tier ankommt

## 2.3 Einflusskriterien der Medikamenteneigenschaften auf die orale Medikation

### 2.3.1 Medikamenteneigenschaften

Die genauen Kenntnisse der Medikamenteneigenschaften sind essentiell für den Behandlungserfolg. Man unterscheidet grundsätzlich zwischen der Pharmakokinetik und der Pharmakodynamik (Abbildung 4).

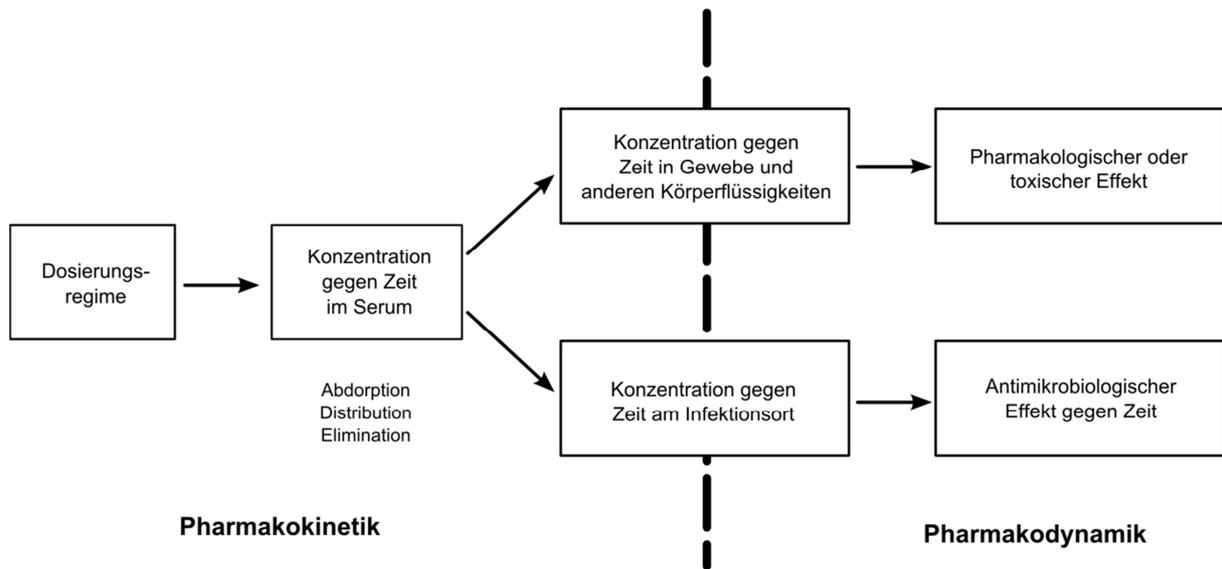


Abbildung 4: Überblick über die Pharmakokinetik und Pharmakodynamik bei antimikrobiell wirkenden Chemotherapeutika (Craig, 1998)

Die Pharmakokinetik behandelt die Absorption und somit die Bioverfügbarkeit, die Verteilung und die Elimination des Wirkstoffes, die v. a. renal und hepatisch erfolgt. Sie bestimmt die Dauer und die Höhe des Wirkstoffspiegels in Serum und Geweben (Eichelbaum und Schwab, 2009; Craig, 1995).

Eine gute orale Bioverfügbarkeit ist die Voraussetzung, um den Wirkstoff bei der oralen Medikation erfolgreich einsetzen zu können. Als Maß für die Bioverfügbarkeit wird der Area under the curve (AUC)-Wert verwendet (Abbildung 5). Es werden die absolute und die relative Bioverfügbarkeit unterschieden. Bei der absoluten Bioverfügbarkeit wird die orale Bioverfügbarkeit des Wirkstoffes mit der Verfügbarkeit nach der intravenösen Gabe zueinander in Bezug gesetzt. Die intravenöse Verfügbarkeit des Wirkstoffes entspricht dabei immer 100 %. Bei der relativen Bioverfügbarkeit werden zwei verschiedene orale Formulierungen verglichen.

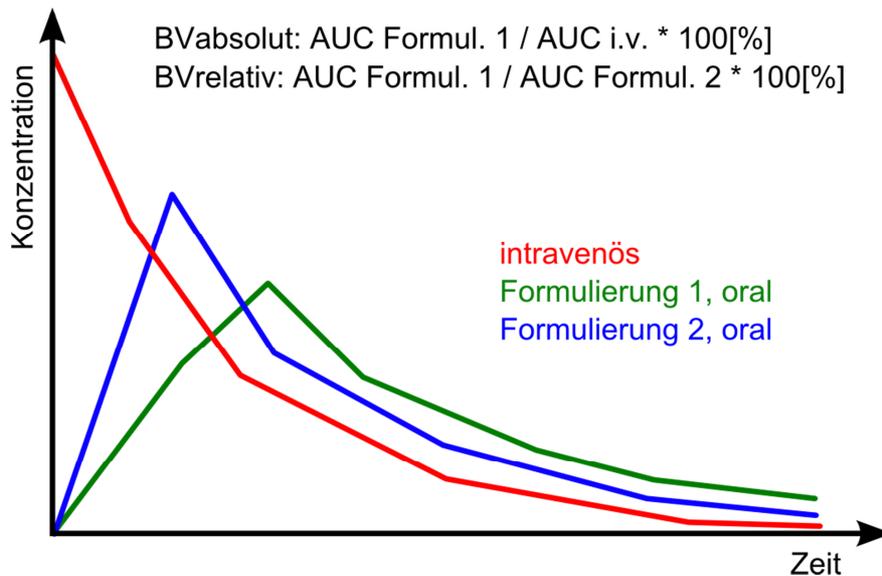


Abbildung 5: Berechnung der absoluten und relativen Bioverfügbarkeit (BV) aus der Fläche unter der Plasmakonzentrationskurve (AUC) (Kietzmann und Bäumer, 2009)

Bestimmend für die orale Bioverfügbarkeit sind die Wirkstofffreisetzung aus der entsprechenden Formulierung, da nur gelöste Stoffe resorbiert werden können, sowie die Säurestabilität, damit es nicht zu einer Inaktivierung im Magen durch die Magensäure kommt. Auf Grund mangelnder Säurestabilität eignet sich Benzylpenicillin beispielsweise nicht zur oralen Medikation (Kietzmann und Bäumer, 2009).

Neben der oralen Bioverfügbarkeit ist auch das Erreichen wirksamer Wirkstoffkonzentrationen in einem angemessenen Zeitraum von Bedeutung. Dieser Zusammenhang wird durch die Bioäquivalenz ausgedrückt, bei der die relative Bioverfügbarkeit auf Grundlage des AUC-Wertes unter Berücksichtigung der maximal erreichten Plasmakonzentration sowie dem Zeitpunkt dieser Maximalkonzentration dargestellt wird. Auf Grund der vielen verschiedenen Einflussfaktoren auf die Bioverfügbarkeit (Tabelle 15) ist eine Vorhersage der selbigen gerade bei größeren Tiergruppen kaum möglich (Kietzmann und Bäumer, 2009).

Tabelle 15: Einflussfaktoren auf die Bioverfügbarkeit von mit dem Futter verabreichten Wirkstoffe (Kietzmann und Bäumer, 2009)

- Veränderung des Magen-pH
- Verzögerung der Magenentleerung
- Veränderung der Durchblutung im Magen-Darm-Trakt
- Erhöhung der Viskosität der Gastrointestinalflüssigkeit
- Steigerung der Gallensekretion
- Adsorption des Wirkstoffs an Nahrungsbestandteile
- Komplexbildung (z. B. mit Calcium)
- verminderter First-pass-Effekt
- Beeinflussung der Biotransformation
- Veränderung des Urin-pH und der renalen Elimination
- Homogenität und Stabilität des Wirkstoffes im Futter
- Geschmacksbeeinflussung (Palatabilität)

Dies gilt v. a. für Wirkstoffe, die bereits eine eher schlechte orale Bioverfügbarkeit bei Gabe über das Futter aufweisen, wie dies etwa bei Tetrazyklinen oder Aminopenicillinen der Fall ist (Kietzmann und Bäumer, 2009). Wanner et al. (1990) zeigten zum Beispiel, dass bei Zugabe von Zitronensäure die orale Bioverfügbarkeit von Oxytetracyclin ansteigt. Gleiches gilt auch für Chlortetracyclin. Des Weiteren kann hier eine verbesserte Resorptionsrate von Chlortetracyclin verzeichnet werden, wenn statt Trockenfutter Feuchtfutter zur Verabreichung des Medikamentes verwendet wird (Wanner et al., 1991; Küng et al., 1994). Dies hat bei Amoxicillin keinerlei Einfluss auf die orale Bioverfügbarkeit. Hier ist allerdings die orale Bioverfügbarkeit in Verbindung mit Futter so schlecht, dass von einer oralen Medikation über das Futter abgeraten wird, bzw. die Futtermenge auf ein Minimum reduziert werden sollte (Morthorst, 2002; Broll et al., 2004). Wildfeuer et al. (1996) verglichen in einer Studie ebenfalls die Stabilität von  $\beta$ -Laktamen, genauer die von Sulbactam, Clavulansäure, Ampicillin und Amoxicillin. Sulbactam zeige sich bei einer Temperatur von 37 °C am stabilsten, während Aminopenicilline bereits nach 24 Stunden bei Raumtemperatur vollständig zerfallen sind. Es stellte sich zudem heraus, dass Clavulansäure und fünfprozentige

Glukoselösung nicht kompatibel sind. Auch die anderen untersuchten Substanzen zeigten eine deutlich verringerte Stabilität in zuckerhaltigen Lösungen. Dieser Aspekt ist v. a. dann zu beachten, wenn dem Futter zur Verbesserung des Geschmacks zuckerhaltige Substanzen zugefügt werden. Zudem kommt es bei den  $\beta$ -Laktamen zu einer Interaktion mit Futterbestandteilen, genauer mit bestimmten Dipeptiden, hinsichtlich des Resorptionsmechanismus (Bleyl, 2004).

Bei der Gabe des Arzneimittels über das Tränkwasser sind v. a. die Molekularstruktur und die Löslichkeit des Wirkstoffes zu beachten. Als Beispiele für die Bedeutung der Molekularstruktur sind Ampicillin-Trihydrat, welches schwer löslich ist, wasserfreies Ampicillin mit einer geringen Löslichkeit und Ampicillin-Natrium, welches hingegen leicht löslich ist, zu nennen (Kietzmann, 2000).

Die Löslichkeit eines Wirkstoffes ist nicht nur von den Eigenschaften des Wirkstoffes, sondern auch von den Eigenschaften des Lösungsmittels, also des Wassers, abhängig (List, 1982). Die pharmazeutische Prüfung zur Arzneimittelzulassung erfolgt mit Wasser, welches die Anforderungen des deutschen Arzneibuches erfüllt und durch geeignete Verfahren aus Trinkwasser gewonnen wird. Wie in Kapitel 2.1.2 bereits erläutert, weicht die Wasserqualität in der Praxis und somit die Löslichkeit des Wirkstoffes allerdings meist erheblich hiervon ab. Sulfonamide sind allgemein schwer bis unlöslich. In alkalischem Lösungsmittel ist die Löslichkeit jedoch besser (Kietzmann, 2000). Gleiches gilt für basisches Chloramphenicol-Pulver, welches in saurem Wasser schlecht löslich ist (Geller, 1986). Diese Beispiele verdeutlichen die Bedeutung des pH-Wertes auf die Löslichkeit der Wirkstoffe. Auch die Wasserhärte beeinflusst die Löslichkeit der Wirkstoffe. Beispielsweise ist die Löslichkeit von Tetracyclinen in hartem Wasser eingeschränkt, da diese mit Calcium Komplexe bilden und somit ausfallen. Des Weiteren weisen einige Stoffe keine UV-Stabilität auf, weshalb auf geschlossene, lichtundurchlässige Behältnisse und Rohre geachtet werden sollte (Kietzmann, 2000).

Ebenfalls von Bedeutung ist das Verteilungsvolumen des Wirkstoffes, um entscheiden zu können, welches Antibiotikum sich für die jeweilige Indikation eignet bzw. eine ausreichend hohe Wirkstoffkonzentration am Infektionsort erreichen kann. Wirkstoffe mit einem niedrigen scheinbaren Verteilungsvolumen ( $V_D < 0,25$  l/kg) wirken auf Grund der schlechten Organ- und Gewebegängigkeit v. a. extrazellulär und eignen sich somit zur Therapie von akuten, septikämisch verlaufenden Erkrankungen. Bei

einem mittleren scheinbaren Verteilungsvolumen ( $V_D \leq 0,6$  l/kg) entspricht die Konzentration im Gewebe in etwa der des Blutes. Wirkstoffe, die ein hohes scheinbares Verteilungsvolumen ( $V_D > 0,6$  l/kg) aufweisen, sind hingegen sehr gut gewebe- und organgängig und können so z. B. bei Erkrankungen des Respirationstraktes oder Weichteilgeweben erfolgreich angewendet werden. Da das Verteilungsvolumen eine Wirkstoffeigenschaft ist, sind nur sehr geringe tierartspezifische Unterschiede festzustellen (Bundestierärztekammer und Arbeitsgemeinschaft der leitenden Veterinärbeamten, 2010).

Die Pharmakodynamik beinhaltet das Wirkspektrum, den Wirkmechanismus und die Dosis-Wirkungsbeziehung eines Arzneimittels. Die Kenntnis über diese Eigenschaften ist essentiell, um das geeignete Antibiotikum gemäß den „Leitlinien für den sorgfältigen Umgang mit antibakteriell wirksamen Tierarzneimitteln“ auszuwählen.

Das Wirkspektrum gibt an, welche Mikroorganismen von dem entsprechenden Wirkstoff im Wachstum gehemmt, bzw. abgetötet werden. Ein Breitspektrumantibiotikum zeichnet sich dadurch aus, dass es sowohl gegen gram<sup>+</sup>- als auch gegen gram<sup>-</sup>-Bakterien Wirkung zeigt. Wenn möglich, sollte dem Antibiotikum mit einem engen Wirkspektrum der Vorzug gegeben werden, da dieses die physiologische Bakterienflora weniger belastet und einen niedrigeren Selektionsdruck auf Kommensalen ausübt (Kroker, 2010).

Bei den antibakteriellen Wirkmechanismen unterscheidet man zwischen dem bakteriostatischen und dem bakteriziden Mechanismus. Während bakteriostatisch wirkende Antibiotika lediglich das Wachstum der Mikroorganismen hemmen und die endgültige Elimination durch die körpereigene Immunabwehr erfolgt, töten bakterizide Wirkstoffe diese direkt ab. Daher sollten bei immunsupprimierten Patienten bakterizid wirkende Antibiotika verwendet werden.

Von essentieller Bedeutung zur Erstellung eines Therapieplans ist das Wissen über die Dosis-Wirkungsbeziehung, also den Verlauf der Arzneimittelaktivität (Ebert und Craig, 1990). Der wichtigste Parameter ist hier die minimale Hemmstoffkonzentration (MHC) bzw. die minimale bakterizide Konzentration (MBC) (Craig, 1995). Die MHC ist als die geringste Wirkstoffkonzentration in vitro definiert, die ein weiteres Wachstum der Mikroorganismen verhindert (Rodloff et al., 2008). Diese Konzentration muss auf jeden Fall erreicht bzw. überschritten werden, um den Wirkstoff erfolgreich ein-

setzen zu können. Man unterscheidet dabei zwischen dem konzentrationsabhängigen und dem zeitabhängigen Wirkmuster.

Bei dem konzentrationsabhängigen Wirkmuster ist die antibakterielle Wirkung umso höher, je höher die erreichte Konzentration im Blut bzw. in den Geweben ist. Dies gilt für Fluorochinolone und Aminoglykoside (Craig, 1995). Empfohlen wird für diese Antibiotika eine Überschreitung der MHC um das Zwei- bis Vierfache (Ambrose et al., 2000).

Vancomycin,  $\beta$ -Laktame, Makrolide und Clindamycin wirken hingegen zeitabhängig. Es muss über einen längeren Zeitraum eine Wirkstoffkonzentration nahe der MHC im Blut oder Gewebe erreicht werden. Eine Dosiserhöhung verbessert die Wirkung des Antibiotikums nicht (Craig, 1995).

Des Weiteren wird in vielen Fällen auch ein postantibiotischer Effekt (PAE) beschrieben. Oft kann über einen gewissen Zeitraum nach der Wirkstoffexposition trotz Unterschreiten des MHC eine Hemmung des bakteriellen Wachstums beobachtet werden. Alle Chemotherapeutika verursachen einen PAE in vitro bei empfänglichen gram<sup>+</sup>-Kokken, wobei Inhibitoren der Protein- und Nukleinsäuresynthese längere PAEs bewirken als Antibiotika, deren Angriffspunkt die Zellwand darstellt. Bei gram<sup>-</sup>-Bakterien zeigt sich nach der Exposition mit Inhibitoren der Protein- und Nukleinsäuresynthese ebenfalls ein verlängerter PAE.  $\beta$ -Laktame und Trimethoprim hingegen verursachen keine bzw. nur äußerst kurze PAEs. Auch bei anaeroben gram<sup>-</sup>-Bakterien variiert der PAE nach Exposition mit verschiedenen Antibiotika stark. In vivo zeigten sich die PAEs meist noch ausgeprägter. Der Mechanismus des PAE ist noch nicht bekannt. Das Wissen um den PAE ist allerdings von klinischer Relevanz, da so das Dosisintervall wesentlich besser gewählt werden und ggf. die Arzneimitteldosis reduziert werden kann. Roosendaal et al. (1989) zeigten z. B. an Versuchen mit Ratten, dass die Dosis von Cefazidime, die benötigt wurde um 50 % der Versuchstiere mit durch Klebsiellen verursachten Pneumonien vor dem Tod zu bewahren, bei einer kontinuierlichen Infusion sechzehn Mal geringer war als bei einer Wirkstoffgabe alle sechs Stunden. Die Zeitdauer, bei der der MHC überschritten wird ist bei den  $\beta$ -Laktamen also der entscheidende pharmakokinetische Faktor zur Behandlung gram<sup>-</sup>-Bakterien und Pneumokokken. Im Gegensatz dazu zeigen Aminoglykoside und Fluorochinolone bei der Therapie gram<sup>-</sup>-Bakterien eher wenig Abhängigkeit von dem Dosisintervall (Roosendaal et al., 1989; Vogelmann et al., 1988; Leg-

gett et al., 1989). Eine einmal tägliche Verabreichung von Aminoglykosiden erzielt ähnliche Therapieerfolge wie ein geringer gewähltes Dosisintervall. Zudem können so auch die Nebeneffekte, wie die Nephro- und Ototoxizität verringert werden (Kapusnik et al., 1988). Man kann sich den PAE somit durchaus bei der Wahl des Behandlungsintervalls zunutze machen.

### **2.3.2 Darreichungsform**

Erhebungen auf landwirtschaftlichen Betrieben in Baden-Württemberg ergaben, dass ein Drittel der Landwirte die oral anzuwendenden Fertigarzneimittel per Hand, z. B. über den Futterwagen, den Breiautomaten oder direkt in den Trog bzw. über hofeigene Mischer, dem Futter zudosieren. Vier Prozent verwenden einen Betonmischer. Neunzehn Prozent der Tierhalter verwenden ein Dosiergerät für die orale Medikation und sechs Prozent nutzen das Angebot von fahrbaren Mahl- und Mischanlagen. Die verbleibenden fünf Prozent nutzen mehrere Einmischverfahren (Hogreve und Löhle, 2008). Ziel der 11. AMG-Novelle war es, die hofeigene Mischung von Arzneimittelvormischungen zu vermeiden, eine exakte Dosierung zu gewährleisten und das Risiko von Verschleppung und Rückstandsbildung zu minimieren. Die Verwendung von oral anzuwendenden Fertigarzneimitteln ist nach der Novelle zwar immer noch möglich, falls diese die Zulassung für die orale Darreichungsform aufweisen und keine Arzneimittelvormischung sind, allerdings ist der Einsatz von oralen Pulvern eher für die Behandlung von Einzeltieren oder kleineren Tiergruppen und nicht kompletter Bestände vorgesehen. Das Problem ist hier allerdings, dass bisher keine Definition der Begriffe großer und kleiner Tiergruppen vorgenommen wurde (Bleyl und Klemann, 2007).

Im weiteren Verlauf soll auf die Dosiergeräte sowie die fahrbaren Mahl- und Mischanlagen eingegangen werden.

