

Aus der Klinik für Schweine  
in Oberschleißheim  
(Vorstand: Prof. Dr. Dr. Karl Heinritzi)  
der Tierärztlichen Fakultät der  
Ludwig-Maximilians-Universität München

---

**Versuch der Eintragsquellenanalyse von Salmonellen  
in ausgewählten bayerischen Schweinehaltungsbetrieben**

**Inaugural-Dissertation**

zur Erlangung der tiermedizinischen Doktorwürde  
der Tierärztlichen Fakultät  
der Ludwig-Maximilians-Universität München

von

Luise Battenberg

aus

München

München 2007

Gedruckt mit der Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät der  
Ludwig-Maximilians-Universität München

Dekan:	Univ.-Prof. Dr. E. Märtelbauer
Referent:	Univ.-Prof. Dr. K. Heinritzi
Korreferent:	Univ.-Prof. Dr. A. Stolle

Tag der Promotion: 09.02.2007

**Allen, die mir immer wieder Mut gemacht haben**

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung und Zielsetzung .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Literatur .....</b>	<b>3</b>
2.1	Geschichtliche Bedeutung des Erregers .....	3
2.2	Bedeutung der Salmonellen für die moderne Tierproduktion in Deutschland.....	4
2.3	Salmonella spp. – Eigenschaften des Erregers .....	5
2.3.1	Nomenklatur.....	5
2.3.2	Ätiologie.....	6
2.3.3	Anzüchtung .....	6
2.3.4	Widerstandsfähigkeit.....	7
2.3.5	Serotypisierung.....	7
2.4	Salmonelleninfektion .....	8
2.4.1	Infektionsmechanismus – Enteritis .....	8
2.4.2	Infektionsmechanismus – Extraintestinale Infektionen: Septikämien und Aborte .....	8
2.4.3	Pathogenität - Mechanismen und Faktoren.....	9
2.4.4	Verbreitung von Salmonellen in der Umwelt – Infektionskreise.....	9
2.4.4.1	Enzootischer Infektionskreis .....	9
2.4.4.2	Infektion über kontaminiertes Wasser.....	10
2.4.4.3	Salmonellenhaltige Futtermittel .....	10
2.4.4.4	Möglichkeit der Übertragung durch Wildtiere und Schädner .....	10
2.4.5	Salmonellose beim Menschen .....	11
2.4.5.1	Krankheitsverlauf .....	11
2.4.5.1.1.	<i>Allgemeininfektion mit Typhus und Paratyphus</i> .....	11
2.4.5.1.2.	<i>Gastroenteritische Salmonellose</i> .....	11
2.4.5.2	Gemeldete Salmonellenerkrankungen in Deutschland 2004 .....	12
2.4.6	Salmonelleninfektion beim Schwein.....	12
2.4.6.1	Infektion mit den artspezifischen Erregern <i>S. Choleraesuis</i> und <i>S. Typhisuis</i> :.....	13
2.4.6.2	Nichtadaptierte Serovaren .....	13
2.4.5.1.3.	<i>Latente Infektion</i> .....	13
2.4.5.1.4.	<i>Klinische Erkrankung</i> .....	14
2.4.5.1.5.	<i>Subklinischer Krankheitsverlauf</i> .....	14
2.4.6.3	Nachweishäufigkeit verschiedener <i>Salmonella</i> -Serovare in Isolaten vom Schwein im Nationalen Referenzlabor für Salmonellen im Jahr 2002.....	14
2.4.6.4	Vorkommen und Bedeutung der wichtigsten Isolate beim Schwein im Jahr 2002 ..	15
2.4.7	Salmonellose des Geflügels .....	16
2.4.8	Salmonellen in Lebensmitteln.....	17
2.4.8.1	Infektketten.....	17
2.4.8.2	Unterstützende Faktoren .....	17

---

2.4.8.3	Minimale Infektionsdosis .....	17
2.4.8.4	Epidemiologische Bedeutung einzelner Lebensmittel/Kontaminationsraten .....	18
2.4.8.5	Vermehrung und Überleben von Salmonellen in Lebensmitteln .....	20
2.4.8.6	Bekämpfung und Prophylaxe .....	22
2.5	Diagnostische Möglichkeiten des Salmonellennachweises beim Schwein.....	24
2.5.1	Pathologisch-anatomische Untersuchung .....	24
2.5.2	Bakteriologische Untersuchung .....	25
2.5.3	Serovarbestimmung mittels Antikörperserum .....	25
2.5.4	Indirekter Erregernachweis .....	25
2.5.5	Biochemische Untersuchung.....	26
2.5.6	Molekularbiologische Methoden.....	27
2.6	Epidemiologie .....	27
2.6.1	Nachweis der Eintragsquellen in den Schweinestall.....	27
2.6.2	Häufig gefundene Eintragsquellen und wichtige Vektoren für Kreuz- und Rekontamination .....	28
2.6.3	Überlebensdauer von Salmonellen im Stall .....	29
2.6.4	Resistenzeigenschaften von Salmonellen.....	30
2.7	Ansatzpunkte zur Sanierung und Prophylaxe .....	30
2.8	Gesetzliche Maßnahmen zur Salmonellenüberwachung.....	32
2.8.1	„Infektionsschutzgesetz (IfSG)“- Gesetz zur Verhütung und Bekämpfung von Infektionskrankheiten beim Menschen .....	33
2.8.2	Lebensmittelverordnungen.....	33
2.8.3	Tierseuchengesetz .....	35
2.8.3.1	Rinder-Salmonellose-VO – Verordnung zum Schutz gegen die Salmonellose der Rinder .....	35
2.8.3.2	Hühner-Salmonellose-VO – Verordnung zum Schutz gegen bestimmte Salmonelleninfektionen beim Haushuhn .....	36
2.8.3.3	Vergleich der Konsequenzen aus Rinder– und Hühner-Salmonellose – Verordnung .....	36
2.9	Freiwillige Maßnahmen der Fleischwirtschaft: Salmonellenüberwachung im Rahmen des QS-Programms .....	37
2.10	Vergleich des bereits praktizierten Salmonellenmonitorings im Rahmen von QS mit dem Entwurf der Verordnung zur Minderung des Salmonelleneintrags durch Schlachtschweine bei der Fleischgewinnung der Bundesregierung .....	38
<b>3</b>	<b>Material und Methoden .....</b>	<b>40</b>
3.1	Salmonellenmonitoring an bayerischen Schlachthöfen mittels Fleischsaft-ELISA	40
3.2	Versuchsaufbau .....	41
3.3	Teilnehmende Betriebe .....	42

---

3.3.1	Übersicht über die Betriebsstruktur der besuchten Betriebe.....	43
3.3.2	Vorläufige Klassifizierung der besuchten Mast- und Kombibetriebe nach einem Fleischsaft-Ergebnis .....	43
3.3.3	Geographische Verteilung der untersuchten Betriebe.....	44
3.4	Bakteriologische Untersuchungen.....	45
3.4.1	Probenanzahl und Art der Proben .....	45
3.4.2	Technik der Probenentnahme .....	45
3.4.2.1	Sammelkotproben.....	45
3.4.2.2	Kottupfer .....	45
3.4.2.3	Gülleproben/Festmistproben .....	46
3.4.2.4	Futterproben .....	46
3.4.2.5	Wasserproben .....	46
3.4.2.6	Schadnagerkotproben .....	46
3.4.2.7	Umgebungsproben .....	46
3.4.2.8	Untersuchungsmethoden .....	47
3.4.2.9	Futter-, Gülle-, Sammelkot-, Wasserproben .....	47
3.4.2.10	Kottupfer .....	47
3.4.2.11	Umgebungsproben .....	47
3.4.2.12	Weitere Bearbeitung aller Proben zur Anreicherung, Isolierung und Bestimmung möglicherweise enthaltener Salmonellen.....	47
3.5	Serologische Untersuchungen .....	49
3.5.1	Probenanzahl und Art der Proben .....	49
3.5.2	Technik der Blutentnahme .....	49
3.5.3	Untersuchungsmethode .....	50
3.5.3.1	Probenvorbereitung .....	50
3.5.3.2	Reagenzienvorbereitung.....	50
3.5.3.3	Testdurchführung .....	51
3.5.3.4	Auswertung .....	51
3.5.3.5	Reagenzien .....	52
3.5.3.6	Geräte und Hilfsmittel.....	52
3.6	Erhebung der Betriebsdaten (Checkliste).....	53
3.7	Erfassung der Daten .....	53
<b>4</b>	<b>Ergebnisse .....</b>	<b>54</b>
4.1	Allgemein.....	54
4.2	Einschränkungen bei der Datenauswertung aufgrund des Versuchsaufbaus .....	54
4.3	Geographische Verteilung der untersuchten Betriebe.....	55
4.4	Ergebnisse der bakteriologischen Untersuchung .....	55
4.4.1	Ergebnisse der Bakteriologie im Überblick .....	55
4.4.2	Untersuchungen zum bakteriologischen Nachweis von <i>Salmonella</i> aus Schweinekot .....	56

---

4.4.3	Untersuchungen zur Eintragsquellenanalyse und zur Feststellung möglicher Hygieneschwachpunkte.....	57
4.4.4	Bakteriologische Nachweisrate in den untersuchten Probenmaterialien .....	58
4.4.5	Nachweishäufigkeit bei der Einstattung zur Mast.....	59
4.4.6	Nachweishäufigkeit der Erreger in den untersuchten Betriebsformen.....	59
4.4.7	Auswertung möglicher Einflussfaktoren auf eine erhöhte Salmonelleninzidenz bei den 13 Betriebe mit bakteriologisch positiven Erregernachweis .....	61
4.4.7.1	Einstufung der Betriebe mit direktem Erregernachweis nach der serologischen Untersuchung .....	62
4.4.7.2	Untersuchung des Schweinekots .....	62
4.4.7.3	Eintragsquelle: Schadnager .....	63
4.4.7.4	Eintragsquelle: Futter und Futterlager.....	63
4.4.7.5	Auftreten von Erregernachweis in Abhängigkeit zur Zahl der Mast- bzw. Aufzuchtplätze .....	63
4.4.7.6	Seuchenhygienisch kritisches Zukauftsverhalten.....	64
4.4.7.7	Schlechte Betriebshygiene .....	64
4.4.7.8	Kritische Stallbelegung .....	64
4.4.7.9	Seuchenhygienisch kritischer Stallboden.....	64
4.4.7.10	Seuchenhygienisch kritische Aufstallung von Problemtieren.....	65
4.4.7.11	Seuchenhygienisches Gesamtbild .....	65
4.4.8	Isolate und deren Resistenzeigenschaften gegenüber verschiedenen Antibiotika ...	65
4.5	Ergebnisse der serologischen Untersuchung.....	67
4.5.1	Gegenüberstellung der Probenanzahl der im Vorfeld untersuchten Fleischsaftproben mit den beim Betriebsbesuch entnommenen Blutserumproben.....	67
4.5.2	Vorläufige Einstufung der Betriebe nach einer Fleischsaftuntersuchung.....	69
4.5.3	Vergleich der Klassifizierung nach Betriebsformen .....	70
4.5.4	Vergleich der Resultate der serologischen Fleischsaft- und der Blutserumuntersuchung.....	71
4.5.5	Beziehungen zwischen der serologischen Blutuntersuchung und den bakteriologischen Ergebnissen .....	76
4.5.6	Blutserumanalyse von Ferkeln bei der Einstattung zur Mast.....	78
4.5.7	Beziehungen zwischen der serologischen Fleischsaftuntersuchung und den bakteriologischen Ergebnissen .....	78
4.5.8	Problematik des zeitlichen Unterschieds zwischen den Untersuchungen.....	80
<b>5</b>	<b>Diskussion.....</b>	<b>83</b>
5.1	Kritische Betrachtung des Versuchsaufbaus.....	83
5.2	Bewertung der Resultate der bakteriologischen Untersuchungen.....	84
5.2.1	Kritische Betrachtung der Methode .....	84
5.2.2	Nachweis von Salmonella im Schweinekot (Untersuchte Tiere und Nachweisrate)	85

---

5.2.3	Untersuchungen zur Eintragsquellenanalyse und Feststellung von Hygieneschwachstellen .....	88
5.2.3.1	Untersuchung des Tränkewassers .....	88
5.2.3.2	Untersuchung von Stallstaub.....	89
5.2.3.3	Untersuchung der Futterproben.....	89
5.2.3.4	Untersuchung von Schadnagerkot.....	90
5.2.4	Genauere Betrachtung der 13 Betriebe mit bakteriologisch positivem Salmonellennachweis .....	91
5.2.4.1	Prävalenz bei der Fleischsaft-Analyse .....	91
5.2.4.2	Einflussfaktor: Schadnager .....	91
5.2.4.3	Einflussfaktor: Futter und Reinigung des Futterlagers .....	92
5.2.4.4	Einflussfaktor: Betriebsgröße.....	92
5.2.4.5	Einflussfaktor: Zukaufverhalten .....	93
5.2.4.6	Einflussfaktor: Betriebshygiene .....	94
5.2.4.7	Einflussfaktor: Stallbelegung .....	94
5.2.4.8	Einflussfaktor: Bodenstruktur .....	94
5.2.4.9	Einflussfaktor: Aufstallung von Problemtieren.....	95
5.2.4.10	Zusammenfassung des Gesamteindrucks.....	95
5.3	Isolate und deren Resistenzeigenschaften .....	95
5.4	Einschätzung der Ergebnisse der serologischen Untersuchungen .....	96
5.4.1	Bewertung der Methode .....	96
5.4.1.1	Verwendetes Testsystem .....	97
5.4.1.2	Eingesetzte Cut-off-Werte.....	98
5.4.1.3	Falsch-negative Ergebnisse .....	98
5.4.2	Klassifizierung der Betriebe nach Betriebsformen .....	99
5.4.3	Variierende Ergebnisse bei blut- und fleischsaftserologischer Untersuchung.....	100
5.4.4	Relation zwischen bakteriologischen Ergebnissen und Blutserologie.....	101
5.4.5	Beziehungen zwischen den Ergebnissen der serologischen Fleischsaftuntersuchung und der bakteriologischen Untersuchung.....	103
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>105</b>
<b>7</b>	<b>Summary .....</b>	<b>107</b>
<b>8</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>109</b>
	<b>Danksagung.....</b>	<b>125</b>
	<b>Lebenslauf.....</b>	<b>126</b>
	<b>Anhang .....</b>	<b>127</b>

---



## Abkürzungsverzeichnis

Ag	Antigen
a <sub>w</sub> -Wert	Maß der Wasseraktivität eines Stoffes
BF	Betriebsform
BfR	Bundesamt für Risikobewertung
BMVEL	Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft
BPLS - Agar	Brilliantgrün-Phenolrot-Lactose-Saccharose-Agar
BSE	Bovine spongiforme Encephalopathie
D <sub>60°C</sub>	Die Zeit, um bei der im Index angegebenen Temperatur 90% der lebensfähigen Keime abzutöten
Eh-Wert	Redoxpotential eines Stoffes
ELISA	Enzyme-Linked Immunosorbent Assay
FS	Fleischsaft
g	Gramm
K	Kombibetrieb
M	Mastbetrieb
MID	Minimale Infektionsdosis
MHK	Minimale Hemmstoffkonzentration
<i>n</i>	Anzahl
NRZ	Nationales Referenzzentrum
n. u.	nicht untersucht
NRL-Salm	Nationales Referenzlabor für Salmonellen
OD	Optische Dichte
pH	potentia hydrogenii (Protonenkonzentration)
QS	Qualität und Sicherheit (Programm der Privatwirtschaft für Lebensmittelsicherheit)
RKI	Robert-Koch-Institut
<i>S.</i>	<i>Salmonella</i>
TMB	Tetramethylbenzidin (Chromogen)
var.	variatio
VO	Verordnung
XLD – Agar	Xylose-Lysin-Desoxycholat-Agar

---

# 1 Einleitung und Zielsetzung

Die Kontamination von Lebensmitteln mit Salmonellen ist eines der am längsten bekannten Erkrankungsrisiken durch den Verzehr von tierischen Erzeugnissen.

Im Jahr 2005 wurden vom Bundesamt für Risikobewertung (BfR) 52.245 Fälle von Salmonellose beim Menschen gemeldet. Die Zahl der an dieser Zoonose in Deutschland erkrankten Personen nimmt seit 1992 stetig ab. Dennoch zählt die Salmonellose neben der Campylobakter-Enteritis (62.114 Krankheitsfälle) und der Norovirus-Erkrankung (64.973 Krankheitsfälle) immer noch zu den drei häufigsten meldepflichtigen Darmkrankheiten in Deutschland (EPIDEMIOLOGISCHES BULLETIN DES RKI, 2005; EPIDEMIOLOGISCHES BULLETIN DES RKI, 2006).

Bei der Untersuchung von tierischen Lebensmitteln sind am stärksten Erzeugnisse aus der Geflügelwirtschaft kontaminiert (Gesamtrate der betroffenen Planproben des RKI lag 2004 bei 8,74 %). An zweiter Stelle steht salmonellenhaltiges Schweinefleisch. Hier betrug bei Untersuchungen des RKI im Jahr 2004 die Nachweisrate 3,67 % (BFR-WISSENSCHAFT, 2006).

Noch vor der Verabschiedung einer neuen Salmonellenverordnung durch die Bundesregierung reagierte die deutsche Fleischwirtschaft mit dem Aufbau eines bundesweiten Salmonellenmonitoringprogramms für Schlachtschweine. In Bayern wurde nach einer ersten „Testphase“ mit serologischen Untersuchungen von Schlachtschweinen an einem großen bayerischen Schlachthof von der bayerischen Regierung ein umfangreiches Forschungsprojekt in Auftrag gegeben.

Das „Forschungsprojekt Salmonellen in bayerischen Schweinemastbeständen“ gliederte sich in vier Teilprojekte:

1. Feststellung der Prävalenz von Salmonellenantikörpern in Fleischsaftproben geschlachteter Mastschweine
2. Systematische Überprüfung der verwendeten Futtermittel unter Berücksichtigung der verschiedenen Futtertypen
3. Feststellung des Salmonelleneintragsrisikos aus Ferkelerzeugerbeständen über Mastferkel (Mittels bakteriologischer Untersuchung von je 10 Kottupfern pro Betrieb)
4. Eintragsquellenanalyse

Im Rahmen der Eintragsquellenanalyse sollten die Mastbetriebe, die in Teilprojekt 1 durch eine erhöhte Salmonellenantikörperinzidenz auffällig wurden, untersucht werden auf wahrscheinliche Infektionswege und Rekontaminationsrisiken. Außerdem sollte ermittelt werden, wie eine solche Untersuchung in Zukunft am Erfolg versprechendsten und mit möglichst geringem Kosten- und Zeitaufwand durchgeführt werden könnte. Anhand der Untersuchungsergebnisse sollte für die betroffenen Betriebe ein Sanierungsvorschlag erstellt werden. In diesem Zusammenhang sollte abschließend ein Konzept erarbeitet werden, das mit individuellen Anpassungen in Zukunft auch anderen Tierärzten und Betriebsleitern als Basis für einen betriebsspezifischen Sanierungsplan dienen könnte.

## 2 Literatur

### 2.1 Geschichtliche Bedeutung des Erregers

Das durch Salmonellen verursachte Krankheitsbild des Typhus war bereits im Mittelalter bekannt. In verheerenden Seuchenzügen starben immer wieder Tausende von Menschen. Noch heute sind die humanpathogenen Serovare *S. Typhus* und *S. Paratyphus* endemisch in Afrika, Südamerika und Südostasien (ROLLE u. MAYR, 2002) verbreitet.

Zu Beginn ähneln die durch sie verursachten Symptome denen einer Grippe. Es treten Fieber, Gliederschmerzen und Abgeschlagenheit auf. Erst später kommt es zu starken Durchfällen und Organschäden an Leber, Niere, Herz und Galle.

Obwohl Salmonellenerkrankungen schon so lange bekannt waren, gelang der Nachweis der Seuchenerreger erst mit der Entwicklung der modernen Mikrobiologie:

- **1880** wurden erstmals von **Koch und Eberth** mikroskopisch die Bakterien nachgewiesen, die später als *Salmonella Typhi* klassifiziert werden sollten.
- **1885** gelang es **T. Smith**, einem Mitarbeiter von D.E. Salmon, die „**Schweinecholera**“- **Bakterien** zu isolieren.
- **1888** fand **Gärtner** den Erreger der akuten Gastroenteritis des Menschen (heute: *Salmonella Enteritidis*).
- **1891** gelang **C.O. Jensen** der Nachweis der heute als *S. Dublin* bezeichneten Bakterien.
- *S. Typhimurium* wurde unabhängig **1889** von **Löffler** als „**Bacillus typhi murium**“ und **1893** von **Kaensche** als sog. „**Breslaubakterien**“ entdeckt.
- **1900** wurde die **Gattung** schließlich von **Lignières** zu Ehren von Salmon, dem Leiter des Institutes, in dem T. Smith 1885 erstmals das heutige Serovar *S. Cholerae suis* isoliert hatte, *Salmonella* benannt.

Aufgrund der großen Unterschiede in Wirkung und Epidemiologie der verschiedenen Salmonellenarten wurden die einzelnen Serovaren erst mit Beginn der Antigenanalyse 1926 durch White als zu einer Spezies gehörig erkannt.

Kauffmann baute auf den Arbeiten Whites auf und schuf 1934 mit der ersten Antigentabelle die Grundlage für das heute noch gebräuchliche Kauffmann-White-Schema (SELBITZ et al., 1995).

Verbesserte Hygiene und strenge Anforderungen an die Lebensmittelproduktion haben zu einem deutlichen Rückgang der Salmonellen im vergangenen Jahrhundert geführt. Dennoch bleiben Salmonellen gefürchtete Krankheitserreger, die vor allem bei besonders gefährdeten Risikogruppen wie Kleinkindern, alten Menschen und anderen Personen mit geschwächter Immunabwehr zu Infektionen mit zum Teil letalem Ausgang führen können..

## **2.2 Bedeutung der Salmonellen für die moderne Tierproduktion in Deutschland**

Für die heutige Tierproduktion liegt die Bedeutung von *Salmonella* spp weniger in den wirtschaftlichen Verlusten, die durch Septikämie (v.a. Jungtiere), Organschäden oder Aborte verursacht werden können, als vielmehr in ihrer Rolle als potentielle Zoonoseerreger.

Das Robert-Koch-Institut (RKI) registrierte 2005 bundesweit rund 52.000 gemeldete Salmonellen-Infektionen. Die Zoonose wurde damit weitaus seltener gemeldet als noch vor fünf Jahren. Möglicherweise ist dies auf eine verbesserte Lebensmittelüberwachung und -hygiene zurückzuführen (EPIDEMIOLOGISCHES BULLETIN, 2006).

Trotz verbesserter Datenerfassung seit Inkrafttreten des neuen Infektionsschutzgesetzes geht das BfR immer noch von einer beträchtlichen Dunkelziffer aus (DORN et al., 2002).

Das RKI gibt als Hauptursache für eine Salmonellenansteckung den Verzehr von Geflügel und roheihaltigen Produkten an (BUNDESGESUNDHEITSBLATT „SALMONELLOSE“, 2002).

Schweinefleisch ist nach Geflügelprodukten die zweithäufigste Ansteckungsquelle durch tierische Lebensmittelprodukte (BFR WISSENSCHAFT, 2006). Bislang können jedoch keine zuverlässigen Aussagen über die Prävalenz von Salmonellen in deutschen Schweinebeständen gemacht werden. Da klinische Erkrankungen die Ausnahme darstellen, bleibt die Infektion oft unbemerkt. Umso größer ist die Gefahr der unbemerkten Einschleppung von salmonellenkontaminiertem Fleisch in die Lebensmittelkette. In den letzten Jahren ist daher der Ruf nach „salmonellenüberwachtem“ Fleisch laut geworden. Weltweit wurden erste Salmonellenmonitoringprogramme ins Leben gerufen. Erste Studien in Deutschland zeigten erhebliche regionale Unterschiede im Salmonellenvorkommen. Obwohl bereits seit 1998 der Entwurf einer „Verordnung zur Verminderung des Salmonelleneintrags durch Schlachtschweine bei der Fleischgewinnung“ der Bundesregierung existiert, gibt es bis heute kein staatliches Salmonellenüberwachungsprogramm für die Schweineproduktion in Deutschland. Da in Dänemark, Schweden und den Niederlanden solche Programme bereits zu

einem signifikanten Rückgang der Salmonellen geführt haben (VAN DER WOLF, 2000; NIELSEN et al., 2001), stellt dieses Manko mittlerweile ein Handelshindernis für die deutsche Fleischwirtschaft dar. Seit April 2004 müssen nun alle Landwirte, die ihre Tiere im Rahmen des QS-Programms vermarkten wollen, ihre Schweine einer Untersuchung auf Salmonellenantikörper im Fleischsaft unterziehen. In diesem von privater Seite aufgebauten Monitoringprogramm wurden im Studienzeitraum (2002-2003) etwa 70 % aller Schlachtschweine in Deutschland erfasst (MAY, 2004).

Das ubiquitäre Vorkommen von Salmonellen lässt zum jetzigen Zeitpunkt die Garantie einer „salmonellenfreien“ Lebensmittelproduktion unmöglich erscheinen. In den letzten Jahrzehnten traten zwar immer mehr Infektionen auf, die nicht durch den Genuss von Fleisch verursacht wurden, z.B. nach dem Verzehr von Kartoffelchips, Sprossen oder Tomaten (BUNDESGESUNDHEITSBLATT „SALMONELLOSE“, 2002). Dennoch gilt das Tier als Hauptreservoir für die Erreger. Für eine erfolgreiche Reduzierung des Salmonelleneintrags in den Lebensmittelkreislauf muss daher eine Bekämpfung der Bakterien schon beim Tier stattfinden.

## **2.3 *Salmonella* spp. – Eigenschaften des Erregers**

### **2.3.1 Nomenklatur**

Salmonellen gehören zur Familie der Enterobacteriaceae. Ihre Gattung besteht aus zwei Arten: *Salmonella enterica* und *Salmonella bongori*. Erstere lässt sich in sechs Subspezies unterteilen, die mit römischen Zahlen gekennzeichnet werden:

- I *Salmonella enterica*
- II *Salmonella salmae*
- III *Salmonella arizonae*
- IV *Salmonella diarizonae*
- V *Salmonella houtenae*
- VI *Salmonella indicae*

In der Subspezies I finden sich alle für Menschen und warmblütige Tiere relevanten Serovare. Die unterschiedliche Antigenstruktur der Salmonellen ermöglicht ihre Differenzierung in weit über 2000 verschiedene Serovare (= Serotypen).

Auf der Grundlage des Kaufmann-White-Schemas werden die O-Antigene mit arabischen Ziffern bezeichnet. Salmonellen, die das gleiche O-Antigen besitzen, werden in Gruppen eingeteilt, denen wiederum lateinische Großbuchstaben zugeordnet werden. Die meisten Salmonellen sind diphasisch, d.h. sie bilden H-Antigene in zwei serologisch unterschiedlichen Formen aus. Antigene der Phase 1 werden mit kleinen lateinischen Buchstaben benannt, Antigene der Phase 2 mit arabischen Ziffern.

So ist z.B. die Bezeichnung:

**I<sup>1</sup> B<sup>2</sup> 1,4,5,12<sup>3</sup> :i<sup>4</sup> :1,2<sup>5</sup>**

(<sup>1</sup>Subspezies enterica, <sup>2</sup>O4 als Hauptantigen <sup>3</sup>O-Antigene, <sup>4</sup>H-Antigen der Phase 1, <sup>5</sup>H-Antigene der Phase 2)

das Synonym für *Salmonella* enterica subspezies enterica Serovar Typhimurium, in der Praxis kurz *S. Typhimurium* genannt. Da die Namen vieler dieser Serotypen bereits lange in der Praxis benutzt werden und oft die Erkennung epidemiologischer Zusammenhänge erleichtern, ist man übereingekommen, für die Subspezies enterica bei der Namensgebung zu bleiben. Zur Kennzeichnung des Serovarcharakters sollen die Stämme der Subspezies enterica aber mit großem Anfangsbuchstaben und nicht kursiv geschrieben werden, also z.B. *S. Typhimurium* und nicht mehr *S. typhimurium* (LE MINOR u. POPOFF, 1987; ROLLE u. MAYR, 2002).

### 2.3.2 Ätiologie

Salmonellen sind gramnegative, ca. 2 – 3 µm große, plumpe, sporenlose Stäbchen, die bis auf die Serovar Gallinarum peritrich begeißelt und beweglich sind (ROLLE u. MAYR, 2002).

### 2.3.3 Anzucht

Die Anzucht gelingt bereits aus einfachen Nährböden wie Fleischwasseragar. Zur Isolierung aus Material, das noch weitere Bakterien enthält, wie z.B. aus Kot, werden sogenannte Elektivnährböden wie Gassner-, BPLS- oder XLD-Agar verwendet. Um die Ausbeute zu erhöhen, wird zuvor häufig eine Anreicherung in speziellen, selektiven, flüssigen Medien wie Rappaport-Vassiliadis-Medium durchgeführt.

Wenn eine subletale Schädigung der Keime oder eine relativ geringe Kontamination des untersuchten Materials (Futter- oder Lebensmittel) erwartet wird, so hat sich die zusätzliche, nicht selektive Voranreicherung (z.B. in gepuffertem Peptonwasser) bewährt, um leicht geschädigte Salmonellen wieder zu reaktivieren (ROLLE u. MAYR, 2002).

### 2.3.4 Widerstandsfähigkeit

Auch außerhalb des menschlichen und tierischen Organismus können Salmonellen lange überdauern. In Abwässern mit hohem Eiweißgehalt und Sauerstoffanteil können sie sich sogar erheblich vermehren (ROLLE u. MAYR, 2002).

Nach Studien von SCHÖNING (1999) beträgt die Überlebenszeit der Bakterien

- auf glatten Metalloberflächen: 14 Tage
- in feuchter Erde: 1 Jahr
- in getrocknetem Kot: 2,5 Jahre
- im Abwasser: 2,7 Jahre
- im Staub (bei Zimmertemperatur): 4 Jahre

Je trockener das Material ist, desto höher ist die Tenazität von Salmonellen. Gegen Kälte sind sie resistent. Dagegen sterben die Bakterien in sauren Medien oder unter Hitzeeinwirkung relativ rasch (nach 10 Min. bei 80° C) ab. Alle gebräuchlichen Desinfektionsmittel töten die Erreger innerhalb von Minuten ab, sofern sie nicht durch umgebenden Schmutz (z.B. Kotreste) geschützt sind (ROLLE u. MAYR, 2002).

### 2.3.5 Serotypisierung

Bei Salmonellen werden somatische (O-Ag), Geißel- (H-Ag), Kapsel- (K-Ag) und Fimbrien-Antigene (F-Ag) unterschieden.

Für die Diagnostik sind v.a. die O- und H-Antigene bedeutsam, da auf ihnen das Kauffmann-White-Schema aufbaut.

Die O-Antigene sind Bestandteil des Lipopolysaccharidkomplexes der Zellwand. Sie sind hitzestabil. Die H-Antigene sind Proteine und somit hitzelabil.

K-Antigene kommen nur bei wenigen Serovaren wie *S. Typhi* oder *S. Dublin* vor. Sie liegen den O-Ag als Hülle obenauf und können dadurch die Agglutination mit dem O-Ag stören.

F-Antigene sind weniger von diagnostischem Interesse, als dass sie vielmehr eine große Bedeutung als Virulenzfaktoren einnehmen.

Nach Vordifferenzierung der Kolonien auf Differentialnährböden wird die weitere Serovarbestimmung durch Objektträgeragglutination mittels käuflicher O- und H-Antiseren durchgeführt. Bei Schwierigkeiten mit dem Nachweis der zweiten H-Phase wird die sog.



Schwärmlatte nach Sven - Grad eingesetzt, bei der die erste H-Phase durch Zugabe von Antiserum gehemmt wird.

In den letzten Jahren hat die Phagentypisierung eine noch weitergehende Differenzierung ermöglicht. „Phagen“ nennt man Viren, die aufgrund ihrer genetischen und morphologischen Struktur in der Lage sind, Bakterien zu befallen. Geht eine bestimmte Serovar beim Zusatz eines bestimmten Phagen zugrunde, so wird sie diesem Phagen zugeordnet. Durch die Möglichkeit der Unterscheidung „harmloser“ von multiresistenten Stämmen wie *S. Typhimurium* DT 104 hat diese Untersuchungsmethode große Bedeutung gewonnen (SELBITZ et al., 1995).

## **2.4 Salmonelleninfektion**

### **2.4.1 Infektionsmechanismus – Enteritis**

Die Infektion erfolgt in der Regel auf oralem Wege. Im Darm dringen die Salmonellen in das Epithel ein. Sie passieren die Enterocyten und induzieren an der Basalregion der Lamina propria Entzündungsprozesse. Sowohl die daraufhin freigesetzten Prostaglandine als auch die Bildung von Enterotoxin durch die Bakterien führen zu einer Hypersekretion in das Darmlumen. Die zusätzliche Resorption von Endotoxin kann zu Komplikationen führen.