Ein Dosierer ist als ein Gerät, das Stoffe oder Zubereitungen nach Menge und zeitlicher Verteilung entsprechend der Vorgabe einem Medium, also dem Futtermittel, zugibt, definiert (Bleyl und Klemann, 2007). Die meisten der heute auf dem Markt erhältlichen Dosierer wurden ursprünglich für das Zudosieren von Vitaminen, Mineral- und Zusatzstoffen hergestellt, die in sehr hohen Konzentrationen dem Futter zugesetzt werden, und bei denen eine exakte Dosiergenauigkeit keine allzu große Bedeutung hat. Des Weiteren gilt das Medizinproduktegesetz nicht für Produkte, die in

der Veterinärmedizin eingesetzt werden, so dass hier keine Anforderungen an die Geräte gestellt werden (Bleyl und Klemann, 2009). Diese Umstände führten bei dem Einsatz von oral anzuwendenden Fertigarzneimitteln zu großen Problemen wie Unterdosierung, Verschleppung und Rückstandsproblematik. In der Studie von Bleyl und Klemann (2007) wurden drei Dosiergeräte der Firmen Fa. Big Dutchman, Fa. Mannebeck Landtechnik und der Fa. Lührs auf Wirkstoffkonzentration und Homogenität in den Futterproben untersucht. Die Homogenität der Wirkstoffverteilung wird an Hand des Abschnittes 2.9.6 des Europäischen Arzneibuches bewertet, der besagt, dass eine Charge den Homogenitätsanforderungen entspricht, wenn die Einzelwerte von 10 Proben innerhalb von 90 und 110 % des Durchschnittsgehaltes liegen. Zudem müssen sich die Einzelergebnisse von mind. 8 Proben im Bereich zwischen 85 und 115 % des Durchschnittsgehaltes befinden und lediglich 2 der 10 Proben dürfen zwischen 75 und 125 % des Durchschnittsgehaltes liegen (Ph. Eur., 2011). Die Dosiergeräte der ersten beiden oben genannten Firmen wiesen erhebliche Unterdosierungen des Wirkstoffes von 79,1 % bis teilweise sogar 65,5 % des Sollwertes auf. Auch die Prüfung der Homogenität lieferte unbefriedigende Ergebnisse. Hier wurden Werte zwischen 55 und 147,8 % bzw. 53,1 und 152,7 % des Durchschnittsgehaltes nachgewiesen.

Das Dosiergerät der Fa. Lührs schnitt mit einem Mittelwert von 105,5 % des Sollwertes, sowie Homogenitätsschwankungen von 77 und 131,3 % bezogen auf Sulfadiazin am besten ab (Bleyl und Klemann, 2007). Dies lässt sich dadurch erklären, dass dieses Dosiergerät das einzige ist, das sowohl den Futtermitteldurchfluss misst und hier teilweise erheblichen Schwankungen kompensiert, als auch eine gewisse Durchmischung des zugefügten Arzneimittels mit dem Futtermittel durchführt (Bleyl und Klemann, 2009).

Generell zeigen die hohen Schwankungen des Wirkstoffgehaltes im Futter, dass die Kalibrierung der Dosiergeräte einer starken Verbesserung bedarf. Diese muss auf Grund der unterschiedlichen Fließeigenschaften für jedes Futter- und Arzneimittel separat und in regelmäßigen Abständen vorgenommen werden.

In weiteren Studien wurde der Wirkstoffgehalt und die Homogenität der Wirkstoffverteilung sowie der Einfluss der Matrixstruktur bei der Einmischung vor Ort und dem Zudosieren in Breifutter untersucht.

In zwei der untersuchten Betriebe wurde das Arzneimittel unter Verwendung eines Trommel- bzw. Vertikalmischers dem Futter zugegeben. Hier liegen die Wirkstoffgehalte exakt im Sollbereich und auch die Einzelwerte unterliegen nur sehr geringen Schwankungen. Dies bestätigt, dass eine gute Durchmischung essentiell für die Homogenität des Wirkstoffes im Futtermittel ist (Bleyl und Klemann, 2009).

Die Bedeutung der Matrixstruktur darf auf keinen Fall unterschätzt werden. In einem Betrieb wurde das pulverförmige Arzneimittel Pellets zugesetzt, was eine vollständige Entmischung des Pulvers vom Futtermittel zur Folge hatte. Auch bei der Krümel- fütterung, die anschließend in diesem Betrieb angewendet wurde, fand eine Entmischung des Arzneimittels von über 50 % statt. Daher sollte für die Medikation mit pulverförmigen Arzneimitteln ausschließlich mehlförmiges Futter mit einer Partikelgröße von nicht mehr als 150 µm verwendet werden. Hier findet eine Entmischung lediglich im Außenbereich der Rohrkettenanlagen statt, während die Hauptmasse fast unverändert zu den Trögen gelangt (Bleyl und Klemann, 2009).

In drei Betrieben erfolgte die Dosierung der Arzneimittel zu Breifutter. Während bei den ersten beiden Betrieben die Stammlösung mit Hilfe der Flüssigdosierer FUNKI MAT 045 bzw. WEDA dem Futter während des Transportes vom Anmischbehälter zu den Futtertrögen zugefügt wurde, erfolgte die Zudosierung im dritten Betrieb direkt in den zentralen Anmischbehälter der Fa. Big Dutchman, in dem die Futterkomponenten und die zugegebenen Wirkstoffe unter Wasserzugabe ca. eine Viertelstunde gemischt wurden. Zunächst fiel auf, dass die Dosierer zum Teil in einem schlechten Zustand waren. Sie standen ohne Abdeckung im Stall, die Innenwände dick verkrustet mit Wirkstoffresten, was auf die Verwendung übersättigter Lösungen schließen lässt. Es sollen nur Wirkstoffe zum Einsatz kommen, die gut wasserlöslich sind, und bei denen die Stammlösungen reproduzierbar sind. Des Weiteren stellten sich die Flüssigdosierer als ungeeignet für die Medikamentendosierung in der Breifütterung heraus, da die Befüllung der Tröge ca. eine Minute dauert, das Leerfressen ca. 15 Minuten. Da die Quetschventile der Dosiergeräte sich verzögert öffnen, verbleibt ein Teil der Stammlösung in der Leitung. Zudem ist weder eine Durchmischung während des Transportes noch eine Wirkstoffverteilung anhand von Diffusion im Trog möglich. So sind hier weder die Anforderungen an die Wirkstoffkonzentration noch an die Homogenität gegeben. Bei der Verwendung eines zentralen Mischbehälters ist zwar die Wirkstoffkonzentration ebenfalls nicht im gewünschten Bereich, allerdings werden

die Anforderungen an die Homogenität voll erfüllt. Ein Problem bei der Verwendung zentraler Anmischbehälter entsteht allerdings dadurch, dass diese auch zum Auffangen von Spülchargen verwendet werden, was eine Verdünnung des Futterbreies von bis zu 20 % nach sich zieht (Bleyl und Klemann, 2009).

Fazit dieser Studien ist, dass die Verwendung der derzeit auf dem Markt befindlichen Dosiergeräte nicht dem Stand der tierärztlichen Wissenschaft gemäß § 12 Abs. 2 TÄHAV entspricht, der besagt, dass der Tierarzt die Anwendung sowie den Erfolg der Therapie kontrollieren muss (TÄHAV, 2009).

Auch die Praxiserfahrung untermauert dieses Fazit. Die Untersuchungen von Schweinen im Schlachthof auf wandernde Wurmlarven, erkennbar an den sogenannten „milk spots“ in der Leber, ergaben bis 2006 einen durchschnittlich Befall der Tiere um 8 %. Seit 2006 steigt der Prozentsatz stetig an. Dies steht vermutlich mit der Umstellung der Entwurmung im Zusammenhang, die bis 2006 vorrangig mit dem von der in der Futtermühle ins Futter eingemischten Entwurmungspulver erfolgte, und nun über das Trinkwasser oder die Zudosierung der Antiparasitika ins Futter direkt vor Ort stattfindet. Hier ist die exakte Dosierung des Medikaments für jedes einzelne Tier nicht gewährleistet und es kommt zu Unterdosierungen (Sieverding, 2007).

Da der Großteil der auf dem Markt befindlichen Dosierer nicht dem Stand der Wissenschaft nach § 12 a Abs. 1 Satz 2 TÄHAV entsprechen, ist im Auftrag vom Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz die DIN-Norm 10529 für „Dosiersysteme für die orale Verabreichung von pulverförmigen oder flüssigen Fertigarzneimitteln bei Nutztieren“ erarbeitet worden. Diese Norm richtet sich an Hersteller von Dosiersystemen und soll eine sichere Medikamentendosierung gewährleisten.

Der erste Teil der DIN 10529 legt die Anforderungen für Dosiersysteme für pulverförmige Fertigarzneimittel zur Verabreichung über mehlartiges Futter fest. Es muss eine exakte Dosierung und ein homogenes Einmischen gemäß dem europäischen Arzneimittelbuch sichergestellt sein. Der Dosierer muss die in Abbildung 6 dargestellten Gerätekomponenten enthalten, dem Stand der Technik entsprechen und für Trockenfütterungsanlagen entwickelt worden sein.

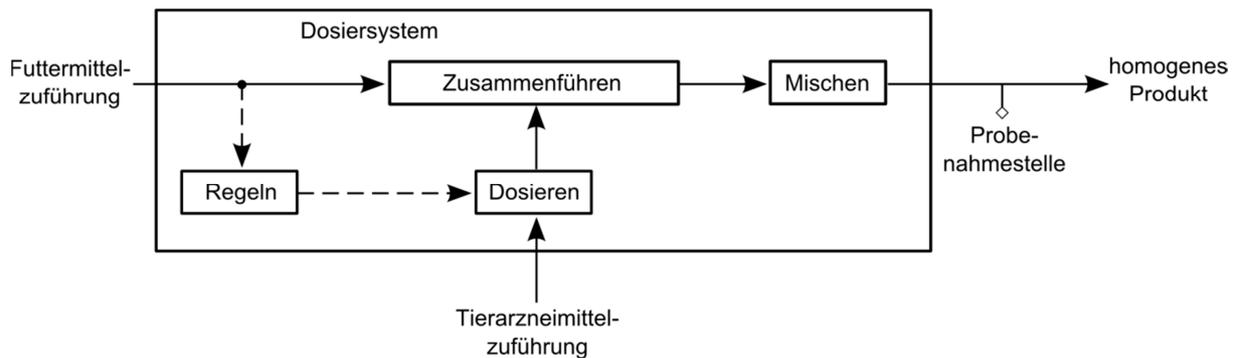


Abbildung 6: Funktionsschema Dosiersystem (DIN Deutsches Institut für Normung e.V., 2010)

Die Teilchengrößen von Futtermittel und Arzneimittel müssen in etwa übereinstimmen. Partikelgrößen, für die das Dosiergerät geeignet ist, sind dabei anzugeben. Zudem dürfen Futter- und Arzneimittel durch das Dosiergerät nicht negativ beeinträchtigt werden. Um eine relativ exakte Dosiergenauigkeit zu gewährleisten, muss die Futterdurchflussmenge kontinuierlich gemessen und die Arzneimitteldosierung diesem Fluss angepasst werden. Bei leeren Futterketten, Brückenbildung oder einem leeren Dosierbehälter muss der Dosierer einen Alarm auslösen und sich selbst abschalten. Auch die Einstellbarkeit des Dosierbereiches ist in der DIN-Norm festgelegt. Es wird hier ein Bereich von mind. 0,5 g/kg bis 5,0 g/kg, besser jedoch 0,2 g/kg bis 10 g/kg Tierarzneimittel/Futter gefordert, wobei die Dosierung stufenlos oder mind. in 0,1 g-Schritten möglich sein muss. Des Weiteren muss der Tagesfuttermittelverbrauch sowie die zugegebene Arzneimittelmenge ständig dokumentiert werden. Die Kalibrierung muss für das Gewicht bzw. Fließverhalten von Futter- und Arzneimittel einstellbar und vom Anwender leicht durchzuführen sein. Um Verschleppungen zu vermeiden, soll der Vorratsbehälter lebensmitteltauglich, säurebeständig und leicht zu reinigen sein. Ein Eindringen von Staub und Flüssigkeit von außen gilt es zu vermeiden (DIN Deutsches Institut für Normung e.V., 2010).

Der zweite Abschnitt der DIN 10529 behandelt die Anforderungen für Dosiersysteme für Fertigarzneimittel zur Verabreichung über das Trinkwasser. Da die beiden Abschnitte sich stark ähneln, soll auf diesen hier nicht näher eingegangen werden (DIN Deutsches Institut für Normung e.V., 2012).

Abschließend soll noch auf die fahrbaren Mahl- und Mischanlagen eingegangen werden. Betreiber dieser Anlagen müssen das Herstellen von Futtermitteln laut Arti-

kel 9 Abs. 2 Futtermittelhygieneverordnung bzw. § 30 a Abs. 3 FMV bei der zuständigen Behörde anzeigen. Für das Herstellen und die Abgabe von Arzneimitteln, wovon auch die Einmischung oraler Pulver in das Futtermittel sowie die Abgabe dieser Mischungen fallen, muss der Betreiber laut § 13 Abs. 1 AMG eine Erlaubnis einholen. Da in Deutschland kein Betreiber von Mahl- und Mischanlagen eine derartige Erlaubnis besitzt (Bleyl und Bosshammer, 2007) und es laut dem Futtermittelrecht nicht zulässig ist, über diese Anlagen Zusatzstoffe einzumischen (Bleyl, 2002), dürfen diese auch nicht für das Einmischen oraler Pulver in das Futtermittel verwendet werden. Somit steht diese Möglichkeit der Einmischung oraler Pulver nicht zur Verfügung. Abgesehen von der rechtlichen Situation besteht hier ein großes Verschleppungsrisiko der Wirkstoffe nicht nur innerhalb eines Betriebes, sondern auch von Betrieb zu Betrieb, da diese Anlagen nicht vollständig zu entleeren sind. Neben Toträumen, in denen es zu Wirkstoffansammlungen kommt, findet man Krusten und Anbackungen in bestimmten Anlagenteilen. Teilweise ließen sich Wirkstoffgehalte von bis zu über 10 mg Amoxicillin und Tetracyclin/kg Futter nachweisen, bei denen keine Medikation erfolgte. Dies führt zu erhöhten Wartezeiten und/oder Rückstandsbildung. Ebenso wird die Resistenzbildung gefördert. Aus diesem Grund wird dringend von einer derartigen Einmischung oraler Pulver in das Futter abgeraten (Bleyl und Bosshammer, 2007).

Allgemein ist bei der Darreichung von Arzneimitteln auch auf den Schutz des Anwenders zu achten. Dieser kann entweder direkt über die Haut in Kontakt mit dem Arzneimittel treten oder dieses durch Verunreinigungen der Luft inhalieren (Kamphues, 1996). Neben einer enormen Belastung mit dem Wirkstoff kann dies auch andere Nebenwirkungen mit sich bringen, wie z. B. eine durch Quinoxalin oder Sulfonamide ausgelöste Photoallergie (Schauder, 1989, Schauder, 1992). Aus diesem Grund ist zum einen die Aufklärung des Personals über den richtigen Umgang mit Arzneimitteln erforderlich und zum anderen müssen ausreichende Schutzmaßnahmen, wie z. B. das Bereitstellen von Handschuhen oder Staubmasken, getroffen werden (Kamphues, 1996).

### **2.3.3 Rückstandsbildung**

Ein großes Problem bei der oralen Verabreichung von Arzneimitteln über das Futter oder Wasser ist die Verschleppung und die damit einhergehende Rückstandsbildung

in Tier und Umgebung. Die Ursachen der Wirkstoffverschleppung sind sehr vielfältig und wurden bereits in den entsprechenden Kapiteln aufgeführt, wie z. B. Fütterungsanlagen, die in einigen Betrieben lediglich mit einer Futter- oder Wasserleitung für den kompletten Bestand ausgestattet sind, ungeeignete Tröge oder Tränken, bei denen viel Futter/Wasser auf den Boden bzw. ins Einstreu gelangt oder die unsachgemäße Reinigung der Buchten (Kamphues, 1996; Kietzmann et al., 1995).

Die Rückstandsproblematik umfasst zwei Gebiete, zum einen die Rückstände im Tierkörper selbst und zum anderen die Rückstände in der Umwelt.

In der „Verordnung (EU) Nr. 37/2010 über pharmakologisch wirksame Stoffe und ihre Einstufung hinsichtlich der Rückstandshöchstmengen in Lebensmitteln tierischen Ursprungs“ werden die für lebensmittelliefernde Tiere zugelassenen Wirkstoffe und ihre maximalen Rückstandshöchstmengen (MRL, Maximum Residue Level) sowie die für diese Tiergruppe verbotenen Substanzen aufgelistet. Des Weiteren werden bei der Zulassung eines Arzneimittels Wartezeiten ermittelt, in denen die tierischen Produkte nach der Medikation nicht als Lebensmittel verwendet werden dürfen, um Rückstände zu verhindern. Diese richten sich u. a. nach der Toxizität für den Menschen. So gilt beispielsweise für Aminoglykoside, die ein hohes toxisches Wirkungspotential für den Menschen aufweisen, eine Wartezeit von zum Teil mehreren Monaten (Kietzmann, 2004).

In der EU-Richtlinie 96/23/EG werden Vorgaben zu Kontrollmaßnahmen hinsichtlich bestimmter Stoffe und ihrer Rückstände in lebenden Tieren und tierischen Erzeugnissen geliefert. Die positiven Rückstandsbefunde sind rückläufig. Im Jahre 2002 wurden lediglich 0,19 % der untersuchten Proben beanstandet (Kietzmann, 2004). Doch die vorgeschriebenen Wartezeiten gelten nur für Tiere, die mit dem Wirkstoff behandelt wurden. Nicht beachtet wird hierbei, dass behandelte und unbehandelte Tiere oft gemeinsam gehalten werden. Die unbehandelten Tiere dürfen ohne Wartezeit geschlachtet werden. Studien von Elliot et al. (1994) und Kietzmann et al. (1995) belegten, dass bei unbehandelten Tieren, die in einer Bucht aufgestellt wurden, in der die vorherigen Tiere mit antimikrobiellen Wirkstoffen behandelt worden waren, schon nach kurzer Zeit Rückstände der entsprechenden Substanz im Körper gefunden werden konnten. Diese Rückstände überschritten zum Teil den MRL-Wert, sodass diese Tiere ebenfalls eine Wartezeit vor der Schlachtung einhalten müssten. Als Ursache hierfür wurde zum einen die Staubentwicklung bei der Futteraufnahme und

zum anderen die Ausscheidung des Wirkstoffes mit den Exkrementen genannt. Eine sehr gründliche Reinigung vor der Neubelegung ist daher essentiell, um Rückstände bei eigentlich nicht behandelten Tieren zu vermeiden (Kietzmann et al., 1995).

Des Weiteren muss auch die Rückstandsproblematik in der Umwelt betrachtet werden. Die Wirkstoffe werden bis zu 90 % wieder mit dem Urin oder Faeces ausgeschieden und gelangen so in die Gülle bzw. den Dung, der als Dünger für landwirtschaftlich genutzte Flächen dient. Die Wirkstoffe gelangen dann zum einen durch die Aufnahme über die Wurzeln und zum anderen durch das Haften an der Oberfläche der Pflanzen zum Verbraucher (Schlenker, 2006) oder werden durch Regen abgeschwemmt. Die Halbwertszeit von Wirkstoffen in der Gülle ist oft erheblich. Bei Tetracyclin und Chinolone beträgt sie ca. 100, bei Sulfonamide ca. 30 Tage (Hallig-Sørensen, 2001). Auf Grund des sehr häufigen Einsatzes antimikrobiell wirksamer Stoffe, insbesondere von Tetracyclinen, sind diese in ca. 73 % der Schweinegülle enthalten (Sattelberger et al., 2005). Diese Rückstände gelangen dann durch die Begüllung der Felder in den Boden. Bereits eine einmalige Düngung eines bis dahin unbelasteten Bodens mit antimikrobiellen Wirkstoffen belasteten Düngers führt zu einer über mehrere Monate nachweisbaren Kontamination der oberen Bodenschichten (Stevens, 2009). In der Studie von Christian (2004) wurden in Böden, die mit antibiotikahaltiger Gülle gedüngt und umgepflügt wurden, Rückstandswerte von 199 µg Tetracyclin/kg Boden und 7 µg Chlortetracyclin/kg Boden in den oberen 30 cm gemessen. Auch Untersuchungen der Bundes/Länder-Arbeitsgemeinschaft Chemikaliensicherheit (BLAC, 2003) ergaben, dass in 9 von 10 der begüllten Böden Tierarzneimittel, ausschließlich Tetracycline und Chlortetracycline, eingetragen wurden. Des Weiteren ist es auf Grund des häufigen Vorkommens und der hohen Werte von Tetracyclin wahrscheinlich, dass dieser Wirkstoff eine hohe Persistenz im Boden aufweist und akkumuliert (BLAC, 2003). Auch Hamscher et al. (2000) und Engels (2004) kamen zu dem Schluss, dass Tetracycline stark an Boden- und Sedimentbestandteile absorbiert werden.

Im Gegensatz dazu werden Tierarzneimittel in Oberflächengewässern sehr selten gefunden und wenn, dann lediglich im Bereich von ng/l Wasser. Hier ist selbst in stark landwirtschaftlich genutzten Gegenden die Belastung mit humanmedizinischen Wirkstoffen wesentlich höher (Christian et al., 2006).

Seit 1996 wird die Leitlinie EMEA/CVMP/055/96 zur Abschätzung der potentiellen Ökotoxizität von Tierarzneimitteln in der Umwelt bei der Zulassung für neue Tierarzneimittel herangezogen. Das Verfahren wird in zwei Phasen eingeteilt. In Phase 1 wird beurteilt, ob die zu untersuchende Substanz potentiell schädlich für die Umwelt ist. Dies ist der Fall, wenn in einem Worst-Case-Szenario eine predicted environmental concentration (PEC) von über 100 µg/kg Boden erreicht wird. Daran schließt sich Phase 2A an. Hier werden die Abbaurate des Wirkstoffes sowie die Adsorptionsrate an organisches Material des Bodens in drei verschiedenen Böden, die akute Regenwurmtoxizität, die Phytotoxizität und die akute Daphnientoxizität untersucht (EMEA/CVMP/055/96, 1999). Kommt man hier zu dem Schluss, dass ein erhöhtes Risiko für die Umwelt gegeben ist, werden in Phase 2B weitere Labor- und Felduntersuchungen durchgeführt. Zudem sollte auch die sekundäre Verfügbarkeit der Wirkstoffe, d. h. die Verfügbarkeit der Rückstände, die durch die Nahrungszubereitung wie z. B. Kochen verändert werden kann, untersucht werden (Kietzmann, 2004). Tetracyclin und Chlortetracyclin überschreiten den PEC zum Teil erheblich. Es wurden Werte von bis zu 349 µg Tetracyclin/kg Boden und sogar 1435 µg Chlortetracyclin/kg Boden in getrockneten Güllekrusten an der Bodenoberfläche gemessen (Hamscher et al., 2000). Problematisch ist, dass diese Stoffe zu den „Altstoffen“ zählen und die Leitlinie EMEA/CVMP/055/96 somit nicht auf diese angewendet wird. Es ist allerdings zu raten, das Risiko dieser Stoffe für die Umwelt genauer zu untersuchen (BLAC, 2003; Hamscher et al., 2000).

#### **2.3.4 Resistenzbildung**

Eine erfolgreiche Behandlung bakterieller Infektionserkrankungen wird immer schwieriger bedingt durch zwei Entwicklungen. Zum einen liegt dies an der sinkenden Anzahl neuentwickelter antimikrobieller Wirkstoffe seit den 1970er und der Forderung eines Überlegenheitsnachweises der neuen gegenüber den bereits auf dem Markt verfügbaren Wirkstoffen. Hier sollte ein Wirksamkeitsnachweis ausreichen, da die Resistenzentwicklung nicht vorherzusagen ist und zudem trotz ähnlicher Wirkungsmechanismen individuell geringere Nebenwirkungen, wie z.B. Allergien, auftreten könnten. Zum anderen wird ein Therapieerfolg durch die steigende Resistenzentwicklung der Erreger negativ beeinflusst (Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina, 2012).

In diesem Zusammenhang wird der Einsatz von Antibiotika in der Tiermedizin stark diskutiert. Neben den Folgen für das Tier, bei dem im Falle einer Antibiotikaresistenz kein hinreichender Therapieerfolg verzeichnet werden kann, besteht durch das Auftreten multiresistenter Bakterien auch eine Gefahr für Mensch und Umwelt (Bundesministerium für Gesundheit, 2011). Der Mensch kann durch mit resistenten Bakterien kontaminierte Lebensmittel oder durch Lebensmittel, die antimikrobielle Rückstände aufweisen, geschädigt werden. Diese Rückstände können zur Resistenzselektion der humanen Darmflora führen. Auch der direkte Kontakt mit Tieren oder deren Ausscheidungen, die mit resistenten Bakterien infiziert sind, kann zu einer Gefährdung des Menschen führen.

Die Resistenzentwicklung erfolgt entweder durch Mutation oder durch den Erwerb von Resistenzgenen, wobei als größte Risikofaktoren u. a. der ungezielte Einsatz antimikrobiell wirksamer Stoffe oder die ungünstige Wahl der Wirkstoffart, der Dosishöhe und der Behandlungsdauer zu nennen sind. Multiresistente Eigenschaften wurden beispielsweise bereits bei *Streptococcus pneumoniae*, *Mycobacterium tuberculosis* und *Staphylococcus aureus* beobachtet (Wallmann, 1999).

Um die Gefahr der Resistenzbildung zu minimieren, wurden bereits einige Maßnahmen ergriffen. Hierunter fallen die Verschreibungspflicht und die Abgabebeschränkung antibakteriell wirksamer Substanzen, das Einsatzverbot antibiotischer Leistungsförderer, sowie der Herstellung von Hofmischungen (Bundesministerium für Gesundheit, 2011). Auch die „Leitlinien für den sorgfältigen Umgang mit antibakteriell wirksamen Tierarzneimitteln“ wurden zur Vermeidung der Resistenzbildung erarbeitet. Durch das Nationale Resistenzmonitoring wird das jeweils aktuelle Resistenzniveau tierpathogener Bakterien bei lebensmittelliefernden Tieren, sowie die Entwicklung und Verbreitung der Resistenzen ermittelt. Es wurde beobachtet, dass in den Jahren 2002 und 2003 die bei Mastschweinen untersuchten Bakterien *Pasteurella multocida* und *Bordetella bronchiseptica* ein in etwa gleiches Resistenzniveau aufwiesen wie im vorherigen Jahr. Dies lässt darauf schließen, dass die Resistenzraten der Bakterien deutlich niedriger sind als bisher angenommen (Wallmann und Kroker, 2004). Auch die von Hölzel (2006) durchgeführte Studie zeigt, dass die Resistenzrate von in Gülle vorkommender Bakterienisolate verglichen mit in Deutschland isolierten humanen Stämmen geringer ist. Eine Ausnahme stellte hier lediglich Doxycyclin, ein Tetracyclin, dar, für das ein bis zu 20 % höheres Resistenzaufkommen in der Gülle

nachgewiesen wurde als für humane Stämme (Hölzel, 2006). Dies lässt sich durch den sehr hohen Einsatz von Tetracyclinen in der Tierhaltung erklären, welcher im Hinblick auf die eher ungünstigen Resistenzrate fragwürdig ist (Broll et al., 2002). Untersuchungen zur Resistenzbildung gegenüber Reserveantibiotika in der Humanmedizin bei in Gülle isolierten E. coli zeigten eine Resistenzrate zwischen 0 - 2 %. Auch hier konnte keine auffällige Resistenzentwicklung nachgewiesen werden (Hölzel, 2006).

Zusammenfassend kann an dieser Stelle festgehalten werden, dass die Resistenzlage gegenüber humanmedizinischen Antibiotika nicht so schlecht ist, wie teilweise dargestellt. Unter Beachtung der Antibiotikaleitlinien, die einen umsichtigen und sinnvollen Einsatz antimikrobiell wirksamer Substanzen fordern, ist deren Einsatz in der Veterinärmedizin durchaus vertretbar (Wallmann et al., 2003).

Damit die Resistenzlage sich nicht verschlechtert, wurde als neueste Maßnahme der Vermeidung von Resistenzbildung und der Minimierung des Einsatzes der Antibiotika in der Tierhaltung im Februar 2013 die 16. Novelle des AMG vom Bundestag beschlossen. Es soll eine bundeseinheitliche amtliche Datenbank aufgebaut werden, in der von den Überwachungsbehörden und auch den Betrieben der Verbrauch antimikrobiell wirksamer Substanzen der einzelnen Betriebe beurteilt und mit anderen verglichen werden kann. Liegt der Verbrauch der Antibiotika in einem Betrieb höher als der des Durchschnittes, kann der Tierhalter zur Prüfung und zu Maßnahmen, die zur Verringerung des Antibiotikumsatzes führen, verpflichtet werden. Es könnten beispielsweise Auflagen zur Tierhaltung und -hygiene angeordnet werden. Weitere neue Maßnahmen sind die Einschränkung des Einsatzes von Reserveantibiotika, der Umwidmungsmöglichkeit sowie die Forderung eines Antibiogramms, wenn ein Antibiotikum ohne Erfolg im Betrieb eingesetzt wurde und eine neue Substanz eingesetzt werden soll (BMELV, 2013).

## **2.4 Fütterungsarzneimittel**

### **2.4.1 Rechtliche Situation in Deutschland**

Fütterungsarzneimittel sind laut § 4 Abs. 10 AMG als „Arzneimittel in verfütterungsfertiger Form, die aus Arzneimittelvormischungen und Mischfuttermitteln hergestellt

werden und die dazu bestimmt sind, zur Anwendung bei Tieren in den Verkehr gebracht zu werden“ (AMG, 2013) definiert.

Früher bestanden zwei Möglichkeiten für das Inverkehrbringen von Fütterungsarzneimitteln, die der tierärztlichen Verschreibung und die Erteilung eines Herstellungsauftrages. Durch die tierärztliche Verschreibung durfte der Hersteller von Fertigfütterungsarzneimitteln, der eine Zulassung laut § 13 AMG besaß, das verschriebene Fütterungsarzneimittel an den Landwirt liefern. Bei der zweiten Variante erteilte der behandelnde Tierarzt gemäß § 6 TÄHAV (mittlerweile weggefallen) den Auftrag zur einmaligen Herstellung des benötigten Fütterungsarzneimittels an einen laut §§ 30 und 31 der Futtermittelverordnung anerkannten Futtermittelmischbetrieb. In § 6 Abs. 4 TÄHAV (mittlerweile weggefallen) wurde dem verschreibenden Tierarzt die Kontrolle über die ordnungsgemäße Ausführung des Herstellungsauftrages zugewiesen. Dies umfasste sämtliche Abläufe wie beispielsweise die Beaufsichtigung des Herstellungsablaufs, die Prüfung der Homogenität des Fütterungsarzneimittels oder die Probenentnahme und -auswertung (Bleyl, 2002). Im Weser-Ems-Kreis wurden lediglich ca. 5 % der Fütterungsarzneimittel über die tierärztliche Verschreibung bezogen und 95 % über Herstellungsaufträge (Rassow und Scharper, 1996). Seit dem 31.12.2005 ist die bis dahin bevorzugt gewählte Möglichkeit der Erteilung von Herstelleraufträgen nicht mehr möglich. Nach dem „Schweinemastskandal“ im Jahre 2001, wo bekannt wurde, dass einige Tierärzte illegal Antibiotika an Schweinemäster verkauften (Spiegel online, 2001) und die EU-Inspektion bei einem Kontrollbesuch aufzeigte, dass bei der Überwachung und Herstellung von Fütterungsarzneimitteln erhebliche Mängel bestehen, wurde die Notwendigkeit, in diesem Bereich Änderungen vorzunehmen, deutlich (Bleyl und Klemann, 2007). In dem Bericht über den Kontrollbesuch des Lebensmittel- und Veterinärarnamtes in Deutschland mit der Bezugsnummer DG (SANCO)/3267/2001 wird darauf hingewiesen, dass die Richtlinie 96/23/EG über Kontrollmaßnahmen hinsichtlich bestimmter Stoffe und ihrer Rückstände in lebenden Tieren und tierischen Erzeugnissen noch nicht ausreichend in nationales Recht umgesetzt wurde. Des Weiteren wird mit dem Einsatz von Hofmischungen gegen die Richtlinie 90/167/EWG verstoßen, die bereits seit 1991 umgesetzt werden sollte und die nur die Verschreibung von Fütterungsarzneimitteln vorsieht. Diese Rechtslage wurde in Deutschland mit der Argumentation umgangen, dass die Hofmischung lediglich eine Herstellung auf dem Hof und kein Inverkehrbrin-

gen von Fütterungsarzneimitteln darstellt und somit nicht unter diese Richtlinie fällt, da Fütterungsarzneimittel laut § 4 Abs. 10 AMG auch in den Verkehr gebracht werden müssen, um als solches zu gelten (Europäische Kommission, 2001; Bleyl und Klemann, 2007; Anonymus, 2001).

Seit 2002 ist durch die 11. Novelle des AMG die hofeigene Mischung verboten. Für die Erteilung von Herstellungsaufträgen galt eine Übergangsfrist bis zum 31.12.2005. Seit 2006 ist nun lediglich die Verschreibung von Fütterungsarzneimitteln zugelassen. Die Verschreibung erfolgt über ein Formblatt in 4 Durchschriften gemäß der Anlage 1 TÄHAV und ist drei Wochen gültig.

Die Verantwortung des Tierarztes im Hinblick auf die Herstellung, Kennzeichnung und Auslieferung entfällt (Löscher et al., 2006). Sie liegt nun allein beim Hersteller. Dieser muss gewährleisten, dass die verwendeten Futtermittel den Gemeinschaftsvorschriften entsprechen und die Mischung des Futtermittels mit dem Wirkstoff homogen und stabil ist. Des Weiteren wird zugesichert, dass es zu keinen unerwünschten Wechselwirkungen zwischen dem Wirkstoff, den Zusatzstoffen und dem Futtermittel kommt, das Fütterungsarzneimittel für den angegebene Zeitraum haltbar ist und die Futtermittel zur Herstellung der Fütterungsarzneimittel keine Antibiotika oder Kokzidiostatika enthalten, die bereits als Wirkstoff in der Arzneimittelvormischung enthalten sind. Die Arzneimitteltagesdosis muss zudem in der halben täglichen Futtertagesration enthalten sein (RL 90/167/EWG, 1990).

Es wurden zusätzlich weitere Einschränkungen im Hinblick auf die Fütterungsarzneimittel durch das AMG vorgenommen. Es dürfen nur noch drei Arzneimittelvormischungen für ein Fütterungsarzneimittel verwendet werden, wobei nicht mehr als zwei antibakteriell wirksam sein dürfen und sie müssen für die jeweilige Tierart zugelassen sein. Die verschreibungspflichtigen Fütterungsarzneimittel dürfen nur noch für einen Zeitraum von 31 Tagen bzw., wenn sie antibakterielle Wirkstoffe enthalten, für 7 Tage verschrieben werden. Hiervon ausgenommen sind Fütterungsarzneimittel, deren Zulassung eine längere Anwendungsdauer vorsieht (AMG, 2011).

#### **2.4.2 Entwicklung des Einsatzes von Fütterungsarzneimittel und die aktuelle Situation in Deutschland**

Mit dem Verbot des Herstellungsauftrages und der hofeigenen Mischung wurde das Ziel verfolgt die Anwendung von Fütterungsarzneimitteln als Standard zu etablieren,

da dies dem Stand der veterinärmedizinischen Wissenschaft entspricht (Bleyl und Klemann, 2007). Allerdings trat das Gegenteil ein und die Fütterungsarzneimittel werden nun kaum noch verwendet. Dies zeigen verschiedene Untersuchungen der letzten Jahre. Von der Stabsstelle Ernährungssicherheit am Regierungspräsidium Tübingen wurden 1100 Herstellungsaufträge und Verschreibungen für Fütterungsarzneimittel zwischen Januar 2000 und September 2006 ausgewertet. Es zeigte sich, dass nach einem Anstieg im Jahr 2001 ein stetiger Rückgang der Herstellungsaufträge stattfand. 2005 waren es lediglich noch 26 Aufträge. Im folgenden Jahr, d. h. nach Ende der Übergangsregelung, in der die Herstellungsaufträge noch erlaubt waren und nun nur noch eine Verschreibung möglich war, wurden nur noch 6 Verschreibungen vorgenommen, die allerdings alle von einem Tierarzt für denselben Landwirt ausgestellt wurden (Hogreve und Löhle, 2008).

In Baden-Württemberg lag die Anzahl der Herstellungsaufträge und Verschreibungen im Jahre 2001 bei 390, 2004 lediglich noch bei 35 und nach dem 1. Januar 2006 ging der Einsatz von Fütterungsarzneimitteln praktisch gegen Null (Bleyl und Klemann, 2007). Zu diesem gravierenden Rückgang des Einsatzes von Fütterungsarzneimitteln haben mehrere Faktoren beigetragen. Durch das Steueränderungsgesetz 2001 ist die Mehrwertsteuer für Fütterungsarzneimittel von 7 % auf 16 % an die der Futtermittel angeglichen worden, was die erste Regression des Fütterungsarzneimittleinsatzes erklärt (Tabelle 16).

Tabelle 16: Preislicher Vergleich für den Landwirt von Arzneimittelvormischungen und vergleichbaren oralen Pulvern (Bleyl und Bosshammer, 2007)

Arzneimittelvormischung	Preis (€)/kg 100%	Orale Ware	Preis (€)/kg
CTC-HCl 25 %	ca. 71 (bezogen auf 100 % Wirkstoff)	CTC 100 %	ca. 27
Tiamulin 10 %	ca. 38	Tiamulin 10 %	ca. 18
Tylosin 5 %	ca. 384 (bezogen auf 100 % Wirkstoff)	Tylosin 100 %	ca. 90
Sulfadimidin 50 %	ca. 21 (bezogen auf 100 % Wirkstoff)	Sulfadimidin 100 %	ca. 10

CTC = Chlortetracyclin

CTC-HCl = Chlortetracyclinhydrochlorid

Außerdem ist Tierärzten nur der Bezug und die Abgabe von Fertigarzneimitteln nach § 47 Abs. 1 Nr. 6 AMG gestattet (Bleyl und Klemann, 2007). Hinzu kommt, dass es vielen Herstellerbetrieben ein zu hohes finanzielles Risiko ist, in die Herstellung für Fütterungsarzneimittel zu investieren, da die Zulassung nach § 13 AMG sowie die vorgeschriebenen Good Manufacture Practice-Inspektionen mit hohen Kosten verbunden sind (Bleyl und Klemann, 2007; Anonymus, 2001). Durch die geforderte „Null-Toleranz“ der Arzneimittel in Futtermitteln gemäß § 17 LFGB in Verbindung mit Artikel 15 VO (EG) 178/2002, durch die eine Wirkstoffverschleppung ausgeschlossen werden soll, kommt nur noch eine „End-of-Line“-Produktion in Mehl und evtl. noch Krümfütterung in Frage (Hellwig, 2003), da festgestellt wurde, dass eine verschleppungsfreie Produktion in Mehrproduktanlagen nicht möglich ist. Hier wurden im Hauptmischer eine Verschleppung pharmakologisch wirksamer Substanzen bis zu 7,6 % und in der Verladezelle bis zu 13,2 % nachgewiesen. Neben dem Vorteil des geringeren Verschleppungsrisikos hat die „End-of-line“-Produktion weitere Vorteile. Dies sind:

- Herstellung kleiner Chargen ist möglich.
- Ein Wirkstoffverlust durch Pelletieren, Extrudieren oder Expandieren entfällt.

- Die Rückführung von Filterstäuben in die laufende Produktion muss nicht mehr vorgenommen werden.
- Spülchargen können durch anlagespezifische Reinigungsverfahren ersetzt werden (Bleyl, 2002).

Eine End-of-line-Produktion bedeutet allerdings enorme Investitionskosten. Die Folge ist, dass 2003 lediglich 25 bis 30 Herstellerbetriebe den Status laut § 13 AMG erhalten haben. Eine flächendeckende Versorgung der landwirtschaftlichen Betriebe kann so nicht gewährleistet werden. Das Resultat sind lange Fahrtwege und somit ein verzögerter Therapiebeginn. Dies stellt einen weiteren Grund für den Rückgang des Einsatzes von Fütterungsarzneimitteln dar. Bis mit der Therapie begonnen werden kann, sind ggf. weitere Tiere erkrankt und das Leiden der kranken Tiere wird verlängert, was somit auch tierschutzrelevante Fragen nach sich zieht. Zudem ist die Wahrscheinlichkeit hoch, dass bei einem späten Therapiebeginn die Futteraufnahme der Tiere bereits eingeschränkt ist und so eine ausreichende Wirkstoffkonzentration im Tierkörper nicht erreicht wird. Dies erhöht auch das Risiko der Resistenzbildung (Hellwig, 2003).

Interessant ist hier die Lösung der Schweiz, die unter bestimmten Voraussetzungen eine Herstellung von Fütterungsarzneimitteln auf den landwirtschaftlichen Betrieben erlaubt. Es muss gewährleistet sein, dass geeignete Anlagen vorhanden sind und für diesen Verwendungszweck vorgesehene Arzneimittelvormischungen verwendet werden. Es muss eine fachkundige Person bestimmt werden und eine genaue Dokumentation erfolgen. Diese Regelung ist mit Art. 4 Abs. 2 der RL 90/167/EWG konform (Bleyl und Klemann, 2007).