Die Ausscheidung der Erreger mit dem Stuhl dauert bei immunkompetenten Menschen und Tieren meist nur einige Tage, maximal zwei bis drei Wochen. Werden die Erreger länger als ein Jahr ausgeschieden, spricht man von Dauerausscheidern (SANDER, 1993).

### **2.4.2 Infektionsmechanismus – Extraintestinale Infektionen: Septikämien und Aborte**

Septikämische Krankheitsverläufe werden meist durch artspezifische Salmonellen bei ihrem Hauptwirt verursacht. Werden die Erreger nach dem Anheften an die Darmschleimhaut phagozytiert, so können sie sich in den Phagozyten vermehren. Von diesen werden die Bakterien dann in die regionären Lymphknoten transportiert. Von dort gelangen sie über die Lymphgefäße in den Blutkreislauf. Die Freisetzung von Endotoxin führt zu Fieber, Abgeschlagenheit und Schock-Symptomen. Der Uterus ist in der Regel kein Zielorgan der Salmonellen. Meist sind Aborte die Folge der Septikämie. Ischämische Nekrosen an Ohrhörnern und Gliedmaßen spitzen können durch Thrombosen in den Endstrombahnen des Blutkreislaufs entstehen. Auch Pneumonien und Arthritiden wurden beobachtet.

### **2.4.3 Pathogenität - Mechanismen und Faktoren**

Ob und wie sehr ein Serovar krank macht, also die Pathogenität bzw. die Virulenz des Erregers, hängt von vielen Faktoren ab:

Die Invasivität der Salmonellen, ihre Resistenz gegenüber der komplementvermittelten bakteriziden Aktivität des Serums sowie ihre Fähigkeit zur Immunsuppression des Wirtes werden in Genen auf dem Bakterienchromosom codiert. Wichtige Virulenzgene sind in der *spv* (salmonella plasmid virulence) – region und auf den chromosomalen SPI (salmonella pathogenity islands) enthalten. Es wird eine positive Korrelation der Virulenz mit der Länge der Seitenketten der LPS (Lipopolysaccharide) beschrieben. Die Expression von Geißeln verhindert ein Abschwemmen im Darminhalt und erleichtert den Eintritt ins Darmepithel. Die Freisetzung von Enterotoxinen und Endotoxinen aus zerfallenen Salmonellen verursacht eine erhöhte Sekretion von Flüssigkeit und Elektrolyten in das Darmlumen, sowie systemische Effekte wie Fieber und Gefäßschäden mit Thrombose (CLARKE u. GYLES, 1993; SELBITZ et al., 1995; ROLLE U. MAYR, 2002).

### **2.4.4 Verbreitung von Salmonellen in der Umwelt – Infektionskreise**

Für die Ansteckung der landwirtschaftlichen Nutztiere lassen sich drei große Infektionsmöglichkeiten unterteilen:

1. Enzootisch durch Ausscheidung im Kot kranker Tiere oder von Dauerausscheidern
2. Verunreinigtes Oberflächenwasser (Siedlungsabwässer, kontaminierte Gülle) als Tränke, kontaminiertes Weidegras und Heu nach Überschwemmung oder künstlicher Bewässerung
3. Salmonellenhaltige Futtermittel

#### **2.4.4.1 Enzootischer Infektionskreis**

Die enzootische Ansteckung wird als die typische Verbreitungsform innerhalb eines Betriebes angesehen. Akut erkrankte Tiere scheiden Salmonellen in großen Mengen aus. Die unvermeidliche Kontamination von Futter und Tränke führt zur raschen Infektion weiterer Tiere. Die hohe Tenazität der Salmonellen in der Umwelt führt außerdem zu einer erhöhten Gefahr der Verschleppung über Vektoren wie Pflegepersonal, Geräte, Schädlinge, andere Haustiere oder Insekten (ROLLE u. MAYR, 2002).

#### **2.4.4.2 Infektion über kontaminiertes Wasser**

Siedlungsabwässer sind heute regelmäßig stark salmonellenhaltig. In 80 % bis 90 % der Proben von Frischschlamm aus Kläranlagen von städtischen Einzugsgebieten werden die Erreger nachgewiesen. Der hohe Eiweißgehalt des Schlamms ermöglicht den Bakterien sogar eine weitere Vermehrung. Die in der Kläranlage erfolgten Reinigungsmaßnahmen führen dennoch zu einer deutlichen Reduktion des Salmonellengehalts im Abwasser. Ein nicht zu stark belasteter Fluss kann durch seine Selbstreinigungskraft die verbleibenden Erreger in seinem weiteren Lauf eliminieren. Überschwemmungen vor allem von stark belasteten Gewässern oder das Ausbringen von kontaminierter Gülle (lange Überlebenszeit in Gülle) auf Weideland können zur Infektion der dort weidenden Tiere bzw. zur Kontamination des dort gewonnenen Heus führen. Meist ist die Infektionsdosis aber so gering, dass es nicht zur klinischen Erkrankung kommt (ROLLE u. MAYR, 2002).

#### **2.4.4.3 Salmonellenhaltige Futtermittel**

Futtermittel werden immer wieder als Quelle des Salmonelleneintrags in Betriebe verantwortlich gemacht. Besonders häufig wurden die Erreger in importierten Futtermitteln (Sojabohnen, Erdnuss-, Leinsamenmehl, ...) nachgewiesen. Meist werden die nach der Herstellung noch einwandfreien Rohstoffe durch fehlerhafte Verpackung oder Lagerung sekundär mit Salmonellen kontaminiert. Die Importfuttermittel spielen kaum eine Rolle bei der Verbreitung der am häufigsten auftretenden Serovaren *S. Typhimurium* und *S. Dublin*, sie sind viel mehr für den Anstieg sogenannter „seltener“ bzw. „exotischer“ Serovare in deutschen Isolaten verantwortlich (ROLLE u. MAYR, 2002).

#### **2.4.4.4 Möglichkeit der Übertragung durch Wildtiere und Schadnager**

Für eine Streuung und Verbreitung der Erreger in der Außenwelt können außerdem auch Wildvögel, Schadnager und andere kleine Tiere verantwortlich gemacht werden. Der Befallsgrad der Tiere korreliert mit ihrem Kontakt zu Abwässern, Kläranlagen, Mülldeponien und dergleichen.

Bei Kotuntersuchungen konnten, wie in Tabelle 1 dargestellt, laut ROLLE u. MAYR (2002) folgende Kontaminationsraten festgestellt werden:

Tabelle 1: Vergleichende Darstellung der Kontaminationsrate von verschiedenen Wildtieren und Schadinsekten mit Salmonellen

Möwen	7 - 78 %
Verwilderte Haustauben	2 - 27 %
Wildente (Stadt)	16 %
Finkenartige Vögel	0 - 21 %
Ratte an Schlachthöfen	30 %
Ratte auf Schiffen	12 %
Ratte auf Bauernhöfen	4 %
Igel	2,7 %

## **2.4.5 Salmonellose beim Menschen**

### **2.4.5.1 Krankheitsverlauf**

Sowohl von der Ätiologie als auch vom Krankheitsverlauf her ist es sinnvoll, die Salmonellosen des Menschen in zwei Gruppen einzuteilen:

#### *2.4.5.1.1. Allgemeininfektion mit Typhus und Paratyphus*

Typhus und Paratyphus sind schwere, zyklisch verlaufende Allgemeinerkrankungen mit Durchfall und hohem Fieber. Im Verlauf der Infektion kann es zu Organschäden an Darm, Herz, Niere, Leber und Galle kommen. Erreger sind *S. Typhi*, *S. Paratyphi A*, *B* und *C*. Die Übertragung ist auch von Mensch zu Mensch möglich (BUNDESGESUNDHEITSBLATT „SALMONELLOSE“, 2002).

#### *2.4.5.1.2. Gastroenteritische Salmonellose*

Alle anderen *Salmonella*-Serovaren können akute Gastroenteritis mit heftigem Durchfall, Erbrechen, mäßigem Fieber, Mattigkeit, Kopfschmerzen und teilweise abdominalen Krämpfen hervorrufen. Die Salmonellen werden meist durch den Genuss tierischer Lebensmittel übertragen. Abhängig von der aufgenommenen Bakterienmenge und der Konstitution des Erkrankten dauern die Symptome zwei bis drei Tage, unter Umständen auch Wochen an. Bei Kleinkindern und Senioren ist der Krankheitsverlauf meist schwerer und kann auch letal enden. Etwa 5 % der Erkrankten bleiben nach Ausheilen der Krankheit Dauerausscheider. Sie scheiden über Wochen, Monate und sogar Jahre hinweg Salmonellen

aus, ohne weitere Anzeichen einer Erkrankung zu zeigen (D'AOUST, 1989; ROLLE u. MAYR, 2002).

#### 2.4.5.2 Gemeldete Salmonellenerkrankungen in Deutschland 2004

Im Jahr 2004 wurden rund 57.000 Salmonellenerkrankungen gemeldet, über 15.000 davon bei Kindern unter fünf Jahren. Eine Häufung der Meldungen wurde wie in den Vorjahren in den warmen Monaten beobachtet. Bei 90 % der Fälle wurde als Infektionsort Deutschland angegeben. Im Vergleich zu 2002 (72.425 Fälle) und 2003 (63.066 Fälle) ist ein stetiger Rückgang der Erkrankungsmeldungen zu verzeichnen gewesen. Dies entspricht dem seit 1992 beobachteten Trend. Damals wurden noch fast 200.000 Salmonellosefälle verzeichnet (EPIDEMIOLOGISCHES BULLETIN, 2005)

*Tabelle 2: Verteilung der 10 häufigsten beim Mensch isolierten Serovaren im Jahr 2004:*

	<b>Serovar</b>	Fälle	Anteil an allen Isolaten
1.	<i>S. Enteritidis</i>	36.529	64,1 %
2.	<i>S. Typhimurium</i>	11.272	19,8 %
3.	<i>S. Infantis</i>	750	1,3 %
4.	<i>S. Virchow</i>	195	0,3 %
5.	<i>S. Derby</i>	159	0,3 %
6.	<i>S. Anatum</i>	97	0,2 %
7.	<i>S. Hadar</i>	91	0,2 %
8.	<i>S. Newport</i>	80	0,1 %
9.	<i>S. Agona</i>	70	0,1 %
10.	<i>S. London</i>	62	0,1 %

*(modifiziert nach Tab. 2 des Epidemiolog. Bulletin 33/2005 des RKI)*

In Tabelle 2 sticht *S. Enteritidis* heraus als die Serovar, die am häufigsten Erkrankungen beim Menschen auslöst. Etwa jeder fünfte Krankheitsfall wurde auf die Serovar *S. Typhimurium* zurückgeführt. Alle anderen gefundenen Isolate spielten im Vergleich hierzu nur eine untergeordnete Rolle.

#### 2.4.6 Salmonelleninfektion beim Schwein

Infektionen treten in allen Altersgruppen auf, gehäuft jedoch bei Tieren in der Zeit nach dem Absetzen bis zum dritten oder vierten Lebensmonat. Saugferkel sind relativ selten betroffen.

Dies liegt möglicherweise daran, dass sie durch maternale Antikörper aus dem Kolostrum geschützt werden (DAHL et al., 1997). Beim Absetzen entsteht durch Umstallen sowie Klima- und Futtermittelveränderung Stress. Dieser verursacht eine massive Katecholaminausschüttung, die ihrerseits eine Hemmung der Magensäureproduktion bewirkt und somit einen Anstieg des pH-Wertes im Magen. Als Folge überleben mehr Salmonellen die Passage durch den Magen (SELBITZ et al., 1995; SCHWARTZ, 1999).

Auch beim Schwein muss zwischen der Infektion mit tierartspezifischen Serovaren und der Ansteckung mit anderen Salmonellenarten unterschieden werden:

#### **2.4.6.1 Infektion mit den artspezifischen Erregern *S. Choleraesuis* und *S. Typhisuis*:**

Früher verursachten durch *Salmonella Cholerae suis*, seltener durch *Salmonella Typhi suis* hervorgerufene Salmonellose vor allem auf dem Gebiet der ehemaligen DDR schwere wirtschaftliche Verluste (SELBITZ et al., 1995).

Die Infektion mit diesen Serotypen führt zu einer Colitis mit meist wässrigem, gelb-grauen, z.T. auch blutigem Kot, Fieber bis 42° C, sowie auch zyanotischen Veränderungen an Ohrmuscheln, Rüsselscheibe und Unterbauch.

Die Infektion mit *S. Cholerae suis* verläuft in der Regel akut bis perakut aufgrund einer Septikämie, die von Colitis und miliaren Lebernekrosen gefolgt wird.

Das Krankheitsbild nach Ansteckung mit *S. Typhi suis* ist durch einen meist chronischen Verlauf mit nekrotisierender Colitis und evtl. nachfolgender Rektumstenose, Verkäsen der Mediastinal- und Pharyngeallymphknoten und herdförmiger Pneumonie gekennzeichnet (ROLLE u. MAYR, 2002).

#### **2.4.6.2 Nichtadaptierte Serovaren**

##### *2.4.5.1.3. Latente Infektion*

Meist verursachen nicht speziell an das Schwein adaptierte Salmonellenarten nur eine latente Infektion, die erst bei zusätzlichen Stressfaktoren in eine manifeste Erkrankung übergeht. Das Spektrum der verschiedenen Salmonellenarten ist beim Schwein höher als bei anderen Haus- und Nutztieren, was vermutlich mit dem Eintrag fremder Salmonellenarten durch Importfutter zu erklären ist. Das häufigste Isolat ist jedoch seit Jahren *S. Typhimurium*. Bei den Schlachthofuntersuchungen im Jahr 2004 wurde bei 61 % der mit Salmonellen kontaminierten Schlachtschweine diese Serovar isoliert.

#### 2.4.5.1.4. *Klinische Erkrankung*

Bei einer klinischen Erkrankung wird häufig vom Rückgang der Futteraufnahme berichtet. Als Ursache werden Fieber, nekrotisierende Colitis und Typhlitis mit evtl. nachfolgender Rektumstenose (WENDT u. PLONAIT, 2004) beschrieben. Der Erregernachweis ist insbesondere am lebenden Tier häufig nur schwer oder gar nicht möglich, da die Keimausscheidung nur in den ersten Tagen bis Wochen nach der Infektion erfolgt. Danach werden nur noch bei Dauerausscheidern oder nach besonderen Stresssituationen in intermittierenden Abständen Bakterien im Kot nachgewiesen. Am Schlachtkörper gelingt unter Umständen die Anzucht aus befallenen Lymphknoten. Die serologische Untersuchung kann bislang nur das Vorliegen eines erhöhten Antikörpergehalts gegen Salmonellen nachweisen, nicht aber welche Salmonellenart dafür verantwortlich war und ob noch eine akute Ansteckungsgefahr besteht (VAN DER WOLF, 2002).

#### 2.4.5.1.5. *Subklinischer Krankheitsverlauf*

Meist verläuft die Infektion mit nicht wirtsspezifischen Serovaren unbemerkt. Wachstumseinbußen und ein erhöhter Anteil von Kümmerern können unter Umständen im Nachhinein mit einer Salmonellenerkrankung erklärt werden. In der Regel erfährt der Landwirt erst durch stichprobenartige Untersuchungen seiner Mastschweine am Schlachthof mittels Fleischsaft-ELISA, dass in seinem Bestand eine Salmonelleninfektion stattgefunden hat.

### **2.4.6.3 Nachweishäufigkeit verschiedener *Salmonella*-Serovare in Isolaten vom Schwein im Nationalen Referenzlabor für Salmonellen im Jahr 2002**

Bis heute gibt es noch keine flächendeckende nationale Salmonellenüberwachung der Schweine- und Schweinefleischproduktion in Deutschland. Im Nationalen Referenzlabor für Salmonellen (NRL-Salm) werden alle amtlich genommene Proben und Anlassproben aus der Bundesrepublik untersucht. Die in Tabelle 3 gezeigte Statistik des NRL-Salm kann daher eine Vorstellung der epidemiologischen Situation in Deutschland allgemein und auch von der Vorkommenshäufigkeit der Serovaren vermitteln. Hinsichtlich des Anteils salmonelleninfizierter Tiere bzw. Herden sind aber keine verlässlichen Aussagen zu gewinnen:

Tabelle 3: Positiver Salmonellennachweis im Nationalen Referenzlabor für Salmonellen (NRL-Salm) 2004

Probenart	Probenzahl	Anteil der pos. Proben <sup>1</sup>
BU Herden/Gehöfte	2108	5,60 %
ELISA Herden/Gehöfte	27	66,67 %
BU Einzeltiere	23073	3,12 %
ELISA Einzeltiere	6003	8,00 %

<sup>1</sup> Anteil der positiven Erregernachweise an der Gesamtzahl der untersuchten Proben

Im Jahr 2004 wurden vom NRL-Salm rund 5000 Fleischproben, die nicht vom Geflügel stammten, auf Salmonellen untersucht. 3394 Proben hiervon waren aus Schweinefleisch.

5,9 % der untersuchten Proben waren mit den Zoonoseerregern kontaminiert. In Tabelle 4 werden die am häufigsten gefundenen Serovare dargestellt:

Tabelle 4: Prozentuales Vorkommen von Salmonella-Serovaren bei Isolaten vom Schwein im NRL-Salm 2002 und 2004 verglichen mit der Gesamtzahl der Salmonella-Isolate

Nr.	Serovar	Prozentsatz 2002	Prozentsatz 2004
1	<i>S. Typhimurium</i>	88,0 %	74,7 %
2	<i>S. Derby</i>	5,6 %	nicht bekannt
3	<i>S. Gruppe B</i>	3,7 %	nicht bekannt
4	<i>S. Infantis</i>	0,9 %	nicht bekannt
5	<i>S. London</i>	0,9 %	nicht bekannt
6	<i>S. Enteritidis</i>	0,9 %	1,54 %
7	<i>S. Brandenburg</i>	0,9 %	nicht bekannt

Aus Tabelle 4 ist deutlich zu erkennen, dass *S. Typhimurium* die beim Schwein dominierende *Salmonella*-Serovar ist. Im Jahr 2002 wurde es bei fast 90 % der infizierten Schweine nachgewiesen. Auch wenn in den letzten Jahren vermehrt andere Serotypen isoliert wurden, ist deren Bedeutung beim Schwein nach wie vor als untergeordnet zu bewerten.

#### **2.4.6.4 Vorkommen und Bedeutung der wichtigsten Isolate beim Schwein im Jahr 2002**

Rund 21 % der an das NRL eingesendeten salmonellenverdächtigen Proben stammten vom Schwein oder von Lebensmitteln, die aus Schweinefleisch gewonnen wurden. Wie in den oben aufgeführten Tabellen zu erkennen ist, dominiert die Serovar *S. Typhimurium*, gefolgt von *S. Derby*. *S. Agona* wurde zwar am dritthäufigsten in Schweineproben festgestellt, jedoch



nie in Lebensmitteln, die vom Schwein stammten. Dagegen fand sich *S. Enteritidis* häufiger in Fleisch und Fleischprodukten als beim lebenden Tier. Diese Tatsache lässt sich möglicherweise mit einer selektiven Anreicherung der Serovar während der Schlachtung und Verarbeitung erklären (DORN et al., 2002). Rund zwei Drittel der beim Menschen gemeldeten Salmonellosefälle werden von *S. Enteritidis* verursacht, nur etwa jede fünfte Erkrankung wurde durch *S. Typhimurium* verursacht. Auch wenn Schweinefleisch demzufolge nicht der Hauptverursacher menschlicher Salmonellosen sein kann, ist das Gefahrenpotenzial durch kontaminierte Lebensmittel insbesondere bei unzureichender Hygiene in der weiteren Verarbeitung nicht zu vernachlässigen.

#### **2.4.7 Salmonellose des Geflügels**

Für die Verbreitung von Salmonellen durch infiziertes Geflügel spielt die Möglichkeit der vertikalen Übertragung der Erreger über das Ei eine besondere Rolle.

- *S. Pullorum* verursacht vor allem bei Küken eine akute Septikämie, vermehrte Uratausscheidung (= „Weiße Ruhr“), disproportionalen Körperwuchs und bei chronischer Infektion verminderte Legeleistung und reduzierte Befruchtungsleistung der Hähne.
- *S. Gallinarum*, Erreger des sog. „Hühnertyphus“, ist stärker virulent für erwachsene Hühner. Die Infektion gallinarumfreier Bestände kann akute bis perakute typhoide Salmonellosen mit z.T. hoher Letalität hervorrufen (HINZ et al., 1989). Diese Serovar wird bereits seit Jahren bekämpft, Trägertiere werden gemerzt (SELBITZ et al., 1995).
- *S. Enteritidis* / *S. Typhimurium*: Diese weitverbreiteten Serovare werden bei Hühnern in den letzten Jahren am häufigsten festgestellt. Im Vergleich mit anderen Tierarten liegt der Anteil von Enteritidis-Nachweisen deutlich höher. Im NRL-Salm wurde z.B. im Jahr 2004 bei den Einzeltieruntersuchungen von Legehennen aus 55 % der positiven Proben die Serovar *S. Enteritidis* isoliert (BFR WISSENSCHAFT, 2006). Je nach Produktionsstufe, Haltungsform und Probenmaterial stellen *S. Typhimurium* und *S. Enteritidis* abwechselnd den am häufigsten isolierten Serotyp. Beide werden aber deutlich häufiger nachgewiesen als andere Serovare.
- Der Infektionsverlauf ist meist latent, so dass Monitoringprogramme eine wichtige Rolle für den Verbraucherschutz spielen.

## **2.4.8 Salmonellen in Lebensmitteln**

Seit der ersten Entdeckung der Salmonellen vor über 100 Jahren sind die Bakterien als sogenannte „Fleischvergifter“ bekannt. Noch heute ist Salmonellose in vielen Teilen der Welt die bedeutendste zoonotische Lebensmittelinfektion.

### **2.4.8.1 Infektketten**

- *Primäre Kontamination:* Hiervon sind besonders tierische Lebensmittel betroffen. Eier, Milch und Fleisch können bereits bei der Erzeugung Salmonellen enthalten, wenn das Tier, von dem sie stammen, infiziert ist bzw. war.
- *Sekundäre Kontamination:* Hierfür ist meist der Mensch verantwortlich, der mit dem Lebensmittel umgeht. Häufig werden die Erreger über mehrere Vektoren weitergegeben wie Einrichtungsgegenstände, Aerosole, Staub und weitere Gerätschaften. Der Infektionszyklus ist in der Regel auf einer Kette von Ereignissen aufgebaut. Die Kontamination kann in einem bis vielen Schritten erfolgen über Fäkalien, Abfälle, Futtermittel, Haus- und Heimtiere, Schadinsekten, Vögel, Wasser und Abwässer. Das Tier bleibt aber immer das kausale Element der Infektion.

### **2.4.8.2 Unterstützende Faktoren**

Viele Untersuchungen haben belegt, dass die ursprüngliche Kontamination – egal ob primär oder sekundär – meist keine Infektion auslöst. Vor allem die Lagerung bei falschen Temperaturen führt zum sprunghaften Anstieg der Bakterienbesiedlung. Besonders gefährlich sind daher zu lange Aufwärm- bzw. Abkühlphasen bei der Speisenzubereitung, zu lange Warmhalteperioden im kritischen Temperaturbereich zwischen 10° C und 65° C wie bei warmen Buffets, fehlende oder unzureichende Kühlung, sowie die ungenügende Erhitzung von bereits vorerhitzten und wieder abgekühlten Speisen (BRYAN, 1988; SELBITZ et al., 1995).

### **2.4.8.3 Minimale Infektionsdosis**

Die zu einer klinischen Erkrankung führende Infektionsdosis ist von verschiedenen Faktoren abhängig wie der Immunkompetenz des Infizierten, der Serovarietät und dem kontaminierten Lebensmittel.

Die oft zitierte minimale Infektionsdosis von  $10^5 - 10^6$  lebenden Zellen/g LM darf daher nur als Anhaltspunkt genommen werden. Die Zahl beruht auf den Ergebnissen von Freiwilligenversuchen bei Strafgefangenen in den frühen Fünfziger Jahren des 20. Jahrhunderts. Um eine manifeste Erkrankung auszulösen, war die Aufnahme von  $10^5$  S. Newport-,  $5 \times 10^6$  S. Anatum-, bzw.  $10^9$  S. Gallinarum- Zellen erforderlich (SINELL, 1992). Bei Kleinkindern, älteren Menschen und anderen Personen mit nicht voll leistungsfähigem Immunsystem führen schon deutlich geringere Keimzahlen zur Erkrankung. Nach Angaben des BfR zeigte sich in Deutschland die höchste Inzidenz für Salmonelleninfektionen 2004 genau wie in den Jahren zuvor bei Kindern unter zehn Jahren, mit einem Maximum bei Kleinkindern. Von den 52 Personen, die im Jahr 2004 an den Folgen der Erkrankung starben, waren 94 % über 60 Jahre alt (BFR WISSENSCHAFT, 2006).

GLYNN u. BRADLEY (1992) konnten einen Zusammenhang zwischen der Höhe der Dosis und der Schwere des Krankheitsverlaufs nachweisen.

Es wurde auch mehrfach über Salmonellose-Ausbrüche durch den Verzehr von kontaminierter Schokolade, Käse oder Muscheln berichtet, bei denen die ermittelte infektiöse Dosis deutlich unter  $10^2$  lag. Möglicherweise ist die krankmachende Wirkung von so geringen Keimmengen mit der protektiven Wirkung des hohen Fettgehalts dieser Lebensmittel vor der Magensäure zu erklären (LEHMACHER, 2005).

#### **2.4.8.4 Epidemiologische Bedeutung einzelner Lebensmittel/Kontaminationsraten**

In den letzten Jahrzehnten trugen neue Lebensmittelverordnungen zu einem Wandel der besonders risikoreichen Lebensmittelgruppen bei. Seit alters her galt der Verzehr von Gehacktem und Geflügelfleisch als besonders häufige Infektionsquelle (PÖHN, 1982). In den 90er Jahren fand aber ein Trendwechsel statt, der bis heute anhält. Heute werden vor allem Back- und Konditoreiwaren wie eihaltige Cremes, Desserts, Speiseeis und andere Eierspeisen für die Erkrankung an Salmonellose verantwortlich gemacht (ZASTROW u. SCHÖNEBERG, 1994).

Das Fleisch von Geflügel weist auch heute noch eine deutlich höhere Kontaminationsrate (ca. 13 % nach BFR WISSENSCHAFT, 2006) auf als das anderer Tiere. Dies ist weniger auf einen höheren Durchseuchungsgrad der Schlachttiere zurückzuführen als auf das größere Risiko einer Kreuzkontamination während des Schlachtprozesses. Bei der Entfederung werden eventuell vorhandene Salmonellen durch die Entfederungsmaschinen in die Haut einmassiert. Bei der anschließenden Eviszierung und der Kühlung von mehreren Tierkörpern

im gleichen Tauchbad kann es wiederholt zu Schmierinfektionen kommen (SELBITZ et al., 1995). Auch bei der moderneren Luft-Sprüh-Kühlung wird die Möglichkeit der Kontamination durch salmonellenhaltige Aerosole und Tropfwasser beschrieben (STEPHAN u. FEHLHABER, 1994).

Die Infektionsgefahr durch den Genuss von Geflügelfleisch selbst zu erkranken ist dennoch gering, da es in der Regel durchgegart verzehrt wird. Es stellt aber ein potenzielles Risiko durch die mögliche Kontamination des Zubereitungsumfeldes dar, wenn seine Verarbeitung nicht streng hygienisch erfolgt. Die Hygiene beim Umgang mit jedem rohen Fleisch ist eine unabdingbare Voraussetzung, damit es bei der Zubereitung der Speisen nicht zu einer Schmierinfektion kommen kann. Wichtig ist hier insbesondere das Waschen der Hände bevor andere Lebensmittel oder Küchengeräte angefasst werden, sowie dass nicht die gleichen Hilfsgeräte wie Brett oder Küchenmesser für verschiedene Speisen benutzt werden.

Die Problematik bei der Salmonellenüberwachung in der Fleischproduktion besteht darin, dass bislang nur Schlachttiere, die als Salmonellenausscheider verdächtig sind, oder deren Fleisch krankhafte Veränderungen aufweist, einer bakteriologischen Untersuchung unterzogen werden. Da die erwachsenen Tiere aber in der Regel klinisch unauffällig sind, werden sie meist bei der amtlichen Schlachttieruntersuchung nicht erkannt. Kreuzkontamination im Schlacht- und Verarbeitungsprozess führt zur Verbreitung und Vermehrung der Salmonellen. D'AOUST (1989) gibt für Schlachtkörper vom Rind eine Kontaminationsrate von 0,2 % bis 21,5 % an, für Schweinehälften von 0,4 % bis 76,3 %. Möglicherweise vermindert das Enthäuten der Schlachtkörper bei der Rinderschlachtung wesentlich das Risiko einer Schmierinfektion.

Eier spielen v.a. bei unsachgemäßer Zubereitung und falscher Lagerung eine Rolle als Infektionsquelle. Enteneier sind am häufigsten mit Salmonellen kontaminiert. Die Enteneier-Verordnung schreibt daher mindestens zehn Minuten langes Durcherhitzen vor. Frische Hühnereier sind nach Untersuchungen von LOUVOIS (1993) und MÜLLER et al. (1994) nur zu 0,15 % bis 0,75 % kontaminiert. In Bayern wurden 2004 im Rahmen des Bayern Monitoring nur bei 0,06 % der Konsumeier aller Hühner Salmonellen nachgewiesen. Bundesweit lag die Nachweisrate bei Konsumeiern von Hühnern aus Käfighaltung bei 3,01 % und aus Bodenhaltung bei 0,12 % (BFR WISSENSCHAFT, 2006). Am häufigsten sind die Bakterien auf der Schalenoberfläche zu finden, selten im Eiweiß und nur ausnahmsweise im Dotter. Der hohe pH-Wert sowie die hohen Albumin-Konzentrationen, die die

Eisenresorption der Salmonellen stark behindern, sind wohl hauptsächlich für die schlechte Vermehrung im Eiklar verantwortlich (REISSBRODT u. RABSCH, 1993). In 16,67 % aller (Plan- und Anlassproben) im Jahr 2004 im NRL-Salm untersuchten Eizubereitungen, d.h. Speisen mit Rohei, konnten Salmonellen nachgewiesen werden (BFR WISSENSCHAFT, 2006). Wie beim Geflügelfleisch steigt die Gefahr der Salmonellenkontamination durch Eier während des Verarbeitungsprozesses erheblich.

Milch und Milcherzeugnisse: In Deutschland wird Konsummilch in der Regel einer Wärmebehandlung unterzogen (Milch-Verordnung). Für Ausnahmen wie Vorzugsmilch oder Milch-ab-Hof-Abgabe gelten strenge Regeln. Bei den planmäßig vom NRL-Salm untersuchten Proben wurde 2004 lediglich bei einer von rund 6700 Proben von Milchprodukten ohne Rohmilch eine Kontamination festgestellt. Dies betrug 0,01 % der untersuchten Proben (BFR WISSENSCHAFT, 2006). Alle anderen Untersuchungen von Milch und Milchprodukten verliefen komplett negativ. Speiseeis wird häufig als salmonellenkontaminiertes „Milcherzeugnis“ in den Statistiken geführt, jedoch ist hier als Ursache wesentlich häufiger Rohei als Rohmilch zu ermitteln (ZASTROW u. SCHÖNEBERG, 1994).

#### **2.4.8.5 Vermehrung und Überleben von Salmonellen in Lebensmitteln**

Das Wachstumsverhalten der Salmonellen hängt wie das aller Bakterien von den Substrateigenschaften des Lebensmittels, den sog. intrinsischen Faktoren und von äußerlichen Einflüssen, den „extrinsischen Faktoren“, wie z.B. der Temperatur ab. Die verschiedenen Serovare zeigen aber auch spezifische Wachstumseigenschaften und Unterschiede in der Interaktion mit der Begleitflora (SINELL, 1992), sog. „implicit parameters“:

- pH - Wert: Optimal vermehren sich Salmonellen im neutralen Bereich, d.h. pH 6,5 bis 7,5. Ein Wachstum wurde aber auch bei pH-Werten von 4,05 (CHUNG u. GOEPFERT, 1970) bis zu einem pH von 8 (BANWART u. AYRES, 1957) dokumentiert.
- Wasseraktivität ( $a_w$ ): Sie ist das Maß dafür, wie viel Wasser den Mikroorganismen zur Verfügung steht und ist abhängig vom Gesamtwassergehalt und wie viele und welche Stoffe darin gelöst sind. Der untere  $a_w$ -Wert für Salmonellen liegt in Labormedien bei 0,94 bis 0,95, in getrocknetem Fleisch sogar bei 0,93

(D'AOUST, 1989). Für Lebensmittel kann keine obere Grenze angegeben werden, hier ist allein die Menge der Nährstoffe ausschlaggebend.