#### **2.4.3 Zu beachtende praktische Aspekte beim Einsatz von Fütterungsarzneimitteln**

Neben den gesetzlichen Gesichtspunkten müssen auch praktische Aspekte beim Einsatz von Fütterungsarzneimitteln bedacht werden. Der Betrieb muss ein eigenes Silo, möglichst mit separater Futterleitung zu den Buchten, ausschließlich für Fütterungsarzneimittel besitzen, um eine Verschleppung der Wirkstoffe zu vermeiden. Zudem sollte das Silo über eine Vorrichtung verfügen, die eine Entmischung des Futters mit dem Wirkstoff verhindert, wie beispielsweise einen Prallteller oder Rüttler

(Schulte-Sutrum, 2010). Durch einen Staubabscheider wird eine Belastung der Umwelt durch austretende Arzneimittelwirkstoffe vermieden. Dies bedingt auch eine geringere Wirkstoffexposition der Mitarbeiter. Auch die Reinigung und vollständige Entleerung des Silos sollte in regelmäßigen Abständen vorgenommen werden, um Reste des vorherigen Fütterungsarzneimittels zu eliminieren. So werden zum einen die Verschleppung des Wirkstoffes und das Auftreten von Wirkstoffrückständen in den Tierkörpern minimiert und zum anderen die Resistenzentwicklung verhindert, die gegebenenfalls aus der Unterdosierung des Wirkstoffes resultieren kann. Ist keine separate Futterleitung zu den Buchten vorhanden und das Fütterungsarzneimittel soll manuell aus dem Silo entnommen werden, erhöht sich das Verschleppungsrisiko erheblich. Um dies dennoch möglichst gering zu halten, sollten nicht dieselben Gerätschaften, z. B. Eimer oder Schubkarren, für Fütterungsarzneimittel und für das normale Futter verwendet werden bzw. sollten nach jeder Nutzung gründlich gereinigt werden. Es muss zudem ein ausreichender Arbeitsschutz gewährleistet sein, d. h. die Mitarbeiter müssen über den richtigen und verantwortungsbewussten Umgang mit dem Fütterungsarzneimittel unterrichtet werden und Vorkehrungen zu ihrem Schutz treffen, wie z. B. das Tragen von Atemmasken (Kamphues, 1996).

Einen weiteren zu beachtenden Aspekt stellt der Umgang mit übrig gebliebenem Fütterungsarzneimittel dar. Es sollte die Möglichkeit bestehen, die Reste des Futters wieder in das Silo zurückzugeben. Ist dies nicht der Fall, müssen diese fachgerecht entsorgt werden. Sie dürfen in keinem Fall auf den Mist oder in die Gülle gegeben werden, da so eine enorme Wirkstoffverschleppung in die Umwelt stattfindet (Kamphues, 1996).

Weiterhin ist bei der Gabe von Fütterungsarzneimitteln zu beachten, dass während der Therapiedauer ausschließlich dieses Futter gefüttert und nicht mit dem normalen Futter gemischt wird. Dies hätte eine Unterdosierung des Wirkstoffes zur Folge, da die Tiere nicht die erforderliche Menge des Fütterungsarzneimittels aufnehmen. Zwar muss die Arzneimitteltagesdosis in der halben täglichen Futtertagesration enthalten sein (Rat der europäischen Gemeinschaft, 1990), doch es muss bedacht werden, dass erkrankte Tiere ggf. eine eingeschränkte Futteraufnahme zeigen.

## **3 Material und Methode**

### **3.1 Literatursuche und Auswahl**

Zur Literaturrecherche wurden zum einen die Internetrecherche und zum anderen die Datenbanken „PubMed“, „MedLine“ sowie die deutschsprachigen Zeitschriften „Nutztierpraxis aktuell“ (2006 – 31.12.2012), „Tierärztliche Umschau“ (1994 – 31.12.2012), „Der Praktische Tierarzt“ (1998 – 31.12.2012), „Amtstierärztlicher Dienst und Lebensmittelkontrolle“ (1999 – 31.12.2012), „Deutsche Tierärztliche Wochenschrift“ (1983 – 31.12.2012), „Berliner und Münchener Tierärztliche Wochenschrift“ (2003 – 31.12.2012) und „Tierärztliche Praxis Großtiere“ (2000 – 31.12.2012) verwendet. Fanden sich in den Literaturverzeichnissen der Artikel entsprechende Hinweise auf weitere Arbeiten wurden diese ebenfalls in die Literaturrecherche miteinbezogen.

### **3.2 Verwendete Hardware**

Das EDV-Programm wurde auf einem PC, Typ Dell Vostro 400, entwickelt.

### **3.3 Verwendete Software**

Das Programm wurde mit Hilfe von Karsten Kähler in der Programmiersprache Visual C# verfasst. Die Grundlage für Visual C# stellt Visual Studio .NET dar, die gegen Ende der Neunziger von Microsoft entwickelt wurde und der Entwicklung und Ausführung von Anwendungsprogrammen dient. Die Programmiersprache C# stellt zum einen eine Weiterentwicklung der Sprachen C und C++ dar, die sehr kompliziert aufgebaut sind, und zum anderen schließt sie die Lücke zwischen C++ und Visual Basic, einer einfacheren, allerdings auch eingeschränkteren Programmiersprache. C# ist eine sichere, rein objektorientierte Sprache und unterstützt (Kirch, 2011; Eller, 2010):

- Strenge Typüberprüfungen, Bereichsüberprüfungen bei Vektoren, automatische Speicherverwaltung
- Anwendungsentwicklung für verschiedene Systeme
- Entwicklung von erweiterbaren, Binärcode-kompatiblen Softwarekomponenten zum Einsatz in verteilten Systemen (Kirch, 2011)

Des Weiteren wurde zur Gestaltung der Benutzeroberfläche die Komponente RadControls für WPF der Firma Telerik verwendet.

### **3.4 Anforderungen an das zu entwickelnde Programm**

Die Anforderungen an das zu entwickelnde Programm sind umfangreich. Zunächst soll dem bestandsbetreuenden Tierarzt eine Entscheidungshilfe an die Hand gegeben werden, damit er die geeignete Verabreichungsform der Medikamente für den entsprechenden Bestand auswählen kann. Das Programm soll einer Checkliste ähneln, die der Tierarzt der Reihe nach abarbeitet, wobei die wichtigsten Punkte, die es bei der oralen Medikation über das Futter oder Wasser zu beachten gilt, aufgeführt werden. So werden dem Tierarzt zum einen alle relevanten Punkte für die orale Medikation geliefert und zum anderen wird sichergestellt, dass keiner der Punkte vergessen wird. Des Weiteren ist der Tierarzt laut § 12 TÄHAV verpflichtet, die Anwendung der Arzneimittel zu überprüfen. Mit Hilfe des zu entwickelnden Programms kommt der Tierarzt dieser Überprüfung nach, die zudem durch das Programm dokumentiert wird. Ein weiterer Punkt des Anforderungsprofils stellt die Aufklärung und Sensibilisierung des Landwirtes dar. Werden in dem Bestand Mängel gefunden, die eine orale Medikation über das Futter oder Wasser nicht oder nur eingeschränkt möglich machen, erfolgt eine Aufklärung des Landwirtes durch den Tierarzt, die ebenfalls dokumentiert wird. Der Landwirt hat nun die Möglichkeit etwaige Mängel zu korrigieren, sodass die Therapiesicherheit der oralen Medikation gewährleistet werden kann.

Zusätzlich zu der Checkliste und der Dokumentation sollen in das Programm zudem Informationstabellen eingefügt werden, die Informationen, wie z. B. den Wasserbedarf der Tiere, die korrekte Tränkehöhe, -winkelung oder die gesetzlichen Vorgaben für die Mindeststallfläche, enthalten.

## 4 Ergebnisse

Beim Öffnen des Programmes erscheint zunächst die Startseite (Abbildung 7). Hier kann man entweder mit einem neuen Fragebogen beginnen oder einen bereits bearbeiteten Fragebogen öffnen. Des Weiteren können hier auch die Stammdaten des Tierarztes unter „Praxis-Stammdaten“ hinterlegt werden, die automatisch in das Protokoll übertragen werden.



Abbildung 7: Startbildschirm des Programmes

Hierzu öffnet sich ein neues Fenster zur Dateneingabe (Abbildung 8).



Name der Praxis:	<input type="text" value="Praxis Dr. Mustermann"/>
Name des Tierarzts:	<input type="text" value="Dr. Max Mustermann"/>
Straße:	<input type="text" value="Musterstraße 1"/>
PLZ/Ort:	<input type="text" value="12345"/> <input type="text" value="Musterstadt"/>
Telefon:	<input type="text" value="01234/5678"/>

Abbildung 8: Maske zur Eingabe der Praxis-Stammdaten

Das im Rahmen dieser Arbeit entwickelte Programm ist in vier Abschnitte untergliedert. Im oberen Bereich des Fensters werden die Registerkarten „Stammdaten Betrieb“, „Fragebogen“, „Auswertung“ und „Protokoll“ angezeigt (Abbildung 9).

The screenshot shows a software window titled 'Fragebogen Futterarzneimittel'. At the top, there is a menu bar with 'Datei'. Below it is a header bar with the title. A tabbed interface is visible with four tabs: 'Stammdaten Betrieb', 'Fragebogen', 'Auswertung', and 'Protokoll'. The 'Stammdaten Betrieb' tab is active. The main area contains several input fields with labels: 'Name des Betriebs:', 'Strasse des Betriebs:', 'Postleitzahl des Betriebs:', 'Ort des Betriebs:', 'Telefonnummer des Betriebs:', 'Stallgebäude:', 'Tierart:', 'Nutzungsrichtung:', and 'Tierzahl:'. Each label is followed by a white rectangular input field.

Abbildung 9: Eingabeformular für die Stammdaten des Betriebs

In der Registerkarte „Stammdaten Betrieb“ werden die Stammdaten zu dem untersuchten Betrieb eingegeben, die anschließend automatisch in das Protokoll übertragen werden (Abbildung 9).

Unter der Registerkarte „Fragebogen“ ist der eigentliche Fragebogen zu finden, der von dem Tierarzt während der Stallbegehung auszufüllen ist (Abbildung 10). Zunächst muss sichergestellt werden, dass zuverlässiges und fachkundiges Personal für die Medikation der Tiere verantwortlich ist. Erst wenn dies mit „ja“ beantwortet wird, gelangt der Nutzer zu den Fragen, die die eigentliche orale Medikation betreffen. Grundsätzlich werden die Fragen nach der Beantwortung mit einer von vier Farben unterlegt. Eine graue Unterlegung bedeutet, dass sich ein weiterer Fragebaum

zu diesem Thema öffnet. Wird die Frage grün unterlegt, gibt es in diesem Punkt keinerlei Einschränkungen zur Anwendung der geplanten Art der oralen Medikation. Eine gelbe Unterlegung zeigt an, dass hier die gewünschte Applikationsart nur unter bestimmten Bedingungen bzw. nur unter bestimmten Vorsichtsmaßnahmen sicher angewendet werden kann. Diese Bedingungen werden immer direkt unter der Frage kurz erläutert. Eine rote Unterlegung zeigt ein Ausschlusskriterium für die gewählte Art der Medikation an, da eine sichere Verabreichung des Medikamentes nicht gewährleistet werden kann. Auch hier wird unter der Frage eine kurze Erklärung geliefert.

The screenshot shows a software interface for a questionnaire titled "Fragebogen Futterarzneimittel". It has a menu bar with "Datei", "Informationen", "Fragebogen", "Auswertung", and "Protokoll". The "Fragebogen" tab is active. There are three sections, each with a collapse icon (upward arrow):

- Personal:** "Wird die Medikation von zuverlässigem und fachkundigem Personal durchgeführt?" with radio buttons for "Ja" (selected) and "Nein".
- Verabreichungsform:** "Wie möchten Sie das von Ihnen gewählte Arzneimittel verabreichen?" with radio buttons for "Über das Futter" (selected) and "Über das Wasser".
- Verabreichung über das Futter:** This section is highlighted in yellow. The question is "Welche Möglichkeit der oralen Verabreichung über das Futter möchten Sie anwenden?". It has three radio buttons: "Topdressing" (selected), "Einmischung der Arzneimittel während des Transports zum Trog", and "Fütterungsarzneimittel". Below the radio buttons is a warning text in italics: "Das Topdressing, also die direkte Gabe des Arzneimittels über das Futter im Trog, ist nur eingeschränkt sinnvoll. Es muss sichergestellt sein, dass alle Tiere die gleiche Futtermenge zeitgleich aufnehmen können. Dies ist nur in der Einzelhaltung gewährleistet, bei der jedes Tier seinen eigenen Trog hat, wie dies bei der Sauenhaltung der Fall ist. Hier kann eine orale Medikation in Form des Topdressings vorgenommen werden, vorausgesetzt die Tiere nehmen noch ausreichend Futter auf und der Geschmack des Futters wird durch das Arzneimittel nicht stärker negativ beeinträchtigt."

Abbildung 10: Eingangsfragen der Checkliste und Demonstration des Hinweis-kommentares am Beispiel des Topdressings

Nun muss die Verabreichungsform gewählt werden. Hierbei stehen die Gabe über das Futter oder das Trinkwasser zur Auswahl. Wird die Gabe über das Futter bevorzugt, öffnet sich ein Baum, in dem die drei Möglichkeiten der oralen Medikation über das Futter aufgelistet werden. Bei der Wahl der Antworten „Einmischung der Arzneimittel während des Transportes zum Trog“ und „Fütterungsarzneimittel“ öffnen sich

ebenfalls jeweils weitere Fragebäume. Soll die Medikation allerdings über das Topdressing erfolgen, müssen bestimmte Bedingungen erfüllt werden, um eine sichere Anwendung zu gewährleisten. Aus diesem Grund wird die Frage hier gelb hinterlegt und die Bedingungen kurz erläutert (Abbildung 10).

Verabreichung über das Futter

Welche Möglichkeit der oralen Verabreichung über das Futter möchten Sie anwenden?

Topdressing

Einmischung der Arzneimittel während des Transports zum Trog

Fütterungsarzneimittel

---

Einmischung in den Trog

Wird der Futterverbrauch für die einzelnen Buchtengruppen kontrolliert?  Ja  Nein

Wird die Futtermaufnahme während der Medikation überprüft und bleibt auf dem gleichen Niveau wie vor der Zugabe des Arzneimittels?  Ja  Nein

Werden die Mindestanforderungen an das Tier-, Fressplatzverhältnis sowie die Buchten- und Gruppengröße eingehalten?  Ja  Nein

Kann jede Bucht einzeln mit dem medikamentierten Futter versorgt werden?  Ja  Nein

Ist eine ausreichende Wasserversorgung gewährleistet?  Ja  Nein

Wird das Systems regelmäßig und nach jeder Arzneimittelgabe gereinigt?  Ja  Nein

Enthält das Futter Komponenten (z.B. CCM, der den pH - Wert des Futters stark senkt) oder werden dem Futter Zusätze (z.B. Konservierungsmittel) zugesetzt, die eine Inaktivierung des Arzneimittels bewirken könnten?  Ja  Nein

Ist eine gleichmäßige Verteilung des Futters im Trog gewährleistet?  Ja  Nein

Sind die Tröge so konzipiert, dass ein Herausfallen des Futters weitestgehend verhindert wird?  Ja  Nein

Werden die Tiere auf Einstreu gehalten und/ oder eine Trockenentmistung vorgenommen?  Ja  Nein

Ist ein ausreichender Arbeitsschutz des Personals gewährleistet?  Ja  Nein

Welche Fütterungsmethode wird in dem Betrieb angewendet?

Mehl- oder Breifütterung  granuliertes Futter

Pelletfütterung  Flüssigfütterung

---

Mehl/Breifütterung

Wie soll das Arzneimittel verabreicht werden?  Mischer  Dosiergerät

Abbildung 11: Fragen zur Einmischung der Arzneimittel während des Transportes zum Trog

Wird die „Einmischung der Arzneimittel während des Transportes zum Trog“ gewählt, erscheint ein Baum mit weiteren 12 Fragen (Abbildung 11). Hier werden die wichtigsten Aspekte zu dieser Applikationsart abgefragt. Die ersten elf Fragen sind mit „ja“ oder „nein“ zu beantworten. Die letzte Frage bezieht sich auf die Fütterungsmethode, wobei zwischen „Mehl- oder Breifütterung“, „Flüssigfütterung“, „granuliertes Futter“ und „Pelletfütterung“ ausgewählt werden muss. Die letzten beiden genannten Fütterungsmethoden werden gelb bzw. rot hinterlegt und es erscheint ein entsprechender

Hinweistext. Bei der „Mehl- oder Breifütterung“ und der „Flüssigfütterung“ öffnen sich jeweils weitere Fragebäume. Bei der „Mehl- und Breifütterung“ wird nur noch lediglich auf die Art der Einmischung, also ob ein Mischer oder Dosiergerät verwendet wird und ob mit der gewünschten Variante eine homogene Verteilung des Futters gewährleistet werden kann, abgefragt. Bei der „Flüssigfütterung“ hingegen müssen zudem noch Aspekte zur Wasserherkunft und -qualität, dem Leitungssystem und der Stammlösung abgehandelt werden (Abbildung 12). Dies verdeutlicht, dass bei der Flüssigfütterung wesentlich mehr Aspekte zu beachten sind als bei anderen Fütterungsarten.

Flüssigfütterung

Woher stammt das verwendete Wasser in dem Betrieb?  Öffentliche Wasserversorgung  Betriebseigene Wasserversorgung

Weicht die Wasserqualität von den Richtwerten ab?  Leicht  Stark  Nein  Unbekannt

Besteht die Möglichkeit, das Wasser zu reinigen und zu desinfizieren?  Ja  Nein

Falls das Wasser gereinigt und desinfiziert wird, werden hierfür nur laut Her für diesen Zweck geeignete Mittel verwendet?  Ja  Nein

Besteht das Leitungssystem aus korrosionsfreien, frostsicheren und lichtundurchlässigen Materialien?  Ja  Nein

Wird in dem Bestand eine Stichleitung verwendet, bei der jeder einzelne Stich mit dem Arzneimittel versehen werden kann?  Ja  Nein

Wird in dem Bestand eine Ringleitung verwendet, bei der das Arzneimittel direkt in das Fallrohr der betroffenen Bucht gegeben werden kann?  Ja  Nein

Kann das Arzneimittel kurz vor der Gabe in den Trog dem Futter zugegeben werden, sodass keine langen, gemeinsamen Strecken mit dem Futtermittel zurückgelegt werden müssen?  Ja  Nein

Befindet sich ein Ablassventil am Ende der Leitung?  Ja  Nein

Soll das Arzneimittel in den Anmischbehälter gegeben werden?  Ja  Nein

Ist das Arzneimittel für diese Darreichungsform zugelassen?  Ja  Nein

Gibt es ein abdeckbares, lichtundurchlässiges Extrabehältnis für die Stammlösung?  Ja  Nein

Wird die Stammlösung kontinuierlich aufgeführt?  Ja  Nein

Wird die Stammlösung in dem vorgeschriebenen Zeitraum verbraucht?  Ja  Nein

Beeinflusst das Arzneimittel die Schmackhaftigkeit des Futters negativ?  Ja  Nein

Ist das Dosiergerät für das Arzneimittel und den Wasserverbrauch geeignet?  Ja  Nein

Abbildung 12: Fragen zur Medikation über die Flüssigfütterung

Wird die Möglichkeit „Fütterungsarzneimittel“ bei der oralen Medikation über das Futter gewählt, öffnet sich ein entsprechender Baum, in dem die wichtigsten Aspekte zu einer korrekten und sicheren Anwendung der Arzneimittel aufgeführt werden (Abbildung 13). Da eine homogene Mischung des Arzneimittels vom Hersteller gewährleistet wird, steht hier der Aspekt der Verschleppung und Umweltkontamination im Vor-

dergrund. Der Tierarzt soll für die möglichen Verschleppungsgefahren, wie z. B. der Verwendung von lediglich einem Silo für medikamentiertes und normales Futter, sensibilisiert werden. Nur so kann er mögliche Risiken erkennen und die Umweltbelastung mit Arzneimitteln minimieren.

⤴
Verabreichung über das Futter

Welche Möglichkeit der oralen Verabreichung über das Futter möchten Sie anwenden?

Topdressing  
 Einmischung der Arzneimittel während des Transports zum Trog  
 Fütterungsarzneimittel

⤴
Fütterungsarzneimittel

Wird der Futterverbrauch der einzelnen Buchtengruppen regelmäßig kontrolliert?	<input type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nein
Werden die Mindestanforderungen an das Tier-, Fressplatzverhältnis sowie die Buchten- und Gruppengröße eingehalten? <span style="font-size: 1em; color: #007bff;">i</span>	<input type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nein
Ist eine ausreichende Wasserversorgung gewährleistet? <span style="font-size: 1em; color: #007bff;">i</span>	<input type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nein
Ist ein eigenes Silo für Fütterungsarzneimittel vorhanden?	<input type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nein
Ist das Silo mit einem Staubauffangbehälter ausgestattet?	<input type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nein
Ist eine einfache Reinigung des Silos möglich und wird diese regelmäßig durchgeführt?	<input type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nein
Geht von dem Silo eine separate Futterleitung zu den einzelnen Buchten ab?	<input type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nein
Sind die Tröge so konzipiert, dass ein Herausfallen des Futters weitestgehend verhindert wird?	<input type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nein
Werden die Tiere auf Einstreu gehalten und/ oder eine Trockenentmistung vorgenommen?	<input type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nein
Ist ein ausreichender Arbeitsschutz des Personals gewährleistet?	<input type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nein

Abbildung 13: Fragen zur Verabreichung von Fütterungsarzneimitteln

Wird bei der Frage nach der Verabreichungsform die Variante über das Tränkwasser gewählt, öffnet sich der entsprechende Baum zur Medikation über das Wasser. Hier werden u. a. Fragen zum Wasserverbrauch, der Wasserherkunft und -qualität, sowie zum Leitungs- und Tränkesystem, dem Dosiergerät und der Stammlösung gestellt (Abbildung 14).

Verabreichungsform  
 Wie möchten Sie das von Ihnen gewählte Arzneimittel verabreichen?  
 Über das Futter  
 Über das Wasser

Medikation über das Wasser

Wird der Wasserverbrauch durch eine Wasseruhr regelmäßig kontrolliert?  Ja  Nein

Ist eine ausreichende Wasserversorgung auch während der Stoßzeiten wie nach der Fütterung für alle Tiere gewährleistet?  Ja  Nein 

Woher stammt das verwendete Wasser?  Öffentliche Wasserversorgung  Betriebseigene Wasserversorgung

Weicht die Wasserqualität von den Richtwerten ab?   Leicht  Stark  Nein  Unbekannt 

Kann das Wasser behandelt werden und falls ja, sind die verwendeten Stoffe für diesen Zweck laut Hersteller geeignet?  Ja  Nein

Kann es zu Wechselwirkungen zwischen dem Arzneimittel und dem verwendeten Desinfektionsmittel kommen?  Ja  Nein

Ist das Material der Wasserleitungen und des Brauchwassertranks korrosionsbeständig, lichtundurchlässig und frostsicher?  Ja  Nein

Befindet sich das Leitungssystem in einem guten Zustand?  Ja  Nein

Erfolgt die Wartung und Reinigung des Wasserleitungssystem regelmäßig?  Ja  Nein 

Besteht das Wasserleitungssystem aus einer Ring- oder Stichelung?  Ringleitung  Stichelung

Kann jede einzelne Bucht mit Arzneimitteln versorgt werden?  Ja  Nein

Ist ein Druckminderer in das Leitungssystem eingebaut?  Ja  Nein

Befinden sich Ablassventile am Ende der Wasserleitung?  Ja  Nein

Befinden sich Rückschlagventile in der Leitung?  Ja  Nein

Wird das Tier-, Tränkeverhältnis von 12 : 1 eingehalten?  Ja  Nein

Verhindert der Tränketyp eine Wasservergeudung und -verschmutzung?  Ja  Nein 

Ist die Höhe und Winkelung der Tränke der Altersgruppe angepasst?  Ja  Nein 

Ist die Durchflussrate der Tränke an die Altersgruppe angepasst?  Ja  Nein 

Ist der Standort der Tränke geeignet und befindet sich beispielsweise nicht im Kotbereich?  Ja  Nein

Werden die Tiere auf Einstreu gehalten und/ oder eine Trockenentmistung vorgenommen?  Ja  Nein

Ist ein ausreichender Arbeitsschutz des Personals gewährleistet?  Ja  Nein

Wird ein Dosierungsgerät zur Applikation der Arzneimittel verwendet?  Ja  Nein

Ist das Arzneimittel für diese Darreichungsform zugelassen?  Ja  Nein

Ist ein abdeckbares, lichtundurchlässiges Extrabehältnis für die Stammlösung vorhanden?  Ja  Nein

Wird die Stammlösung kontinuierlich aufgerührt?  Ja  Nein

Wird die Stammlösung in dem vorgegebenen Zeitraum aufgebraucht?  Ja  Nein

Beeinflusst das Arzneimittel die Schmeckhaftigkeit des Wassers negativ?  Ja  Nein

Wird der Wasserverbrauch während der Therapie kontrolliert?  Ja  Nein

Abbildung 14: Fragen zur Medikation über das Wasser

Hinter einigen Fragen befindet sich ein Informationsicon (Abbildung 14). Über dieses Icon gelangt der Nutzer per Mausklick zum Microsoft Help Viewer, der wichtige Hintergrundinformationen über z. B. den Wasserbedarf der Schweine oder die erforderli-

chen Durchflussraten der Tränken enthält (Abbildung 15). So stehen dem Tierarzt diese Informationen beim Ausfüllen des Fragebogens immer direkt zur Verfügung.

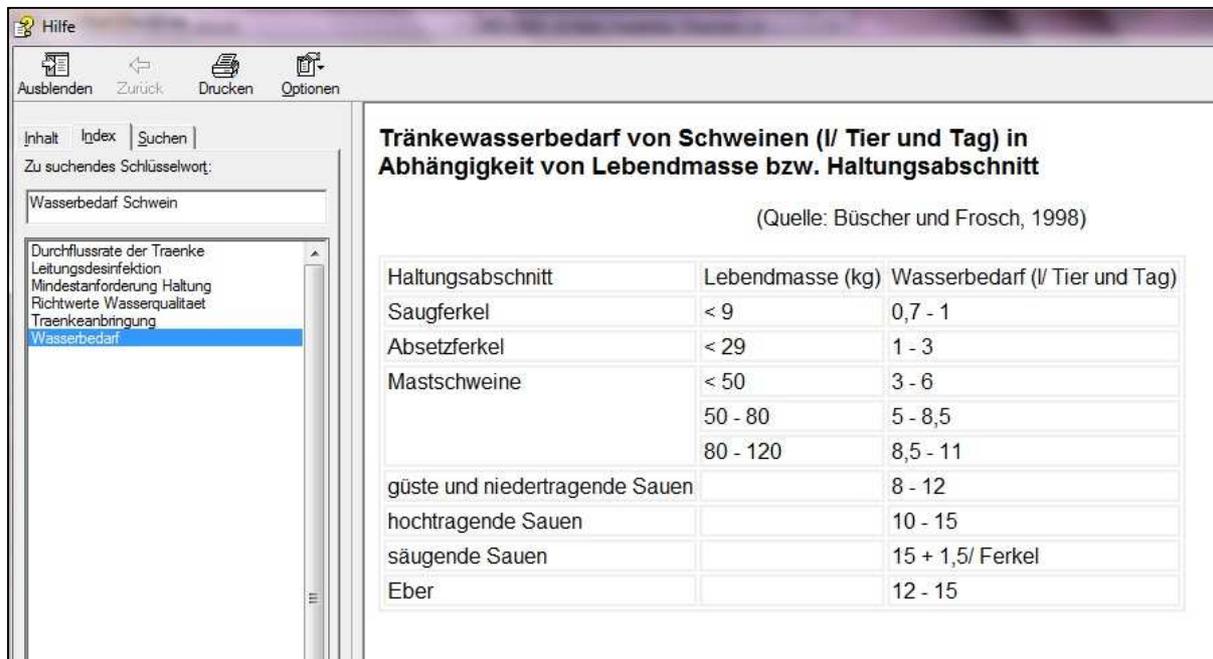


Abbildung 15: Microsoft Help Viewer mit Informationstabellen

Unter der dritten Registerkarte „Auswertung“ befinden sich eine Auflistung der zur gewählten Verabreichungsform gehörigen Fragen und die zugehörige Auswertung. Das Formular ist in drei Spalten unterteilt. In der ersten Spalte stehen die Fragen, in der zweiten die ausgewählte Antwort und in der dritten Spalte eines von fünf verschiedenen Icons (Abbildung 16).

Der Pfeil bedeutet, dass sich ein weiterer Baum bei dieser Frage geöffnet hat und entspricht der grauen Unterlegung einer Frage im Fragebogen. Der Haken symbolisiert die grüne Unterlegung, das Warndreieck die gelbe und das Kreuz die rote Unterlegung. Das Fragezeichen verweist darauf, dass die entsprechende Frage noch nicht beantwortet wurde. Die Hinweistexte zu den Fragen, die so beantwortet wurden, dass bestimmte Aspekte hier beachtet werden müssen oder die die gewünschte Medikation über das Futter ausschließen, werden hier ebenfalls unter den Fragen aufgeführt. Diese Auswertung dient lediglich dem Tierarzt und ist nicht zur Abgabe an den Tierhalter gedacht.

Fragebogen Futterarzneimittel		
Informationen	Fragebogen	Auswertung
		Protokoll
<b>Verbreichungsform</b>		
Wie möchten Sie das von Ihnen gewählte Arzneimittel verabreichen?	Über das Futter	↕
<b>Verbreichung über das Futter</b>		
Welche Möglichkeit der oralen Verabreichung über das Futter möchten Sie anwenden?	Fütterungsarzneimittel	↕
<b>Fütterungsarzneimittel</b>		
Wird der Futterverbrauch der einzelnen Buchtengruppen regelmäßig kontrolliert?	Ja	✓
Werden die Mindestanforderungen an das Tier-, Fressplatzverhältnis sowie die Buchten- und Gruppengröße eingehalten?	Nein	✗
▶ <i>Die Tiere, v.a. die Randniederer, können nicht ausreichend Futter aufnehmen. Die Folge ist eine Unterdosierung des verabreichten Arzneimittels.</i>		
Ist eine ausreichende Wasserversorgung gewährleistet?	Ja	✓
Ist ein eigenes Silo für Fütterungsarzneimittel vorhanden?	Ja	✓
Ist das Silo mit einem Staubauffangbehälter ausgestattet?	Ja	✓
Ist eine einfache Reinigung des Silos möglich und wird diese regelmäßig durchgeführt?	Nein	⚠
▶ <i>Das Risiko der Verschleppung von Arzneimittelresten ist hoch.</i>		
Geht von dem Silo eine separate Futterleitung zu den einzelnen Buchten ab?	Nein	⚠
▶ <i>Es muss sichergestellt sein, dass nur die Tiere der betroffenen Bucht mediziertes Futter erhalten.</i>		
Sind die Tröge so konzipiert, dass ein Herausfallen des Futters weitestgehend verhindert wird?	Ja	✓
Werden die Tiere auf Einstreu gehalten und/ oder eine Trockenentmistung vorgenommen?	Nein	✓
Ist ein ausreichender Arbeitsschutz des Personals gewährleistet?	keine Angabe	?

Abbildung 16: Auswertungsbogen für den Tierarzt

Unter der Registerkarte „Protokoll“ findet man das für den Tierhalter bestimmte Formular. Hier sind zunächst die Anschrift sowie die Daten des Betriebs angeführt. Anschließend werden alle Aspekte aufgelistet, die während der Beantwortung der Fragen gelb unterlegt wurden, und denen der Tierhalter somit größerer Beachtung schenken muss, um eine sichere Medikation über das Futter oder Tränkwasser zu gewährleisten. Des Weiteren muss der Tierhalter bestätigen, dass er die oben genannten Aspekte zur Kenntnis genommen und keine Fragen diesbezüglich hat bzw. alle seine Fragen von dem Tierarzt hinreichend erklärt wurden (Abbildung 17).

Zudem erhält der Tierhalter bei Verwendung eines Dosierers das Merkblatt des BMELV zur Anwendung von oral anzuwendenden Fertigarzneimitteln (OAF) über das Futter bzw. Wasser mit Dosiergeräten (siehe Anhang) (Schallenberg, 2009b, Schallenberg, 2009a). Auch hier muss der Tierhalter bestätigen, dass er die Aspekte des Merkblattes zur Kenntnis genommen hat und alle Unklarheiten durch den Tierarzt beseitigt wurden.

Durch die Unterschriften des Tierhalters auf dem Protokoll bzw. dem Merkblatt hat der Tierarzt die laut § 12 TÄHAV vorgeschriebene Anwendungskontrolle erfüllt.

**Bewertung der Therapiesicherheit bei der Anwendung oral  
anzuwendender Fertigarzneimittel**

**Betrieb**

Herr Müller  
Brückenstr. 1  
12345 Testhausen  
012345/6789  
Stallgebäude: 1

**Tierarzt**

Tierarzt Dr. Demo  
~~Teststr. 1~~  
12345 Testhausen

**Angaben zum Betrieb**

Tierart:           Schwein  
Nutzungsrichtung: Mastbetrieb  
Tierzahl:         1000

Sie haben sich für die Medikation über das Tränkwasser/ Futter entschieden.  
Bei der Analyse Ihrer Wasser-/ Futteranlage ergaben sich folgende Punkte, die Sie bei der  
Arzneimittelapplikation beachten sollten, da diese unter Umständen die Therapie-  
sicherheit negativ beeinflussen können:

- Hier nur alle gelb unterlegten Punkte!

Die oben genannten Hinweise wurden zur Kenntnis genommen und alle aufgetretenen  
Fragen diesbezüglich geklärt.

\_\_\_\_\_  
Datum, Unterschrift, Tierarzt, Praxisstempel

\_\_\_\_\_  
Datum, Unterschrift, Tierhalter

Abbildung 17: Protokoll für den Tierhalter

## 5 Diskussion

### 5.1 Diskussion der Fragestellung

Die Motivation zu der hier behandelten Fragestellung, eine Hilfe für den bestandsbetreuenden Tierarzt zu entwickeln, die ihm bei der Wahl der geeigneten oralen Applikationsart unterstützt, lieferte vor allem § 12 a TÄHAV. Hier wird von dem Tierarzt gefordert, dass dieser sich bei der Arzneimittelabgabe an den Tierhalter zu vergewissern hat, dass die Möglichkeit der ordnungsgemäßen Arzneimittelanwendung gegeben ist (TÄHAV, 2009). Hierbei spielt eine Vielzahl zu beachtender Aspekte eine Rolle, wie z. B. die Matrixstruktur des Futters, das Leitungssystem im Stall, die Wasserqualität und die Löslichkeit des Arzneimittels, um nur eine kleine Auswahl zu nennen (Bleyl, 2004; Bleyl und Klemann, 2009). Auf Grund der großen Anzahl dieser Aspekte kann der Tierarzt dies oft nicht in dem gesetzlich geforderten Maß leisten. Bleyl und Klemann (2007) stellten fest, dass die Futtermedikation nicht dem Stand von Wissenschaft und Technik entspricht. Es wurde die Dosiergenauigkeit der häufig zur Medikation verwendeten Dosiergeräte sowie die Homogenität des medikamentierten Futters in mehreren Betrieben verglichen. Es zeigten sich sowohl bei der Dosiergenauigkeit als auch bei der Homogenität des arzneimittelhaltigen Futters enorme Abweichungen vom Sollwert. In einem Betrieb wurden die pulverförmigen Arzneimittel beispielsweise zu Pellets gemischt, was eine nahezu hundertprozentige Entmischung von Futter und Arzneimittel zur Folge hatte (Bleyl und Klemann, 2009). Die Therapiesicherheit ist unter diesen Umständen nicht zu gewährleisten. Neben der Therapiesicherheit sind allerdings auch Faktoren wie Verschleppung, Rückstandsbildung und Resistenzentwicklung auf Grund mangelnder Sorgfalt mit antimikrobiellen Stoffen nicht außer Acht zu lassen (Bleyl, 2004), da diese direkte Auswirkungen auf den Endverbraucher haben können. Zum einen können antimikrobielle Rückstände im Fleisch und im Boden die Folge sein und zum anderen besteht die Gefahr einer Resistenzbildung gegen auch humanmedizinisch relevante antimikrobielle Substanzen.

Ein weiterer Grund diese Fragestellung zu bearbeiten, stellte die Bedeutung der oral anzuwendenden Fertig Arzneimittel dar, die in den letzten Jahren enorm zugenommen hat. Zum einen wurde durch das Steueränderungsgesetz im Jahre 2001 die Mehrwertsteuer für Fütterungsarzneimittel von 7 % auf 16 % an die der Futtermittel

angeglichen. Zum anderen dürfen laut der 11. Novelle des AMG Fütterungsarzneimittel nur noch durch den Tierarzt verschrieben und von Herstellern von Fertigfütterungsarzneimitteln, die eine Zulassung laut § 13 AMG besitzen, hergestellt werden. Dies führte dazu, dass Fütterungsarzneimittel so gut wie gar nicht mehr eingesetzt werden. Während bei den Fütterungsarzneimitteln der Hersteller die Homogenität und den ausreichend hohen Wirkstoffgehalt der Fütterungsarzneimittel garantieren muss, kommt die Pflicht beim Einsatz oral anzuwendender Fertigarzneimittel nun dem bestandsbetreuenden Tierarzt zu.

Im Hinblick auf diese Fragestellung sollte ein Programm entwickelt werden, das dem Tierarzt eine systematische Vorgehensweise bei der Beurteilung der einzelnen Betriebe ermöglicht und alle wichtigen Aspekte der oralen Medikation über das Futter und/oder Trinkwasser erfasst werden. Ein solches Programm sollte neben der eigentlichen Beurteilung auch Hilfsmittel zur Abwicklung bürokratischer Formalien bereitstellen, um jederzeit nachweisen zu können, dass der Tierarzt seiner Pflicht, die sachgemäße Anwendung der Arzneimittel zu überprüfen, nachgekommen ist und der Landwirt entsprechende Instruktionen erhalten hat.

## **5.2 Diskussion der Ergebnisse**

Im Rahmen dieser Arbeit ist es gelungen, ein EDV-Programm zu entwickeln, das dem Tierarzt eine Hilfestellung bei der Beurteilung eines Schweinebestandes im Hinblick auf die orale Medikation liefert. An Hand dieses EDV-Programmes kann eine Auswertung der für diesen Betrieb am besten geeigneten Applikationsmöglichkeiten der oral anzuwendenden Fertigarzneimittel vorgenommen werden. Als Verabreichungsmöglichkeiten stehen das Wasser oder das Futter, unterteilt in Trocken-, Brei- und Flüssigfütterung, zur Auswahl. Der Betrieb kann auch daraufhin überprüft werden, ob Fütterungsarzneimittel ordnungsgemäß angewendet werden können. Zudem bietet es auch die Möglichkeit der Dokumentation sowie der Einweisung des Landwirtes.

Durch den Aufbau als Checkliste ist der Tierarzt angehalten, bei der Bestandsbesichtigung jeden Punkt der Reihe nach systematisch zu kontrollieren. So wird gewährleistet, dass sich der Tierarzt sehr intensiv mit den Gegebenheiten des Bestands auseinandersetzt und kein wichtiger Punkt ausgelassen wird.

Das Programm weist den Tierarzt mit intuitiver Farbunterlegung der entsprechenden Frage und mit zugehörigen Hinweistexten darauf hin, ob die gewählte Variante in dem untersuchten Bestand sicher durchführbar ist bzw. welche Mängel der Betrieb im Hinblick auf die hier bearbeitete Fragestellung aufweist. So können auf den ersten Blick etwaige Mängel erkannt werden.

Die Kriterien, die eine sichere Arzneimittelanwendung durch die gewünschte Applikationsform ausschließen, stellen Sperrpunkte im Programm dar. Sie werden rot markiert und machen den Tierarzt direkt darauf aufmerksam, dass von einer derartigen Applikation Abstand zu nehmen ist. Es obliegt natürlich weiterhin dem Tierarzt, ob er dies berücksichtigt.

Die Aspekte, die verbessert bzw. beachtet werden müssen und gelb hinterlegt sind, werden zum Schluss in dem Protokoll für den Landwirt aufgelistet, um diesem die Möglichkeit zu geben, die entsprechenden Punkte bei der Medikation zu berücksichtigen. Die Kenntnisnahme sowie das Verständnis dieser Kriterien muss der Landwirt durch eine Unterschrift dokumentieren. Des Weiteren erhält der Landwirt bei Verwendung eines Dosiergerätes das Merkblatt des BMELV (siehe Anhang 1), das ebenfalls unterzeichnet werden muss. So kann der Tierarzt jederzeit nachweisen, dass er der Pflicht, die sichere Anwendung der Arzneimittel überprüft zu haben, nachgekommen ist.

Das vorliegende EDV-Programm lässt sich beständig weiterentwickeln, sobald neue, wichtige Erkenntnisse gewonnen werden, die die orale Medikation betreffen und einen ausschlaggebenden Einfluss auf den sicheren Arzneimitteleinsatz haben. Auch Gesetzesänderungen können so berücksichtigt werden. Die Nachhaltigkeit der Ergebnisse dieser Arbeit ist somit gewährleistet.