- Redoxpotential: Salmonellen sind fakultativ anaerob und werden daher vom Redoxpotential (sog. Eh-Wert) kaum beeinflusst. Erst bei Eh-Werten kleiner 30 mV, werden sie in ihrem Wachstum gehemmt (VARNAM u. EVANS, 1991).
- Temperatur: Optimales Wachstum findet bei Temperaturen zwischen 35° C und 37° C statt. Eine Vermehrung ist bei 5° C bis 47° C möglich, hierfür müssen aber die anderen Faktoren entsprechend gut sein wie z.B. bei Geflügel- und anderem Fleisch der neutrale pH-Wert und die hohe Wasseraktivität (VARNAM u. EVANS, 1991).

Die hohe Resistenz von Salmonellen gegenüber vielen Umgebungsfaktoren ermöglicht ihnen oft, die Prozesse, denen die Lebensmittel zur Haltbarmachung unterzogen werden, nur subletal geschädigt zu überstehen:

- Lagerung bei Raumtemperatur: Wenn nicht intrinsische Faktoren über bzw. unterhalb des Wachstumsbereichs liegen, findet eine Keimvermehrung statt. In getrockneten Lebensmitteln verhindern die extrem niedrigen  $a_w$ -Werte ein Wachstum. Die Erreger bleiben aber über einen langen Zeitraum vermehrungsfähig. In Schokolade, Milchpulver und Nudeln überdauern Salmonellen monatelang.
- Lagerung bei Kühltemperaturen: Das Kühlen der Lebensmittel führt auch nicht zu einer Keimabtötung, sondern kann sogar deren Überleben fördern. Die reduzierte Stoffwechselfähigkeit vermindert die Wirkung anderer bakteriozider Einflüsse wie z.B. eines niedrigen pH-Wertes.
- Tiefkühlen: Unterhalb des Gefrierpunktes nimmt die Keimzahl der Erreger ab. Bei Temperaturen zwischen - 2° C und - 5° ist C die Absterberate höher als bei - 18° C. Daher ist auch bei Tiefkühlagerung mit langen Überlebenszeiten zu rechnen. D'AOUST (1989) berichtet, dass noch nach sieben Jahren aus bei - 23° C aufbewahrtem Speiseeis *S. Enteritidis* und *S. Typhimurium* isoliert werden konnten.
- Hitzeresistenz: Bei Lebensmitteln mit einem hohem  $a_w$ - Wert liegt für die meisten Serovare der  $D_{60^\circ\text{C}}$ -Wert, d.h. die erforderliche Zeit um bei 60° C 90% der lebensfähigen Keime abzutöten, bei 0,2 bis 6,5 Minuten (ROBERTS, 1982). Um ein Produkt unter gewerblichen Bedingungen „salmonellenfrei“ zu machen, sollte

es mit der 7-fachen dezimalen Reduktionszeit erhitzt werden. Das bedeutet in der Praxis eine Erhitzung auf eine Kerntemperatur von 70° C für eine Minute. Unter Haushaltsbedingungen wird die Erhitzung auf 70° C über zehn Minuten empfohlen, um mögliche Unsicherheiten auszugleichen. Je trockener das Produkt ist, desto länger muss es erhitzt werden. Durch vorausgegangenes subletales Erhitzen ist eine Steigerung der Thermotoleranz möglich (SHAH et al., 1991).

Bei der Produktion von salmonellenüberwachten Lebensmitteln ist die Beachtung der Interaktionen zwischen den einzelnen extrinsischen und intrinsischen Faktoren von hoher Bedeutung, insbesondere das Zusammenspiel von Temperatur, Wasseraktivität und pH-Wert.

#### **2.4.8.6 Bekämpfung und Prophylaxe**

Angesichts des ubiquitären Vorkommens der Salmonellen und der unzähligen Übertragungsmöglichkeiten erscheint eine weltweite Tilgung der Salmonellen unmöglich. Doch können für den Schutz von Mensch und Tier zahlreiche Maßnahmen ergriffen werden:

- Infektionsdruck minimieren:

Durch flächendeckende Monitoringprogramme in der Tierproduktion, insbesondere in der Geflügel- und Schweinemast, können potentielle Ausscheider rechtzeitig erkannt werden und geeignete Maßnahmen zur Salmonellenreduktion am Erzeugerbetrieb als auch zur Vermeidung der Kreuzkontamination bei der Schlachtung ergriffen werden.

- Kontamination unterbinden:

- Lange Transporte und verunreinigte Sammelstellen am Schlachthof multiplizieren die Ausscheidungs- und Ansteckungsgefahr. In der Geflügelfleischmindestanforderungsverordnung wird daher bereits ausdrücklich die Reinigung und Desinfektion der Käfige nach jedem Entleeren verlangt. Kurze Transportwege und ein evtl. kurzzeitiger Futterentzug vor dem Transport können die fäkale Verunreinigung der Haut/des Gefieders und die orale Aufnahme von salmonellenhaltigem Kot vermindern.
- Über Salmonellenmonitoring als potentiell mittel- bis hochgradig salmonelleninfiziert eingestufte Tiere gesondert aufstallen und am Ende der Schlachtkette schlachten.

- Verhütung der Kreuzkontamination bei der Verarbeitung von Rohwaren zu verzehrfertigen Zubereitungen: Strenges Einhalten der „Schwarz-Weiß-Zonen“, regelmäßiges Händewaschen, gründliche und wiederholte Reinigung und Desinfektion von Arbeitsgeräten und anderen Bedarfsgegenständen, hygienisch einwandfreie Verpackung des Fertigerzeugnisses, intensive Schädner- und Ungezieferbekämpfung, Fernhalten von Vögeln und allen anderen Wild- und Haustieren.
- Bestehende Kontamination mindern:

Ist eine Salmonellenkontamination aufgrund der eingesetzten Rohstoffe, Verarbeitungstechniken oder anderer Umstände nicht sicher auszuschließen, so muss nachträglich eine Dekontamination bzw. Kontaminationsminderung durchgeführt werden.
- Erhitzung: Das Erhitzen (s. 2.4.8.5.) ist die effektivste Maßnahme zur Salmonellenabtötung. Bei Erzeugnissen, die nicht erhitzt werden können/sollen, muss eine Kombination von anderen Prozessfaktoren (z.B. Pökeln, Ansäuern, Trocknen, ....) zur Keimreduktion führen.
- Bestrahlung: Der Einsatz von ionisierender Strahlung ist in der Bundesrepublik Deutschland verboten, wird aber von anderen EU - Mitgliedsländern durchgeführt.
- Tauchen/Besprühen mit Säurelösungen: Insbesondere zur Dekontamination von Geflügelschlachtkörpern wurden verschiedene Behandlungen erprobt, die aber nicht die erhoffte Wirkung zeigten oder zu sensorischen Verlusten führten. Nach KIM et al. (1994) soll die Verwendung von Essigsäure- oder Trinatriumphosphat-Lösungen eine deutliche Keimreduktion bei Erhaltung der organoleptischen Eigenschaften bewirken.
- Wachstum verhindern:
  - Entscheidend ist hier die ununterbrochene Einhaltung der Kühlkette bzw. bei bestimmten Lebensmitteln der konsequente Einsatz anderer wachstumshemmender Methoden wie Ansäuern, Pökeln oder andere Konservierungsmaßnahmen
  - HACCP (Hazard Analysis Critical Control Point): Dieses Konzept soll dazu dienen, Schwachpunkte in Produktionsabläufen zu finden, Fehler bereits in der laufenden Produktion zu entdecken und durch geeignete Korrekturmaßnahmen und Dokumentation zu deren Beseitigung bzw. Vermeidung zu führen. Im



Unterschied zur Fertigproduktkontrolle soll dadurch nicht nur das tatsächliche Vorhandensein unerwünschter Keime festgestellt werden, sondern bereits die Möglichkeit, dass pathogene Mikrobakterien vorkommen bzw. übertragen werden könnten. Es umfasst folgende Schritte (ICMSF, 1988):

1. Identifizieren der während der Produktion und Verarbeitung eines Lebensmittels auftretenden Hygienerisiken
2. Ermittlung der kritischen Kontrollpunkte (CCPs)
3. Festlegung von Kriterien (Grenzwerte), die angeben, ob eine Operation am CCP unter Kontrolle ist
4. Überwachung der Kriterien = „Monitoring“
5. Bestimmung der zu ergreifenden Korrekturmaßnahmen, wenn an einem CCP ein Ausfall festgestellt wird
6. Bestätigung („Verification“), dass das eingerichtete System funktioniert.
7. Dokumentation

## **2.5 Diagnostische Möglichkeiten des Salmonellennachweises beim Schwein**

### **2.5.1 Pathologisch-anatomische Untersuchung**

Eine Unterscheidung der vielen Serovaren anhand des klinischen Sektionsbildes ist unmöglich. Lediglich für die wirtsadaptierten Serovaren lassen sich bestimmte Charakteristika unterscheiden:

- S. Typhisuis: Subakut bis chronischer Krankheitsverlauf führt zur Bildung von Ulcera durch käsige Nekrose von Lymphfollikeln v.a. im Kolon, bisweilen auch im Zäkum. Nach Abheilung älterer Geschwüre kommt es zur Narbenbildung. Die Unterscheidung zu einer chronischen S. Choleraesuis-Infektion ist nicht sicher möglich.
- S. Choleraesuis: Der meist akute Verlauf spiegelt sich im Bild einer akuten Darmentzündung, hochgradiger Lymphadenitis, hyperämischer Splenomegalie, Blutungen der Nierenrinde und fibrinöser Peritonitis wieder. Bei der selteneren chronischen Form sind bei der Sektion Nekrosen und kleieartige Beläge der Darmschleimhaut zu erkennen. Die Milz ist erschlafft, die Leber entzündlich-nekrotisch verändert (ROLLE u. MAYR, 2002)

- S. Typhimurium: Dieses nicht-spezifische Serovar verursacht wie *S. Choleraesuis* eine akute bis chronische Gastroenteritis mit Lymphknotenschwellung.

### **2.5.2 Bakteriologische Untersuchung**

Selbst bei akuter Erkrankung gelingt der Erregernachweis am lebenden Tier häufig nicht. Bei einer einmaligen Kotuntersuchung ist aufgrund der intermittierenden Ausscheidung der Salmonellen durch die Tiere eine gesicherte Diagnose nicht möglich (SELBITZ et al., 1995). Die Entnahme von mehreren Kotproben mit jeweils ein- bis dreiwöchigem Abstand kann ein aussagekräftigeres Ergebnis liefern, jedoch das Vorliegen einer Infektion nicht ausschließen. Nur der positive Nachweis dient der Diagnosesicherung.

Nach der gängigen kulturellen Anzucht (s. auch 2.3.3.) liegt das Ergebnis frühestens nach drei (ein Tag nicht-selektive Anreicherung, ein Tag selektive Anreicherung und ein Tag Bebrütung auf Elektivnährböden) bzw. fünf Tagen (bei Salmonellenverdacht zusätzlich mindestens ein weiterer Tag Bebrütung auf Differentialnährboden zur Erhaltung einer Reinkultur und ein Tag zur Anreicherung derselben in Bouillon) vor. Der Nachweis der Gattung *Salmonella* kann bereits aufgrund der spezifischen Stoffwechseleigenschaften erfolgen. Für die Serovartypisierung ist nach den herkömmlichen Untersuchungsmethoden die serologische Differenzierung erforderlich.

### **2.5.3 Serovarbestimmung mittels Antikörperserum**

Bei dieser Differenzierungsmethode werden die unterschiedlichen O- und H-Antigenkombinationen der einzelnen Serovaren durch Zugabe von Antikörperserum zum Salmonellenisolat bestimmt. Anhand der positiven Reaktionen (Objektträgeragglutination) werden die enthaltenen Antigene bestimmt, und die gefundene Salmonellenkultur wird mittels des Kauffmann-White-Schematas der entsprechenden Serovar zugeordnet.

### **2.5.4 Indirekter Erregernachweis**

Im Unterschied zur bakteriologischen Untersuchung gelingt der Nachweis eines erhöhten Antikörpergehalts wesentlich häufiger. Nach einer Studie von NIELSEN et al. (1995) war die Serokonversion nach experimenteller Infektion frühestens ab dem siebten Tag post inoculationem nachzuweisen. Es ist daher auch mit dieser Methode nicht möglich, das

Vorliegen einer akuten Salmonelleninfektion auszuschließen. In den o.g. Untersuchungen stieg der Anteil seropositiver Tiere kontinuierlich an bis zum 30. Tag auf 92 %, um nach dem 37. Tag wieder abzusinken auf 67 % am 108. Tag, dem Schlachttag. Demzufolge ist zu keinem Zeitpunkt bei 100 % der infizierten Tiere eine Immunantwort nachzuweisen. Da die Salmonellenantikörper aber über Monate im Blut nachzuweisen sind, ist die Wahrscheinlichkeit einen Hinweis auf das Vorliegen einer Salmonelleninfektion im Bestand zu finden, mit dieser Methode dennoch wesentlich höher als bei der bakteriologischen Untersuchung von Kotproben.

Die heute etablierten Testkits sind sogenannte Mix-ELISAs, die die O-Antigene 1, 4, 5, 6, 7 und 12 enthalten. Hiermit können 90 %, hierunter alle wichtigen in Deutschland vorkommenden Salmonella-Serovare, nachgewiesen werden. Sämtliche Tests liefern mit einem Zeitaufwand von nur einigen Stunden verlässliche Ergebnisse bezüglich einer Infektion der untersuchten Herde. Mit entsprechend unterschiedlichen Verdünnungsreihen können sie sowohl zum Nachweis von Antikörpern aus dem Fleischsaft wie aus Blutserum verwendet werden. Hinsichtlich der Klassifizierung der Einzelproben bestehen aber erhebliche Unterschiede zwischen den auf dem Markt befindlichen ELISA-Verfahren (GABERT et al., 1999; GREIL, 2001).

### **2.5.5 Biochemische Untersuchung**

Die spezifischen Stoffwechseleigenschaften der Serovarietäten können ebenfalls genutzt werden, um sie einerseits von anderen Enterobakterien und andererseits auch voneinander unterscheiden zu können:

Die Unterscheidung von anderen Darmbakterien erfolgt zum Beispiel anhand der positiven Reaktion mit Citrat, Glucose, Schwefel, Methylrot, Xylose sowie der Fähigkeit zur Gasbildung aus Glucose und auch ihrer Beweglichkeit.

Die biochemische Reaktion auf verschiedene Reagenzien kann ebenfalls zur Zuordnung in die sieben Subspezies genutzt werden: Hierfür können u.a. die positive oder negative Reaktionen auf Dulcitol, Malonat,  $\gamma$ -Glutamyltransferase, Salicin oder Lactose verwandt werden.

Serovaren mit der gleichen Gesamt-Antigen-Formel lassen sich anhand unterschiedlicher biochemischer Eigenschaften unterscheiden. So lässt sich z.B. *S. Choleraesuis* von *S. Choleraesuis* var. Kunzendorf und *S. Choleraesuis* var. Decatur anhand der Reaktion mit Dulcitol, Schwefel und Mukat eindeutig unterscheiden (ROLLE u. MAYR, 1998)

## **2.5.6 Molekularbiologische Methoden**

In den letzten Jahren wurden verschiedene molekularbiologische Differenzierungsmethoden entwickelt. Die Charakterisierung der Serovaren ist möglich durch Bestimmung der Plasmide und anderer Zellbestandteile wie LPS- und Proteinmoleküle der Zellwand, sowie durch Ribotypisierung (Nachweis chromosomaler DNA), RFLP (Restriction fragment length polymorphism), PFGE (Wechselfeld-Gelelektrophorese), Dynabeads (immunmagnetische Separation durch antikörperbeladene magnetisierbare Partikel) und andere Techniken (HELMUTH, 2003; NIELSEN u. BAGGESEN, 1997; ROLLE u. MAYR, 2002). Doch bleiben diese bisher wissenschaftlichen Untersuchungen vorbehalten. Zur Zeit deutet sich allein für die Serotypisierung mittels PCR (Polymerase Chain Reaction) die Möglichkeit einer zukünftigen kommerziellen Nutzung an. In einer neueren Studie von STANKEVICIUS et al. (2004) wird die „one-tube-nested-PCR“ als schnelle (zehn Stunden), empfindliche (15 CFU/g) und wesentlich zuverlässigere Methode als die herkömmliche PCR beschrieben, um Salmonellen in Schweinekotproben nachzuweisen. Allerdings wurden in dieser Untersuchung nur künstlich mit Salmonellen inokulierte Kotproben bearbeitet, Aussagen über die Funktionsfähigkeit der PCR bei natürlich kontaminierten Proben konnten noch nicht getroffen werden.

## **2.6 Epidemiologie**

### **2.6.1 Nachweis der Eintragsquellen in den Schweinestall**

Obwohl die Feststellung des Salmonelleneintrags den Schlüssel zur erfolgreichen Bekämpfung darstellt (SELBITZ et al., 1995), gelingt dieser Nachweis nur selten. Gründe hierfür gibt es viele:

- Bei erster Feststellung einer Salmonelleninfektion (insbesondere über ELISA bei Schlachtschweinen) liegt die Erstansteckung oft schon Monate zurück. Die Salmonellen sind im Betrieb verteilt worden. Der Infektionsverlauf kann daher nicht mehr zurückverfolgt werden.
- Ein geringer Salmonelleneintrag kann durch Managementfehler (keine Schadnagerbekämpfung, Güllestau, Zusammenstallen) oder unvorhergesehenen Stress (Erkrankung anderer Art, Heißwetterperiode, usw.) zur plötzlichen Erkrankung einzelner Schweine führen, welche die Salmonellen dann in großen Mengen ausscheiden.

- Der Nachweis der Erreger in der Umgebung wie in Schadnagerkot, Kot anderer Haustiere oder im Futterlager bedeutet nicht zwangsläufig, dass die Infektion von dort ihren Ausgang genommen hat. Bei Bekanntwerden einer Salmonelleninzidenz des betroffenen Betriebes haben sich die Keime meist schon erfolgreich über die verschiedensten Vektoren verbreitet. Eine Abgrenzung, ob z.B. die Mäuse die Schweine angesteckt haben oder umgekehrt, ist nicht mehr möglich.
- Erfolgreicher bakteriologischer Nachweis gelingt bei infizierten Tieren nicht immer (s. 2.5.2.)
- Die Laboruntersuchungen sind sehr aufwendig. In der Praxis können daher aus Kostengründen oft nicht so viele Proben genommen werden, wie aus wissenschaftlicher Sicht jeweils erforderlich wären.

Um dennoch unter Praxisbedingungen verwertbare Ergebnisse zu erhalten, ist das Erkennen möglicher kritischer Punkte in Management und Aufstallung sehr wichtig, damit dort gezielt Proben genommen werden können.

### **2.6.2 Häufig gefundene Eintragsquellen und wichtige Vektoren für Kreuz- und Rekontamination**

Fasst man die Ergebnisse verschiedener Untersuchungen zusammen, werden hauptsächlich folgende Infektionsursachen für den Ersteintrag der Erreger verantwortlich gemacht:

- Zukauf infizierter Tiere
- Schadnager
- Futterkontamination (insbesondere das häufig schon bei Import und Zwischenlagerung starker Kotverschmutzung durch Schadnager und Wildvögel ausgesetzte Soja)
- Verunreinigtes Oberflächenwasser
- Kontaminiertes Brunnenwasser
- Haltung anderer möglicherweise infizierter Haustiere wie Geflügel, Rinder, usw.

Zur Verbreitung im Bestand und zur Rekontamination tragen Mängel in Management und Hygiene bei, wie z.B.:

- Kontinuierliche Belegung
- Überbelegung, Zurückstellen von Tieren, fehlende Möglichkeit zur separaten Aufstallung kranker oder verletzter Tiere

- Planbefestigter Stallboden, Teilspaltenböden
- Trogfütterung
- Mangelhafte Reinigung und Desinfektion
- Schadnager, Wildvögel und Insekten in Stall bzw. Futterlager
- Schlechte Bestandsgesundheit

(Ergebnisse von SCHÖNING, 1999; VAN DER WOLF et al., 1999; PIRRON, 2001; LINDAHL, 2002)

Die Gewichtung dieser Faktoren wird von den Autoren sehr unterschiedlich bewertet. Einigkeit herrscht jedoch über die Tatsache, dass das Ausschalten der Eintragsursache allein nicht zum Erfolg führt. Es ist immer eine umgreifende Optimierung aller Hygiene- und Managementmodalitäten nötig, um langfristig eine Bestandssanierung zu erreichen.

### 2.6.3 Überlebensdauer von Salmonellen im Stall

Untersuchungen von BEER (1982) und SCHÖNING (1999) belegen die hohe Tenazität von Salmonellen im Stallmilieu wie in Tabelle 5 aufgeführt:

*Tabelle 5: Nachweisdauer zweier Salmonellaserovare in bzw. auf verschiedenen Materialien*

Serovar	Substrat	Nachweisdauer
<b>S. Typhimurium</b>	Glatte Metalloberflächen	2 Wochen
	Wasser	1 Monat
	feuchte Erde	1 Jahr
	trockene Erde	1,3 Jahre
	Kontaminierter Klärschlamm	1,4 Jahre
	Getrockneter Kot	2,5 Jahre
	Abwasser	2,7 Jahre
	Staub (Raumtemperatur)	4 Jahre
<b>S. Choleraesuis</b>	Trockener Kot	1,6 Jahre
	Schweinegülle Sommer / Winter	bis 1 Monat / 2,5 Monate
	Holzeinrichtung des Stalles	2-3 Monate

#### **2.6.4 Resistenzeigenschaften von Salmonellen**

In den Jahren 2000 bis 2003 wurden alle an das Nationale Referenzlabor für Salmonellen (NRL-Salm) eingesandten Isolate hinsichtlich ihrer Phäno- und genotypischen Resistenzeigenschaften untersucht. Die untersuchten Proben wurden aus den verschiedensten Gründen eingesandt. Die Forschungsergebnisse basieren daher nicht auf einem festgelegten Stichprobenplan und geben keine Aussagen über die Prävalenz von sensiblen und resistenten *Salmonella*-Serotypen.

Von den untersuchten rund 14.000 Isolaten waren nur ca. 40 % sensibel und knapp 60 % resistent gegenüber mindestens einer der 17 antimikrobiell wirksamen Testsubstanzen. 38 % der Isolate trugen Mehrfachresistenzen. Bei den untersuchten Isolaten vom Schwein waren über den gesamten Untersuchungszeitraum sogar 79,5 % mehrfach resistent und nur 9,5 % einfach resistent.

Von 2000 bis 2003 wurde bei der Untersuchung aller Isolate eine signifikante Abnahme des Anteils resistenter Isolate beobachtet von fast 79 % im Jahr 2000 auf stabile 45 % seit dem Jahr 2002.

Die Resistenzsituation korrelierte mit dem prozentualen Auftreten von *S. Typhimurium* sowie dem eines speziellen Phagentyp von *S. Typhimurium*, DT 104. Von allen DT 104-Isolate waren 98 % resistent, davon 95 % sogar mehrfach resistent (HELMUTH et al., 2003).

#### **2.7 Ansatzpunkte zur Sanierung und Prophylaxe**

Bei der Bekämpfung von Salmonellen ist es noch wichtiger als bei der Therapie anderer Krankheiten, nicht auf eine Maßnahme alleine (z.B. Impfung) zu vertrauen, sondern eine Sanierung aller seuchenhygienischen Schwachpunkte anzustreben.

Vorrangiges Ziel ist meist nicht die Erregerelimination, die u.a. aufgrund der hohen Resistenz und des häufig unbekannt bleibenden Infektionswegs sehr schwierig ist, sondern das Erreichen einer niedrigen Herdenseroprävalenz.

Erste Schritte zur Minderung des Infektionsdrucks sind:

- Tägliches Reinigen der Futtertröge, längere Verweilzeiten insbesondere von feuchtem Futter in den Trögen vermeiden
- Häufiges Reinigen aller planbefestigten Stellen im Stall, insbesondere regelmäßiges Entfernen des Sauenkots aus den Abferkelbuchten
- Kranke Tiere absondern
- Belegungsdichte verringern

- Ansäuern des Futters und Erhöhung des Anteils grober Struktur, um eine längere Magenpassage (dadurch längere Ansäuerung) zu erreichen.
- Sofortige, energische Bekämpfung von Schadnagern, Insekten und Wildvögeln
- Stark eingeschränkter Zutritt zum Stall und nur nach Anlegen betriebseigener Schutzkleidung. Ställe möglichst in Produktionsstufenfolge betreten (Ferkel, Vormast, Mast)

Um die Infektkette zu unterbrechen, sind hygienische Maßnahmen erforderlich:

- Leerung von Ställen bzw. Abteilen nach dem Rein-Raus-Prinzip
- Gründliche Reinigung des gesamten Stalls (nach Ablassen der Gülle) inklusive der Wände und Decken
- Reinigung unbedingt mit Voreinweichen und wenn möglich im leeren Stall mit Hochdruckreiniger unter Verwendung von heißem Wasser.
- Nach Abtrocknung Desinfektion mit beliebigem, zugelassenen Desinfektionsmittel unter Beachtung der Einwirkzeit (Winter länger als Sommer!)

(PIRRON, 2001; LINDAHL, 2002; PETERS, 2002)

Eine Lebendvakzine gegen das am häufigsten isolierte Serovar *S. Typhimurium* ist seit Herbst 2002 auf dem Markt. Sie ist bisher jedoch nur im Bereich der Ferkelerzeugung einsetzbar. Aber gerade bei der Sauenhaltung lässt sich in vielen Betrieben kein Rein – Raus – Verfahren praktizieren, so dass Reinigung und Desinfektion nur bedingt möglich sind. Hier bietet die Impfung in stark betroffenen Beständen einen möglichen Weg zur Sanierung.

Die Vakzination bringt allerdings nur gute Erfolge, wenn auch alle anderen Möglichkeiten zur Keimdrucksenkung ausgeschöpft worden sind. Es ist auch nicht mit einer Komplettsanierung, also einer „Salmonellenfreiheit“ zu rechnen. Studien von ORTMANN (1999) belegten einen Rückgang der Salmonellenausscheider bei infizierten Sauen von über 60 % vor der Impfung auf unter 10 % fünf Monate nach der Grundimmunisierung. Untersuchungen des Impfstoffherstellers (SALMOPORC, 2002) ergaben bei Mastschweinen aus geimpfter Nachzucht die Abnahme des Anteils seropositiver Schweine von 40 % vor der ersten Vakzination auf weniger als 10 % nach sechs Monaten, sowie ebenfalls ein deutliches Absinken des Prozentsatzes der kulturpositiven Tiere. Nur der längerfristige Impfstoffeinsatz kann kombiniert mit Optimierung der Hygienebedingungen zu einem „salmonellensicheren“ Bestand führen.



Der Einsatz von Antibiotika sollte vermieden werden. Oft führt eine medikamentöse Therapie zu größeren Schäden, als dass sie Nutzen bringen würde. Dies liegt zum einen an der äußerst schlechten Resistenzlage (siehe dazu auch 2.6.4.), zum anderen birgt der Antibiotikaeinsatz die Gefahr, eine Salmonellenausscheidung nur herauszuschieben und letztendlich latente Ausscheider zu provozieren. Die *in vitro* nachgewiesene Wirksamkeit eines Chemotherapeutikums entspricht häufig nicht der *In-vivo*-Wirksamkeit, da intrazellulär befindliche Salmonellen nicht oder nur unzulänglich erreicht werden.

Medikamenteneinsatz ist daher nur bei klinischer Salmonellose gerechtfertigt. Selbstverständlich sollte vor Behandlungsbeginn ein Resistenztest durchgeführt werden. Des Weiteren muss die Therapie ausreichend lange durchgeführt werden, mindestens über zehn Tage. Wichtig ist es zudem, die Schweine nach den ersten Behandlungstagen umzustallen in einen vorher komplett gereinigten und desinfizierten Stall, damit es nicht zu einer Neuinfektion durch in alten Kotablagerungen, Stallstaub, etc. enthaltenen Salmonellen kommt.

## **2.8 Gesetzliche Maßnahmen zur Salmonellenüberwachung**

Zahlreiche Bestimmungen dienen in Deutschland dem Schutz des Verbrauchers vor Zoonosen und Lebensmittelinfektionen. Viele bereits bestehende Gesetze und Verordnungen mussten in den letzten Jahren geändert werden, da sie nicht geltenden EU-Richtlinien entsprochen hatten. Da sich auch die Anforderungen von Verbraucherschutz- und Tierschutzseite deutlich verschärft haben, wurden einige Verordnungen ganz außer Kraft gesetzt und durch neue ersetzt.

Derzeit gibt es noch keine gültige neue „Schweine-Salmonellose-Verordnung“. Der Inhalt des „Entwurfs einer Verordnung zur Verminderung des Salmonelleneintrags durch Schlachtschweine bei der Fleischgewinnung“ findet trotz mehrfacher Änderungen noch keine breite Zustimmung - weder in den Reihen der Politiker und Verbraucherschützer noch bei den Betroffenen, den Schweineproduzenten, Schlachthöfen, Verarbeitungsbetrieben und Tierärzten. Im Verordnungsentwurf der Bundesregierung von November 2002 sind Bestimmungen und Regelungen enthalten, die nicht konform der seit Dezember 2003 für Deutschland rechtswirksamen EU-Verordnung zur Bekämpfung von Salmonellen und anderen Zoonoseerregern sind. Zum Beispiel sieht der Bundesentwurf bisher nicht die klare Trennung von negativen und positiven Masteinheiten vor. Kritiker meinen zudem, dass die

auf den Landwirt übertragene Meldepflicht der Betriebsklassifizierung nicht gewährleistet, dass eine Prüfung der Erregerausbreitung jeder Zeit vorgenommen werden kann (EHLERS, 2004).

### **2.8.1 „Infektionsschutzgesetz (IfSG)“- Gesetz zur Verhütung und Bekämpfung von Infektionskrankheiten beim Menschen**

Dieses Gesetz ist seit dem 1. Januar 2001 Kraft. Es ersetzt u.a. das bis dahin gültige Bundesseuchengesetz. In ihm enthalten sind neben allgemeinen Vorschriften und Begriffsbestimmungen die Forderung der „Prävention durch Aufklärung“ (§ 3), die Festlegung der „Aufgaben des Robert-Koch-Instituts“ wie z.B. die Früherkennung und Verhinderung der Ausbreitung von Infektionen, die Aufstellung und infektionsepidemiologische Auswertung entsprechender Statistiken (§ 4) und Vorschriften für das „Bund-Länder-Informationsverfahren“ (§ 5). Der Umgang mit Salmonellose bzw. der möglichen Infektionsgefahr durch die Zoonose wird hierin vorgeschrieben.

### **2.8.2 Lebensmittelverordnungen**

Da Salmonellen in der Regel nicht über das lebende Tier, sondern durch den Verzehr kontaminierter Lebensmittel übertragen werden, sind die Lebensmittel-Hygiene-Verordnungen von großer Bedeutung für den Infektionsschutz des Verbrauchers. In den in der nachfolgenden Tabelle 6 aufgelisteten Verordnungen wird explizit auf die Gefahr der Salmonellenkontamination eingegangen:

Tabelle 6: Übersicht über alle Lebensmittel-Verordnungen, die direkt oder indirekt den Verbraucher vor einer Salmonelleninfektion schützen sollen

<b>Kurzbezeichnung der VO</b>	<b>Wichtige Inhaltspunkte</b>
<b>Hackfleisch-VO</b> (gültig seit 1976, aktuelle Fassung April 2003)	Verkauf von rohem, zerkleinerten Fleisch nur am Herstellungstag Einhalten einer Kerntemperatur von – 18°C bei tiefgefrorenen Erzeugnissen bei Lagerung und Transport Verbot der Abgabe von Wild- und Geflügelhackfleisch an Verbraucher
<b>Geflügelfleischhygiene-VO</b> (aktuelle Fassung seit Dezember 2001 gültig)	Sofortige Kühlung und Lagerung nach Schlachtung bei 4°C Mikrobiologische Stichprobenkontrollen von Schlachtgeflügel und Geflügelfleischzubereitungen dürfen keinerlei Salmonellen enthalten
<b>Fleisch-Hygiene-VO</b>	Schlachterlaubnis kann versagt werden, wenn bei dem untersuchten Tier eine (...) auf Mensch oder Tier übertragbare Krankheit (...) festgestellt wird  Eine bakteriologische Fleischuntersuchung muss bei allen Tieren durchgeführt werden, die der Ausscheidung von Salmonellen verdächtig sind  Tauglich nach Brauchbarmachung sind Tierkörper aus Beständen, in denen Salmonellose festgestellt worden ist, wenn die Schlachttiere selbst keine Krankheitssymptome gezeigt haben und das Fleisch nach Anweisung erhitzt worden ist  Ebenfalls tauglich nach Brauchbarmachung sind Tierkörper und Nebenprodukte, die mit Salmonellen behaftet sind, wenn diese durch vorgeschriebene Verfahren sicher abgetötet werden können.  Untauglich für den menschlichen Verzehr ist das Fleisch von Tieren, bei denen Salmonellose festgestellt worden ist  Mikrobiologische Kriterien für Hackfleisch: 0 Salmonellen in 10 g aus 5 Unterproben der Tagesproduktion  Mikrobiologische Kriterien für Fleischzubereitungen: 0 Salmonellen in 1g aus 5 Unterproben der Tagesproduktion
<b>Ei- und Eiprodukte-VO</b> (gültig seit Juli 2004)	Verpflichtung des Erzeugers und Vermarkters „zu verhindern, dass durch negativ auf das Ei einwirkende Faktoren Keime ins Eiinnere gelangen können und sich dort vermehren“  Ab dem 18. Tag nach dem Legen dürfen die Eier nur noch zwischen 5°C und 8°C transportiert werden.  Das Mindesthaltbarkeitsdatum darf nicht mehr als 28 Tage nach dem Legen betragen.  Für den Verzehr von Enteneiern muss zusätzlich darauf hingewiesen werden, dass diese 10 Minuten lang durchzuerhitzen sind.
<b>Milch- und Milchprodukte-VO</b> (gültig seit Juli 2000)	bei bakteriologischen Stichprobenuntersuchungen von je 25 ml Milch dürfen keine Salmonellen vorhanden sein

### **2.8.3 Tierseuchengesetz**

Im Tierseuchengesetz sind die Definitionen von Tierseuchen, sowie die möglichen Bekämpfungsmaßnahmen festgeschrieben.