Es muss allerdings darauf hingewiesen werden, dass auf Grund der Komplexität der hier behandelten Problematik nicht allen Aspekten Beachtung geschenkt werden konnte. Um die Übersicht sowie die Praktikabilität dieses Programms zu gewährleisten, wurden in erster Linie die wichtigsten Punkte in das Programm eingearbeitet. An dieser Stelle sollen Beispiele genannt werden, die nicht in den Fragenkatalog des Programms aufgenommen wurden, da sie entweder sehr speziell sind oder eine untergeordnete Rolle im Hinblick auf die Therapiesicherheit spielen. Hierbei kann jedoch nicht mit absoluter Sicherheit ausgeschlossen werden, dass eine Anhäufung solcher Aspekte nicht zu Mängeln in der Therapiesicherheit führt.

### Güte der Stammlösung

Außer Acht gelassen wurde z. B. die Frage, ob die Stammlösung unter Einhaltung der pharmazeutischen Grundregeln angesetzt wird. Hier sollte beachtet werden, dass das Arzneimittel zunächst lediglich in einem Teil des Lösungsmittels aufgelöst wird, um anschließend durch Nachfüllen des Lösungsmittels die gewünschte Konzentration zu erreichen (Bleyl, 2004).

### Ursprung des Futters

Auch der Aspekt, ob das Futter aus eigenem Anbau stammt oder als Fertigfuttermittel zugekauft und die Futterqualität regelmäßig überprüft wird, wurde nicht in das Programm aufgenommen. Einfluss kann dieses Kriterium auf die orale Medikation insofern nehmen, als dass Futter aus eigenem Anbau oftmals stärkeren Qualitätsschwankungen unterliegt als Fertigfutter, dessen Qualität durch den Hersteller überprüft wird. Qualitätsschwankungen im Futter können in einer veränderten Futteraufnahme der Tiere resultieren, sodass es gegebenenfalls zu einer Unter- oder Überdosierung des zugesetzten Arzneimittels kommen kann (Pózvári, 1985).

### Technik und Futterzusammensetzung

Als Beispiel für ein für diesen Rahmen zu spezielles Kriterium soll hier das Zusammenwirken von einer Doppelkolbenverdrängerpumpe und Roggen angeführt werden. Enthält das Futter einen hohen Roggenanteil, kann dies dazu führen, dass es durch die Doppelkolbenverdrängerpumpe zu einer starken Aufschäumung des Futters kommt. Die Folge ist eine Stagnation des Futtertransportes, sodass das Arzneimittel ggfs. nicht ordnungsgemäß zudosiert werden kann. Daraus kann eine Fehldosierung des Wirkstoffes resultieren und die Therapiesicherheit kann nicht gewährleistet werden (ISN, 2003).

## **5.3 Schlussbetrachtung und weitere Fragestellungen**

Zusammenfassend liefert das entwickelte EDV-Programm eine valide Entscheidungshilfe für den Tierarzt im Hinblick auf die orale Medikation. Er wird für diese Problematik sensibilisiert und kann den Betrieb anhand der Checkliste systematisch analysieren und beurteilen. So kann zum einen ein schnellerer Therapieerfolg und

eine höhere Therapiesicherheit gewährleistet werden. Zum anderen werden sinnlose Arzneimitteleinsätze, wie z. B. die Zumischung eines Arzneimittelpulvers zu pelletiertem Futter verhindert. Dieses Vorgehen entspricht auch den „Leitlinien für den sorgfältigen Umgang mit antibakteriell wirksamen Tierarzneimitteln“, die einen unnötigen Einsatz antimikrobiell wirksamer Substanzen unterbinden sollen. Eine Reduktion des Einsatzes derartiger Arzneimittel führt zu verringerter Rückstandsproblematik in Tier, Lebensmittel und Umwelt, sowie zu einem geringeren Risiko der Resistenzbildung.

An dieser Stelle soll noch erwähnt werden, dass während der Entwicklung des EDV-Programms bereits einige Fragen auftraten, die ohne weitere Studien nur unzulänglich zu beantworten sind und die in zukünftigen Programmversionen mit einzubringen sind. Wie soll sich der Tierarzt beispielsweise entscheiden, wenn keine der oralen Applikationsformen für den untersuchten Betrieb geeignet ist. Eine Einzeltierbehandlung ist zum einen zu zeitintensiv und in der Praxis, v. a. in sehr großen Betrieben mit mehreren tausend Tieren, meist nicht durchführbar und zum anderen mit einer enormen Belastung für die stressempfindlichen Schweine verbunden. Wäre es in diesem Fall ratsam auf die Variante der Fütterungsarzneimittel auszuweichen? Dies hat einen zum Teil erheblich verzögerten Therapiebeginn zur Folge, da es in Deutschland nur noch wenige zugelassene Herstellungsbetriebe für Fütterungsarzneimittel gibt und somit die Transportwege oft sehr lang sind. Ein verzögerter Therapiebeginn kann allerdings bedeuten, dass sich weitere Tiere des Bestandes infizieren, die Tiere länger an der Krankheit leiden oder gar versterben. Würde dies nicht gegen das Tierschutzgesetz verstoßen? Oder muss in diesem Fall die Verbrauchersicherheit über das Wohlbefinden der Tiere gestellt werden? Was ist mit den wirtschaftlichen Folgen für den Landwirt?

Diese Überlegungen zeigen, dass es für den Tierarzt sehr schwer sein kann, hier eine richtige Entscheidung zu treffen, die medizinisch und gesetzlich korrekt ist. Weitere Studien zur Anwendung oral anzuwendender Fertigarzneimittel scheinen notwendig, ebenso wie eine Weiterentwicklung der Möglichkeiten der Medikation von Tiergruppen.

## 6 Zusammenfassung

Durch den § 12 a TÄHAV wird von dem Tierarzt gefordert, sich bei der Arzneimittelabgabe an den Tierhalter zu vergewissern, dass die Möglichkeit der ordnungsgemäßen Arzneimittelanwendung gegeben ist. Die Therapiesicherheit oral anzuwendender Fertigarzneimittel, deren Einsatz in den letzten Jahren enorm zugenommen hat, ist allerdings von sehr vielen Faktoren abhängig, wie z. B. von der Matrixstruktur des Futters, der Wasserqualität, der Tränke oder deren Durchflussrate. Der Tierarzt kann dies oftmals nicht vollständig überblicken und alle Faktoren berücksichtigen. Aus diesem Grund kam die Fragestellung auf, ein EDV-Programm zu entwickeln, welches dem bestandsbetreuenden Tierarzt als Hilfestellung bei der Überprüfung der Medikation dient. Unter Verwendung der Programmiersprache C# wurde im Rahmen dieser Arbeit ein EVD-Programm entwickelt, welches eben diese Anforderung erfüllen soll.

Das Programm besteht aus vier Unterpunkten: der Halterinformation, dem Fragebogen, der Auswertung und dem Protokoll. In der Halterinformation werden alle Angaben zu dem Betrieb gespeichert. Der Fragebogen entspricht im Aufbau einer Checkliste. Die wichtigsten Punkte, die die orale Medikation über das Futter oder Tränkwasser betreffen, können der Reihe nach bei der Bestandsbegehung abgearbeitet werden. Durch intuitive graphische Ausgabe wird sofort angezeigt, ob der soeben bearbeitete Aspekt in dem betreffenden Bestand negative Auswirkungen auf die Therapiesicherheit hat. Eine entsprechende Erklärung wird ebenfalls stets geliefert. Des Weiteren liefert das Programm auch Informationen über wichtige Einflussgrößen auf die Therapiesicherheit, wie z. B. die Durchflussrate der Tränke oder Empfehlungen für die Leitungsreinigung. Das Protokoll fasst alle Fragen mit der jeweils gewählten Antwort zusammen und dient dem Tierarzt somit als Überblick. Die Auswertung dient als Dokumentation und Informationsblatt für den Tierhalter. Hier werden alle Punkte aufgelistet, die zu einer eingeschränkten Therapiesicherheit führen können. Der Tierhalter muss diese Auswertung unterzeichnen und bestätigt zugleich, dass er von dem Tierarzt über die Mängel und Verbesserungsmöglichkeiten in seinem Bestand im Hinblick auf die orale Medikation aufgeklärt wurde. Somit wird durch das Programm auch die Dokumentationspflicht des Tierarztes erfüllt.

Dieses Programm soll sowohl Tierarzt als auch Tierhalter für die Problematik der oral anzuwendenden Fertigarzneimittel sensibilisieren und die Therapiesicherheit und somit auch den Verbraucherschutz verbessern.

## 7 Summary

During the past decade, a strong increase of orally applied drug treatments was reported. According to § 12a TÄHAV, the responsibility to ensure safety regulations falls to the veterinarian. Treatment safety of orally applied drugs depends on a wide range of influences such as the matrix structure of the feeding stuffs, water quality, drinking troughs and their throughput rates. The interplay between all these effects may be complex and difficult to evaluate correctly. In order to assist the veterinarian, an EDV-program was developed using the programming language C#.

The program may be separated into four parts: the stockholder information, the questionnaire, the evaluation and the record. The stockholder information holds all the data about the livestock. The questionnaire is structured as a checklist. Going through this checklist, central aspects of oral treatment through water and feed are analyzed. An intuitive graphic design clearly highlights negative influences on the treatment safety and provides additional explanations on the reasons why the respective choice may be unsuitable. Further, the program provides additional information on various important parameters which may affect the treatment safety such as the throughput rates of drinking troughs or the recommendations on cleaning procedures. The record summarizes all questions with the respective answers. The evaluation serves as documentation and information for the livestock owner. All aspects concerning a reduced treatment safety are listed and the owner needs to declare that he was informed about them and that the veterinarian provided detailed information. Therefore, the program also assists the veterinarian in his duty of documentation.

The program developed will sensitize veterinarian and livestock owner to the complex field of orally applied medications and, therefore, increase the treatment safety and the consumer protection.

## 8 Anhang

### 8.1 Merkblätter zur Anwendung von oral anzuwendenden Fertigarzneimittel über das Futter oder Wasser mit Dosiergeräten

#### 8.1.1 Merkblatt für den Tierhalter zur Anwendung von oral anzuwendenden Fertigarzneimitteln (OAF) über das Futter mit Dosiergeräten (Schallenberg, 2009b)

### Merkblatt

für den Tierhalter zur Anwendung von oral anzuwendenden Fertigarzneimitteln (OAF) über das Futter mit Dosiergeräten

**Allgemeines:** Mit Hilfe des Dosiergerätes soll die vom Tierarzt nach der Formel: „(mg Wirkstoff/kg KGW) x kg KGW x Tierzahl“ und der Konzentration des Fertigarzneimittels ermittelte Arzneimittelmenge dem täglichen Futter zudosiert werden.

#### Anwendungshinweise

1. Das Dosiergerät muss technisch einwandfrei funktionieren und in der Lage sein, dem täglichen Futterbedarf die Tagesdosis für die zu behandelnde Gruppe zuzudosieren. Die Eignung der Anlage für den Verwendungszweck ist durch den Tierhalter sicherzustellen. Geräte, die nach DIN geprüft wurden, gewährleisten ein hohes Maß an Sicherheit bei der Eindosierung in das Futter.
2. Das Gerät ist entsprechend den Herstellerhinweisen zu warten und zu kalibrieren.
3. Vor der Behandlung muss das Gerät auf seine Funktionsfähigkeit überprüft werden.
4. Das Gerät soll möglichst nahe an der zu behandelnden Tiergruppe installiert sein.
5. Die exakte Zudosierung durch das Gerät muss entsprechend der Bedienungsanleitung überprüft werden.
6. Die Ersteinstellung des Gerätes bei Inbetriebnahme sollte gemeinsam mit dem behandelnden Tierarzt durchgeführt werden.

7. Zur Vermeidung nachteiliger Auswirkungen auf den Anwender durch Staubentwicklung des Arzneimittels sollten Mund- und Nasenschutz sowie Handschuhe getragen werden.
8. Die Fördereinrichtungen müssen sich in gutem technischem Zustand befinden, um eine exakte Förderung zu gewährleisten.
9. Die Fördereinrichtung und die Futtertröge inkl. der Vorratsbehälter müssen vor Beginn der Behandlung leer sein, um ein Verschneiden bzw. Verdünnen mit nicht mediziertem Futter zu vermeiden.
10. Die Anwendung von Trockendosierern ist nur bei geschrotetem Futter zulässig. Eine zuverlässige Vermischung und Dosierung von Arzneimitteln mit pelletiertem Futter ist nicht möglich.
11. Es ist darauf zu achten, dass die medizierte Tagesfuttermenge entsprechend den Anwendungshinweisen in der Gebrauchsinformation, spätestens jedoch innerhalb von 24 Stunden aufgenommen wird. Die eingesetzte Futtertagesration ist dem täglichen Futterverzehr anzupassen.
12. Während der Behandlung sind die Tiergruppe/der Tierbestand und die Dosiereinrichtung in angemessenen Abständen zu kontrollieren.
13. Kranke Tiere mit gestörter Futteraufnahme müssen nach tierärztlicher Anweisung behandelt und gekennzeichnet werden.
14. Bei ausbleibender Besserung der Symptomatik oder Abweichungen von dem zu erwartenden Krankheitsverlauf ist sofort der behandelnde Tierarzt zu informieren.
15. Nach der Behandlung sind das Dosiergerät und das gesamte Futersystem vollständig zu entleeren und zu reinigen.
16. Die Wartezeit beginnt erst danach.

**(Praxisstempel)**

Name

Straße

Ort

**Anwendungshinweise gemäß Merkblatt erläutert:**

---

Datum Tierarzt/in	Name Tierarzt/in	Unterschrift
----------------------	------------------	--------------

**Anwendungshinweise gemäß Merkblatt erhalten. Es bestehen keine Unklarheiten hinsichtlich der Umsetzung im Betrieb:**

---

Datum Tierhalter/in	Name Tierhalter/in	Unterschrift
------------------------	--------------------	--------------

---

Straße, Hausnummer	PLZ, Ort
--------------------	----------

### 8.1.2 Merkblatt für den Tierhalter zur Anwendung von oral anzuwendenden Fertigarzneimitteln (OAF) über das Wasser mit Dosiergeräten (Schallenberg, 2009a)

#### Merkblatt

für den Tierhalter zur Anwendung von oral anzuwendenden Fertigarzneimitteln (OAF) über das Wasser mit Dosiergeräten

**Allgemeines:** Mit Hilfe des Dosiergerätes soll die vom Tierarzt nach der Formel: „mg Wirkstoff/kg KGW) x kg KGW x Tierzahl“ und der Konzentration des Fertigarzneimittels ermittelte Arzneimittelmenge dem täglichen Wasser zudosiert werden.

#### Anwendungshinweise

1. Das Dosiergerät muss technisch einwandfrei funktionieren und in der Lage sein, dem täglichen Futterbedarf die Tagesdosis für die zu behandelnde Gruppe zuzudosieren. Die Eignung der Anlage für den Verwendungszweck ist durch den Tierhalter sicherzustellen. Geräte, die nach DIN geprüft wurden, gewährleisten ein hohes Maß an Sicherheit bei der Eindosierung in das medikierte Wasser.
2. Das Gerät ist entsprechend den Herstellerhinweisen zu warten und zu kalibrieren.
3. Vor der Behandlung muss das Gerät auf seine Funktionsfähigkeit überprüft werden.
4. Das Gerät soll möglichst nahe an der zu behandelnden Tiergruppe installiert sein.
5. Die exakte Zudosierung durch das Gerät muss entsprechend der Bedienungsanleitung überprüft werden.
6. Die Ersteinstellung des Gerätes bei Inbetriebnahme sollte gemeinsam mit dem behandelnden Tierarzt durchgeführt werden.
7. Zur Vermeidung nachteiliger Auswirkungen auf den Anwender durch Staubeentwicklung des Arzneimittels sollten Mund- und Nasenschutz sowie Handschuhe getragen werden.
8. Die Angaben zur Löslichkeit/ Suspendierbarkeit des OAF (angegeben in mg/ml) müssen beachtet werden. Die Lösung muss regelmäßig frisch ange-

setzt werden, wie in den Zulassungsbedingungen angegeben. Die Abstände betragen teilweise nur wenige Stunden

9. Die Wasserleitungen müssen so dimensioniert und installiert sein, dass durch eine ausreichende Fließgeschwindigkeit und dementsprechend verlegte Rohre keine Ablagerungen entstehen.
10. Entsprechend den Grundsätzen der Trinkwasserhygiene müssen vor Beginn der Behandlung die Wasserleitungen gespült und desinfiziert werden, um evtl. Ablagerungen, die die Arzneimittelwirkung beeinträchtigen können, zu entfernen.
11. Eine Behandlung über das Wasser ist nur zulässig bei Tränkeeinrichtungen, bei denen sichergestellt ist, dass das Wasser annähernd vollständig aufgenommen wird.
12. Es ist darauf zu achten, dass die medikierte Tageswassermenge auch innerhalb von 24 Stunden aufgenommen wird, ggf. ist die eingesetzte Wassermenge dem täglichen Wasserverbrauch anzupassen.
13. Während der Behandlung sind die Tiergruppe/der Tierbestand und die Dosiereinrichtung in angemessenen Abständen zu kontrollieren.
14. Kranke Tiere mit gestörter Wasseraufnahme müssen nach tierärztlicher Anweisung behandelt und gekennzeichnet werden.
15. Bei ausbleibender Besserung der Symptomatik oder Abweichungen von dem zu erwartenden Krankheitsverlauf ist sofort der behandelnde Tierarzt zu informieren.
16. Nach der Behandlung ist das Dosiergerät und die gesamte Tränkeeinrichtung vollständig zu entleeren und zu reinigen.
17. Die Wartezeit beginnt erst danach.

**(Praxisstempel)**

Name

Straße

Ort

**Anwendungshinweise gemäß Merkblatt erläutert:**

---

Datum Tierarzt/in	Name Tierarzt/in	Unterschrift
----------------------	------------------	--------------

**Anwendungshinweise gemäß Merkblatt erhalten. Es bestehen keine Unklarheiten hinsichtlich der Umsetzung im Betrieb:**

---

Datum Tierhalter/in	Name Tierhalter/in	Unterschrift
------------------------	--------------------	--------------

---

Straße, Hausnummer

PLZ, Ort

## **8.2 CD mit EDV-Programm Checkliste „orale Verabreichung von Tierarzneimitteln“ Version x.06 (unbranded)**

Aus urheberrechtlichen Gründen kann das Programm nicht veröffentlicht werden. Bei Interesse wenden Sie sich bitte an die Autorin.

## 9 Literaturverzeichnis

Ahrens, F. (2003): Wirkung, Permeation und Katabolismus von Histamin an isolierten Darmepithelien des Schweins. Dissertation. Universität Leipzig. Leipzig.

Ambrose, P. G.; Owens, R. C.; Grasela, D. (2000): Antimicrobial pharmacodynamics. *The Medical clinics of North America* 84 (6), S. 1431–1446.

Anonymus (2001): Fütterungsarzneimittel in der Diskussion. *Krafftutter* (12), S. 450.

Anonymus (2004): Mehr Ferkel durch höhere Zunahmen. *Tiergesundheit und mehr* (3), S. 6–7.

Anonymus (2007a): Schlecht zu Fuß, langsam am Trog. *Tiergesundheit und mehr* (3), S. 11.

Anonymus (2007b): Wasserhärte, URL: <http://lexikon.wasser.de/index.pl?job=te&begriff=Wasserh%E4rte> (26.9.2012).

Anonymus (2010): Außen hui, aber innen pfui!, URL: <http://dlz.agrarheute.com/aussen-hui-innen-pfui> (04.05.2011).

Aumann, K. (2006): Bedeutung, Vorteile und Einsatzbereiche der Flüssigfütterung. *Nutztierpraxis aktuell* (16), S. 54–60.

Aumann, K. (2007): Hygiene in der Flüssigfütterung. *Nutztierpraxis aktuell* (23), S. 18–27.

Banhazi, T.; Aarnink, A.; Thuy, H.; Pedersen, S.; Hartung, J.; Maltz, E.; Payne, H.; Mullan, B.; Berckmans, D. (2007): Issues related to livestock housing under hot climatic conditions including the animals' response to high temperatures, In: CIGR Workshop "Animal Housing in Hot Climate", Cairo, Egypt, April 1-4, S. 4–24.

Barbari, M.; Bianchi, M. (2007): Behavioral changes related to air temperature in sows kept in different housing conditions, In: CIGR Workshop "Animal Housing in Hot Climate", Cairo, Egypt, April 1-4, 2007, S. 25–29.