Der Gesetzgeber überträgt dem Bundesministerium für Finanzen gemeinsam mit dem Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft das Recht im Bedarfsfall Verordnungen zu einzelnen Tierseuchen zu erlassen, die den näheren Umgang regeln sollen. Für Salmonellosen bei Nutztieren existieren derzeit zwei gültige Verordnungen:

#### **2.8.3.1 Rinder-Salmonellose-VO – Verordnung zum Schutz gegen die Salmonellose der Rinder**

In der seit 14. November 1991 gültigen Fassung der Verordnung sind als Salmonellen im Sinne der Verordnung alle Bakterien der Gattung *Salmonella* der Familie Enterobacteriaceae definiert. Laut dieser Verordnung liegt eine Salmonellose vor, wenn bei der Entnahme von Kotproben im Abstand von acht bis fünfzehn Tagen bei der bakteriologischen Untersuchung in mindestens drei Proben Salmonellen nachgewiesen worden sind, oder wenn bei auf Salmonellose hinweisenden Krankheitserscheinungen durch bakteriologische Untersuchung Salmonellen festgestellt worden sind.

Es sind keine Routinekontrollen vorgeschrieben. Eine Untersuchung erfolgt daher in der Regel nur bei einem konkreten Verdacht.

Wird bei einem Rind oder bei einem mit Rindern zusammen gehaltenem Tier Salmonellose oder der Verdacht auf Salmonellose amtlich festgestellt, müssen alle Tiere des Bestandes/Teilbestandes untersucht werden sowie etwaige mit diesen Rindern zusammengehaltenen Tiere. Hierfür müssen mindestens zweimal im Abstand von acht bis fünfzehn Tagen von allen Tieren Kotproben untersucht werden.

Die Salmonellose gilt erst als erloschen, wenn entweder alle Rinder des Bestandes oder alle Tiere, bei denen der Verdacht auf Salmonellose geäußert oder Salmonellose festgestellt worden ist, eingegangen oder getötet worden sind und unschädlich beseitigt worden sind oder bei zwei aufeinander folgenden Untersuchungen von verdächtigen Tieren im Abstand von acht bis 15 Tagen Salmonellen nicht festgestellt worden sind und zusätzlich bei einer Abschlussuntersuchung von allen Tieren des Bestandes/Teilbestandes keine Salmonellen feststellbar waren. Anschließend muss nach Anweisung des Amtstierarztes eine Reinigung und Desinfektion der betroffenen Betriebsabschnitte durchgeführt werden.

### **2.8.3.2 Hühner-Salmonellose-VO – Verordnung zum Schutz gegen bestimmte Salmonelleninfektionen beim Haushuhn**

Am 21. Dezember 2000 ist die Neufassung der Verordnung in Kraft getreten. Als Salmonelloseerreger werden definiert *S. Enteritidis* und *S. Typhimurium* mit Ausnahme der entsprechenden Impfstämme. Aufzuchtbetriebe müssen für eine ausreichende Immunität im gesamten Bestand sorgen durch regelmäßige Salmonellenimpfungen durch den Tierarzt. Zusätzlich zu betriebseigenen Kontrollen wird in Acht-Wochen-Rhythmus eine amtliche Untersuchung auf Salmonellen vorgeschrieben. Nach amtlicher Feststellung erfolgt eine Sperrung des Betriebes. Nach Verbringen der Hühner (Umstallung nach Impfung und Behandlung, Schlachtung oder Tötung) müssen alle betroffenen Betriebseinheiten unverzüglich gereinigt und desinfiziert werden. In den Ställen und der unmittelbaren Umgebung muss eine Schädnerbekämpfung durchgeführt werden. Auch Futter, Einstreu und Dung müssen unschädlich beseitigt bzw. desinfiziert und gelagert werden.

### **2.8.3.3 Vergleich der Konsequenzen aus Rinder- und Hühner-Salmonellose – Verordnung**

Die Verordnung zum Schutz gegen die Salmonellose der Rinder ist die derzeit älteste Salmonellenverordnung. Dass hierin jeglicher Salmonellennachweis als anzeigepflichtige Salmonellose gilt, hat zur Folge, dass eine Impfung von Rindern ebenfalls nicht statthaft ist. Bei der Hühner-Salmonellenverordnung werden hingegen zwei Serovare mit Ausnahme ihrer Impfstämme als Salmonelloseverursacher definiert. Für Aufzuchtbetriebe wird eine Impfung vorgeschrieben. Erfolgt die Kotuntersuchung auf Salmonellen bei Rindern nur im Verdachtsfall, so verlangt die Verordnung zum Schutz gegen bestimmte Salmonelleninfektionen des Haushuhns regelmäßige Routinekontrollen durch den Betrieb und den Amtstierarzt.

Nach der Rinder-Salmonellen-Verordnung müssen alle Tiere eines Bestandes bzw. Teilbestandes auf Salmonellen untersucht werden, wenn „bei einem Rind oder bei einem sonstigen mit Rindern zusammengehaltenen Tier Salmonellose oder der Verdacht auf Salmonellose amtlich festgestellt worden ist“. Eine buchstabengetreue Auslegung der Verordnung hätte zur Konsequenz, dass auch eine mögliche oder erfolgte Salmonelleninfektion von mit Rindern zusammengehaltenen Schweinen oder Hühnern dem Amtstierarzt angezeigt werden müsste. Wenn dieser eine Salmonellose oder den Salmonelloseverdacht amtlich bestätigt, müssten stets auch alle Rinder mit untersucht werden.

## **2.9 Freiwillige Maßnahmen der Fleischwirtschaft: Salmonellenüberwachung im Rahmen des QS-Programms**

Ab April 2003 wurde für alle freiwillig am QS-Programm teilnehmenden Landwirte die Teilnahme am Salmonellenmonitoring Pflicht. Bereits davor ließen viele Bauern aber aus eigenem Interesse die von ihnen gelieferten Schlachtschweine untersuchen.

Das QS-Monitoring ist ein bundesweites Kontrollprogramm. Die erhobenen Daten werden zentral erfasst und in einer neutralen Datenbank erfasst. Die Probennahme für die serologische Untersuchung erfolgt am Schlachthof.

Bei Betrieben, die über 400 Schweine pro Jahr liefern, werden gleichmäßig über das Jahr verteilt insgesamt 60 Tiere untersucht. Bei kleineren Beständen werden einem genauen Probenschlüssel folgend entsprechend weniger Proben untersucht.

Für die serologische Untersuchung werden bei der Eviszeration am Schlachtband hasel- bis walnussgroße Fleischstücke entnommen und in speziellen Behältnissen tiefgefroren. In einem QS-anerkannten Labor wird der beim Auftauen gewonnene Fleischsaft mit einem zugelassenen Salmonellen-Antikörper-ELISA untersucht. Derzeit werden in Deutschland nur Proben als positiv eingestuft, deren Testergebnis 40 OD % oder mehr beträgt. Das Vorliegen einer Salmonelleninfektion ist allerdings schon bei einem Wert über 10 OD % möglich. Durch diese Vorgehensweise soll der Fokus vorerst auf die am schwersten betroffenen Betriebe gelenkt werden. Die Laborergebnisse werden an die Salmonellendatenbank per Internet weitergeleitet. Auf diese Daten haben nur der anliefernde Landwirt und der zuständige Schlachthof Zugriff.

Nach Bearbeitung der ersten 60 Proben erfolgt eine Klassifizierung des Betriebes nach folgendem Schema:

- Klasse III: über 40 % der Proben positiv
- Klasse II: zwischen 20 % und 40 % der Proben positiv
- Klasse I: weniger als 20 % der Proben positiv.

Diese Kategorisierung gilt zunächst für drei Monate. Dann werden die Ergebnisse wieder neu ausgewertet. Dabei wird unter Einbeziehung der Resultate der letzten zwölf Monate das gerade vergangene Quartal stärker gewichtet. Hierdurch wird der aktuelle Betriebsstatus stärker gewertet und eine schlechte Klassifizierung nach einem einmaligen hohen Anteil salmonelleninfizierter Schweine bei Rein-Raus-Verfahren bzw. nach erfolgreicher Sanierung kann schneller ausgeglichen werden.

Die mit der jeweiligen Risikogruppe verknüpften Auflagen sind in der nachfolgenden Tabelle 7 dargestellt:

Tabelle 7: Für den Verbleib im QS-Programm vom Landwirt zu erbringende Maßnahmen nach Einstufung in eine der drei Salmonellenbetroffenheitskategorien

Klasse I:	Keine Maßnahmen erforderlich!
Klasse II:	Nachweis tierärztlicher Bestandsbetreuung inkl. Beratung zur Reduzierung potentieller Salmonelleneintragsfaktoren
Klasse III:	Vorlage eines mit dem betreuenden Tierarzt erarbeiteten Sanierungskonzeptes innerhalb von vier Wochen nach Ergebnisbekanntgabe

(BLAHA, 2003a)

Im Jahr 2004 wurden rund 70 % der in Deutschland im Rahmen von QS geschlachteten Schweine, das waren etwa 28 Millionen Tiere, in das Salmonellenmonitoring einbezogen. Zum Zeitpunkt der Datenerhebung hatten noch nicht alle teilnehmenden Betriebe den erforderlichen Stichprobenumfang für eine Einstufung erreicht. Die Auswertung der ersten Betriebe mit erfülltem Gesamtprobenumfang ergab die in Tabelle 8 beschriebene Verteilung:

Tabelle 8: Klassifizierung der QS-Betriebe, die im Jahr 2004 bereits den Gesamtprobenumfang erreicht hatten

Kategorie	Prozent der auswertbaren, teilnehmenden Betriebe
Kategorie I	85 %
Kategorie II	10 %
Kategorie III	5 %

(MAY, 2004)

## **2.10 Vergleich des bereits praktizierten Salmonellenmonitorings im Rahmen von QS mit dem Entwurf der Verordnung zur Minderung des Salmonelleneintrags durch Schlachtschweine bei der Fleischgewinnung der Bundesregierung**

Der vorliegende Verordnungsentwurf der Bundesregierung sieht vor, dass alle Betriebe bundesweit zur Salmonellenüberwachung verpflichtet werden. Im Unterschied zum QS-Programm soll dabei die Organisation der Probennahme dem Landwirt übertragen werden, der auch für die Ergebnismeldung an den betroffenen Schlachthof zuständig ist. Die Probennahme soll vor Ort auf dem Betrieb erfolgen mittels Blutentnahme. Dies hat den Vorteil, dass die Untersuchungsergebnisse noch Konsequenzen für den betroffenen Mastdurchgang haben können. Nachteile einer Blutentnahme am Betrieb ist der höhere

zeitliche, personelle, logistische und letztendlich finanzielle Aufwand. In der neuesten Fassung des Entwurfs ist keine Kategorisierung der Betriebe mehr vorgesehen. Liegt der Anteil seropositiver Reganten eines Mastdurchgangs bzw. am Ende eines Jahres über 40 %, müssen alle schlachtreifen Schweine mit einer roten Ohrmarke versehen, separat transportiert und geschlachtet werden. Betriebe unterhalb der 40%-Marke werden nicht zu prophylaktischen Beratungsgesprächen verpflichtet wie bei QS. Die Einstufung erfolgt immer jahres- bzw. durchgangsweise. Aktuelle und ältere Untersuchungsergebnisse werden dadurch gleich gewertet. Die Quelle des Salmonelleneintrags muss der Mäster durch seinen Tierarzt abklären lassen. Im Unterschied zum QS-Programm sind im bisherigen Entwurf der Bundesregierung für Kat. III-Betriebe keine Maßnahmen zur Beseitigung der Eintragsquellen und zur Sanierung des Bestandes vorgeschrieben. Die Kosten der Laboruntersuchungen hat der Landwirt zu tragen. Beim Monitoring der Fleischwirtschaft übernehmen häufig die Vermarkter die Untersuchungsgebühren, da die Ermittlung des Salmonellenstatus im beiderseitigen Interesse liegt (BLAHA, 2003b).



### **3 Material und Methoden**

#### **3.1 Salmonellenmonitoring an bayerischen Schlachthöfen mittels Fleischsaft-ELISA**

Am 01.10.2002 wurde ein umfangreiches „Forschungsprojekt Salmonellen“ von der Bayerischen Staatsregierung in Auftrag gegeben. Im Rahmen dieses Projektes wurden an verschiedenen bayerischen Schlachthöfen stichprobenartig Fleischsaftproben von Schweinen der teilnehmenden Betriebe genommen und anschließend im Labor des Tiergesundheitsdienstes Bayern e.V. untersucht. Die Teilnahme am Projekt erfolgte auf freiwilliger Basis. Betriebe, die am QS-Programm beteiligt sind, waren seit 2003 zu solchen Untersuchungen verpflichtet.

Im Jahresendziel sollen pro Betrieb 60 Proben untersucht werden, wobei bei vierteljährlichem Entnahmerhythmus nach Möglichkeit je 16 Proben genommen werden sollten. Eine Klassifizierung des Betriebes erfolgt erst nach zwölf Monaten (bei einer Liefermenge von über 400 Mastschweinen). Dabei werden Betriebe mit weniger als 20 % positiver Proben in Klasse I, mit 20 % - 40 % in Klasse II und mit über 40 % in Klasse III eingestuft.

Aufgrund der vermuteten geringen Salmonellenprävalenz in Bayern wird die Einführung einer Klasse 0 erwogen für Betriebe mit 0 % seropositiver Mastschweine.

Nach erfolgter Klassifizierung werden die Betriebe pro Quartal neu eingestuft, wobei immer die Untersuchungsergebnisse der vergangenen zwölf Monate berücksichtigt werden.

Bis zum 30.09.2003 traten 1488 Betriebe in Bayern dem Monitoringprogramm bei. An diesem Stichtag erfolgte die vorläufig letzte Auswertung der Projektdaten durch den Tiergesundheitsdienst Bayern e.V.. Bei 62,8 % der bis dahin untersuchten Betriebe war kein positiver Salmonellenantikörpernachweis erfolgt.

Nur 171 der 1488 Betriebe konnten bis zum 30.09.03 einer Klassifizierung unterzogen werden, da bei ihnen das Jahresendziel von 60 Proben erreicht worden war. Die Klassifizierung dieser Betriebe zeigt Tabelle 9:

Tabelle 9: Klassifizierung der im Rahmen des Forschungsprojektes Salmonellen der Bayerischen Staatsregierung untersuchten Betriebe, die bis zum 30.09.2003 bereits den Gesamtprobenumfang erreicht hatten

171	(100 %)	beurteilbare Betriebe, davon:
54	(31,6 %)	in Kategorie 0
111	(64,9 %)	in Kategorie 1
6	( 3,5 %)	in Kategorie 2

(nach MELZIG, 2003)

Die Ergebnisse der freiwilligen Fleischsaftuntersuchungen wurden genutzt, um sogenannte „Problembestände“ ausfindig zu machen. Betriebe mit einem Anteil von über 20 % seropositiver Schweine bei einer Untersuchung wurden kontaktiert und über die Möglichkeit einer freiwilligen, kostenpflichtigen, aber vom Freistaat Bayern mit finanzierten Bestandsuntersuchung informiert.

### **3.2 Versuchsaufbau**

Im Zeitraum Oktober 2002 bis Dezember 2003 wurden 56 schweinehaltende Betriebe in Bayern besucht.

Diese Betriebe waren entweder bei den Fleischsaftuntersuchungen am Schlachthof serologisch auffällig geworden (Anteil seropositiver Schweine bei mindestens einer Untersuchung über 20 %), oder von ihnen gelieferte Ferkel waren als mögliche Ursache für die Salmonelleneinschleppung in zuvor besuchte Bestände identifiziert worden.

Eine umfangreiche Eintragsquellenanalyse sollte zum einen der Analyse des Salmonelleneintrags in bayerische Schweinemastbestände allgemein dienen, sowie der Erstellung eines individuellen Sanierungskonzeptes für den jeweils betroffenen Betrieb.

Der Untersuchungsgang gliederte sich in folgende Schritte:

- Bestandsbegehung
- Entnahme von Proben zur bakteriologischen Untersuchung
- Entnahme von Proben zur serologischen Untersuchung
- Überprüfung von Management und Betriebshygiene anhand einer Checkliste

Um mögliche Eintragsquellen bzw. Rekontaminations- und Verschleppungsrisiken zu ermitteln, wurden bei der Betriebsbegehung Haltung, Aufstallung und Betriebsmanagement beurteilt.

Kot-, Wasser-, Futter-, Schadnagerkot- und Umgebungsproben wurden entnommen und bakteriologisch untersucht. Die bakteriologischen Untersuchungen dienten zum einen dem Erregernachweis und sollten zum anderen auch Hinweise auf mögliche Risikofaktoren für die Zirkulation im Bestand bzw. mögliche Eintragswege aufzeigen.

Die serologische Untersuchung von Blutproben sollte den Infektionsstatus am Besuchstag widerspiegeln. Zusätzlich sollte die Feststellung seropositiver Tiere in den einzelnen Produktionsstufen bzw. Altersgruppen dazu dienen, Rückschlüsse auf den Ausbreitungsverlauf der Salmonelleninfektion durch den Bestand ziehen zu können.

Die Befragung des Betriebsleiters anhand einer mehrseitigen Checkliste nach allen relevanten Betriebsdaten wie Fütterungs- und Haltungsbedingungen, Schadnagervorkommen und -bekämpfung oder Reinigungs- und Desinfektionsmaßnahmen sollte Zusammenhänge zwischen betriebshygienischen Schwachstellen und dem Salmonelleneintrag klären.

Die gestellten Fragen konnten in der Mehrheit mit „Ja/Nein“ beantwortet werden. Bei der Beurteilung von Haltungsbedingungen wurde ebenfalls auf eine einfache Aufteilung in „gut/mittel/schlecht“ bzw. „gering/mittel/hoch“ geachtet. Neben der Erfassung objektiver Daten wurde zusätzlich noch dem subjektiven Eindruck des Untersuchenden von Betrieb und Betriebsleitung Beachtung geschenkt.

Anhand der Untersuchungsergebnisse wurde für jeden Betrieb ein individueller Sanierungsvorschlag erstellt. Die Empfehlungen richteten sich dabei nicht nur nach den aus wissenschaftlicher Sicht erforderlichen Maßnahmen, sondern berücksichtigten auch Betriebsgröße und -struktur sowie das Engagement der Betriebsführung.

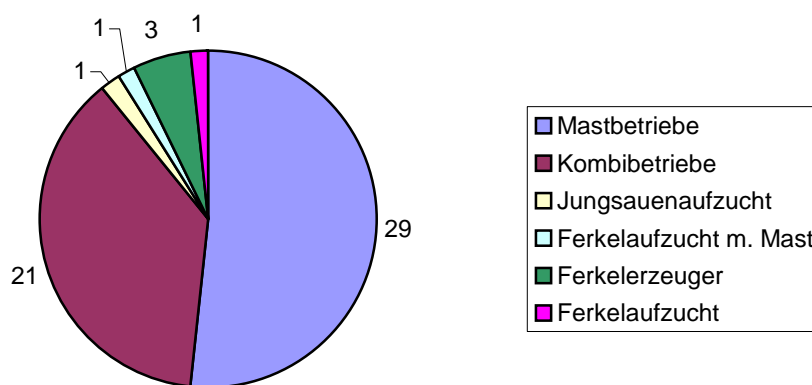
### **3.3 Teilnehmende Betriebe**

Da die Eintragsquellenanalyse im Rahmen eines Forschungsauftrages der Bayerischen Regierung erfolgte, wurden nur bayerische Schweinebestände in das Monitoringprojekt einbezogen.

Alle Betriebe, die bei einer Probenentnahme mit einem Anteil von mehr als 20 % Schweine mit erhöhtem Antikörpergehalt gegen Salmonellen im Fleischsaft auffällig geworden waren,

sollten besucht werden. 52 solcher Betriebe erklärten sich zur Teilnahme bereit, vier weitere Betriebe wurden untersucht, da von ihnen gelieferte Ferkel als mögliche Salmonelleneintragsquelle identifiziert worden waren. In keinem der teilnehmenden Betriebe waren zum Besuchszeitpunkt Anhaltspunkte für eine klinische Erkrankung aufgrund einer Salmonelleninfektion zu finden.

### 3.3.1 Übersicht über die Betriebsstruktur der besuchten Betriebe



*Abbildung 1: Mengemäßige Verteilung der verschiedenen besuchten Betriebsformen*

Aus Abbildung 1 ist zu erkennen, dass über die Hälfte der besuchten 56 Betriebe Mastbetriebe (29) waren. Die zweithäufigste Betriebsform waren Kombibetriebe. Alle anderen aufgeführten Betriebsformen waren aufgrund des Versuchsaufbaus nur in geringer Zahl vertreten.

### 3.3.2 Vorläufige Klassifizierung der besuchten Mast- und Kombibetriebe nach einem Fleischsaft-Ergebnis

Die vorläufige Klassifizierung der besuchten Mastschweineerzeuger nach nur einem Fleischsaftergebnis wird in Abbildung 2 dargestellt. Die Verteilung der Betriebe auf die Kategorien ergibt keine großen Unterschiede bezüglich der Betriebsform:

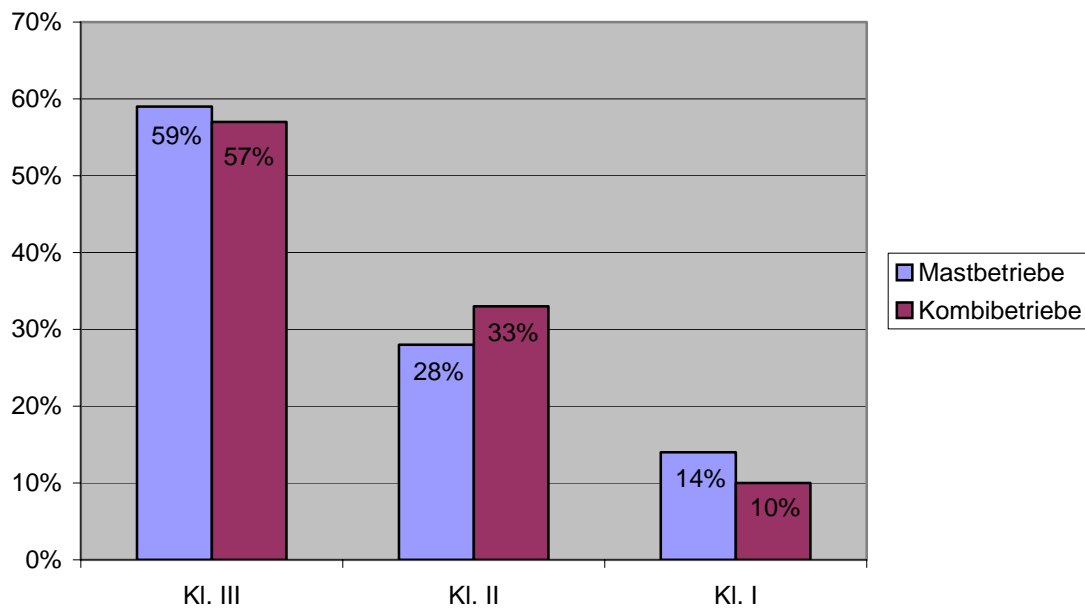


Abbildung 2: Vorläufige Klassifizierung der besuchten Kombi- und Mastbetriebe nach nur einem Fleischsaftergebnis

Die Einstufung in Klasse I, II und III erfolgte analog der Kategorisierung der Betriebe im Rahmen des QS-Salmonellen-Monitoring-Programms wie nachfolgend in Tabelle 10 dargestellt:

Tabelle 10: Kategorisierungsschlüssel des QS-Salmonellen-Monitoring-Programmes

Klasse I	Anteil seropositiver Schweine unter 20 %
Klasse II	Anteil seropositiver Schweine 20 %-39,9 %
Klasse III	Anteil seropositiver Schweine 40 % und mehr

### 3.3.3 Geographische Verteilung der untersuchten Betriebe

Durch die regionale Verteilung von Schweine haltenden Betrieben in Bayern erfolgten die Untersuchungen fast ausschließlich in den Regierungsbezirken Mittel- und Oberfranken, sowie Niederbayern.

## **3.4 Bakteriologische Untersuchungen**

### **3.4.1 Probenanzahl und Art der Proben**

Es wurde stets versucht, unter Beachtung der Betriebsgröße Proben von allen epidemiologisch relevant erscheinenden Punkten des Betriebes zu nehmen (Futterlager, Wasser, einzelne Stallabteile bzw. Ställe, andere Tiere auf dem Betrieb, ...), sowie einen Querschnitt durch den vorhandenen Schweinebestand darzustellen. Je nach Betriebsgröße und –struktur wurden unterschiedliche Probenmengen genommen, es gab keine feste Stichprobengröße für jeden Betrieb.

### **3.4.2 Technik der Probenentnahme**

Jede einzelne Kot-, Futter-, Wasser- und Umgebungsprobe wurde in ein geeignetes Behältnis verbracht und eindeutig beschriftet. Anschließend wurden alle Proben gekühlt (7°C) und schnellstmöglich in das bakteriologische Labor des Zentralinstituts des Tiergesundheitsdienstes Bayern e.V. gebracht. Dort wurde noch am Ankunftstag die Untersuchung eingeleitet (maximaler zeitlicher Abstand zwischen Probenentnahme und Untersuchung betrug 60 Stunden, in der Regel aber nicht mehr als zwölf Stunden).

#### **3.4.2.1 Sammelkotproben**

Unter Berücksichtigung der jeweiligen Infektionsmöglichkeiten im Betrieb wurde entweder pro Stall- oder Produktionseinheit mindestens eine Sammelkotprobe genommen. In größeren Kammern wurde auf 50 Tiere je eine Kotprobe genommen.

Es wurden vom Buchtenboden mit jeweils neuen Einmalhandschuhen nach Möglichkeit sieben bis zehn verschiedene, frische Kotproben à ca. 5 g gesammelt und in einen 100 ml Einmalkunststoffbecher mit Schraubverschluss verbracht. Eine Sammelkotprobe wog ca. 50g.

#### **3.4.2.2 Kottupfer**

Aus Kosten- und Zeitgründen wurde auf eine ausgedehnte Untersuchung der Einzeltiere mittels Kottupfern in den meisten Fällen verzichtet. Stattdessen wurden nur auffällige Tiere eines Betriebes (Kümmerer, verletzte oder kranke Tiere) gesondert untersucht, da hier von einer erhöhten Nachweiswahrscheinlichkeit ausgegangen wurde. Die Kottupfer wurden rektal

eingeführt und mit möglichst großen Kotmengen behaftet in ein spezielles Nährmedium verbracht.

#### **3.4.2.3 Gülleproben/Festmistproben**

Mit einem Einmalhandschuh wurde ein 100 ml - Einmalplastikbecher mit Schraubverschluss befüllt. Die Entnahme erfolgte je nach Zugänglichkeit aus der Güllegrube, den Güllekanälen oder von der Mistplatte.

#### **3.4.2.4 Futterproben**

Sofern möglich wurde von allen verfütterten Futtermitteln, außer Mineralfutter, eine Einzelprobe entnommen. Ca. 200 - 300 g wurden mit einem Einmalhandschuh aus dem Futterlager oder einer anderen verdächtigen Stelle (z.B. offener Futterwagen) entnommen und in einen Plastikbeutel gefüllt. Außerdem wurde in den meisten Fällen eine Probe der Endmischung (Trogsprobe) genommen.

#### **3.4.2.5 Wasserproben**

In jedem Betrieb wurde das Tränkenwasser untersucht. Dabei wurden 25 ml vorzugsweise aus den Tränkenippeln in einen Einmalkunststoffbecher mit Drehverschluss abgefüllt.

#### **3.4.2.6 Schadnagerkotproben**

Mit einem Einmalhandschuh wurde soviel Schadnagerkot wie möglich in einer Petrischale gesammelt. Da bei Schadnagervorkommen am Betrieb immer auch von einem Befall des Schweinestalls bzw. des Futterlagers ausgegangen werden muss, wurden die Kotproben, um eine Mindestmenge von ca. 1 g zu erreichen, von den Stellen des stärksten sichtbaren Befalls genommen. Bevorzugt wurde die Probennahme direkt aus dem Stall bzw. dem Futterlager.

#### **3.4.2.7 Umgebungsproben**

Abhängig von den örtlichen Gegebenheiten wurden zusätzliche Proben aus der Umgebung gezogen. Dies waren z.B. Stallstaub und Fliegen, die mit einem Einmalkunststoffhandschuh in größtmöglicher Menge (ca. 5 – 10 g) in eine Petrischale gegeben wurden. Wenn zum Besuchszeitpunkt gereinigte Stallflächen vorgefunden wurden, wurde die Effektivität der Reinigungsmaßnahmen überprüft, indem der Buchtenboden mit Einmalkunststoffüberschuhen

begangen wurde. Diese wurden anschließend umgedreht und verknotet. Bei Verdacht der Ansteckung durch andere auf dem Betrieb gehaltene Haus- und Hoftiere wurden von diesen, wenn möglich, ebenfalls Kotproben genommen und untersucht. Ca. 25 – 50 g Kot wurden mit einem Einmalkunststoffhandschuh in einen verschließbaren Kunststoffbecher abgefüllt.

#### **3.4.2.8 Untersuchungsmethoden**

Sämtliche bakteriologische Untersuchungen erfolgten in Anlehnung an die Norm ISO 6579:1993 des Technischen Komitees CEN/TC 275 „Lebensmittelanalytik-horizontale Verfahren“.

Vor der selektiven Anreicherung wurde zur Erhöhung der Keimausbeute eine Voranreicherung durchgeführt. Ungepuffertes Peptonwasser ermöglichte auch subletal geschädigten Keimen bei optimalen Nährstoff- und Temperaturverhältnissen ein Wachstum.

#### **3.4.2.9 Futter-, Gülle-, Sammelkot-, Wasserproben**

Die Proben wurden mit einem Einmalplastiklöffel im Probenentnahmegefäß durchgerührt und vermischt, anschließend wurden 25 g in einen Erlenmeyerkolben gefüllt, der anschließend mit 250 ml Peptonwasser aufgefüllt wurde und mit einem Steri-Stopfen verschlossen wurde.

#### **3.4.2.10 Kottupfer**

Die Tupfer wurden direkt in mit 20 ml Peptonwasser gefüllte Reagenzgläser verbracht und mit Aluminiumfolie abgedichtet.

#### **3.4.2.11 Umgebungsproben**

Bei den Umgebungsproben, insbesondere bei Staub-, Insekten- und Schadnagerproben, wurde das gesammelte Material ebenfalls im Verhältnis 1:10 angesetzt, d.h. z.B. 5 g Mäusekot wurden in 50 ml Peptonwasser in einem Erlenmeyerkolben mit Steri-Stopfen angesetzt.

#### **3.4.2.12 Weitere Bearbeitung aller Proben zur Anreicherung, Isolierung und Bestimmung möglicherweise enthaltener Salmonellen**

Zur Bebrütung wurden die Probengefäße in einen Schüttler gestellt und 22 (+/- 2) Stunden bei 37°C inkubiert. Anschließend wurden jeweils 100 µl der Voranreicherungsflüssigkeit in ein Reagenzglas mit 9 ml Rappaport-Vassiliadis-Medium überpipettiert und das Reagenzglas mit



einem Steri-Stopfen verschlossen. Die selektive Anreicherung erfolgte bei 41°C für 22 (+/- 2) Stunden. Das spezifische Nährstoffangebot begünstigt ein selektives Wachstum der Salmonellen, während die hohe Inkubationstemperatur sich negativ auf das Wachstum möglicher anderer Keime auswirkt.

Nach der zweiten Anreicherung wurde mit einer sterilen 10 µl - Impfschlinge aus den jeweiligen Reagenzgläsern Material sowohl auf BPLS (Brilliantgrün-Phenolrot-Lactose-Saccharose) - Agar als auch auf XLD (Xylose-Lysin-Desoxycholat) - Agar übergeimpft. Das Probenmaterial wurde dreifach fraktioniert ausgestrichen und die Platten 22 (+/-2) Stunden bei 37°C bebrütet.

Verdächtige, lactosenegative und schwefelproduzierende Kolonien wurden auf Gassner (Wasserblau-Metachromgelb-Lactose)-Agar subkultiviert und erneut bei 37°C für 22 (+/- 2) Stunden inkubiert.

Auffällige Kolonien wurden nun mittels Objektträgeragglutinationsschnelltest mit omnivalenten/polivalenten Salmonella-Testseren überprüft. Zum Erhalt einer Reinkultur wurden agglutinierende Kolonien ggf. mehrfach auf Gassner-Agar subkultiviert und bei 37°C für 22 (+/-2) Stunden bebrütet.

Mit einer sterilen Impfschlinge wurde eine bestimmte Menge Material in ein Reagenzglas mit 5 ml Standard I-Nährbouillon übergeimpft. Anschließend erfolgte eine 24-stündige Inkubation bei 37°C. Die Reagenzgläser wurden danach bei 3000 Umdrehungen/Min. für 10 Minuten zentrifugiert. Die Flüssigkeit wurde vorsichtig abgeschüttet und von der am Boden angesammelten Menge mit einer sterilen Impfschlinge etwas Material entnommen. Dieses wurde mittels Objektträgerschnellagglutination serotypisiert.

Ein Teil der positiven Proben wurde ebenfalls auf die Resistenzsituation des gefundenen Erregers untersucht. Hierfür wurden Einzelkolonien mit 2 ml Natriumchlorid verdünnt und nach dem Zusatz von Mc Farland-Reagenz nach Arbeitsanweisung in die Vertiefungen des Testsystems pipettiert. Die Testplatte enthält eine definierte Menge verschiedener antiinfektiver Substanzen (s.u.). Nach dem Aufbringen einer speziellen Folie und ca. 24-stündiger Inkubation bei 37°C erfolgte eine photometrische Messung der Trübung in den verschiedenen Konzentrationen.

Hierbei wurde die Sensibilität der Keime gegenüber folgenden Substanzen untersucht:

Ampicillin, Apramycin, Cefquinom, Colistin, Cotrimazol (Sulfonamid/Trimethoprim-Kombination), Enrofloxacin, Erythromycin, Florfenicol, Gentamicin, Lincomycin, Neomycin, Penicillin G, Spectinomycin, Spiramycin, Streptomycin, Ceftiofur, Tetracyclin, Tilmicosin, Danofloxacin, Tylosin.

Sämtliche benötigten Materialien wurden innerhalb des angegebenen Haltbarkeitszeitraums verwendet. Alle Einmalmaterialien wie Plastikbecher, Probenbehältnisse oder die bebrüteten Agarplatten wurden nach Gebrauch bei 121°C und 1,5 bar für 20 min. autoklaviert. Ein Infektionsrisiko wurde hierdurch minimiert.

Mehrfach verwendbare Gefäße wie Erlenmeyerkolben, Messzylinder und Reagenzgläser wurden in der Spülmaschine gewaschen, mit destilliertem Wasser nachgespült und im Trockenschrank getrocknet. Anschließend wurden sie bei 121°C im Autoklaven für vier Stunden erhitzt.

### **3.5 Serologische Untersuchungen**

#### **3.5.1 Probenanzahl und Art der Proben**

In Anlehnung an die Stichprobengröße bei der Schlachthofuntersuchung wurden in der Regel mindestens 16 Blutproben gezogen (in Kleinstbetrieben u.U. weniger). Je nach Bestandsgröße und Kontaktmöglichkeiten der Schweine untereinander wurden Stichproben aus jeder Altersklasse, Produktionsstufe und jedem Stallabteil entnommen.

#### **3.5.2 Technik der Blutentnahme**

Ca. 4 ml Vollblut wurden mit sterilen Einmalkanülen aus der V. jugularis bzw. der V. cava gewonnen und in Serum-Monovetten® (Fa. Sarstedt, 51588 Nümbrecht) abgefüllt. Die Röhrchen wurden mit einer Betriebskennzeichnung versehen und fortlaufend nummeriert. Während der Probennahme wurden zu den jeweiligen Nummern Entnahmeort, Ohrmarkennummern bei den Sauen und Gewicht bei den Mastschweinen notiert.

Auf dem Weg zum Labor wurden die Serumröhrchen gekühlt transportiert und noch am gleichen Tag bei 4000 U/min. 10 Minuten lang abzentrifugiert. 300 µl des gewonnenen Serums wurden entsprechend gekennzeichnet und bis zur serologischen Untersuchung bei

-18°C tiefgefroren (aus Kosten- und Zeitgründen wurde nur untersucht, wenn ca. 200 Proben oder mehr gesammelt worden waren).

### **3.5.3 Untersuchungsmethode**

Die quantitative Ermittlung des Antikörpergehalts erfolgte mit Hilfe des kommerziell erhältlichen Salmotype®-Fleischsaft-ELISA (Labor Diagnostik GmbH, 04103 Leipzig) im Zentralinstitut des Tiergesundheitsdienstes Bayern e.V..

Mit Hilfe dieses Testsystems können Antikörper gegen die O-Antigene 1, 4, 5, 6, 7 und 12 aus Fleischsaft- und Serumproben von Schweinen bestimmt werden. Innerhalb von drei Stunden (abhängig von der Anzahl der untersuchten Proben) lassen sich so Antikörper gegen über 90 % der am häufigsten auftretenden Salmonella-Serovare nachweisen.

Das Testkit besteht aus mit Salmonellenantigen beschichteten Mikrotiterplatten, an denen spezifische Salmonellenantikörper während der Inkubationszeit haften bleiben. Durch dreimaliges Waschen der Platten wird ungebundenes Material entfernt. Anschließend wird Enzymkonjugat in die Vertiefungen pipettiert und die Platten werden erneut gewaschen, um das ungebundene Konjugat zu entfernen.

Danach wird Enzymsubstrat-Chromogenlösung hinzugefügt. Je mehr Antikörper vorhanden sind, desto intensiver wird der Farbumschlag. Mittels Photometer wird die optische Dichte bestimmt, die direkt mit der Menge der Antikörper in der jeweiligen Probe korreliert.

#### **3.5.3.1 Probenvorbereitung**

Die tiefgefrorenen Serumproben wurden bei Zimmertemperatur aufgetaut. Der Belegungsplan der Proben auf den Mikrotiterplatten wurde auf einem Formblatt eingetragen. In zwei Arbeitsschritten wurde das Blutserum auf die notwendige Konzentration von 1:400 herunter verdünnt. Hierfür wurden im ersten Schritt 240 µl des gebrauchsfertigen Verdünnungspuffers pro Vertiefung vorgelegt und 10µl Serum hinzugefügt. Auf einer zweiten Platte wurden 150 µl Verdünnungspuffer vorgelegt und 50 µl des vor verdünnten Serums dazugefügt.

#### **3.5.3.2 Reagenzienvorbereitung**

Pro später benötigter Testplatte mussten Waschpuffer, Kontrollseren und Antikörperkonjugat wie folgt vorbereitet werden:

- Waschpuffer: 25 ml des Waschpufferkonzentrats wurden mit 225 ml Aqua dest. 1:10 verdünnt
- Kontrollseren: In jede der fünf Flaschen mit Kontrollserum wurden 300 ml Aqua dest. pipettiert. Zur vollständigen Lösung wurden die Flaschen vorsichtig geschwenkt.
- Antikörperkonjugat: 40  $\mu$ l des konzentrierten Konjugats wurden in 10 ml Probenverdünnungspuffer gegeben.

### 3.5.3.3 Testdurchführung

Bis zur Durchführung des Tests hatten alle Reagenzien Raumtemperatur erreicht. Vor ihrer Verwendung wurden sie noch einmal leicht geschüttelt, um sicherzustellen, dass die verwendeten Substanzen sich in homogener Lösung befanden. Alle Proben wurden doppelt angesetzt zur Kontrolle der Ergebnisse.

In die beschichtete Mikrotiterplatte wurden 75  $\mu$ l Verdünnungspuffer pro Vertiefung vorgelegt und jeweils 25  $\mu$ l des vorverdünnten Serums hinzugefügt. In fünf Positionen (ebenfalls im Doppelansatz) wurden 100  $\mu$ l der fünf verschiedenen konzentrierten Kontrollseren pipettiert. Die Testplatte wurde anschließend abgedeckt und 60 min. bei Raumtemperatur inkubiert. Danach wurden die Vertiefungen geleert und dreimal mit Pufferlösung gewaschen. Die Platte wurde jedes Mal sorgfältig auf Zellstoff trocken geschlagen. In jede Mulde wurden 100  $\mu$ l des vorbereiteten Konjugats gegeben und eine weitere Inkubationszeit von 60 min. bei Raumtemperatur folgte. Wieder wurde die Mikrotiterplatte ausgeschlagen, dreimal mit Waschpuffer ausgespült und auf Zellstoff trocken geklopft. Die Vertiefungen wurden sodann mit je 100  $\mu$ l TMB-Substratlösung (Enzymsubstrat-Chromogenlösung) beschickt. Nach siebenminütiger Inkubation bei Raumtemperatur wurde die Reaktion durch Zugabe von 100  $\mu$ l Stopplösung pro Vertiefung unterbrochen.

Das Photometer wurde gegen Luft als Leerwert kalibriert und die Extinktion der Proben bei einer Messwellenlänge von 450 nm und einer Referenzwellenlänge von 630 nm bestimmt.

### 3.5.3.4 Auswertung

Die in der Gebrauchsanleitung des jeweiligen Testkits angegebene Konzentration der Kontrollseren wurde mit ihrer Extinktion ins Verhältnis gesetzt. Aus diesen Werten konnte eine Regressionsgerade aufgestellt werden, mit deren Hilfe ein Rückschluss von den gemessenen Probenextinktionen auf die jeweilige Konzentration der Antikörper möglich war.

Die Antikörpermenge pro Mulde wurde in Prozent optischer Dichte (OD %) angegeben. Nach Herstellerangaben sind Werte

- unter 10 OD %: sicher negativ (keine Reaktion auf eine Infektion festzustellen)
- zwischen 10 OD % und 20 OD %: fragwürdig
- über 20 OD %: sicher positiv (Infektion mit Salmonella ist erfolgt)

In Deutschland werden derzeit erst Werte über 40 OD % beim Salmonellenmonitoring an den Schlachthöfen als positiv bewertet.

### 3.5.3.5 Reagenzien

Ein Testkit enthält Material für fünf Platten:

1. Waschpufferkonzentrat: 125 ml Phosphat-gepufferte Kochsalzlösung mit Tween 20, 10fach konzentriert und mit Thimerosol konserviert
2. Probenverdünnungspuffer: 2x 125 ml mit Thimerosol konservierter Puffer mit Protein
3. TMB-Substratlösung: 60 ml gebrauchsfertige Lösung
4. Stopplösung: 60 ml 0,5 M Schwefelsäure
5. Antikörperkonjugat: 300 µl konzentriertes Kaninchen-Anti-Schwein-  
Meerrettichperoxidasekonjugat in Puffer mit Proteinstabilisatoren
6. Kontrollserum Nr. 1: 5 x 300 µl salmonellapositives, lyophilisiertes, von  
hyperimmunisierten Schweinen gewonnenes Serum, mit Thimerosol konserviert
7. Kontrollserum Nr. 2: 5 x 300 µl salmonellapositives, lyophilisiertes, von  
hyperimmunisierten Schweinen gewonnenes Serum, mit Thimerosol konserviert
8. Kontrollserum Nr. 3: 5 x 300 µl salmonellapositives, lyophilisiertes, von  
hyperimmunisierten Schweinen gewonnenes Serum, mit Thimerosol konserviert
9. Kontrollserum Nr. 4: 5 x 300 µl salmonellapositives, lyophilisiertes, von  
hyperimmunisierten Schweinen gewonnenes Serum, mit Thimerosol konserviert
10. Kontrollserum Nr. 5: 5 x 300 µl salmonellanegatives, lyophilisiertes, von Schweinen  
gewonnenes Serum, mit Thimerosol konserviert als Negativkontrolle
11. 5 Testplatten: Mit Salmonella-Antigen (inaktiviert) beschichtete Mikrotiterplatten mit  
je 96 Vertiefungen
12. Destilliertes Wasser

### 3.5.3.6 Geräte und Hilfsmittel

Präzisionspipetten, Multikanalpipetten, Einwegpipettenspitzen, Pipettierwannen, Messzylinder, Erlenmeyerkolben, 96-Loch-Mikrotiterplatten, Mikrotiterplattenphotometer.

### **3.6 Erhebung der Betriebsdaten (Checkliste)**

Die Befragung der Betriebsleiter erfolgte anhand einer mehrseitigen Checkliste.

Erhoben wurden die Betriebsgrunddaten (Betriebsform, -größe, etc.), Informationen zum Management (Aufstallung, Belegung, Gülle- / Festmistlagerung, Lüftung, Fütterung, ....), zur Betriebshygiene (Reinigung, Schadnager- und Insektenbekämpfung) und epidemiologisch relevante Daten (weitere Haustiere, Gesundheitsstatus, u.v.m.).

Je nachdem, ob es sich um einen reinen Mastbetrieb oder um einen kombinierten Betrieb handelte, wurden gegebenenfalls noch reproduktionstechnische Daten abgefragt.

Um möglichst korrekte Angaben zu erhalten, erfolgte die Befragung prinzipiell nach dem mehrstündigen Betriebsrundgang.

Die Daten wurden nach der im Anhang abgebildeten Checkliste erhoben.

### **3.7 Erfassung der Daten**

Alle bei den serologischen und bakteriologischen Untersuchungen sowie bei der Fragebogenauswertung gewonnenen Daten wurden in Tabellen des Tabellenkalkulationsprogramms Microsoft EXCEL for Windows<sup>®</sup> in der Version Microsoft Office Premium 2000 zusammengefasst.

## **4 Ergebnisse**

### **4.1 Allgemein**

Im Rahmen des Forschungsprojektes wurde in 52 Betrieben, die beim Salmonellenmonitoring an bayerischen Schlachthöfen durch erhöhte Salmonellenprävalenz aufgefallen waren, eine Eintragsquellenanalyse durchgeführt. Bei den Bestandsbesuchen ergab sich, dass mehrere salmonellenpositive Betriebe ihre Ferkel bzw. Zuchtsauen von dem gleichen Ferkelerzeuger bzw. Ferkelaufzuchtsbetrieb oder Herdbuchbetrieb geliefert bekamen. Daher wurden im Rahmen der Eintragsquellenanalyse noch vier weitere Betriebe untersucht. Insgesamt wurden die Daten von 56 Betrieben erhoben.

Es wurden alle Betriebsleiter kontaktiert, deren Schlachtschweine bei ein- oder mehrmaligen Fleischsaftuntersuchungen einen Anteil von über 19,5 % seropositiver ( $> 40$  OD %) Reagenten aufwiesen. Diese Betriebe waren den Richtlinien des QS-Salmonellenmonitorings zufolge gefährdet, nach Ablauf von 12 Monaten in Kategorie II oder Kategorie III eingestuft zu werden. 29 reine Mastbetriebe, 21 Kombibetriebe, ein Jungsauenaufzuchtbetrieb und ein Ferkelaufzuchtbetrieb mit angeschlossener Mast wurden in einem Zeitraum von 14 Monaten im Rahmen des Forschungsprojektes aufgrund erhöhter Salmonellenantikörperprävalenz bei Fleischsaftuntersuchungen einer Eintragsquellenanalyse unterzogen.

### **4.2 Einschränkungen bei der Datenauswertung aufgrund des Versuchsaufbaus**

Aufgrund der für die Landwirte kostenpflichtigen Untersuchungen konnten keine Betriebe ohne bekannte Salmonellenproblematik zur Teilnahme am Projekt gewonnen werden. Die Analyse der erhobenen Daten im Vergleich zu einer Kontrollgruppe ist daher nicht möglich.

Auch kann die Auswahl der Betriebe nicht als zufällig bezeichnet werden, da nur Bestände besucht wurden, deren Betriebsleitung an einer Eintragsquellenanalyse und daraus resultierenden Sanierungsvorschlägen interessiert war.

Da die Studie so aufgebaut war, dass alle Untersuchungen auf den Testergebnissen von Schlachtschweinen basierten, konnten nie dieselben Tiere untersucht werden, bei denen bereits Salmonellen im Vorfeld festgestellt worden waren. Da im Regelfall auch nur ein Bestandsbesuch pro Betrieb vorgesehen war, wurde immer ein Querschnitt aus allen Tieren, die zu diesem Zeitpunkt auf dem Bestand waren, untersucht. Die große Varianz, die sich hierdurch bei den Untersuchungen in Gewicht, Alter, Produktionsstufe der Schweine, sowie

den Haltungsbedingungen auf ein- und demselben Betrieb ergab, ließ keine diesbezüglichen Vergleiche zwischen den Betrieben zu.

Schließlich wurden die Ergebnisse der Fleischsaftuntersuchung insbesondere im ersten Jahr des Projekts zum Teil erst mit erheblicher, zeitlicher Verzögerung bekannt, da das Labor noch nicht auf die Probenflut eingerichtet war. Zwischen Bestandsbesuch und dem letzten bekannten Fleischsaftergebnis lagen minimal vier Wochen und im Extremfall sogar zehn Monate.

Diese Voraussetzungen führen dazu, dass eine vergleichende Analyse der erhobenen Datenmengen nicht statthaft und auch nicht sinnvoll ist. Die folgenden Ausführungen müssen sich daher auf eine deskriptive Darstellung des gewonnenen Datenmaterials beschränken:

### 4.3 Geographische Verteilung der untersuchten Betriebe

Obwohl bei der Fleischsaftuntersuchung mehr Proben an südbayerischen als an nordbayerischen Schlachthöfen gezogen wurden, fand sich eine auffallende Häufung von Problembeständen im Raum Mittelfranken und Oberfranken. In Tabelle 11 sind alle im Rahmen des bayerischen Forschungsprojekts Salmonellen bis zum 30.09.2003 erfassten Salmonellenantikörpernachweise an süd- und nordbayerischen Schlachtstätten zusammengefasst:

*Tabelle 11: Regionale Verteilung von Fleischsaftproben und Salmonellenantikörpernachweisen bei im Rahmen des Forschungsprojektes Salmonellen bis zum 30.09.2003 erfassten Laborergebnissen*

	Untersuchte Proben	Pos. Salmonellen-Antikörpernachweis	Neg. Salmonellen-Antikörpernachweis	Salmonelleninzidenz	
				Prozent der pos. Proben	KI 95 %
Nordbayern	15.523	1.243	14.280	8,01	7,58 – 8,43
Südbayern	25.866	662	25.204	2,56	2,37 – 2,75
Gesamt:	41.389	1.905	39.484	4,60	4,40 – 4,80

(mod. nach MELZIG, 2003)

### 4.4 Ergebnisse der bakteriologischen Untersuchung

#### 4.4.1 Ergebnisse der Bakteriologie im Überblick

In insgesamt 56 Betrieben wurden alle möglichen Eintragsquellen und Vektoren für Salmonellen in einem Bestand einer bakteriologischen Untersuchung unterworfen. Insgesamt



wurden 1331 Einzelproben untersucht. 943 Proben dienten dem Nachweis von Salmonellen aus Schweinekot, die restlichen 387 Proben waren Umgebungsproben. In 13 der 56 Betriebe gelang der Nachweis von *Salmonella* spp. In zwölf Betrieben wurde die Serovar *S. Typhimurium* festgestellt, in einem *S. Enteritidis*.

Von insgesamt 35 positiven Proben stammten 30 Isolate aus Schweinekot. Außerdem wurden aus drei Schadnagerkot-, einer Futter- und einer Staubprobe *Salmonella* spp isoliert. Die genaue Verteilung der untersuchten und der positiven Proben ist in Tabelle 12 dargestellt:

Tabelle 12: Übersicht aller bakteriologisch untersuchten Proben

	Proben gesamt	Schweine- kot	Schad- nager- kot	Futter	Stallstaub	Wasser	anderer Kot	Insekten	Boden- abklatsch
Proben gesamt	1331	943	43	226	30	59	16	8	6
Positive Proben	35	30	3	1	1	0	0	0	0

#### **4.4.2 Untersuchungen zum bakteriologischen Nachweis von *Salmonella* aus Schweinekot**

Die Entnahme von Schweinekotproben diene mehreren Zielen zugleich. Zum einen sollte die bakteriologische Prävalenz im Bestand untersucht werden. Außerdem war hier erwartungsgemäß ein positiver Nachweis und somit eine Isolierung des für die erhöhte Antikörperprävalenz verantwortlichen Serovars am wahrscheinlichsten. Zum anderen wurde durch gezielt über den ganzen Bestand verteilte Beprobung versucht, den möglichen Eintragungsweg zu ergründen. Positive Ergebnisse in bestimmten Altersgruppen oder Stallabteilen hätten Rückschlüsse auf Zeitpunkt und mögliche Ansteckungsursache wie den Ferkelzukauf ermöglichen können.

In jedem Betrieb wurden Sammelkotproben und, wenn es die Gegebenheiten vor Ort erlaubten, mindestens eine Gülleprobe sowie zusätzlich Kottupferproben aus dem Rektum von kranken, verletzten oder aus anderen Gründen gestressten Tieren untersucht. Von den so gewonnenen 943 Kotproben waren nur 30 nachweislich mit *Salmonella* spp. kontaminiert.

In einem Betrieb wurde in einer von 34 untersuchten Kotproben *S. Enteritidis* nachgewiesen. Bei sechs Betrieben fand sich in 19 von 217 untersuchten Proben *S. Typhimurium* var. Copenhagen. *S. Typhimurium* wurde bei fünf Betrieben in 9 von 159 untersuchten Proben

isoliert. In einem Betrieb wurde in einer von 19 Kotproben Salmonellen festgestellt, deren Serovarbestimmung aufgrund eines Transportschadens nicht mehr möglich war.

#### 4.4.3 Untersuchungen zur Eintragsquellenanalyse und zur Feststellung möglicher Hygieneschwachpunkte

Im Hinblick auf eine effiziente Sanierung und Infektionsprophylaxe wurden in jedem Betrieb mögliche Risikofaktoren für einen Salmonellenein- bzw. -übertrag untersucht.

Die individuell stark unterschiedlichen Betriebsprofile machten einheitliche Probenentnahmen unmöglich.

Als mögliche Eintragsquellen wurden der Zukauf von Ferkeln bzw. Zuchttieren untersucht, der Kot anderer Haustiere, die direkten oder indirekten (z.B. Getreide) Kontakt mit den Schweinen hatten, Schadnager bzw. deren Kot, sowie Futter- und Wasserproben. Art und Anzahl der jeweiligen Proben werden in Tabelle 13 dargestellt:

*Tabelle 13: Übersicht über Art und Anzahl der zur Eintragsquellenanalyse bakteriologisch untersuchten Proben*

<b>Betriebsform</b>	<b>Proben ges.</b>	<b>Schweinekot</b>	<b>Schadnagerkot</b>	<b>Kot anderer Tiere</b>	<b>Futter</b>	<b>Wasser</b>
<b>Gesamt</b>	1331	943	43	16	226	59
<b>Kombi</b>	511	339	15	8	115	24
<b>Mast</b>	590	398	24	7	99	30
<b>Sonstige</b>	230	206	4	1	12	5

Die Untersuchungen zielten nicht nur darauf, den Weg der Salmonellen in den Betrieb herauszufinden, sondern auch mögliche Ursachen für Verschleppung und Reinfektion zu analysieren. Daher wurden auch Proben von Stallstaub (auf Futterleitungen, Fensternischen, etc.) und Abklatschproben von frisch gereinigten und desinfizierten Stallböden untersucht, um mögliche Schwachpunkte bei den Reinigungsmaßnahmen feststellen zu können. Auch im Stall gefundene Insekten wurden einer Salmonellenuntersuchung unterzogen. Die in den einzelnen Betriebsformen gewonnenen Probenmengen sind aus Tabelle 14 ersichtlich. Da die Untersuchung der hygienischen Mängel stark von Betrieb und Untersuchungszeitpunkt (Jahreszeit und Einstellungstermin) abhängig war, konnten nicht überall Proben genommen werden. In über der Hälfte der Betriebe konnte der Stallstaub untersucht werden. In acht Betrieben waren überdurchschnittlich viele Insekten zu finden. In nur sechs von 56 Betrieben

fand sich ein beim Besuchszeitpunkt gerade frisch gereinigter Stallbereich vor, von dessen Boden zur Überprüfung der Effizienz der Reinigungsmaßnahmen eine Abklatschprobe untersucht werden konnte:

*Tabelle 14: Übersicht der Art und Anzahl der bakteriologisch untersuchten Proben zur Analyse möglicher Hygieneschwachstellen*

	<b>Stallstaub</b>	<b>Insekten</b>	<b>Boden</b>
<b>Gesamt</b>	30	8	6
<b>Kombi</b>	5	2	3
<b>Mast</b>	23	6	3
<b>Sonstige</b>	2	0	0

#### 4.4.4 Bakteriologische Nachweisrate in den untersuchten Probenmaterialien

Wie bereits unter 2.5.2. erörtert, ist der bakteriologische Nachweis schwierig. Im Rahmen der Eintragsquellenanalyse konnte nur aus 2,6 % der untersuchten 1331 Proben Salmonellen isoliert werden.

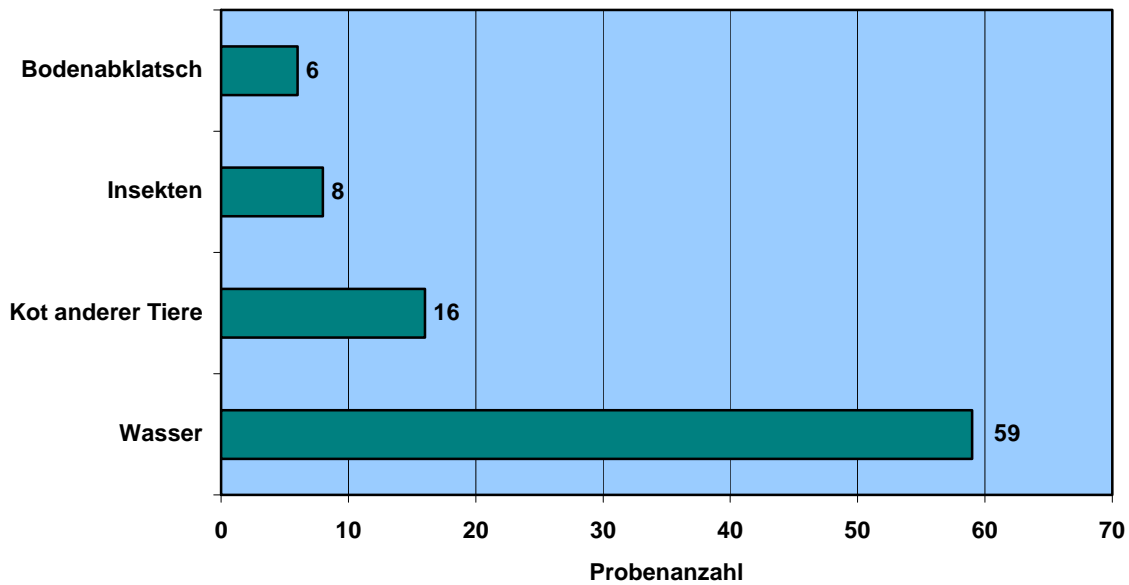
In 23,2 % der untersuchten 56 Betriebe gelang ein Erregernachweis.

Die in Tabelle 15 dargestellte, getrennte Auswertung der Nachweisrate von Salmonellen nach den verschiedenen untersuchten Probenmaterialien ergab große Unterschiede hinsichtlich des Anteils positiver Proben:

*Tabelle 15: Gegenüberstellung der Nachweisraten für Salmonellen in verschiedenen Materialien*

	Proben ges.	Schweinekot	Schadnagerkot	Futterproben ges.	Stallstaub
Pos. Proben ges.	35	30	3	1	1
Probenanzahl	1331	943	43	226	30
Nachweisrate	2,6 %	3,2 %	7,0 %	0,4 %	3,3 %

Gemessen an der jeweiligen Gesamtprobenzahl konnten am häufigsten Salmonellen in Schadnagerkotproben und am seltensten in Futterproben isoliert werden. Kein Erregernachweis gelang aus dem Tränkewasser, dem Kot anderer Haustiere (Katzen, Hunde, Rinder), bei Insekten oder von Abklatschproben frisch gereinigter Stallbereiche. Die Menge der hiervon untersuchten Proben ist in Abbildung 3 aufgeschlüsselt:



---

*Abbildung 3: Probenmaterial und -umfang, in dem kein Salmonellennachweis gelang*

Die stark differierenden Probenmengen bei den untersuchten Materialien lassen keine statistische Auswertung hinsichtlich einer Prävalenz der Zoonoseerreger in den untersuchten möglichen Eintragsquellen zu.

#### **4.4.5 Nachweishäufigkeit bei der Einstellung zur Mast**

In 22 Betrieben konnten kurz nach der Ein- bzw. Umstellung zur Mast Ferkel untersucht werden. Aus insgesamt 52 Kotproben konnten fünfmal Salmonellen isoliert werden. Dies entspricht einer Nachweishäufigkeit von 9,6 %. In 18,2 % der untersuchten Betriebe gelang mindestens ein Erregernachweis bei Vormastferkeln.

#### **4.4.6 Nachweishäufigkeit der Erreger in den untersuchten Betriebsformen**

In Tabelle 16 ist nach Betriebsform aufgeschlüsselt dargestellt, in wie vielen Betrieben bei den untersuchten Schweinekotproben *Salmonella* nachgewiesen werden konnte und wie hoch die jeweilige Nachweisrate war. Bei elf der untersuchten 56 Betriebe gelang ein bakteriologischer Nachweis von *Salmonella* spp aus dem Kot. In zwei weiteren Betrieben wurde der Erreger aus der Umgebung isoliert, ohne dass eines der beprobten Schweine Salmonellen ausgeschieden hatte.

Obwohl die meisten Betriebe im Vorfeld bei der serologischen Untersuchung durch über 20 % seropositive Schlachtschweine aufgefallen waren, ließen sich bei den meisten besuchten Betrieben keine Salmonellen nachweisen. Nur bei einem Betrieb lag auch der Anteil der bakteriologisch positiven Kotproben über 20 %.

*Tabelle 16: Bakteriologische Prävalenz von Salmonella im Schweinekot nach Betriebsformen*

	Mastbetriebe (Gesamt: 29)		Kombibetriebe (Gesamt: 21)		Sonstige (Gesamt: 6)	
	Anzahl Mastbetriebe	Anteil an Mastbetrieben	Anzahl Kombibetriebe	Anteil an Kombibetrieben	Anzahl Sonstige	Anteil an Sonstigen
Prävalenz = 0	23	79,3 %	17	81,0 %	5	83,3 %
Prävalenz < 10%	5	17,2 %	2	9,5 %	1	16,7 %
Prävalenz 10 %-20 %	1	3,4 %	1	4,8 %	0	0 %
Prävalenz 20 %-40 %	0	0 %	0	0 %	0	0 %
Prävalenz > 40 %	0	0 %	1	4,8 %	0	0 %

Der Anteil der Betriebe, in denen kein bakteriologischer Nachweis von Salmonellen aus Schweinekot gelang, betrug in allen untersuchten Betriebsformen zusammen ca. 80 %. In einem Mastbetrieb und einem Kombibetrieb lag der Prozentsatz der positiven Kotproben über 10 %. In einem weiteren Kombibetrieb wurden aus über 40 % der Proben Salmonellen isoliert.

In zwei weiteren Betrieben wurden die Erreger in Mäusekot nachgewiesen.

Hinsichtlich der Betriebsform ergibt sich eine Aufteilung aller Betriebe mit Erregernachweis wie folgt:

- sechs Mastbetriebe
- sechs Kombibetriebe
- ein Ferkelaufzuchtbetrieb

#### 4.4.7 Auswertung möglicher Einflussfaktoren auf eine erhöhte Salmonelleninzidenz bei den 13 Betrieben mit bakteriologisch positiven Erregernachweis

In Tabelle 17 werden mögliche Einflussfaktoren auf das Salmonellenvorkommen in den 13 Betrieben mit bakteriologischem Erregernachweis dargestellt.