Bauer, W. (1994): Zusammenhang von Tierverhalten und Stallluftzustand. Tierärztliche Umschau 49 (1), S. 38–42.

Beck, J. (1989): Dosiergenauigkeit vollautomatischer Flüssigfütterungsanlagen. Dissertation. Christian-Albrechts-Universität, Kiel.

Bergeron, R. (1995): Environmental, genetic and nutritional factors involved in the development of stereotypic behaviors in stalled pigs. Ph. D. Thesis. University of Illinois, Illinois.

Bundes/Länder-Arbeitsgemeinschaft Chemikaliensicherheit (2003): Arzneimittel in der Umwelt - Auswertung der Untersuchungsergebnisse, URL: <http://www.blac.de/servlet/is/2146/P-2c.pdf> (02.10.2012).

Black, J.; Mullan, B.; Lorsch, M.; Giles, L. (1993): Lactation in the sow during heat stress. Livestock Production Science 35, S. 153–170.

Bleyl, D. (2002): Herstellung von Fütterungsarzneimittel nach pharmazeutischen Grundsätzen. Amtstierärztlicher Dienst und Lebensmittelkontrolle 9 (3), S. 237–241.

Bleyl, D. (2004): Einsatz der Tränkwassermedikation: Vorteile und Risiken. Amtstierärztlicher Dienst und Lebensmittelkontrolle 11 (1), S. 47–52.

Bleyl, D.; Bosshammer, K. (2007): Neue Wege der oralen Medikation - orale Pulver und fahrbare Mahl- und Mischanlagen im Vormarsch. Amtstierärztlicher Dienst und Lebensmittelkontrolle 14 (3), S. 201–206.

Bleyl, D.; Klemann, A. (2007): Orale Arzneimittelapplikation - Entspricht der Einsatz von Dosierern dem Stand der veterinärmedizinischen Wissenschaft und Technik? Amtstierärztlicher Dienst und Lebensmittelkontrolle 14 (1), S. 42–49.

Bleyl, D.; Klemann, A. (2009): Futtermedikation vor Ort entspricht nicht dem Stand von Wissenschaft und Technik. Amtstierärztlicher Dienst und Lebensmittelkontrolle 16 (1), S. 49–62.

Böhm, R. (2000): Mikrobielle Kontamination in Trink- und Tränkwasser. Deutsche Tierärztliche Wochenschrift 107 (8), S. 305–310.

Boxberger, J. (1981): Flüssigfütterungsanlagen für Mastschweine. Landtechnik 36 (7/8), S. 329–332.

Boxberger, J. (1986): Verhaltensangepasste Trinkwasserversorgung von Rindern und Schweinen. Deutsche Tierärztliche Wochenschrift 93 (7), S. 286–289.

Boxberger, J. (1987): Anforderungen an Flüssigfütterungsanlagen. Lohmann Information März/April.

Boxberger, J.; Schübel, F.; Langenegger, G. (1983): Wie genau dosieren Flüssigfütterungsanlagen mit automatischer Zuteilung?. top agrar (3), S. 31–33.

Bremermann, B. (2003): Futteraufnahme wachsender Schweine - eine Literaturübersicht. Masterarbeit. Georg-August Universität, Göttingen.

Broll, S.; Kietzmann, M.; Bettin, U.; Kreienbrock, L. (2002): Zum Einsatz von Fütterungsarzneimitteln in der Tierhaltung in Schleswig-Holstein. Tierärztliche Praxis (30 (G)), S. 357–361.

Broll, S.; Kietzmann, M.; Bettin, U.; Kreienbrock L. (2004): Zum Einsatz von Aminoglykosiden, Colistin und  $\beta$ -Laktam-Antibiotika in Fütterungsarzneimitteln für

Schweine in Schleswig-Holstein. Berliner und Münchener Tierärztliche Wochenschrift 117 (09/10), S. 398–403.

Brooks, P.H.; Russel, S.J.; Carpenter, J.L. (1984): Water intake of weaned piglets from three to seven weeks old. Veterinary Record 115, S. 513–515.

Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2013): BMELV-Pressemitteilungen - Einsatz von Antibiotika in der Tierhaltung soll in Deutschland deutlich reduziert werden, URL: [http://www.bmelv.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/2013/070-Bundestag\\_AMGNovelle.html](http://www.bmelv.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/2013/070-Bundestag_AMGNovelle.html) (03.04.2013).

Bundesministerium für Gesundheit (2011): Deutsche Antibiotika-Resistenzstrategie, Berlin.

Bundesministerium für Jugend, Familie und Gesundheit (2009): "Verordnung über tierärztliche Hausapotheken in der Fassung der Bekanntmachung vom 8. Juli 2009", TÄHAV, BGBl. I, S. 1760.

Bundestierärztekammer und Arbeitsgemeinschaft der leitenden Veterinärbeamten (2010): Leitlinien für den sorgfältigen Umgang mit antibakteriell wirksamen Tierarzneimitteln.

Bunge, J. (2000): Schlechte Noten für die Wasserqualität. top agrar 29 (8), S. 4–7.

Büscher, W.; Rudovsky, A.; Marks, M.; Häuser, S.; Hesse, D. (2008): DLG-Merkblatt 351: Tränketchnik für Schweine, URL: [http://www.dlg.org/fileadmin/downloads/merkblaetter/dlg-merkblatt\\_351.pdf](http://www.dlg.org/fileadmin/downloads/merkblaetter/dlg-merkblatt_351.pdf) (18.04.2011).

Christian, T. (2004): Antibiotika in Oberflächengewässern Nordrhein-Westfalens: Herkunft, Eintrag, Verbleib und Relevanz. Dissertation. Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn.

Christian, T.; Schneider, R.; Goldbach, H. (2006): Untersuchungen zum Eintrag von Antibiotika und natürlichen endokrinen Disruptoren nach Gülleausbringung in Gewässer Nordrhein-Westfalens. Schriftenreihe des Lehr- Und Forschungsschwerpunktes USL, Nr. 131. Landwirtschaftliche Fakultät. Universität Bonn.

Clar, U.; Bokelmann, H. (2006): Flüssigfütterung: Oft hapert es an der Hygiene. *top agrar* 35 (4), S. 16.

Coenen, M. (1998): Charakterisierung von Futterproben aus Flüssigfütterungsanlagen für Schweine. *Der praktische Tierarzt* 79 (2), S. 165–166.

Craig, W. A. (1995): Interrelationship between pharmacokinetics and pharmacodynamics in determining dosage regimens for broad-spectrum cephalosporins. *Diagnostic Microbiology and Infectious Disease* 22 (1–2), S. 89–96.

Craig, W. A. (1998): State-of-the-Art Clinical Article: Pharmacokinetic/ pharmacodynamic parameters: Rationale for antibacterial dosing of mice and men. *Clinical Infectious Diseases* 26 (1), S. 1–10.

DAZ.online (2012): Dispensierrecht: Veterinären droht Verlust der Verkaufserlaubnis von Arzneien, URL: <http://www.deutsche-apotheker-zeitung.de/politik/news/2012/01/20/veterinaeren-droht-verlust-der-verkaufserlaubnis-von-arzneien/6285.html> (13.07.2012).

Deutsche Arzneibuch-Kommission (2012): Deutsches Arzneibuch, DAB, 10. Aufl., Deutscher Apotheker Verlag.

Deutscher Bundestag (2009): "Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 22. August 2006 (BGBl. I S. 2043), die durch Artikel 1 der Verordnung vom 1. Oktober 2009 (BGBl. I S. 3223) geändert worden ist", TierSchNutzVO.

Deutscher Bundestag (2011): "Futtermittelverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 24. Mai 2007 (BGBl. I S. 770), die zuletzt durch Artikel 1 der Verordnung vom 20. Dezember 2010 (eBAAnz 2010 AT135 V1) geändert worden ist".

Deutscher Bundestag (2012): „Lebensmittel- und Futtermittelgesetzbuch in der Fassung der Bekanntmachung vom 22. August 2011 (BGBl. I S. 1770), das zuletzt durch Artikel 1 der Verordnung vom 3. August 2012 (BGBl. I S. 1708) geändert worden ist.“, LFGB.

Deutscher Bundestag (2011): „Trinkwasserverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 28. November 2011 (BGBl. I S. 2370), die durch Artikel 2 Absatz 19 des Gesetzes vom 22. Dezember 2011 (BGBl. I S. 3044) geändert worden ist“, TrinkWV.

Deutscher Bundestag (2013): "Arzneimittelgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 12. Dezember 2005 (BGBl. I S. 3394), das durch Artikel 4 des Gesetzes vom 21. März 2013 (BGBl. I S. 566) geändert worden ist", AMG.

DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (2010): DIN 10529-1: Dosiersysteme für die orale Verabreichung von pulverförmigen oder flüssigen Fertigarzneimitteln bei Nutztieren – Teil 1: Dosiersysteme für pulverförmige Fertigarzneimittel zur Verabreichung über mehlförmiges Futter.

DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (2012): DIN 10529-2: Dosiersysteme für die orale Verabreichung von pulverförmigen oder flüssigen Fertigarzneimitteln bei Nutztieren - Teil 2: Dosiersysteme für Fertigarzneimittel zur Verabreichung über das Trinkwasser.

Drochner, W. (1990): Intestinal failure of fermentation syndrome in pigs given liquid feed containing easily fermentable ingredients. Deutsche Tierärztliche Wochenschrift 97 (12), S. 535–537.

Drochner, W.; Werner, J.; Steffens, W.; Böhm, K.H. (1984): Misch- und Hygieneprobleme in Flüssigfütterungsanlagen für Schweine. *Krafftfutter* 65 (11), S. 392–398.

Ebert, S. C.; Craig, W. A. (1990): Pharmacodynamic properties of antibiotics: application to drug monitoring and dosage regimen design. *Infection control and hospital epidemiology: the official journal of the Society of Hospital Epidemiologists of America* 11 (6), S. 319–326.

Eichelbaum, M.; Schwab, M. (2009): Arzneistoffkonzentration im Organismus in Abhängigkeit von der Zeit : Pharmakokinetik im engeren Sinne. In: Aktories, K.; Förstermann, U.; Hofmann, F.B.; Starke, K. (Hrsg) (2001): *Allgemeine und spezielle Pharmakologie und Toxikologie*, 10. Aufl., Urban & Fischer Verlag, S. 65–78.

Eller, F. (2010): *Visual C# 2010*, 1. Aufl., Addison-Wesley Verlag.

Elliott, C. T.; McCaughey, W. J.; Crooks, S. R.; McEvoy, J. D. (1994): Effects of short term exposure of unmedicated pigs to sulphadimidine contaminated housing. *Veterinary Record* 134 (17), S. 450–451.

Engels, H. (2004): Verhalten von ausgewählten Tetrazyklinen und Sulfonamiden in Wirtschaftsdünger und in Böden. Dissertation. Georg-August Universität, Göttingen.

Europäische Kommission (2001): DG (SANCO)/3267/2001: Auszug aus dem Bericht über einen Kontrollbesuch des Lebensmittel- und Veterinärämtes in Deutschland vom 7. bis 18. Mai 2001 zwecks Bewertung der Kontrollen von Rückständen in lebenden Tieren und tierischen Erzeugnissen, URL: [http://ec.europa.eu/food/fs/inspections/vi/reports/germany/vi\\_rep\\_germ\\_3267-2001\\_de.pdf](http://ec.europa.eu/food/fs/inspections/vi/reports/germany/vi_rep_germ_3267-2001_de.pdf) (13.04.2012).

Europäische Parlament und Rat der Europäischen Union (2002): Richtlinie 2002/32/EG des europäischen Parlaments und des Rates vom 7. Mai 2002 über unerwünschte Stoffe in der Tierernährung.

Europäische Parlament und der Rat der Europäischen Union (2005): Verordnung (EG) Nr. 1831/2003 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 12. Januar 2005 mit Vorschriften für die Futtermittelhygiene.

Europäische Parlament und der Rat der Europäischen Union (2009): Verordnung (EG) Nr. 767/2009 des Europäischen Parlamentes und des Rates vom 13. Juli 2009 über das Inverkehrbringen und die Verwendung von Futtermitteln, zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1831/2003 des Europäischen Parlaments und des Rates und zur Aufhebung der Richtlinien 79/373/EWG des Rates, 80/511/EWG der Kommission, 82/471/EWG des Rates, 83/228/EWG des Rates, 93/74/EWG des Rates, 93/113/EG des Rates und 96/25/EG des Rates und der Entscheidung 2004/217/EG der Kommission.

Europarat (2011): Europäisches Arzneimittelbuch. Ph. Eur.

European Medicines Agency (1999): Environmental risk assessment for veterinary medicinal products other than GMO containing and immunological products.

Flemming, H.-C.; Wingender, J. (2010): Proteine und Nukleinsäuren als Bestandteile von Trinkwasserbiofilmen, URL: [http://www.uni-due.de/biofilm-centre/mikro\\_projekte\\_epstwbf.shtml](http://www.uni-due.de/biofilm-centre/mikro_projekte_epstwbf.shtml) (14.07.2011).

Franke, W.; Loebstin, C. (2003): Beim Wasser auf den Durchfluss achten. dlz agrarmagazin (2), S. 132–135.

Fraser, D.; Phillips, P. A.; Thompson, B.K.; Peeters Weem, W. B. (1988): Use of water by piglets in the first days after birth. Canadian Journal of Animal Science 68, S. 603–610.

Gedek, B. (1985): Toxine, insbesondere Mykotoxine, in Futtermitteln. Deutsche Tierärztliche Wochenschrift 92 (6), S. 215–218.

Geller, G. (1986): Probleme der Arzneimittelverabfolgung über das Tränkwasser beim Schwein. Deutsche Tierärztliche Wochenschrift 93 (7), S. 303–305.

Gill, B.; Barber, J. (1990): Water delivery systems for growing pigs. Farm Building Progress 102, S. 19–22.

Gonyou, H. (1996): Water use and drinker management - a review, Saskatoon, Saskatchewan.

Haas, L.; Kaaden, O.-R. (1985): Kontaminierende Viren in Futtermitteln. Deutsche Tierärztliche Wochenschrift 92 (6), S. 212–215.

Hagsten, I.; Perry, T. (1976): Evaluation of dietary salt levels for swine. I. Effect on gain, water consumption and efficiency of feed conversion. Journal of Animal Science 42 (5), S. 1187–1190.

Haidn, B.; Hesse, D.; Büscher, W.; Brehme, U.; Karrer, M. (2003): Merkblatt 319 - Frostsichere Wasserversorgung von Schweinen in Außenklimaställen, URL: [http://www.dlg.org/fileadmin/downloads/merkblaetter/dlg-merkblatt\\_319.pdf](http://www.dlg.org/fileadmin/downloads/merkblaetter/dlg-merkblatt_319.pdf) (18.04.2011).

Halász, A.; Baráth, Á.; Simon-Sarkadi, L.; Holzapfel, W. (1994): Biogenic amines and their production by microorganisms in food. Trends in Food Science & Technology 5 (2), S. 42–49.

Hallig-Sørensen, B. (2001): Inhibition of aerobic growth and nitrification of bacteria in sewage sludge by antibacterial agents. Archives of Environmental Contamination and Toxicology 40, S. 451–460.

Hamscher, G.; Sczesny, S.; Höpner, H.; Nau, H. (2000): Tetracyclin- und Chlortetracyclinrückstände in güllegedüngten Böden. DVG, S. 134–139.

Hapke, H.-J. (2000): Einfluss des Tränkwassers auf die Tiergesundheit: Toxikologisch bedingte Risiken. Deutsche Tierärztliche Wochenschrift 107 (8), S. 335–336.

Hartung, J. (2000): Vorgaben zur Kontrolle der Wasserversorgung in Tierhaltungsbetrieben. Deutsche Tierärztliche Wochenschrift 107 (8), S. 302–304.

Hartung, J.; Kamphues, J. (2000): Benötigen wir eine Tränkwasserverordnung? Empfehlungen zur Wasserversorgung von Nutz- und Liebhabertieren. Deutsche Tierärztliche Wochenschrift 107 (8), S. 343–345.

Hellwig, E.-G. (2003): Änderung des deutschen Arzneimittelgesetzes. Krafffutter (1 - 2), S. 15.

Hesse, D. (2001): Neue Fütterungstechniken in der Schweinehaltung, URL: [http://www.vilomix.com/pdf\\_files/tiererhnaehrung/2001\\_fuetterungstechnik\\_hesse.pdf](http://www.vilomix.com/pdf_files/tiererhnaehrung/2001_fuetterungstechnik_hesse.pdf) (04.05.2011).

Hogreve, S.; Löhle, B. (2008): Fütterungsarzneimittel und oral applizierbare Fertigarzneimittel. Amtstierärztlicher Dienst und Lebensmittelkontrolle 15 (3), S. 219–224.

Hölzel, C. (2006): Antibiotikaresistente Bakterien und Resistenzgene in Schweinegülle. Dissertation. Ludwig-Maximilians-Universität, München.

Hoppenbrock, K. (1998): Neue Fütterungstechnik für Mastschweine. Der praktische Tierarzt 79 (2), S. 162.

Hoy, S.; Fritzsche, T.; Lopes, P.; Teixeira, A. (1995): Untersuchungen zur Beurteilung von Breifutterautomaten für Mastschweine aus der Sicht von Tierschutz und Ethologie. DVG, S. 300–307.

Hoy, S.; Weirich, C.; Knoop, S. (2007): Körpermasseentwicklung von Absetzferkeln bei unterschiedlichen Tier-Fressplatz-Verhältnissen. *Archiv Tierzucht* 50 (2), S. 165–173.

Huynh, T.; Aarnink, A.; Gerrits, W.; Heetkamp, M.; Canh, T.; Spoolder, H.; Kemp, B.; Verstegen, M. (2005): Thermal behaviour of growing pigs in response to high temperature and humidity. *Applied Animal Behaviour Science* 91 (1-2), S. 1–16.

ISN - Interessengemeinschaft der Schweinehalter Deutschlands e.V. (2003): Tipps gegen Schaumbildung in Flüssigfütterungsanlagen, URL: [http://www.schweine.net/tipps\\_gegen\\_schaumbildung\\_in\\_fluessigfuetterungsan.html](http://www.schweine.net/tipps_gegen_schaumbildung_in_fluessigfuetterungsan.html) (26.07.2011).

Kamphues, J. (1996): Risiken bei der Medikierung von Futter und Wasser in Tierbeständen. *Deutsche Tierärztliche Wochenschrift* 103 (7), S. 250–256.

Kamphues, J.; Böhm, R.; Flachowsky, G.; Lahrssen-Wiederholt, M.; Meyer, U.; Schenkel, H. (2007): Empfehlungen zur Beurteilung der hygienischen Qualität von Tränkwasser für Lebensmittel liefernde Tiere unter Berücksichtigung der gegebenen rechtlichen Rahmenbedingungen. *Landbauforschung Völkenrode* 57 (3), S. 255–272.

Kamphues, J.; Schulz, I. (2002): Praxisrelevante Aspekte der Wasserversorgung. *Übersicht zur Tierernährung* 30, S. 65–107.

Kamphues, J.; Schulze-Horsel, T. (1997): Tierärztlich relevante Aspekte der Wasserversorgung von Schweinen. *Handbuch der tierischen Veredlung*, 22. Aufl., Verlag H. Kamalage.

Kamphues, J.; Schulze-Horsel, T. (1998): Praxisrelevante Mängel in der Wasserversorgung von Schweinen. *Der praktische Tierarzt* 79 (1), S. 73–74.

Kapusnik, J. E.; Hackbarth, C. J.; Chambers, H. F.; Carpenter, T.; Sande, M. A. (1988): Single, large, daily dosing versus intermittent dosing of tobramycin for

treating experimental pseudomonas pneumonia. The Journal of infectious diseases 158 (1), S. 7–12.

Kietzmann, M. (2000): Tränkwasser als Medium für Medikamente. Deutsche Tierärztliche Wochenschrift 107 (8), S. 337–338.

Kietzmann, M. (2004): Einfluss pharmakologisch aktiver Substanzen auf die Lebensmittelsicherheit, URL: <http://www.springerlink.com/content/bnnv26vegt72x2ln/fulltext.pdf> (11.04.2012).

Kietzmann, M.; Bäumer, W. (2009): Orale Medikation über Futter und Wasser aus pharmakologischer Sicht. Deutsche Tierärztliche Wochenschrift 116 (6), S. 204–208.

Kietzmann, M.; Markus, M.; Chavez, J.; Bollwahn, W. (1995): Arzneimittelrückstände bei unbehandelten Schweinen. Deutsche Tierärztliche Wochenschrift 102 (11), S. 441–442.

Kirch, U. (2011): C# - Lernen und professionell anwenden, Verlagsgruppe Hüthig Jehle Rehm, München.

Kirchner, A. (2001): Untersuchungen zum Tier-Fressplatzverhältnis bei der Fütterung von Aufzuchtferkeln und Mastschweinen an Rohrbreiautomaten unter dem Aspekt der Tiergerechtigkeit. Dissertation. Universität Hohenheim, Hohenheim.

Kleine Klausing, H. (2003): Maßnahmen der Fütterung zur Unterstützung der Tiergesundheit, In: Sächsischer Schweinetag 2003 "Effizienz und Tiergesundheit in der Schweinehaltung", Groitzsch, Deutschland, 29. Oktober 2003, S. 14–22.

Kroker, R. (2010): Pharmaka zur Behandlung und Verhütung bakterieller Infektionen. In: Löscher, W.; Ungemach, F.R.; Kroker, R. (Hg.) (2010) – Pharmakotherapie bei Haus- und Nutztieren, 8. Aufl., Enke Verlag, Stuttgart, S. 205–244.

KTBL (2009): Wasserversorgung in der Schweinehaltung. KTBL (82).

Küng, K.; Racine, A.; Wanner, M. (1994): Einfluss der Futterzubereitung (trocken vs. suppig) auf die Pharmakokinetik der Antibiotika Oxytetracyclin und Sulfadoxin beim Ferkel. Tierärztliche Umschau 49 (3), S. 172–177.

Leggett, J.; Fantin, B.; Ebert, S.; Totsuka, K.; Vogelmann, B.; Calame, W.; Mattie, H.; Craig, W. A. (1989): Comparative antibiotic dose-effect relations at several dosing intervals in murine pneumonitis and thigh-infection models. The Journal of Infectious Diseases 159, S. 281–292.

Leibbrandt, V.; Johnston, L.; Shurson, G.; Crenshaw, J.; Libal, G.; Arthur, R. (2001): Effect of nipple drinker water flow rate and season on performance of lactating swine. Journal of Animal Science 79 (11), S. 2770–2775.

Li, Y.; Chenard, L.; Lemay, S.; Gonyou, H. (2005): Water intake and wastage at nipple drinkers by growing-finishing pigs. Journal of Animal Science 83 (6), S. 1413–1422.

List, P.-H. (1982): Arzneiformenlehre, Wiss. Verlagsgesellschaft, Stuttgart.

Löscher, W.; Ungemach, F.; Kroker, R. (2006): Pharmakotherapie bei Haus- und Nutztieren, 8. Aufl., Enke Verlag, Stuttgart. S. 550-552

Luft, J. (2008): Quantitative und qualitative Dosiergenauigkeit von Flüssigfütterungsanlagen für Mastschweine. Dissertation. Justus-Liebig-Universität, Gießen.

Magowan, E.; O'Connell, N.E.; McCann, M.E.E. (2007): The effect of drinker design on the performance, behaviour and water usage of growing pigs, URL: <http://www.afbini.gov.uk/ppdc-report-the-effect-of-drinker-design.pdf> (11.07.2011).

Marks, M. (2006): Anlagen zur Trinkwasserversorgung in Schweineställen - Planungsgrundlagen, Bewertungsmethoden und Schwachstellenanalyse. Dissertation. Rheinische Friedrich-Wilhelms Universität, Bonn.

Meyer, A.; Vogt, W.; Brade, W. (2011): Böрге ad libitum oder rationiert füttern? Fütterungsversuch der LWK Niedersachsen, URL: <http://www.lwk-niedersachsen.de/index.cfm/portal/1/nav/753/article/16744.html> (25.07.2012).

Minton, J. (1994): Function of the hypothalamic-pituitary-adrenal axis and the sympathetic nervous system in models of acute stress in domestic farm animals. *Journal of Animal Science* 72 (7), S. 1891–1989.

Mischok, D. (2004): Schweine über das Trinkwasser und Futter medizinieren. *dlz agrarmagazin* 5, S. 114–118.

Moritz, M.M.; Eppmann, S.; Flemming, H.-C; Wingender, J. (2009): Einnistung von hygienisch relevanten Bakterien in Trinkwasserbiofilme auf Materialien der Hausinstallation, URL: [http://www.biofilmhausinstallation.de/dokumente/10\\_A\\_Moritz\\_et\\_al.pdf](http://www.biofilmhausinstallation.de/dokumente/10_A_Moritz_et_al.pdf) (14.07.2011).

Morthorst, D. (2002): Bioverfügbarkeit von Amoxicillin bei Absetzferkeln nach parenteraler und peroraler Applikation über Futter und Trinkwasser unter verschiedenen Bedingungen. Dissertation. Tierärztliche Hochschule, Hannover.

Mount, L.E. (1968): *The climatic physiology of the pig*, Edward Arnold, London.

Mount, L.E., Holmes, C. W., Close, W.H., Morrison, S.R., Start, I.B. (1971): A note on the consumption of water by the growing pig at several environmental temperatures and levels of feeding. *Animal Production* 13, S. 561–563.

Mueller, H.-J. (2007): Technical solutions for reduction of heat stress in livestock buildings in Germany, In: CIGR Workshop “Animal Housing in Hot Climate”, Cairo, Egypt, April 1-4, 2007, S. 108–109.

Nagel, R. (1974): Untersuchungen über Keimgehalte in Wasserversorgungsanlagen in Nutztierstallungen in Abhängigkeit von Tierart und Haltungsform. Dissertation. Universität Hohenheim, Hohenheim.

Nagel, R. (2005): Hygiene in Flüssigfütterungsanlagen, URL: [http://www.vilomix.com/pdf\\_files/tiererhnaehrung/2005\\_hygiene\\_fluessigfuetterung\\_nagel\\_vilomix.pdf](http://www.vilomix.com/pdf_files/tiererhnaehrung/2005_hygiene_fluessigfuetterung_nagel_vilomix.pdf) (04.07.2012).

Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina (Hg.) (2012): Antibiotika-Forschung: Probleme und Perspektiven, de Gruyter, Berlin.

Nienaber, J.A., Hahn, G.L. (1984): Effects of water flow restriction and environmental factors on performance of nursery-age pigs. *Journal of Animal Science* 59, S.1423-1429

Ogunbameru, B. O.; Kornegay, E. T.; Wood, C. M. (1991): A comparison of drip and non-drip nipple waterers used by weanling pigs. *Canadian Journal of Animal Science* 71 (2), S. 581–583.

Phillips, P.; Fraser, D. (1991): Discovery of selected water dispensers by newborn pigs. *Canadian Journal of Animal Science* 71, S. 233–236.

Phillips, P.; Fraser, D. (2001): Modifying water nipples for newborn pigs. *Canadian Biosystems Engineering* 43, S. 5.1 - 5.4.

Phillips, P.; Fraser, D.; Thompson, B. (1995): A method to evaluate appropriate nipple drinker flow rates for pigs. *Applied Engineering in Agriculture* 11 (4), S. 587–590.

Pózvári, M. (1985): Bakteriologisch-mykologische Untersuchung von Futtermitteln. *Deutsche Tierärztliche Wochenschrift* 92 (6), S. 207–212.

Quiniou, N.; Dubois, S.; Noblet, J. (2000): Voluntary feed intake and feeding behaviour of groupoused growing pigs are affected by ambient temperature and body weight. *Livestock Production Science* 63, S. 245–253.

Rasmussen, D.K; Wechsler, B.; Weber, R. (2005): Sensorgesteuerte Flüssigfütterung in der Schweinemast, URL: [http://www.agroscope.admin.ch/data/publikationen/FAT\\_Bericht\\_626\\_D.pdf](http://www.agroscope.admin.ch/data/publikationen/FAT_Bericht_626_D.pdf) (07.08.2012).

Rassow, D.; Scharper, H. (1996): Zum Einsatz von Fütterungsarzneimitteln in Schweine- und Geflügelbeständen in der Region Weser-Ems. Deutsche Tierärztliche Wochenschrift 113 (7), S. 244–249.

Rat der europäischen Gemeinschaft (1990): Richtlinie 90/167/EWG des Rates vom 26.März 1990 zur Festlegung der Bedingungen für die Herstellung, das Inverkehrbringen und die Verwendung von Fütterungsarzneimitteln, URL: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31990L01-67:DE:HTML> (01.06.2011).

Rat der europäischen Gemeinschaft (2010): Richtlinie 96/23/EG vom 29. April 1996 über Kontrollmaßnahmen hinsichtlich bestimmter Stoffe und ihrer Rückstände in lebenden Tieren und tierischen Erzeugnissen und zur Aufhebung der Richtlinien 85/358/EWG und 86/469/EWG und der Entscheidungen 89/187/EWG und 91/664/EWG, URL: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:1996L0023:20090807:DE:PDF> (13.04.2012) .

Renaudeau, D.; Gourdine, J.; Anais, C. (2007): Thermoregulatory responses to high ambient temperature in growing pigs: effects of temperature level and breed, In: CIGR Workshop “Animal Housing in Hot Climate”, Cairo, Egypt, April 1-4, 2007, S. 34–38.

Renfert-Deitermann, D. (2002): Schneckenverdrängerpumpe, URL: [http://www.profi.de/dl/9/2/4/4/P\\_038\\_043\\_12\\_02.pdf](http://www.profi.de/dl/9/2/4/4/P_038_043_12_02.pdf) (26.07.2011).

Richter, T.; Busch, B. (2006): Krankheitsursache Haltung: Beurteilung von Nutztierställen-ein tierärztlicher Leitfaden, Enke Verlag, Stuttgart.

Rodloff, A.; Bauer, T.; Ewig, S.; Kujath, P.; Müller, E. (2008): Sensibel, intermediär und resistent - Wirkintensität von Antibiotika. Deutsches Tierärzteblatt 105 (39), S. 657–662.

Roosendaal, R.; Bakker-Woudenberg, I. A.; van den Berghe-van Raffe, M.; Vink-van den Berg, J. C.; Michel, B. M. (1989): Impact of the dosage schedule on the efficacy of ceftazidime, gentamicin and ciprofloxacin in *Klebsiella pneumoniae pneumonia* and septicemia in leukopenic rats. European journal of clinical microbiology & infectious diseases: official publication of the European Society of Clinical Microbiology 8 (10), S. 878–887.

Rudovsky, A. (1998): Becken für`s Ferkel, Zapfen für die Sau. dlz agrarmagazin (11), S. 106–109.

Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft (2001): Fütterung, URL: [http://www.smul.sachsen.de/lfl/publikationen/download/3402\\_6.pdf](http://www.smul.sachsen.de/lfl/publikationen/download/3402_6.pdf) ().

Sassen, J. (2002): Mikrobiologische Wasseruntersuchung: Aussagekraft alternativer, für den mobilen Einsatz geeigneter Untersuchungsmethoden im Vergleich zu den Methoden gemäß Trinkwasserverordnung. Dissertation. Tierärztliche Hochschule, Hannover.

Sattelberger, R.; Gans, O.; Martínez, E. (2005): Veterinärantibiotika in Wirtschaftsdünger und Boden, URL: <http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/BE272.pdf> (13.05.2011).

Schaerer, M. (2005): Hygienemaßnahmen in Flüssigfütterungsanlagen, URL: [http://www.vital-ag.ch/fachartikel/de/pdf/VA-2-04\\_Hygienemassnahmen\\_in\\_Fluessigfuetterungsanlagen.pdf](http://www.vital-ag.ch/fachartikel/de/pdf/VA-2-04_Hygienemassnahmen_in_Fluessigfuetterungsanlagen.pdf) (04.07.2012).

Schäfer, E.; Hoy, S. (1997): Wie viele Schweine an einem Rohrbreiautomaten?, SUS Schweinezucht und Schweinemast 45 (5), S. 22–24.

Schallenberg, H.-J. (2009a): Leitfaden: Merkblatt zur Anwendung OAF über das Wasser mit Dosiergeräten, URL: [http://www.bmelv.de/SharedDocs/Downloads/Landwirtschaft/Tier/Tiergesundheit/LeitfadenArzneimittel2.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](http://www.bmelv.de/SharedDocs/Downloads/Landwirtschaft/Tier/Tiergesundheit/LeitfadenArzneimittel2.pdf?__blob=publicationFile) (12.04.2011).

Schallenberg, H.-J. (2009b): Leitfaden: Merkblatt zur Anwendung von OAF über Futter mit Dosiergeräten, URL: [http://www.bmelv.de/SharedDocs/Downloads/Landwirtschaft/Tier/Tiergesundheit/LeitfadenArzneimittel1.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](http://www.bmelv.de/SharedDocs/Downloads/Landwirtschaft/Tier/Tiergesundheit/LeitfadenArzneimittel1.pdf?__blob=publicationFile) (12.04.2011).

Schauder, S. (1989): Gefahren durch Olaquinox - Photoallergie, chronische photosensitive Dermatitis und extrem gesteigerte Lichtempfindlichkeit beim Menschen, Hypoadosteronismus beim Schwein. *Dermatosen in Beruf und Umwelt* 37, S. 183–185.

Schauder, S. (1992): Phototoxische und photoallergische Reaktionen. *Deutsche Apotheker Zeitung* 132, S. 1123–1128.

Schenker, M. (1999): Sanitäreanlagen, 1. Aufl., Vogel, Würzburg.

Schianon, S.; Emmans, G.C. (2001): A model to predict water intake of a pig growing in a known environment on a known diet. *British Journal of Nutrition* 84, S. 873–883.

Schlenker, G. (2006): Umweltbelastung durch Arzneimitteleinsatz. *Amtstierärztlicher Dienst und Lebensmittelkontrolle* 13 (3), S. 186–189.

Schmitt, F.; Burgstaller, G.; Hammer, K.; Matzke, P.; Mittrach, B.; Schmid, W. (1989): *Handbuch Schweineproduktion*, 3. Aufl., DLG-Verlag, Frankfurt (Main).

Schulte-Sutrum, R. (2010): DLG-Merkblatt 361: Fütterungsanlagen für Schweine - Mischen und Transportieren.

Schulz, J. (2009): Wassercheck im Schweinestall. *Tiergesundheit und mehr* (1).

Schulze-Horsel, T. (1998): Feldstudie zur Wasserversorgung und Wasserqualität in Schweinebeständen Norddeutschlands. Dissertation. Tierärztliche Hochschule, Hannover.

Seittler, C. (2007): Aktuelle Tränkwassersituation in schweinehaltenden Betrieben. Diplomarbeit. Hochschule für Wirtschaft und Umwelt, Nürtingen - Geislingen.

Shi, Z.; Li, B.; Zhang, X.; Wang, C.; Zhou, D.; Zhang, G. (2006): Using floor cooling as an approach to improve the thermal environment in the sleeping area in an open pig house. *Biosystems Engineering* 93 (3), S. 359–364.

Sieverding, E. (2000): Handbuch gesunde Schweine, Kamlage, Osnabrück.

Sieverding, E. (2007): Kundenbrief - Nr. 65 der Tierärztlichen Praxis in 43939 Lohne, URL: [www.bergweg.net/datei-anzeigen.php?ID=44](http://www.bergweg.net/datei-anzeigen.php?ID=44) (), .

Sommer, W.; Zähres, W. (1987): Flüssigfütterung von Mastschweinen. AID, Bonn.

Spiegel online (2001): Schweinemastskandal - Jetzt bundesweite Ermittlungen, URL: <http://www.spiegel.de/politik/deutschland/0,1518,druck-117264,00.html> (13.04.2012).

Steffens, R. (2005): Gesundheit und Leistung von Sauen nach unterschiedlicher Fütterung in der Trächtigkeit (übliches Alleinfutter restriktiv im Vergleich zu trockenschnitzelreichem Mischfutter ad libitum). Dissertation. Tierärztliche Hochschule, Hannover.

Stein, M. (1996): Trinken muss das Schwein. *SUS Schweinezucht und Schweinemast* (2), S. 14–17.

Stern.de (2012): Gefährliche Bakterien im Schweinefleisch: Eine Riesensauerei!, URL: <http://www.stern.de/ernaehrung/gefaehrliche-bakterien-im-schweine-fleisch-eine-riesensauerei-1783555.html> (13.07.2012).

Stevens, H. (2009): Untersuchungen zum Verhalten von Veterinärpharmaka im Boden. Dissertation. Universität Paderborn, Paderborn.

Szewzyk, U.; Szewzyk, R. (2003): Biofilme - die etwas andere Lebensweise. *BIOspektrum* 9 (3), S. 253–255.

Thulin, A.J.; Brumm, M.C. (1991): Water : the forgotten nutrient. In: Miller, E.R.; Ullrey, D.E.; Lewis, A.J. (Hg): Swine nutrition. Boston : Butterworth-Heinemann, S. 315–339.

Torrey, S.; Toth Tamminga, E. L. M.; Widowski, T. M. (2008): Effect of drinker type on water intake and waste in newly weaned piglets. *Journal of Animal Science* 86 (6), S. 1439–1445.

Turner, S.; Edwards, S.; Bland, V. (1999): The influence of drinker allocation and group size on the drinking behavior, welfare and production of growing pigs. *Animal Science* 68 (4), S. 617–624.

Valaer, G. (1998): Der Einsatz von Antibiotika in Schweinemastbetrieben mit Flüssigfütterung. Dissertation. Universität Zürich, Zürich.

Vogelman, B.; Gudmundsson, S.; Leggett, J.; Turnidge, J.; Ebert, S.; Craig, W. A. (1988): Correlation of antimicrobial pharmacokinetic parameters with therapeutic efficacy in an animal model. *Journal of Infectious Diseases* 158 (4), S. 831–847.

Voglmayr (2009): 10 Praxistipps zur Vermeidung des "Sommerlochs", URL: [http://www.vetclinic.at/files/beitrag\\_sommerloch\\_landkalender.pdf](http://www.vetclinic.at/files/beitrag_sommerloch_landkalender.pdf) (29.05.2012).

Wallmann, J. (1999): Antibakterielle Chemotherapie unter dem Aspekt der Antibiotikaresistenz. *Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz* (42), S. 58–61.

Wallmann, J.; Kroker, R. (2004): Prävalenzdaten zur Antibiotikaempfindlichkeit von bei Rindern und Schweinen isolierten bakteriellen Infektionserreger: Nationales BVL Resistenzmonitoring 2002/ 2003. Berliner und Münchener Tierärztliche Wochenschrift. 117 (11/ 12), S. 480–492.

Wallmann, J.; Schröter, K.; Wieler, L.; Kroker, R. (2003): Antibiotikaempfindlichkeit ausgewählter pathogener Bakterien von erkrankten Lebensmittel liefernden Tieren in Deutschland. Tierärztliche Praxis (31), S. 122–131.

Wanner, M.; Nietlispach, G.; Sutter, H. M. (1990): Effect of citric acid and calcium on the bioavailability of orally-administered oxytetracycline in piglets. Deutsche Tierärztliche Wochenschrift 97 (12), S. 515–518.

Wanner, M.; Walker, W.; Sutter, H. M.; Riond, J. L.; Broz, J. (1991): Influence of dietary citric acid and calcium on the bioavailability of orally administered chlortetracycline in piglets. Zentralblatt für Veterinärmedizin 38 (10), S. 755–762.

Weber, M. (2010): DLG - Merkblatt 358: Fütterungstechnik in der Ferkelaufzucht.

Wiesner, E. (1991): Fütterungshygiene in der Schweinemast mit Flüssigfütterung. Deutsche Geflügelwirtschaft und Schweineproduktion (12), S. 344–347.

Wildfeuer, A.; Räder, K. (1996): Stabilität von  $\beta$ -lactamase-Inhibitoren und  $\beta$ -Lactam-Antibiotika in parenteralen Darreichungsformen sowie in Körperflüssigkeiten und Gewebehomogenaten : vergleichende Untersuchung von Sulbactam, Clavulansäure, Ampicillin und Amoxicillin. International Journal of Antimicrobial Agents 6, S. 31–34.

Wilhelm, S. (2008): Wasseraufbereitung: Chemie und chemische Verfahrenstechnik, Springer.

Wißmann, M. (2008): Orale Medikation im Mastschweinebereich. Bachelorarbeit. Justus-Liebig-Universität, Gießen.

Yun, M.; Ju, W.; Piao, L.; Long, H.; Kil, D.; Oh, H.; Kim, Y. (2008): Effect of nipple angle on water disappearance by pigs. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 21 (1), S. 120–123.

Ziron, M. (2005): Einfluss der ad libitum bzw. rationierten Fütterung von Sauen über mehrere Trächtigkeiten hinweg auf unterschiedliche Verhaltens- und Leistungsparameter. Habilitationsschrift. Justus-Liebig-Universität, Gießen.



*édition scientifique*  
**VVB LAUFERSWEILER VERLAG**

**VVB LAUFERSWEILER VERLAG**  
STAUFENBERGRING 15  
D-35396 GIESSEN

Tel: 0641-5599888 Fax: -5599890  
redaktion@doktorverlag.de  
www.doktorverlag.de

ISBN: 978-3-8359-6131-9



9 783835 196131 9