*Tabelle 17: Vergleich möglicher Einflussfaktoren bei Betrieben mit bakteriologischem Salmonellennachweis*

Labor-Nr.	1	5	6	9	10	12	15	17	22	28	36	40	53
Betriebsform	M	K	M	FAZ	K	M	M	M	K	K	K	K	M
Anzahl Masttiere	530	500	260	3000*	1000	750	328	1000	200	320	1340	900	572
FS-Status (in %)	100	19	63	-	100	25	69	60	88	100	31	100	69
Blut-Status (in %)	17	0	31	0	-	14	0	24	24	75	92	38	69
BU-Status (in %)	5,3	2,9	7,7	5,8	0	2,6	7,7	8,3	10	69	0	7,7	14,3
Pos. Kotproben	1	1	2	7	0	2	1	1	3	9	0	2	1
Pos. Schadnagerproben	0	0	0	-	1	0	0	-	1	-	1	0	-
Pos. Futterproben	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Pos. Stallstaubproben	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Kritischer Zukauf	n	j	j	j	n	n	n	n	n	n	n	n	j
Kritisch: Futter	j	j	j	n	n	n	j	j	j	j	j	n	j
Kritisch: Hygiene	j	j	j	n	j	n	j	n	j	j	j	n	j
Kritisch: Belegung	j	j	j	n	j	n	j	n	j	j	j	j	n
Kritisch: Schadnager	j	n	j	n	j	n	j	j	j	n	j	j	n
Kritisch: Stallboden	j	j	n	n	j	n	n	n	n	j	n	n	n
Kritisch: Aufstallung Problemtiere	j	j	j	n	n	n	n	n	j	n	n	n	n

\*Aufzuchtplätze

Abkürzungen:

j: Ja

n: nein

Farben:

Rot: über 40 % Reagenten

Orange: 20 % - 40 % Reagenten

Gelb: weniger als 20 % Reagenten

Grau: kritische Befunde

#### **4.4.7.1 Einstufung der Betriebe mit direktem Erregernachweis nach der serologischen Untersuchung**

In zwölf von 13 Betrieben mit positivem Salmonellennachweis waren im Vorfeld der Studie auch serologische Untersuchungen von Fleischsaftproben durchgeführt worden. Nur bei drei dieser zwölf Betriebe wurde beim Fleischsaft-ELISA eine Salmonellenprävalenz von weniger als 60 % festgestellt.

Da zwischen der Probenentnahme am Schlachthof und dem Betriebsbesuch stets mehrere Wochen lagen, erschien die Wahrscheinlichkeit groß, dass sich die Prävalenz im Betrieb in der Zwischenzeit verändert hatte. Um diesen Verdacht zu untermauern, wurden am gleichen Tag wie die bakteriologischen Proben auch Blutproben entnommen, um den aktuellen Infektionsstatus des Betriebes wiederzugeben. Die ELISA-Ergebnisse von Fleischsaft und Blutserum sind nach Herstellerangaben direkt zu vergleichen.

Bei sieben von zwölf Betrieben war bei über 20 % der untersuchten Schweine ein erhöhter Gehalt von Salmonellenantikörpern im Blutserum nachgewiesen worden. Betrieb Nr. 10 war in vier aufeinanderfolgenden Fleischsaftuntersuchungen mit einem Anteil von 100 % seropositiven Schlachtschweinen aufgefallen, so dass hier auf eine Blutuntersuchung verzichtet worden war.

Bei neun von elf Betrieben (zwei Betriebe wurden nur einer Fleischsaftserologie unterzogen) ließ sich ein deutliches Absinken der Herdenprävalenz vom Zeitpunkt der Einstufung mittels Fleischsaft-ELISA und der Blutuntersuchung am Tag des Betriebsbesuchs beobachten. Bei einem Betrieb blieb die Seroprävalenz gleich und bei einem Betrieb stieg sie deutlich an.

Beim Vergleich des Anteils der Seroreagenten bei Fleischsaft- und Blutserum-ELISA ist zu berücksichtigen, dass die untersuchten Proben zwar vom selben Betrieb, aber nicht von den gleichen Tieren stammen. Zudem wurde nicht immer die gleiche Anzahl von Tieren bei den unterschiedlichen Analysen untersucht.

#### **4.4.7.2 Untersuchung des Schweinekots**

In elf der 13 Betriebe war der Nachweis von Salmonellen aus dem Kot der Schweine erfolgreich.

Die Betriebe Nr. 10 und Nr. 36 waren die einzigen, bei denen die Schweinekotproben salmonellennegativ waren. Bei beiden betrug die Seroprävalenz in der Fleischsaftuntersuchung aber über 90 %.

Betrieb Nr. 36 war der einzige, bei dem eine Erhöhung der Seroprävalenz zwischen Schlachthofuntersuchung und Betriebsbegehung festgestellt wurde. Hier stieg der Anteil der Tiere mit erhöhtem Salmonellenantikörpergehalt von 31 % auf 92 %.

#### **4.4.7.3 Eintragsquelle: Schadnager**

In neun der 13 Betriebe mit bakteriologischem Salmonellennachweis war ein mittleres bis hohes Schadnagervorkommen im Stall bzw. Futterlager der Anlass für eine Untersuchung von Mäuse- oder Rattenkot. Dabei gelang dreimal der Salmonellennachweis. Aufgrund der geringen Mengen an Schadnagerkot, die jeweils gefunden wurden, war es nicht möglich in jedem Betrieb die gleiche Grammzahl zu untersuchen. Eventuell ist die Anzahl positiver Schadnagerkotproben auch falschnegativ durch zu wenig und unter Umständen nicht genügend frisches Material.

#### **4.4.7.4 Eintragsquelle: Futter und Futterlager**

Bei nur einem Betrieb war eine Futterprobe salmonellenhaltig. Es handelte sich hierbei um Sojaschrot, das in einem geschlossenen Silo gelagert wurde. Bei einer zweiten Beprobung vier Wochen später gelang der Nachweis nicht mehr. Dieser Betrieb (Nr. 12) war ein vorbildlich geführter Mastbetrieb, in dem kein einziger Punkt der Betriebsführung als seuchenhygienisch kritisch eingestuft wurde. Die Prävalenz betrug bei der Fleischsaftuntersuchung 25 %, bei der Blutuntersuchung nur 14 %. Im darauffolgenden Mastdurchgang war die untersuchte Stichprobe der Endmasttiere komplett negativ.

In neun der dreizehn Betriebe mit Erregernachweis wurde die Aufbewahrung des Futters als seuchenhygienisch kritisch eingestuft.

#### **4.4.7.5 Auftreten von Erregernachweis in Abhängigkeit zur Zahl der Mast- bzw. Aufzuchtplätze**

Die Größe der Betriebe mit direktem Salmonellennachweis variierte stark zwischen 200 und 3000 Mast- bzw. Aufzuchtplätzen im Fall von Betrieb Nr. 9 (Ferkelaufzuchtbetrieb). Hohe und niedrige Prävalenzen traten sowohl bei den kleineren, als auch den mittleren und großen Betrieben auf.

Insgesamt waren mehr die für bayerische Verhältnisse mittelgroßen (ca. 500 Mastplätze) bis großen (über 1000 Mastplätze) Betriebe betroffen als die kleineren (unter 300 Plätze).



#### **4.4.7.6 Seuchenhygienisch kritisches Zukaufsverhalten**

In dem aufgeführten Ferkelaufzuchtsbetrieb, der sehr gewissenhaft geführt wurde, war der Ferkelzukauf der einzige seuchenhygienisch kritische Punkt. Dieser erfolgte aus über zehn verschiedenen Betrieben. Hier gelang am Einstellungstag aus hundert Kottupferuntersuchungen in sieben Fällen ein Erregernachweis, wohingegen die serologische Blutuntersuchung der gleichen Ferkel völlig negativ verlief.

Der Ferkelzukauf bzw. die Jungsauentremontierung wurden noch in drei weiteren Betrieben als problematisch eingeschätzt. In etwa der Hälfte (27) aller untersuchten Betriebe wurde der Zukauf als kritisch eingestuft. In den Betrieben, in denen ein Erregernachweis erfolgte, war es nur etwa ein Viertel.

#### **4.4.7.7 Schlechte Betriebshygiene**

In acht von dreizehn Betrieben wurde die allgemeine Hygiene als mangelhaft eingestuft, dies entspricht 61,5 %. Damit liegt der Anteil von Betrieben, in denen ein direkter Salmonellennachweis möglich war und die eine schlechte Hygiene aufwiesen, deutlich über dem der insgesamt untersuchten Betriebe mit mangelhafter Hygiene (39,3 %). Häufig wurden die Ställe nicht regelmäßig gereinigt. Die Kadaveraufbewahrung erfolgte oft nicht entsprechend der Schweinehaltungshygieneverordnung.

#### **4.4.7.8 Kritische Stallbelegung**

Hinsichtlich der Gefahr einer Kreuzkontamination und eines erhöhten Infektionsdrucks wurde vor allem eine kontinuierliche Belegung, sowie zu hohe Dichte in den Buchten und das Zurückstellen im Gewicht zurückgebliebener Schweine als negativ beurteilt. Neun der 13 Betriebe mit Erregernachweis fielen durch derartiges Vorgehen auf.

#### **4.4.7.9 Seuchenhygienisch kritischer Stallboden**

Hinsichtlich des Risikos einer Salmonellenkontamination und –vermehrung wurde vor allem die Haltung auf planbefestigten Böden als kritisch eingestuft. Von den vier Betrieben mit bakteriologischen Erregernachweis und planbefestigtem Boden waren drei am Schlachthof aufgefallen, weil 100 % der von ihnen untersuchten Schlachtschweine seropositiv waren.

#### 4.4.7.10 Seuchenhygienisch kritische Aufstallung von Problemtieren

Als Problemtiere wurden alle kranken, verletzten oder aus anderen Gründen absondernden Tiere, wie Schwanzbeißer, zusammengefasst. In vier von 13 Betrieben wurde deren Aufstallung als kritisch beurteilt, weil sie nicht von den anderen Schweinen getrennt untergebracht wurden.

#### 4.4.7.11 Seuchenhygienisches Gesamtbild

Die subjektive Bewertung möglicher seuchenhygienischer Risikofaktoren fiel bei den meisten Betrieben, in denen ein Erregernachweis erfolgt war, besonders kritisch in den Punkten Zukauf, Betriebshygiene, Belegung und Schadnagervorkommen aus. Tabelle 18 zeigt, wie hoch der Anteil der als seuchenhygienisch kritisch eingeschätzten Betriebe mit direktem Erregernachweis bezogen auf den jeweils untersuchten Risikofaktor war:

Tabelle 18: Prozentualer Anteil von Betrieben mit direktem Erregernachweis an möglichen Risikofaktoren für eine erhöhte Salmonellenbelastung

<b>Risikofaktor:</b>	<b>Anteil der betroffenen Betriebe</b>
<b>Kritischer Zukauf</b>	<b>30,8 %</b>
<b>Kritisch: Futter</b>	<b>69,2 %</b>
<b>Kritisch: Hygiene</b>	<b>61,5 %</b>
<b>Kritisch: Belegung</b>	<b>69,2 %</b>
<b>Kritisch: Schadnager</b>	<b>61,5 %</b>
<b>Kritisch: Stallboden</b>	<b>30,8 %</b>
<b>Kritisch: Aufstallung Problemtiere</b>	<b>30,8 %</b>

#### 4.4.8 Isolate und deren Resistenzeigenschaften gegenüber verschiedenen Antibiotika

Bei der bakteriologischen Untersuchung der Proben konnten lediglich in 13 von 56 Betrieben *Salmonella* spp isoliert werden.

In zwölf Betrieben wurde *S. Typhimurium* isoliert, in sechs Fällen konnte hier die serologische Varietät *S. Typhimurium* var. Copenhagen differenziert werden. In einem Betrieb wurde die Serovar *S. Enteritidis* gefunden.

Das Erregerverhalten gegenüber den einzelnen Stoffen ist in Tabelle 19 dargestellt:

Tabelle 19: Auswertung des Erregerverhaltens gegenüber verschiedenen Substanzen

Wirkstoff	S. Typhimurium		S. Enteritidis	
	Resistent	Sensibel	Resistent	Sensibel
Erythromycin	7	0	1	0
Florfenicol	7	0	1	0
Lincomycin	7	0	1	0
Penicillin G	7	0	1	0
Spectinomycin	7	0	0	1
Spiramycin	7	0	1	0
Streptomycin	7	0	0	1
Tetracyclin	7	0	1	0
Tilmicosin	7	0	1	0
Tylosin	7	0	1	0
Ampicillin	6	1	0	1
Ceftiofur	3	4	1	0
Colistin	3	4	1	0
Gentamicin	1	6	1	0
Apramycin	0	7	0	1
Cefquinom	0	7	0	1
Cotrimazol (Sulf./Trim.)	0	7	0	1
Danofloxacin	0	7	0	1
Enrofloxacin	0	7	0	1
Neomycin	0	7	0	1

In jedem Betrieb wurde nur jeweils eine *Salmonella*-Serovar identifiziert. Von allen Proben eines Betriebes, in denen bakteriologisch Salmonellen nachgewiesen wurden, wurde nach Feststellung der Serovar eine Reinkultur angelegt auf Gassner-Agar. Von den dort angezüchteten Kolonien wurde Material für den Resistenztest entnommen.

Aus Kostengründen konnte nicht für jeden Betrieb die Resistenzsituation ermittelt werden. Daher wurden nur die Isolate aus acht Betrieben auf mögliche Resistenzen überprüft.

Nur sechs der 20 getesteten Hemmstoffe zeigten sich bei allen acht Isolaten in vitro als wirksam. Gegen acht der antimikrobiell wirksamen Substanzen waren alle Stämme resistent, die untersuchten *S. Typhimurium*-Kulturen sogar gegen zehn.

## **4.5 Ergebnisse der serologischen Untersuchung**

Zur Beurteilung der aktuellen serologischen Prävalenz in den einzelnen Produktionsstufen bzw. Stalleinheiten wurden Blutproben auf einen erhöhten Gehalt von Antikörpern gegen Salmonellen untersucht.

Blut- und Fleischsaft-ELISA wurden mit dem gleichen Testsystem, nur mit entsprechend unterschiedlichen Verdünnungsreihen, durchgeführt. Nach Angaben des Herstellers sind bei Beprobung derselben Tiere zur selben Zeit identische Ergebnisse zu erwarten.

Zwischen letzter Probenentnahme am Schlachthof und dem Betriebsbesuch vergingen ein bis mehrere Monate. Aufgrund des Versuchsaufbaus konnten keine Blutproben von denselben Schweinen untersucht werden, deren Fleischsaftanalyse zur ersten Klassifizierung geführt hatte. Zusätzlich wurde die Vergleichbarkeit noch dadurch eingeschränkt, dass die Blutproben nicht ausschließlich von schlachtreifen Mastschweinen stammten, sondern von unterschiedlichen Tiergruppen, die einen Querschnitt durch Altersgruppen und Betriebseinheiten repräsentierten.

### **4.5.1 Gegenüberstellung der Probenanzahl der im Vorfeld untersuchten Fleischsaftproben mit den beim Betriebsbesuch entnommenen Blutserumproben**

Die Stichprobengröße der Blutproben lehnte sich an die jeweilige Stichprobenzahl bei den Schlachthofuntersuchungen an. Da jedoch gleichzeitig versucht wurde, mit den Proben einen Querschnitt aller Funktions- und Gebäudeeinheiten darzustellen, wick, wie in Abbildung 4 zu sehen, die Stichprobengröße individuell deutlich von der des letzten Fleischsaft-ELISA ab:

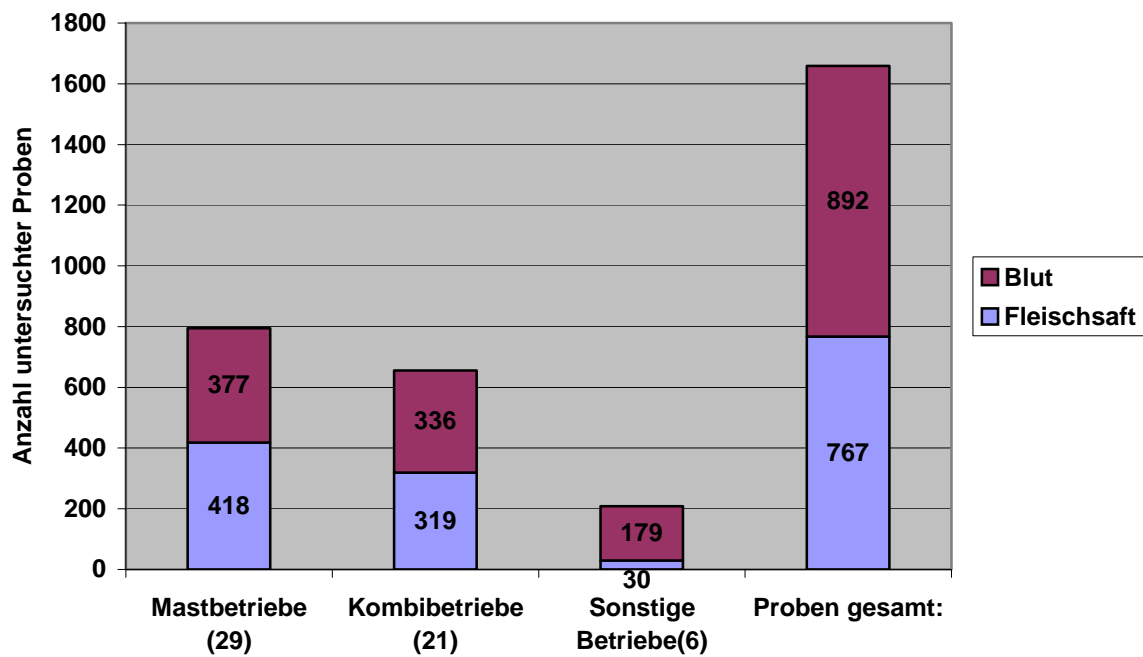
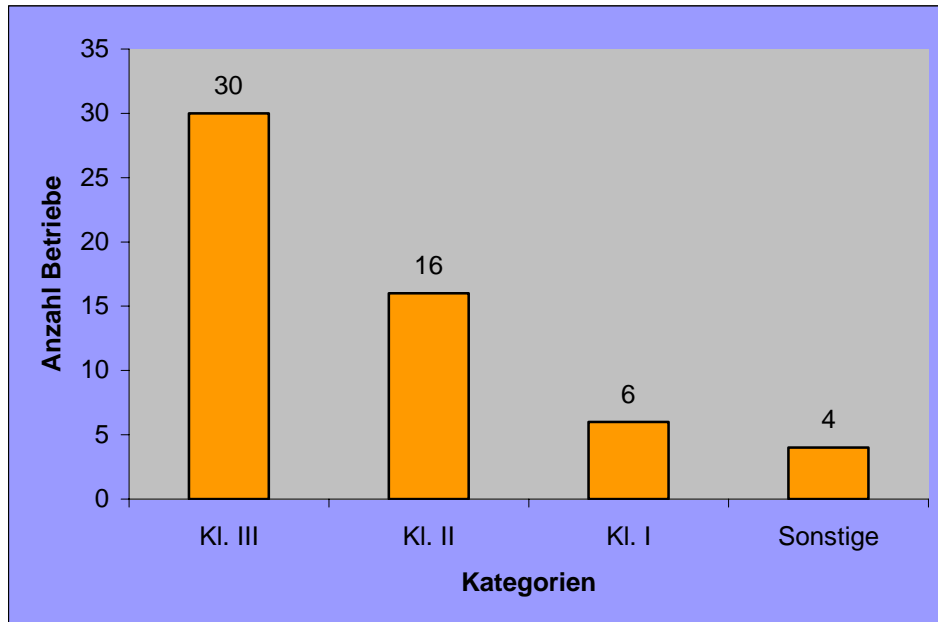


Abbildung 4: Vergleich der Stichprobengröße bei Blutserum- und Fleischsaftuntersuchung nach Betriebsform

In den Mastbetrieben konnte aufgrund der oft homogenen Tiergruppen und wenigen Gebäudeeinheiten die Stichprobenmenge im Schnitt etwas reduziert werden gegenüber der am Schlachthof gezogenen Probenmenge.

In den Betrieben mit eingliederter Zucht machten die verteilten Produktionsstufen eine umfassendere Beprobung nötig. Bei den sechs sonstigen Betrieben waren aufgrund der Betriebsform (z.B. Ferkelerzeugung) nur von zwei Betrieben Fleischsaftergebnisse bekannt.

#### 4.5.2 Vorläufige Einstufung der Betriebe nach einer Fleischsaftuntersuchung



*Abbildung 5: Klassifizierung aller untersuchten Betriebe nach einmaliger Fleischsaftuntersuchung*

Abbildung 5 zeigt die vorläufige Klassifizierung der untersuchten Betriebe nach nur einem Ergebnis aus der Fleischsaftuntersuchung. Von den 56 Betrieben konnten nur 52 kategorisiert werden, da bei vier Betrieben aufgrund ihrer Betriebsform kein Fleischsaftergebnis zur Verfügung stand.

### 4.5.3 Vergleich der Klassifizierung nach Betriebsformen

*Tabelle 20: Verteilung der besuchten Bestände in die drei Salmonellenklassen aufgeschlüsselt nach Betriebsform*

		Kl. III	Kl. II	Kl. I	Sonstige Betriebe
<b>Mast ges.:</b>	<b>29</b>	<b>17</b>	<b>8</b>	<b>4</b>	<b>0</b>
<b>Kombi ges.:</b>	<b>21</b>	<b>12</b>	<b>7</b>	<b>2</b>	<b>0</b>
<b>JS<sup>1</sup>:</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>FAZ/M<sup>2</sup>:</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>FEZ<sup>3</sup>:</b>	<b>3</b>	<b>n.u.<sup>4</sup></b>	<b>n.u.<sup>4</sup></b>	<b>n.u.<sup>4</sup></b>	<b>3</b>
<b>FAZ<sup>5</sup>:</b>	<b>1</b>	<b>n.u.<sup>4</sup></b>	<b>n.u.<sup>4</sup></b>	<b>n.u.<sup>4</sup></b>	<b>1</b>
<b>Betriebe ges.</b>	<b>56</b>	<b>30</b>	<b>16</b>	<b>6</b>	<b>4</b>

<sup>1</sup> JS: Jungsauenaufzuchtbetrieb

<sup>2</sup> FAZ/M: Ferkelaufzuchtbetrieb mit angeschlossener Mast

<sup>3</sup> FEZ: Ferkelerzeugerbetrieb

<sup>4</sup> n.u.: nicht untersucht

<sup>5</sup> FAZ: Ferkelaufzuchtbetrieb

Tabelle 20 stellt die Verteilung aller untersuchten Betriebsformen in die drei Betroffenheitskategorien des QS-Monitoring-Programms dar. Die schwerpunktmäßige Verteilung der Mast- und Kombibetriebe in Klasse II und III beruht auf den Ausgangsbedingungen des Teilprojekts, nämlich Eigeninteresse und finanzielle Eigenbeteiligung der Landwirte. Bedeutend erscheint die Tatsache, dass die zwei „sonstigen Betriebe“ ebenfalls in den hohen Klassen vertreten sind. Der Jungsauenaufzuchtbetrieb wurde als Kategorie III – Betrieb klassifiziert, der Ferkelaufzuchtbetrieb als Kategorie II.

#### 4.5.4 Vergleich der Resultate der serologischen Fleischsaft- und der Blutserumuntersuchung

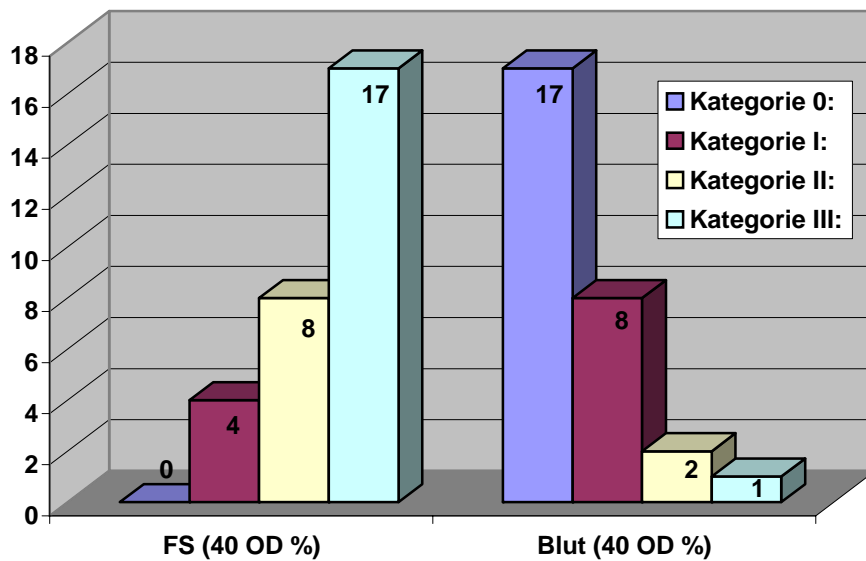


Abbildung 6 : Klassifizierung der Mastbetriebe nach Fleischsaft- und Blutuntersuchung unter Berücksichtigung eines Cut-off-Wertes von 40 OD %

Betrachtet man Abbildung 6, zeigt sich, dass die Verteilung der Betriebe auf die verschiedenen Betroffenheitsgrade beinahe spiegelbildlich erfolgt. Von den untersuchten Mastbetrieben war keiner bei der Fleischsaftuntersuchung negativ. Beim Betriebsbesuch einige Zeit später hingegen 17 Stück. Umgekehrt wurden am Schlachthof noch 17 Betriebe in Kategorie III eingestuft, aufgrund der späteren Blutanalyse hätte aber nur ein Betrieb dieser Klasse zugerechnet werden müssen.



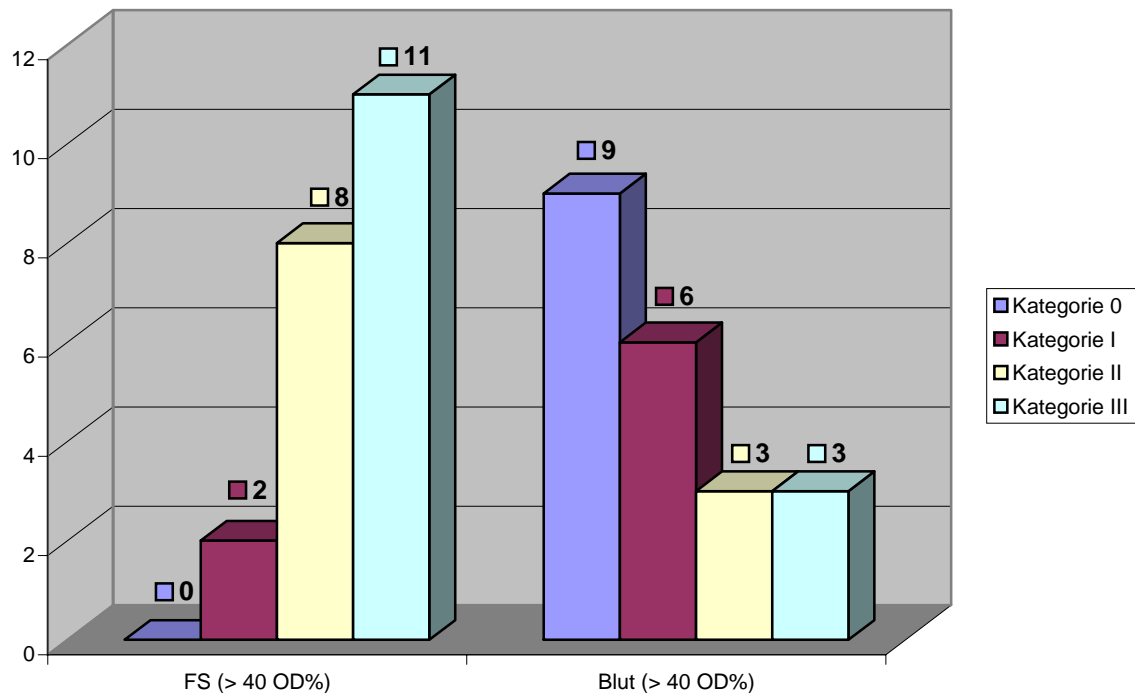


Abbildung 7: Klassifizierung der Kombibetriebe nach Fleischsaft- und Blutuntersuchung unter Berücksichtigung eines Cut-off-Wertes von 40 OD %

Auch bei den Kombibetrieben ist eine nahezu entgegengesetzte Verteilung der untersuchten Betriebe festzustellen, wenn man die Ergebnisse der Fleischsaft- und Blutuntersuchung in Abbildung 7 miteinander vergleicht. Der Anteil der Betriebe der Kategorie II und III ist bei der späteren Blutuntersuchung etwas höher, als dies bei den Mastbetrieben der Fall war.

Bei der Berechnung des Antikörpergehalts im Serum der Fleischsaftproben wird in Deutschland derzeit ein sog. Cut-Off-Wert von 40 OD % verwendet. D.h. alle Proben, deren optische Dichte (OD) über 40 % gemessen an den Kontrollproben liegt, werden als positiv bezeichnet und alle darunter als negativ. Dieser Cut-Off-Wert beruht aber mehr auf wirtschaftlich-politischen Überlegungen als auf wissenschaftlichen Erkenntnissen. Es werden bewusst falsch-negative Ergebnisse in Kauf genommen, um sich bei dem noch relativ jungen Salmonellenmonitoring auf die am schlimmsten betroffenen Betriebe konzentrieren zu können.

Nach Herstellerangaben ist bereits bei Überschreiten eines Cut-off-Wertes von 20 OD % sicher von einer Infektion des jeweiligen Schweines auszugehen und ein Cut-off-Wert über 10 OD % deutet bereits auf eine mögliche Salmonellenansteckung hin. Bei den eigenen Analysen der Blutserumproben wurden deshalb die Resultate nach drei Cut-off-Werten gefiltert, wie Abbildungen 8 und 9 veranschaulichen:

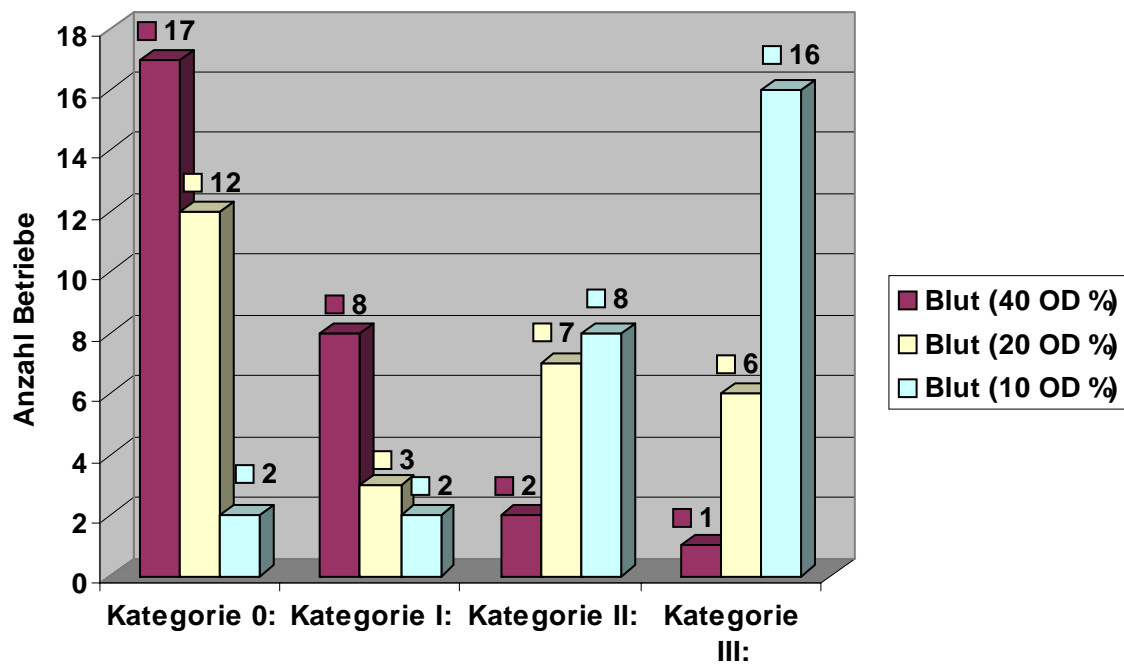


Abbildung 8: Gegenüberstellung der blutserologischen Analysen bei verschiedenen Cut-off-Werten bei Mastbetrieben

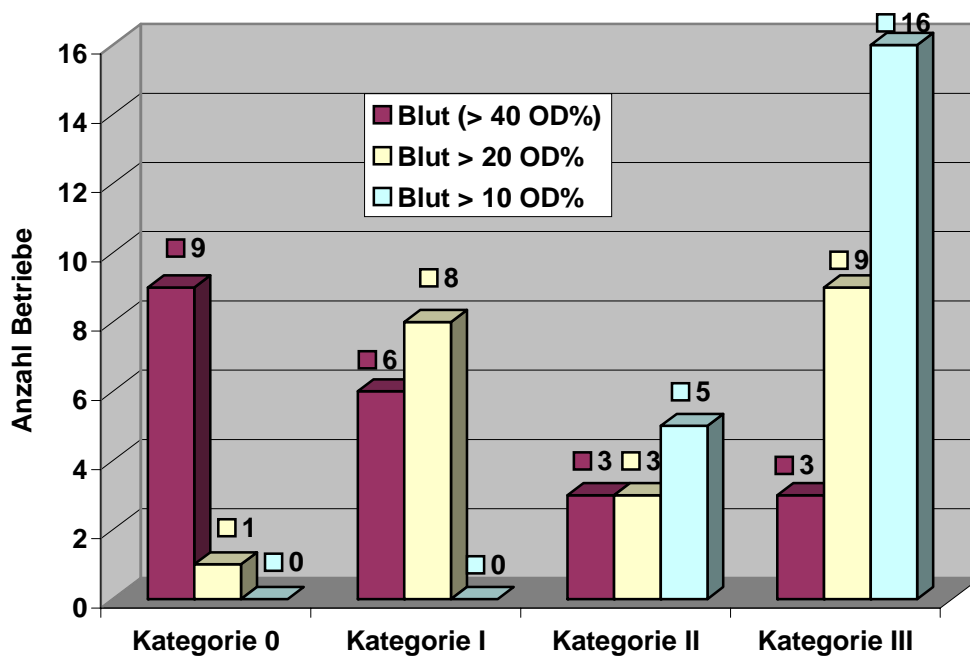
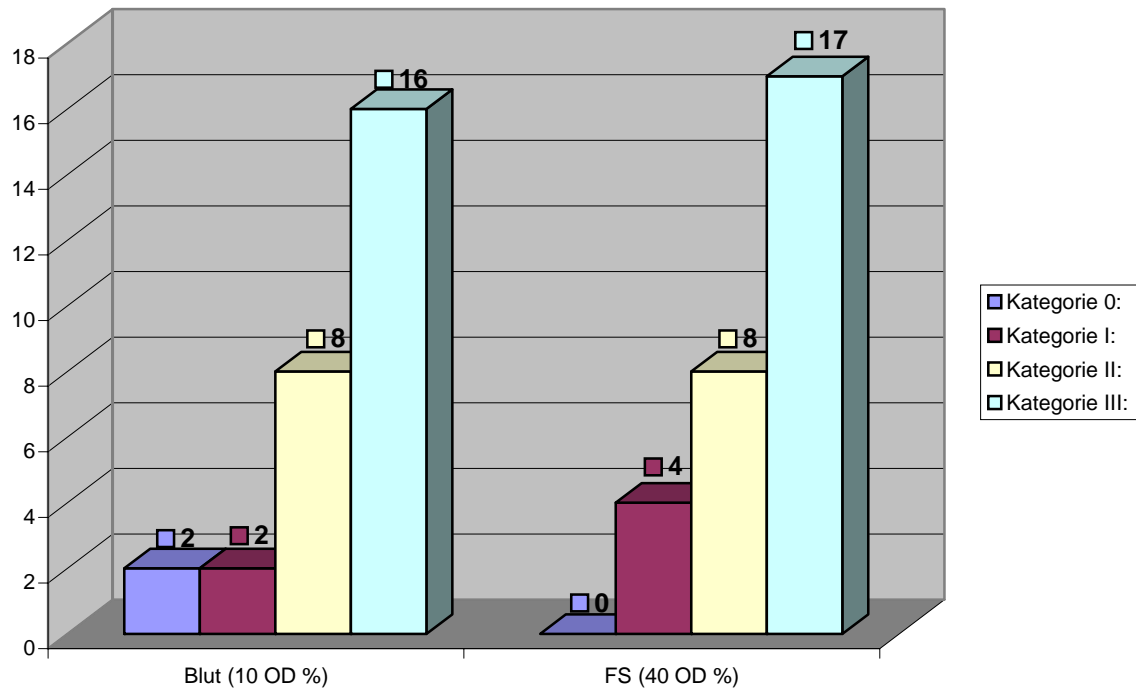


Abbildung 9: Gegenüberstellung der blutserologischen Analysen bei verschiedenen Cut-off-Werten bei Kombibetrieben

Es ist deutlich zu sehen, dass der zugrunde gelegte Cut-off-Wert zu einer völlig unterschiedlichen Klassifizierung der Betriebe führt!

Stellt man das Ergebnis der serologischen Fleischsaft (FS)- Untersuchung bei einem Cut-off von 40 OD % dem der Blutuntersuchung bei einem Cut-off von 10 OD % gegenüber, ergeben sich folgende in Abbildungen 10 und 11 dargestellte Diagramme:



---

*Abbildung 10: Ergebnisse der serologischen Fleischsaft- und der Blutserumuntersuchung von Mastbetrieben bei einem Cut-off-Wert von 40 OD % bzw. 10 OD %*

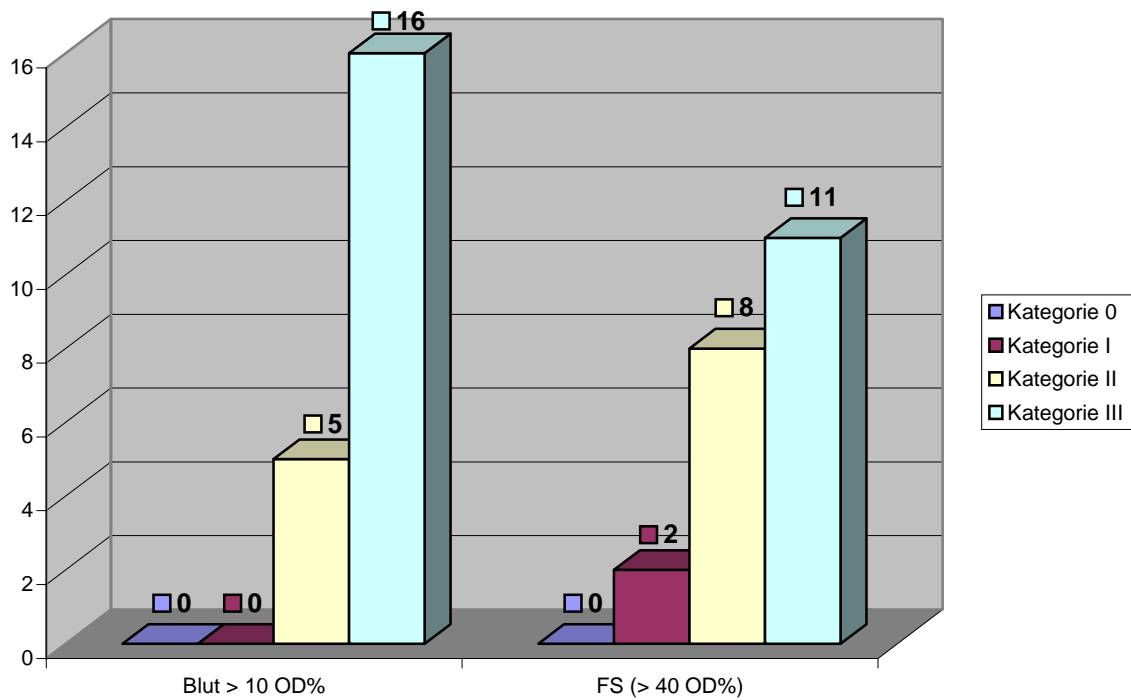


Abbildung 11: Ergebnisse der serologischen Fleischsaft- und der Blutserumuntersuchung von Kombibetrieben bei einem Cut-off-Wert von 40 OD % bzw. 10 OD %

Unabhängig von der Betriebsform lassen sich zwischen den Ergebnissen der Fleischsaftuntersuchung bei einem Cut-off-Wert von 40 OD % und denen der Blutuntersuchung bei einem sensibler gewählten Cut-off-Wert von 10 OD % deutliche Übereinstimmungen erkennen hinsichtlich der Verteilung der Betriebe auf die verschiedenen Kategorien.

#### 4.5.5 Beziehungen zwischen der serologischen Blutuntersuchung und den bakteriologischen Ergebnissen

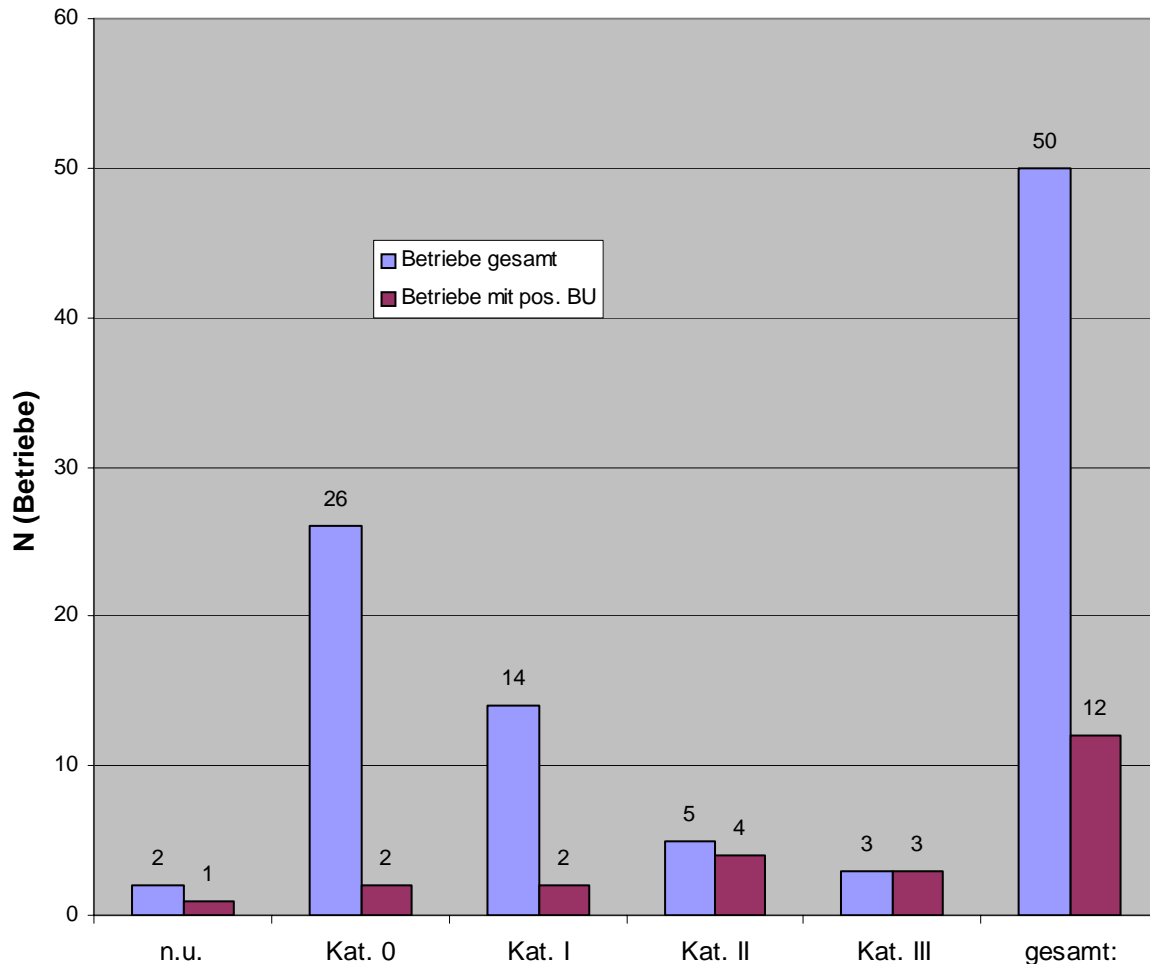


Abbildung 12: Unterschiedliche Einstufung der untersuchten Betriebe nach ihren blutserologischen und bakteriologischen Ergebnissen

Bei der Auswertung des Antikörpergehaltes aus dem Blutserum der 50 untersuchten Mast- und Kombibetriebe ergibt sich eine stark vom Ergebnis der Fleischsaftuntersuchung abweichende Klassifizierung der Betriebe. Das Auftreten von Erregernachweisen bei den bakteriologischen Untersuchungen verteilt sich, wie in Abbildung 12 zu sehen, auf alle Kategorien. In den Betrieben, deren Tiere im Blut gehäuft einen erhöhten Gehalt von Antikörpern gegen Salmonellen aufwiesen (Kat. II und Kat. III), gelang auch fast immer ein bakteriologischer Nachweis.

In einem kleinen Mastbetrieb (Nr. 21) wurden keine Blutproben untersucht, da der Besitzer nicht dazu bereit war, seine Schweine kurz vor der Schlachtung diesem Stress auszusetzen. In einem großen Kombibetrieb (Nr. 10) waren die letzten vier Schlachthofergebnisse jeweils zu

100 % seropositiv gewesen, so dass hier auf eine neuerliche Blutprobennahme verzichtet wurde.

In 26 Betrieben konnte bei der Blutuntersuchung kein erhöhter Gehalt von Salmonellaantikörpern im Blut festgestellt werden. Dennoch konnte hier zweimal *Salmonella* bakteriologisch nachgewiesen werden.

14 Betriebe hätten nach einmaliger Blutuntersuchung der Kategorie I zugerechnet werden müssen. Hier wurden ebenfalls zwei positive bakteriologische Nachweise erbracht.

In den fünf Betrieben mit einem Anteil von seropositiven Schweinen zwischen 20 % und 40 % lag die bakteriologische Nachweisrate bei 80 %.

In den drei Betrieben mit einem Anteil seropositiver Schweine über 40 % konnten Salmonellen auch bakteriologisch festgestellt werden.

Tabelle 21: Vergleich von serologischem Status aufgrund der Blutserumuntersuchung mit der bakteriologischen Nachweisrate und dem jeweils gefundenen Serovar in Abhängigkeit von der Zahl der Mastplätze

Nr.	BF	SU (in %) (> 40 OD%)	BU				
			Pos. Proben	Serovar	Proben gesamt	Mastplätze	Anteil in (%) Proben/Mastplätze
5	K	0 %	1	<i>S. Enteritidis</i>	54	500	10,80 %
15	M	0 %	1	<i>S. Typhimurium</i>	13	330	3,94 %
9	FAZ	0 %	7	<i>S. Typh. var. Cop.</i>	122	3000	4,07 %
12	M	14 %	4	<i>S. Typhimurium</i>	87	750	11,60 %
1	M	17 %	1	<i>Salm. spp.</i>	29	520	5,58 %
17	M	24 %	1	<i>S. Typhimurium</i>	25	1000	2,50 %
22	K	24 %	4	<i>S. Typhimurium</i>	39	200	19,50 %
6	M	31 %	2	<i>S. Typhimurium</i>	36	260	13,85 %
40	K	38 %	2	<i>S. Typh. var. Cop.</i>	33	850	3,88 %
53	M	69 %	1	<i>S. Typh. var. Cop.</i>	13	572	2,27 %
28	K	75 %	9	<i>S. Typh. var. Cop.</i>	19	320	5,94 %
36	K	92 %	1	<i>S. Typh. var. Cop.</i>	16	1340	1,19 %
0	K	n.u. <sup>1</sup>	1	<i>S. Typh. var. Cop.</i>	59	1000	5,90 %

<sup>1</sup> n.u.: nicht untersucht, weil der Betrieb bei jeder der letzten vier Schlachthoflieferungen durch einen Anteil von 100 % seropositiver Schlachtschweine aufgefallen war.

Bei der detaillierten Betrachtung von Tabelle 21 fällt auf, dass, obwohl in Betrieb Nr. 5 keine Salmonellenantikörper festgestellt wurden, dennoch der bakteriologische Nachweis des Erregers, *S. Enteritidis*, gelang. Da diese Serovar aber nur ein einziges Mal festgestellt wurde in den eigenen Untersuchungen, können keine Aussagen über mögliche Unterschiede hinsichtlich Antikörperbildung und Ausscheidungsverhalten infizierter Tiere bei unterschiedlichen Serovaren getroffen werden.

#### 4.5.6 Blutserumanalyse von Ferkeln bei der Einstellung zur Mast

In 19 Betrieben konnten Blutproben von Ferkeln kurz nach der Einstallung in die Mast bei reinen Mastbetrieben bzw. nach der Umstallung in den Maststall bei Kombibetrieben entnommen werden. Es wurden insgesamt 67 Serumanalysen durchgeführt. Die Ergebnisse des ELISA sind in Tabelle 22 aufgeführt. In sechs dieser Betriebe, ca. einem Drittel, konnte eine Salmonelleninfektion von mindestens einem Tier durch das Vorliegen eines Antikörpergehalts von über 20 OD % sicher nachgewiesen werden.

*Tabelle 22: Ergebnisse der Blutserumanalyse von Ferkeln bei der Einstellung zur Mast*

Antikörpergehalt	negativ	> 10 OD %	> 20 OD %	> 40 OD %
Probenzahl	39	7	9	2
Anteil an Gesamtproben	58,2 %	10,4 %	13,4 %	3,0 %

#### 4.5.7 Beziehungen zwischen der serologischen Fleischsaftuntersuchung und den bakteriologischen Ergebnissen

Unter den 13 Betrieben, bei denen bakteriologisch Salmonellen nachgewiesen werden konnten, war ein Ferkelerzeuger. Daher können hier nur zwölf der Betriebe mit einem Erregernachweis hinsichtlich eines möglichen Zusammenhangs zwischen dem Ergebnis der Fleischsaftuntersuchung und einem positiven bakteriologischen Nachweis untersucht werden: Bei neun von zwölf Betrieben mit positivem Erregernachweis lag der Anteil der seropositiven Schlachtschweine bei der Fleischsaftuntersuchung über 60 %. Der Anteil der Reagenten bei den anderen drei Betrieben lag zwischen 19 % und 31 %.

Der Betrieb mit der niedrigsten Seroprävalenz im Fleischsaftergebnis (Nr. 5) war der einzige Betrieb, in dem die Serovar *S. Enteritidis* nachgewiesen werden konnte.

In Tabelle 23 werden alle Betriebe mit positivem bakteriologischen Erregernachweis verglichen hinsichtlich ihrer Betriebsform, ihres Untersuchungsergebnisses bei der Fleischsaftuntersuchung, der Anzahl der positiven bakteriologischen Proben, der ermittelten Serovar, der Anzahl aller untersuchten bakteriologischen Proben, sowie deren Verhältnis zur Anzahl der Mastplätze (Probenschlüssel):

*Tabelle 23: Vergleich aller Betriebe mit bakteriologischem Erregernachweis im Hinblick auf den zuvor erhobenen Fleischsaftstatus, die Betriebsform, die isolierte Serovar, die bakteriologische Nachweisrate und die Stichprobengröße in Abhängigkeit zur Zahl der Mastplätze*

Labor-Nr.	BF	FS % (> 40 OD%)	BU			Mastplätze	Anteil (in %) Proben/Plätze
			Pos. Proben	Serovar	Proben ges.		
5	K	19 %	1	S. Enteritidis	54	500	10,80 %
12	M	25 %	4	S. Typhimurium	87	750	11,60 %
36	K	31 %	1	S. Typh. var. Cop.	16	1340	1,19 %
17	M	60 %	1	S. Typhimurium	25	1000	2,50 %
6	M	63 %	2	S. Typhimurium	36	260	13,85 %
53	M	69 %	1	S. Typh. var. Cop.	13	572	2,27 %
15	M	69 %	1	S. Typhimurium	13	330	3,94 %
22	K	88 %	4	S. Typhimurium	39	200	19,50 %
28	K	100 %	9	S. Typh. var. Cop.	19	320	5,94 %
1	M	100 %	1	Salm. spp.	29	520	5,58 %
40	K	100 %	2	S. Typh. var. Cop.	33	850	3,88 %
10	K	100 %	1	S. Typh. var. Cop.	59	1000	5,90 %
9	FAZ	n.u.	7	S. Typh. var. Cop.	122	3000	4,07 %

Abkürzungen:

BF:= Betriebsform  
 FS:= Fleischsaft  
 K:= Kombibetrieb  
 M:= Mastbetrieb  
 FAZ:= Ferkelaufzuchtbetrieb  
 n.u.:= nicht untersucht

Zwischen Fleischsaftuntersuchung und der Entnahme der Proben zur bakteriologischen Untersuchung verstrich je nach Betrieb ein unterschiedlich langer Zeitraum. Da zudem kein einheitlicher Beprobungsschlüssel vorlag, lässt sich aus den vorhandenen Daten nicht sagen, ob die Höhe der Seroprävalenz einen Einfluss auf den Salmonellennachweis überhaupt und eventuell auch auf die Anzahl der positiven Nachweise hat.

Bei den drei Betrieben, in denen die Probenzahl 10 % der Mastschweinplätze überstieg, gelang jedoch immer mehr wie ein positiver Nachweis.



#### 4.5.8 Problematik des zeitlichen Unterschieds zwischen den Untersuchungen

*Tabelle 24: Vergleich der Prävalenz bei Fleischsaftuntersuchung von Schlachttieren und Blutuntersuchung von Betriebsquerschnitt bei Betriebsbesuch in Kombibetrieben*

Maststallbelegung	Abstand der Untersuchungen Monate	Anteil der Proben mit OD > 40 %		Anzahl untersuchter Proben	
		Fleischsaft	Blut	Fleischsaft	Blut
0= Zurückställen, 1= Einzelbuchten, 2= mehrere Buchten 3= Abteil-Rein-Raus					
1	1	100 %	100 %	40	16
0	2	30 %	0 %	10	15
0	3	100 %	75 %	16	8
1	3	40 %	0 %	15	26
1	3	63 %	13 %	8	16
0	3	36 %	0 %	14	8
0	3	25 %	8 %	16	13
2	3	19 %	0 %	16	14
0	3	19 %	0 %	16	24
0	4	64 %	10 %	14	10
0	4	88 %	24 %	16	21
0	4	50 %	13 %	16	16
0	4	66 %	0 %	6	12
2	5	56 %	29 %	16	24
2	5	100 %	38 %	16	21
0	5	81 %	0 %	11	5
0	5	59 %	13 %	17	16
0	5	31 %	13 %	16	16
2	6	31 %	92 %	16	12
1	6	25 %	0 %	16	15
0	10	25 %	0 %	8	28

Bedeutung der unterlegten Farben:

Rot: Betriebe der Kl. III  
 Orange: Betriebe der Kl. II  
 Gelb: Betriebe der Kl. I

*Tabelle 25: Vergleich der Prävalenz bei Fleischsaftuntersuchung von Schlachttieren und Blutuntersuchung von Betriebsquerschnitt bei Betriebsbesuch in Mastbetrieben*

Maststallbelegung	Abstand der Untersuchungen Monate	Anteil der Proben mit OD > 40 %		Anzahl untersuchter Proben	
		Fleischsaft	Blut	Fleischsaft	Blut
0= Zurückställen, 1= Einzelbuchten, 2= mehrere Buchten 3= Rein-Raus					
3	0	69 %	69 %	16	16
2	0	100 %	17 %	16	24
0	1	19 %	0 %	16	29
0	2	6 %	0 %	16	4
0	2	19 %	0 %	16	4
2	2	19 %	13 %	16	8
2	2	25 %	0 %	4	10
3	2	25 %	14 %	16	35
2	3	38 %	0 %	8	6
2	3	44 %	0 %	9	4
0	3	44 %	0 %	16	16
2	3	44 %	0 %	16	12
2	3	44 %	13 %	16	16
2	3	45 %	0 %	11	4
0	3	50 %	0 %	16	8
3	3	50 %	0 %	16	12
2	3	50 %	0 %	14	10
0	3	50 %	7 %	16	15
2	3	63 %	13 %	16	8
0	3	63 %	31 %	16	16
0	3	69 %	0 %	16	12
2	4	31 %	0 %	16	22
0	4	31 %	n.u.	16	n.u.
3	4	50 %	13 %	16	16
3	4	60 %	24 %	10	25
0	5	25 %	0 %	16	5
0	5	31 %	19 %	16	16
3	6	25 %	0 %	16	8
0	8	50 %	0 %	10	16

Bedeutung der unterlegten Farben:

Rot: Betriebe der Kl. III  
 Orange: Betriebe der Kl. II  
 Gelb: Betriebe der Kl. I

Abkürzung:

n.u. := nicht untersucht

In Tabelle 24 und 25 werden die Ergebnisse der serologischen Fleischsaft- und der Blutuntersuchung im Zusammenhang mit dem zwischen den Untersuchungen liegenden Zeitraum, der Belegung des Maststalls und der jeweiligen Probenmenge dargestellt. Auch bei relativ zeitnahen Untersuchungen mit nur vier Wochen Abstand voneinander sind deutliche Unterschiede in den Prävalenzen festzustellen. Bei Betrieben mit seuchenhygienisch kritischer Belegung des Maststalles, wie Zurückställen zurückgebliebener Endmastschweine oder nur buchtenweisem Abgang an den Schlachthof, ist eine Unterbrechung der Infektkette nicht möglich. Dennoch ist auch in diesen Betrieben fast immer ein Rückgang der Prävalenz zu verzeichnen.

Nur in dem Kombi- und dem Mastbetrieb mit dem jeweils kürzesten zeitlichen Abstand zwischen Schlachthofuntersuchung und Betriebsbesuch waren gleich hohe Werte festzustellen.

In einem einzigen Betrieb, einem Kombibetrieb, war ein Anstieg der Prävalenz zu verzeichnen. In sechs Monaten stieg der Anteil seropositiver Schweine von 31 % auf 92 %.

Da die untersuchten Probenmengen von Fleischsaft und Blutserum stark variieren und auch von verschiedenen Schweinen aus unterschiedlichen Stallbereichen und Gewichtsklassen stammen, ist die Aussagekraft dieser Tabellen jedoch stark eingeschränkt.

## 5 Diskussion

### 5.1 Kritische Betrachtung des Versuchaufbaus

Die Dissertation war als Teilprojekt eines Salmonellenforschungsprojektes der bayerischen Regierung angelegt. Zielsetzung des Teilprojektes war die Analyse möglicher Eintragsquellen, sowie eine darauf basierende Erarbeitung eines möglichst flächendeckend einsetzbaren Sanierungskonzepts.

Die Teilnahme am Salmonellenmonitoring war bis 2003 völlig freiwillig und den Betriebsleitern war zugesagt worden, dass ihnen dadurch keine weiteren Umstände oder Kosten entstünden. Im Rahmen der Eintragsquellenanalyse sollten alle Bestände besucht werden, deren Schlachtschweine bei der quartalsweisen Beprobung am Schlachthof durch eine erhöhte Prävalenz auffällig geworden waren. Die jeweils entstehenden Kosten sollten zu einem Teil an die Betriebe weitergeleitet werden. Viele Betriebsleiter hatten sich nur deshalb an dem Salmonellenmonitoring beteiligt, weil es umsonst war. Es bestand der begründete Verdacht, dass viele Landwirte kein eigenes Geld in eine Untersuchung investieren wollen würden, die auf die langfristige Sanierung eines Problems abzielte, dass für sie noch gar keines darstellte. Ihre Schweine waren gesund und es drohten keine finanziellen Einbußen durch die Lieferung seropositiver Schlachtschweine. Zu Beginn des Versuches war daher nicht klar, wie viele und welche Betriebe sich zu einer Teilnahme bereit erklären würden.

Die Auswahl der letztendlich untersuchten Betriebe hing sehr stark von der Kooperationsbereitschaft der jeweiligen Bauern ab. Je höher die Prävalenz am Schlachthof gewesen war, um so eher konnten sie von ihrem eigenen Interesse an Salmonellen überwachter Schweineproduktion überzeugt werden.

Die letztendlich besuchten Betriebe spiegeln aber fast die ganze Bandbreite der gängigen schweinehaltenden Betriebe in Bayern wieder. Es wurden allerdings weder Freiland- noch reine Biobetriebe am Schlachthof auffällig und daher auch nicht untersucht. Ob und wie viele derartige Betriebe überhaupt freiwillig an dem Salmonellenprojekt teilgenommen haben, ist nicht bekannt.

Betriebsgröße und -struktur sind in Bayern sehr unterschiedlich. Betriebe mit über 1000 Mastplätzen sind eher eine Seltenheit. Im Rahmen der Studie wurden Zuchtbetriebe von drei bis 400 Sauenplätzen untersucht und Mastbetriebe von 20 bis 3000 Mastplätzen. Die Ställe

waren oft aus umgebauten alten Gebäudestrukturen entstanden. Daher waren sehr häufig verschiedenste Haltungs-, Belegungs-, Lüftungs- und Fütterungssysteme auf einem Betrieb vereint. Diese große Varianz machte von Anfang an ein schematisches Vorgehen unmöglich.

Die Unterschiede in den Betriebsgrößen erforderte Zugeständnisse hinsichtlich der untersuchten Proben und der Bewertung der vorgefundenen Begebenheiten. Kleinere Mängel in der Hygiene z.B. sind in einem bäuerlichen Kleinstbetrieb aufgrund des niedrigen Infektionsdrucks von viel geringerem Gewicht als in einem Großbetrieb. Die Auswertung der erhobenen Fragebögen erwies sich als statistisch nicht nachvollziehbar, da beinahe jeder Betrieb ein Sonderfall war.

Um mögliche Einflussfaktoren statistisch hinreichend sicher belegen zu können, hätten zudem nicht nur die stark betroffenen Betriebe untersucht werden müssen, sondern auch völlig unauffällige Betriebe, um eine negative Kontrollgruppe zu haben.

Die Erfassung der gesammelten Daten konnte daher nur deskriptiv erfolgen.

## **5.2 Bewertung der Resultate der bakteriologischen Untersuchungen**

### **5.2.1 Kritische Betrachtung der Methode**

Die unbekannte zu erwartende bakteriologische Prävalenz, die relativ kleinen Bestandsgrößen, sowie der nicht zu beziffernde Einfluss epidemiologischer Risikofaktoren auf den Salmonellennachweis, ließen keine statistische Errechnung eines möglichen Probenschlüssels zu. Bei der bakteriologischen Untersuchung wurde daher die Anzahl der pro Betrieb genommenen Proben nach eigenem Ermessen bestimmt. Da kein fester Probenschlüssel vorlag, ließen sich die gewonnenen Ergebnisse weder zur Feststellung einer allgemeinen Salmonellenprävalenz in den untersuchten Betrieben nutzen, noch waren sie mit den Resultaten ähnlicher Studien vergleichbar. In jedem Betrieb wurden Schweine aller zum Besuchszeitpunkt aufgestellten Altersgruppen und Produktionseinheiten untersucht. Von allen epidemiologisch relevant erscheinenden Stellen im Betrieb wurden Umgebungsproben genommen. Die Probenzahl der zu untersuchenden möglichen Eintragsquellen war stark abhängig von der allgemeinen Betriebshygiene, der Jahreszeit, der Betriebsform und dem Einstallungssystem. Stallstaub wurde eher bei kontinuierlicher Belegung oder zum Mastende in ausreichender Menge gefunden, als bei frisch eingestellten Tieren beim Rein-Raus-

Verfahren. Ein vermehrtes Fliegenvorkommen fand sich nur im Sommer. Ein erhöhtes Schadnagervorkommen korrelierte häufig mit allgemein zu beanstandender Betriebshygiene. Es war daher nicht möglich in jedem Betrieb die gleichen potentiellen belebten und unbelebten Vektoren für einen Salmonelleneintrag bzw. deren Verschleppung zu untersuchen.

Da in der Regel in jedem Betrieb nur einmal Proben untersucht wurden, bestand ein deutlich höheres Risiko falsch-negative Ergebnisse zu erhalten, als dies bei einer wiederholten Beprobung von Schweinen und Umgebung der Fall gewesen wäre. Da Salmonellen nur intermittierend von den Tieren ausgeschieden werden, vermag nur eine mehrmalige Probennahme in genügend großer Menge die Prävalenz im Bestand adäquat darzustellen (NIELSEN u. BAGGESEN, 1997).

Die eigenen bakteriologischen Untersuchungen sollten ausschließlich der Feststellung des Erregers und seines Eintragsweges dienen. Für eine Darstellung der Salmonellenprävalenz im Betrieb waren sie nicht geeignet.

### **5.2.2 Nachweis von Salmonella im Schweinekot (Untersuchte Tiere und Nachweisrate)**

In jedem Betrieb waren Sammelkotproben aus allen Stall- und Produktionseinheiten genommen waren. Aus Kostengründen wurde das Poolen von Kotproben zu einer Sammelkotprobe bevorzugt. Mit dem gleichen Laboraufwand können dadurch mehr Schweine untersucht werden, wodurch die Chance, einen Ausscheider zu finden, steigt. Gestresste Tiere, wie Kannibalismusopfer, kranke Schweine, Sauen kurz nach der Geburt oder frisch eingestellte Ferkel, wurden zusätzlich mit einem Kottupfer untersucht. Solche Tiere sind durch eine verminderte Resistenz empfänglicher für eine Salmonelleninfektion, und ein Nachweis im Kot ist aufgrund des geschwächten Immunsystems wahrscheinlicher (CLARKE u. GYLES, 1993; SCHWARTZ, 1999).

Die durchschnittliche Nachweisrate betrug nur 2,6 %. Die in ähnlichen Untersuchungen angegebene Nachweisrate liegt deutlich höher. QUANTE (2000) gibt bei der Untersuchung von Zuchtschweinen, von denen 6,7 % seropositiv bei der Bestandsuntersuchung mittels ELISA bei einem Cut-Off von 40 OD % reagiert hatten, an, aus 7,6 % der Umgebungs- und Sammelkotproben *Salmonella* spp nachgewiesen zu haben. In Schweinemastbetrieben mit Fleischsaft-Ergebnissen von 6 % - 53 % positiver Reagenten lag bei Untersuchungen von LEYK et al. (2002) die durchschnittliche Nachweisrate sogar bei 28 %. Sie untersuchten alle

Versuchsgruppen allerdings dreimal. Für alle im Jahr 2004 bei der Schlachtung auf Salmonellen untersuchten Schweine in Deutschland meldet das Nationale Referenzlabor für Salmonellen (NRL-Salm) eine durchschnittliche Nachweisrate von 3,1 % (BFR WISSENSCHAFT, 2006).

In elf von 56 Betrieben gelang der Erregernachweis aus dem Kot. Dies entspricht einer Inzidenz von 19,6 %. In acht Betrieben lag die Nachweisrate bei weniger als 10 % der untersuchten Schweine. Das entsprach in der Regel einer Sammelkotprobe. Nur in drei der 56 untersuchten Betriebe konnte eine höhere bakteriologische Prävalenz festgestellt werden. Die Nachweisrate war bei Mast- und Kombibetrieben ähnlich verteilt. Der einzige Betrieb, bei dem bei mehr als 40 % der untersuchten Schweine Salmonellen nachgewiesen wurden, war ein geschlossener Kombibetrieb mit planbefestigtem Boden in allen Produktionsbereichen. Hinsichtlich der Herdenprävalenz gehen die Literaturangaben ebenso auseinander wie bei der Einzeltieruntersuchung. KÄSBOHRER u. BUSEMANN (1997) dokumentierten, dass etwa 6 % der deutschen Schlachtschweine mit Salmonellen kontaminiert sind, womit Deutschland im europäischen Durchschnitt läge. Mittlerweile ist die Nachweisrate an deutschen Schlachthöfen auf die Hälfte gesunken. BLAHA (1996) geht von Herdenprävalenzen bis 15 % aus. 2004 stellte das NRL-Salm bei den untersuchten 2108 Herden und Gehöften eine Prävalenz von 5,60 % fest (BFR WISSENSCHAFT, 2006). STEINBACH et al. (2002) vertreten die Ansicht, dass in vielen Studien zu niedrige Salmonellenprävalenzen durch eine zu geringe Stichprobenzahl ermittelt werden. In ihrer Studie berechnen sie den Anteil der Mastbestände, in denen zumindest zeitweise Salmonelleninfektionen auftreten, mit deutlich mehr als 80 %! Auch PIRRON (2001) konnte in ihren Untersuchungen bestätigen, dass sich die bakteriologische Prävalenz bei mehrmaliger Entnahme von jeweils 35 Kotproben deutlich erhöhte. Die planmäßige Untersuchung von Schweinebetrieben auf Salmonellen und die Feststellung der wirklichen Prävalenz erfolgt vielleicht mit Inkrafttreten einer neuen Salmonellose-Verordnung. Bisherige Studien scheinen nur sehr eingeschränkt Auskunft über das derzeitige Auftreten der Zoonoseerreger in deutschen Schweinebeständen geben zu können.

Die bakteriologische Nachweisrate der eigenen Untersuchungen darf nicht zur Einschätzung der Prävalenz in bayerischen Schweinemastbeständen herangezogen werden, da nur Betriebe untersucht wurden, die durch einen hohen Anteil seropositiver Schlachtschweine aufgefallen waren. Zu Beginn der Untersuchung war aufgrund dieser Betriebsauswahl von einer hohen bakteriologischen Nachweisrate ausgegangen worden. Der Anteil der durchschnittlichen

Salmonellennachweise lag aber sogar unter dem Durchschnitt der bundesweit untersuchten Schlachtschweine. Diese wahrscheinlich deutlich unter der wirklichen Prävalenz liegende Zahl der durchschnittlich gefundenen Isolate liegt vermutlich an der nur einmaligen Beprobung, wie oben ausgeführt, sowie an einer möglicherweise nicht immer ausreichend hohen Stichprobenmenge. Sicherlich hatte der mitunter beträchtliche Zeitraum, der zwischen der ersten Klassifizierung nach einer Schlachthofuntersuchung und der bakteriologischen Untersuchung verging, ebenfalls einen Einfluss auf die Anzahl der Erregerisolate. Die Häufigkeit der Ausscheidung nimmt mit Ende der akuten Infektion (NIELSEN et al., 1995) ab, so dass nach erfolgter Bestandsdurchseuchung mit einer geringeren Ausscheidungsrate zu rechnen ist.

Die Untersuchung der Fäzes von erwachsenen Schweinen führte nur einmal zu einem Erregernachweis. In Betrieb Nr. 5 wurde *S. Enteritidis* aus dem Kot einer Sau, die gerade frisch geferkelt hatte, isoliert. Wie bereits oben angeführt, beschreiben auch andere Autoren eine deutlich niedrigere Salmonellenprävalenz bei Zuchttieren als bei Masttieren. MOUSING et al. (1996) konnten in einer Studie zeigen, dass auch nachweislich infizierte Sauen nur selten Salmonellen ausscheiden.

Obwohl Schweine aller Altersgruppen erkranken können, sind sich die meisten Autoren einig, dass am häufigsten Absatzferkel im Alter von drei bis vier Monaten betroffen sind (CLARKE u. GYLES, 1993; WENDT u. PLONAIT, 2004). Dies wird auf den Stress zurückgeführt, dem die Tiere durch Umstallung, Klima- und Futterwechsel und eventuell auch Transport ausgesetzt sind. Der Körper reagiert auf die Belastung mit erhöhter Katecholaminausschüttung. Diese bewirkt eine Herabsetzung der Magensäureproduktion, sowie eine Steigerung der Darmmotilität. Dadurch werden weniger Salmonellen während der Magenpassage abgetötet, die dann in erhöhter Frequenz ausgeschieden werden können (BERENDS et al., 1996).

Die Nachweisrate bei kurz zuvor zur Mast ein- bzw. umgestellten Tieren lag bei den eigenen Untersuchungen mit 9,6 % deutlich über dem Durchschnitt von 2,6 %. Es lagen aber nur Daten für 22 Betriebe vor. Bei einer Reihe von Mastbetrieben gelang kein bakteriologischer Nachweis von Salmonellen. Da sie aber alle ihre Schweine von den gleichen Ferkelerzeugern bezogen, wurden deren Bestände auch untersucht. Bei der im Vorfeld der Studie vom Hoftierarzt eingeleiteten, pathologischen Untersuchung von zwei Saugferkeln des einen Betriebes konnte *S. Typhimurium* var. Copenhagen isoliert werden. Die im Rahmen der



Eintragsquellenanalyse erfolgten Kotuntersuchungen der gut geführten Betriebe verliefen negativ. Bei der Blutserumanalyse konnten in beiden Fällen jedoch Seroreagenten nachgewiesen werden.

Die Untersuchung des Schweinekots erwies sich als wenig geeignet, um Rückschlüsse auf Einschleppungswege für Salmonellen in den Betrieb ziehen zu können, da so wenige Proben positiv waren, dass nur in Ausnahmefällen in Umgebungsproben und Schweinekot der Zoonoseerreger nachgewiesen werden konnte. Die geringe Zahl nachgewiesener Ausscheider ließ auch keine Rückschlüsse auf eine mögliche Beschränkung der Infektion auf bestimmte Produktionsstufen zu.

Bei der Untersuchung von Betrieb Nr. 5 wurde *S. Enteritidis* aus dem Kot einer Sau isoliert. Diese Serovar wird oft bei Geflügel nachgewiesen (VAN DER WOLF, 2002). Es konnte daher der Verdacht geäußert werden, dass die Infektion möglicherweise von den im Vorraum zum Flatdeck gehaltenen Hühnern in den Zuchtbetrieb eingetragen worden war. Eine Erregerisolierung aus Hühnerkot gelang trotz zweimaliger Beprobung nicht.

### **5.2.3 Untersuchungen zur Eintragsquellenanalyse und Feststellung von Hygieneschwachstellen**

Die Untersuchungen zur Feststellung von möglichen Eintragsquellen und Hygieneschwachstellen aufgrund von Salmonellennachweisen waren aufgrund der wenigen Nachweise nicht sehr aussagekräftig:

#### **5.2.3.1 Untersuchung des Tränkewassers**

In jedem Betrieb wurde mindestens eine Wasserprobe entnommen. In Betrieben, in denen mehr als eine Möglichkeit der Wasserversorgung bestand (Hausbrunnen und Fernwasser), wurden stets beide Tränkemöglichkeiten getrennt untersucht. In keiner der untersuchten Proben konnten Salmonellen nachgewiesen werden.

Verschmutztes Oberflächenwasser kann zu einer Kontamination des Tränkewassers führen, auch wenn der direkte Nachweis in den eigenen Untersuchungen nicht gelang (ROLLE u. MAYR, 2002). Zur Salmonellenkontamination des Fernwassers eines betroffenen Betriebes war es im Spätherbst gekommen während einer langen Regenperiode. Der Salmonellennachweis war durch die zuständige Gemeinde erfolgt, die das Wasser sofort chlorieren ließ. Beim Betriebsbesuch einige Monate später war kein bakteriologischer Nachweis mehr möglich.

### **5.2.3.2 Untersuchung von Stallstaub**

Stallstaub kann als Maß für die Effizienz der durchgeführten Reinigungsmaßnahmen in einem Betrieb angesehen werden. SCHÖNING (1999) beziffert die Überlebensdauer von Salmonellen im Staub bei Raumtemperatur mit vier Jahren. Sie sieht die epidemiologische Bedeutung dieses Vektors darin, über weite Strecken transportiert werden zu können. LINDAHL (2002) rät daher auch ab vom Gebrauch eines Hochdruckreinigers zur Säuberung einzelner Buchten bei kontinuierlicher Belegung. Der mit dem Wasserdampf aufgewirbelte Staub führe zur Kontamination des gesamten Stalles. Er erzielte in solchen Fällen bessere Ergebnisse mit gründlichem Wegschaben der Kotreste und anschließendem Kalken. Mehrjährige Persistenz der gleichen Serovar trotz Desinfektion und Rein-Raus-Belegung ließen KÖHLER (1993) vermuten, dass Staub im Kontaktbereich der Tiere oder eventuell über das Lüftungssystem verteilt, ein latentes Erregerreservoir darstellt. Die Untersuchung von Stallstaub konnte nicht in jedem Betrieb durchgeführt werden, da nur in etwa der Hälfte der untersuchten Betriebe genug Material gefunden werden konnte für eine Laboruntersuchung. In einer von 30 Proben gelang der Nachweis im Stallstaub. In diesem Betrieb war auch die untersuchte Futterprobe Sojaschrot positiv. Der Stallstaub, der u.a. aus den Leitungen über den Futterautomaten gesammelt wurde, kann daher sowohl durch aufgewirbelten Staub aus dem Futter, als auch durch Schweinekot verunreinigt gewesen sein.

### **5.2.3.3 Untersuchung der Futterproben**

Es wurden 226 Futterproben untersucht und nur in einer Probe von Sojaschrot aus einem geschlossenen Silo Salmonellen nachgewiesen. Dies entspricht einer Nachweishäufigkeit von 0,4 %. Vier Wochen nach der ersten Probennahme wurde eine zweite Futterprobe des betroffenen Betriebes untersucht. Hier konnten keine Erreger mehr nachgewiesen werden. Vermutlich war nur ein Teil der Futtercharge kontaminiert gewesen. In den weiteren zwölf Monaten der Beobachtung fiel der sehr gewissenhaft geführte Betrieb, der seine Ferkel aus geschlossener Produktion bezog, nie wieder durch seropositive Schlachtschweine auf.

Im Rahmen des Forschungsprojekts waren insgesamt 5190 Futterproben untersucht worden. Davon waren nur 18 mit Salmonellen kontaminiert. In 16 Fällen war Sojaextraktionsschrot oder Mischfutter betroffen (MELZIG, 2003).

Durch Hitzebehandlung gelang es der Futtermittelindustrie den Anteil salmonellenpositiver Futtermittel auf unter 1 % zu reduzieren (HARRIS et al., 1997; DAVIS et al., 2003). LO FO WONG et al. (2002) stellten aber eine teilweise deutlich höhere Prävalenz des

zugekauften Futters auf den Betrieben fest, welche sie mit einer Rekontamination in den der Dekontamination nachgeschalteten Schritten wie Abkühlung des Futters, Transport und der letztendlichen Lagerung im Betrieb erklärten. Als Vektoren kommen neben Staub und Kondenswasser (DAVIES u. WRAY, 1997), Resten und Ablagerungen in den Anlagen und Transportfahrzeugen (FEDORKA-CRAY et al., 1997) auch Wildvögel, Katzen, Nager und Insekten (BARBER et al., 2002) in Betracht. Es gelingt jedoch nur selten, eine direkte Verbindung zwischen Salmonellennachweis im Futtermittel und einer vorhandenen Bestandsinfektion nachzuweisen (SCHÖNING, 1999; VON ALTROCK et al., 2000; PIRRON, 2001). Dies zeigte sich auch bei den Futtermitteluntersuchungen im Rahmen des bayerischen Salmonellenforschungsprojektes. Aus 18 positiven Proben wurde nur vier Mal die bei den Schweinen am häufigsten nachgewiesene Serovar *S. Typhimurium* isoliert. Die Isolate stammen aus zwei Gersten- und zwei Mastmischungsproben. Die Art der Proben lässt eine Kontamination des Futters auf dem Betrieb vermuten.

#### **5.2.3.4 Untersuchung von Schadnagerkot**

Schadnager sind bei gründlicher Untersuchung in nahezu jedem Betrieb anzutreffen.

Bei hohem Vorkommen insbesondere im Futterlager und im Stall stellen sie ein hohes seuchenhygienisches Risiko dar. Mäuse und Ratten bilden ein natürliches Erregerreservoir (BÖHM, 1993; GAREIS, 1995). Das häufigste Serovar, das bei Schweinen in Deutschland nachgewiesen wird, ist *S. Typhimurium* (BFR-WISSENSCHAFT, 2006). Es tritt ebenfalls sehr oft bei Mäusen und Ratten auf. Infizierte Schadnager sind nicht nur Vektoren bei der Salmonellenübertragung wie Futter oder Stallstaub, sondern auch Multiplikatoren, da sich die Erreger in ihnen vermehren können. PIRRON (2001) konnte bei ihren Untersuchungen beobachten, dass sich die Chance eines serologischen Salmonellennachweises um den Faktor 4 erhöhte bei einem hohen Schadnageraufkommen. QUANTE (2000) wies sogar eine direkte Korrelation zwischen Schadnagerkontamination und Salmonellenbelastung der Masttiere nach. Die Infektion eines wachsenden Schadnagerbestandes stellt somit eine doppelte Gefahr hinsichtlich der Salmonellenverbreitung in einem Schweinebestand dar. BUSCHMANN (1999) und DAVIES et al. (2000) sehen vor allem das sporadische Auftreten von Infektionen und die Persistenz in einem Bestand in Verbindung mit einer unzureichenden Schädlingsbekämpfung. Für KÖRNER (1999) stellen Schadnager den wichtigsten Seiteneintrag für Salmonellen dar.

Von den untersuchten 56 Betrieben konnte in 40 Betrieben genug Schadnagerkot gesammelt werden, um eine bakteriologische Untersuchung einzuleiten. Aus den untersuchten 43 Proben mit Mäuse- und Rattenkot konnte dreimal *Salmonella* spp. isoliert werden. Bei der Untersuchung des Schadnagerkots war die Nachweisrate deutlich höher als bei allen anderen untersuchten Probenmaterialien, obwohl es selten gelang, mehr als 2-3 g Mäusekot pro Betrieb zu sammeln.

Im Kot von Schadnagern konnten durchschnittlich doppelt so oft Salmonellen festgestellt werden wie im Schweinekot. Dass in 71,4 % der insgesamt untersuchten Betriebe eine große Schadnagerpopulation festgestellt wurde, lässt auch bei den eigenen Untersuchungen einen Zusammenhang zwischen serologischer Prävalenz und Schadnageraufkommen wahrscheinlich erscheinen. Es sollte jedoch nicht außer Acht gelassen werden, dass ein hohes Schadnageraufkommen meist auch Anzeichen einer insgesamt mangelhaften Betriebshygiene ist. Der Nachweis der gleichen Serovar bei Mäusen und Schweinen kann auch nicht als Beweis eines Eintrags gelten, da nicht festgestellt werden kann, wer wen angesteckt hat.

#### **5.2.4 Genauere Betrachtung der 13 Betriebe mit bakteriologisch positivem Salmonellennachweis**

Die Betriebe, in denen ein direkter Erregernachweis erfolgte, wurden hinsichtlich möglicher Einflussfaktoren hierfür verglichen:

##### **5.2.4.1 Prävalenz bei der Fleischsaft-Analyse**

Bei 67 % der zu betrachtenden Betriebe lag der Anteil der positiven Reagenten (Cut off-Wert von 40 OD%) im Fleischsaft-ELISA bei über 60 % der untersuchten Schlachthoflieferung. Bei der Blutuntersuchung wiesen knapp 60 % einen Antikörpergehalt von über 20 OD % auf. Dieses Ergebnis deckt sich mit Untersuchungen von CHRISTENSEN et al. (1999), die eine Korrelation zwischen den Ergebnissen der Fleischsaftuntersuchung und der Intensität der Salmonellenbelastung feststellen konnten.

##### **5.2.4.2 Einflussfaktor: Schadnager**

In nur zwei der dreizehn Bestände konnten keine Salmonellen aus Schweinekot isoliert werden. In diesen Betrieben wurde das höchste Mäusevorkommen der gesamten Studie festgestellt. In beiden Fällen gelang es, *S. Typhimurium* aus dem Kot der Schadnager nachzuweisen. Die aktuelle serologische Prävalenz war in einem Betrieb auf ca. 100 %

geschätzt worden, weil er bei vier Fleischsaftuntersuchungen in Folge am Schlachthof mit diesem Wert aufgefallen war. Im anderen Betrieb wurde der größte Anteil seropositiver Schweine von allen 56 untersuchten Betrieben festgestellt (92 % der untersuchten Tiere). Dieses Ergebnis steht im Einklang mit den unter 5.2.3.4. aufgeführten Untersuchungen zur Bedeutung eines hohen Schadnagervorkommens auf die Kontamination eines ganzen Bestandes.

In über zwei Drittel (69,2 %) der bakteriologisch positiven Betriebe wurde ein solch erhöhtes Schadnagervorkommen beobachtet.

#### **5.2.4.3 Einflussfaktor: Futter und Reinigung des Futterlagers**

Die Aufbewahrung des Futters wurde in rund 70 % dieser Betriebe als seuchenhygienisch bedenklich eingestuft. Es konnte aber nur in einer Futterprobe *Salmonella* nachgewiesen werden. MEYER (2004) konnte signifikant niedrigere Seroprävalenzen bei Mastschweinen ermitteln, wenn in den Betrieben eine regelmäßige bzw. gelegentliche Reinigung der Fütterungsanlage vorgenommen wurde. Sie begründet dies mit der Kontaminationsgefahr durch in den Leitungen verbleibenden Futterresten. Auch GAREIS (1995) und KURZE et al. (1999) halten die regelmäßige Reinigung von Futterlager und Fütterungsanlage für unabdingbar im Rahmen einer Betriebssanierung.

In den eigenen Untersuchungen zeigten Betriebe, die regelmäßig ihr Futterlager reinigten, meist auch eine insgesamt gute Betriebshygiene. Für eine erhöhte Salmonellenprävalenz könnten deshalb nicht nur eventuell vorhandene Erregernester in der Fütterungsanlage verantwortlich gemacht werden, sondern eine allgemein nachlässige Betriebsführung.

#### **5.2.4.4 Einflussfaktor: Betriebsgröße**

Bei der durchgeführten Eintragsquellenanalyse gelang in mehr größeren (über 500 Mastplätze) als kleinen Betrieben ein Erregernachweis. In anderen Untersuchungen konnte ein signifikanter Zusammenhang zwischen Herdengröße und Salmonellennachweis bewiesen werden (BERENDS et al., 1996; CARSTENSEN u. CHRISTENSEN, 1998; SCHÖNING, 1999). Sie werden u.a. durch eine erhöhte Verschleppungsgefahr wie ein leichteres Persistieren des Erregers in einer größeren Tiermenge erklärt. Im eigenen Versuch waren derartige Zusammenhänge nur zu vermuten.

#### **5.2.4.5 Einflussfaktor: Zukaufsverhalten**

Etwa die Hälfte (27) der untersuchten Betriebe war durch seuchenkritisches Zukaufsverhalten von Ferkeln und Sauen aus mehreren Beständen und ohne Quarantäneaufstallung aufgefallen. Unter den Betrieben mit nachgewiesenen Ausscheidern war nur bei einem Viertel epidemiologisch riskanter Zukauf festgestellt worden. Die Bedeutung der vertikalen Infektion wird kontrovers diskutiert. MC CRACKEN et al. (1997) stellten eine hohe Inzidenz von Infektionen der Saugferkel in den ersten drei Lebenswochen fest. DAVIES et al. (1998) bestätigten eine regelmäßige Ausscheidung der laktierenden Sauen, die zu einer Exposition der Saugferkel mit Salmonellen führt. DAHL et al. (1996, 1997) stellten keine Übertragung der Salmonellen der Muttertiere auf ihre Ferkel fest. Sie erklärten dies mit einer fehlenden Ausscheidung der seropositiven Sauen und einer geringen Empfänglichkeit der durch Kolostralkörper geschützten Saugferkel. CALLAWAY et al. (2006) konnten einen erhöhten Nachweis bei früh abgesetzten Ferkeln beobachten, wenn diese durch Mischen von Ferkelgruppen erhöhtem sozialen Stress ausgesetzt waren. Auch wenn grundsätzlich mit einer möglichen vertikalen Infektion der Ferkel zu rechnen ist, besteht nach Untersuchungen von QUANTE (2000) häufig eine Diskrepanz zwischen den in Ferkelproduktion und Mast nachgewiesenen Serovaren. BERENDS et al. (1996) halten die endemische („Haus-“) Flora in den Betrieben für die dominierende Infektionsquelle in der Schweinemast und die von Ferkelerzeugerbetrieben ausgehende Gefahr für untergeordnet. KHARENKO (2006) stellte bei einer Literaturübersicht fest, dass bei 25 % von 24 Ferkelerzeugerbetrieben Salmonellen im Kot der angelieferten Läuferschweine nachgewiesen werden konnten. Es wurde stets die Serovar *S. Typhimurium* isoliert. Die angelieferten Mastbestände waren beim Schlachthofmonitoring lediglich in die Kategorien I und II eingestuft worden. Dennoch misst der Autor dem vertikalen Salmonelleneintrag durch Zukaufiere in Zukunft erhebliche forensische Bedeutung bei. In den eigenen Untersuchungen wurden drei Betriebe besucht, die ihre Ferkel vom gleichen Erzeuger erhielten. Im Ferkelerzeugerbetrieb war eine Salmonelleninfektion bakteriologisch und serologisch nachweisbar. In den Betrieben gelang kein bakteriologischer Nachweis, so dass kein Zusammenhang zwischen den zugekauften Ferkeln und der erhöhten Seroprävalenz bewiesen werden konnte. Die Prävalenz in den betroffenen Mastbetrieben war sehr unterschiedlich. Je mehr Risikofaktoren festgestellt wurden, wie kontinuierliche Belegung, unzulängliche Reinigungsmaßnahmen, hohe Schadnagerpopulation oder fehlende, separate Krankenbuchten, desto höher war die Prävalenz.

#### **5.2.4.6 Einflussfaktor: Betriebshygiene**

In 61,5 % der Betriebe, in denen ein direkter Salmonellennachweis möglich war, wurde eine schlechte Betriebshygiene festgestellt. Inkonsequentes Hygienemanagement ermöglicht die Übertragung von Infektionen im Bestand und die Unterhaltung einer Infektionskette im Betrieb (GROSSE BEILAGE, 2002). Dieser Anteil lag deutlich über dem Durchschnitt aller Betriebe von 39,3 %. Eine gute Hygiene ist die Basis für alle Sanierungsanstrengungen (VON ALTROCK u. WALDMANN, 2002; LINDAHL, 2002).

#### **5.2.4.7 Einflussfaktor: Stallbelegung**

In 69 % der salmonellenpositiven Betriebe wurde die Belegung der Buchten als epidemiologisch kritisch bezeichnet. In Bezug auf eine Salmonellenverbreitung und -persistenz werden kontinuierliche Belegung der Ställe sowie hohe Tierdichten als risikoreich eingestuft (BERENDS et al., 1996; STEINBACH u. KRÖLL, 1999; SCHWARTZ, 1999; BLAHA, 2001), da Hygienemaßnahmen behindert werden und jüngere durch ältere Schweine infiziert werden können. Obwohl durchgreifende Hygienemaßnahmen im kontinuierlich belegten Betrieb nicht durchführbar sind, ergaben mehrere Studien keinen zwingenden Zusammenhang zwischen dieser Aufstellungsart und einer erhöhten Salmonellenbelastung (MOUSING et al., 1996; QUANTE, 2000; HAMILTON et al., 2000; PIRRON, 2001). Untersuchungen von CZERNY et al. (2001) ergaben sogar einen höheren Anteil an Reagenten bei der serologischen Untersuchung bei Rein-Raus-Verfahren als bei kontinuierlicher Belegung. Die eigenen Ergebnisse deuten eher auf eine vermehrte und länger anhaltende Salmonellenbelastung in kontinuierlich belegten Ställen als in Rein-Raus-Systemen hin.

#### **5.2.4.8 Einflussfaktor: Bodenstruktur**

In vier der 13 Betriebe waren die Schweine vorwiegend auf planbefestigtem Boden aufgestellt. In drei dieser vier Betriebe wurde eine Seroprävalenz von 100 % bei der Fleischsaftuntersuchung festgestellt. Die Haltung auf Vollspalten bietet den Tieren nur wenig Möglichkeit zum Kontakt mit den eigenen Fäkalien. Bei nicht perforierten Böden besteht nicht nur ein großes Risiko der oralen Aufnahme von Kot, sondern zudem die erhöhte Gefahr der Salmonellenvermehrung in den Kotresten, insbesondere bei ungünstiger, warmer Witterung und schlechter Luftzirkulation. Es kann schnell zur Verbreitung im ganzen Bestand kommen (DAVIES et al., 1997). MEYER (2004) konnte darstellen, dass sich die Chance

eines Nachweises bei Tieren auf Teilspalten verglichen mit Tieren auf Vollspalten um den Faktor 1,72 erhöhte.

#### **5.2.4.9 Einflussfaktor: Aufstallung von Problemtieren**

In vier von 13 Betrieben erfolgte keine gesonderte Aufstallung von kranken, verletzten oder zurückgebliebenen Tieren. Für kranke und geschwächte Tiere besteht ein erhöhtes Risiko, einerseits selbst an Salmonellen zu erkranken und andererseits durch die Kontamination ihrer Umgebung andere Tiere anzustecken (CLARKE u. GYLES, 1993; SCHWARTZ, 1999). Das Zurückstallen von älteren Tieren zu jüngeren gilt aus demselben Grunde als gefährlich und sollte unbedingt unterbleiben (LINDAHL, 2002).

MEYER (2004) ermittelte niedrigere Seroprävalenzen in Beständen, in denen kranke Sauen in einen Quarantänestall verbracht wurden, als in Betrieben, in denen sie an ihrem Platz blieben.

#### **5.2.4.10 Zusammenfassung des Gesamteindrucks**

Bei der Betrachtung der herausgegriffenen 13 Bestände mit direktem Erregernachweis im Überblick scheint für das Infektionsgeschehen immer eine Mehrzahl von Faktoren verantwortlich zu sein. Bei den meisten Betrieben wurden vor allem Mängel bei der Sauberkeit und Reinigung von Fütterungsanlage und Futterlager, der allgemeinen Betriebshygiene, der Belegung und dem Schadnagervorkommen festgestellt.

### **5.3 Isolate und deren Resistenzeigenschaften**

Die Erforschung der Resistenzlage der isolierten Erreger war in andere Teilprojekte des Salmonellenprogramms eingebunden. Im Rahmen des Eintragsquellenanalyse konnten aus Kostengründen nicht alle isolierten Erreger hinsichtlich ihres Verhaltens gegenüber verschiedenen Antibiotika und Chemotherapeutika überprüft werden.

Acht Isolate wurden hinsichtlich ihrer Empfindlichkeit auf 20 verschiedene Wirkstoffe getestet.

Alle sieben *S. Typhimurium*-Isolate waren gegen die Hälfte der untersuchten Wirkstoffe resistent. Nur auf sechs der getesteten Substanzen reagierten alle untersuchten *S. Typhimurium*-Stämme sensibel.

Einmal war *S. Enteritidis* isoliert worden. Dieses Isolat war gegen 13 der getesteten Wirkstoffe resistent.



HELMUTH et al. (2003) stellten bei mehrjähriger Untersuchung von phäno- und genotypischen Eigenschaften bei *Salmonella*-Isolaten aus Tieren, Lebens- und Futtermitteln fest, dass 40 % der Isolate sensibel und knapp 60 % resistent waren. Überdurchschnittlich viele Resistenzen wurden bei Isolaten vom Schwein festgestellt. Der Anteil der resistenten Erreger bei allen untersuchten Tierarten lag bei einem Durchschnitt von 64,2 %. Beim Schwein wurde mit 89,0 % der höchste Anteil an Resistenzen verzeichnet. Auch der Anteil der Mehrfachresistenzen lag mit 79,5 % deutlich über dem Mittel von 42,8 % bei allen Tieren. Sie wiesen eine Korrelation der jeweiligen Resistenzsituation mit dem prozentualen Anteil der Serovar *S. Typhimurium* und eines bestimmten Phagentyps von *S. Typhimurium*, DT 104, nach. 98 % aller DT 104- Isolate waren resistent. Insgesamt 95 % dieser Isolate wiesen Mehrfachresistenzen auf. Diese Korrelation erklärt auch, warum so viele Resistenzen beim Schwein auftreten. Hier wird deutlich häufiger Typhimurium nachgewiesen wie bei anderen Tierarten (BFR Wissenschaft, 2006). HELLMUTH et al. (2004) konnten eine für DT 104 typische, da chromosomal kodierte, Resistenz gegen Ampicillin, Spectinomycin, Sulfonamide und Tetracyclin nachweisen.

Da am Labor des TGD Bayern e.V. in Grub keine Phagendifferenzierung vorgenommen wird, ist nicht bekannt, ob es sich bei einigen der untersuchten Typhimurium-Stämme möglicherweise um die multiresistente Phage DT 104 handelte.

## **5.4 Einschätzung der Ergebnisse der serologischen Untersuchungen**

### **5.4.1 Bewertung der Methode**

Die Sensitivität der serologischen Untersuchung ist deutlich höher als die der bakteriologischen Untersuchung. Sie beträgt aber nicht 100 %. Dies liegt zum einen an den vielen Serogruppen, die es bei Salmonellen gibt. Die meisten Tests erfassen nicht alle Gruppen. Mit den gängigen Mix-ELISAS können 90 % der beim Schwein vorkommenden Serotypen nachgewiesen werden. Die Empfindlichkeit der einzelnen Tests für bestimmte Serotypen ist unterschiedlich (VAN WINSEN, 2001). Zum anderen wird die Sensitivität dadurch eingeschränkt, dass erste Antikörper erst sieben bis zehn Tage nach der Infektion nachweisbar sind. In der Anfangsphase einer Infektion kann die Serologie daher falsch-negative Ergebnisse liefern. In Mischfutter lassen sich manchmal exotische Serotypen nachweisen, die den Darmtrakt passieren und wieder ausgeschieden werden, ohne eine Infektion hervorzurufen.

Falsch-positive Ergebnisse können bei Ferkeln unter zwei Monaten entstehen, da bei ihnen noch maternale Antikörper gefunden werden (VAN DER WOLF, 2002).

Für die Feststellung des Status eines Betriebes werden geringere Probenmengen benötigt als für eine Prävalenzbestimmung. VAN der WOLF (2002) berechnet zur Statusbestimmung eine ausreichende Anzahl von 40 Proben für eine Bestandsgröße von 100 – 99.999 Schweinen. Für die Schätzung der Prävalenz gibt er für Bestände zwischen 100 und 999 Schweinen eine nötige Probenzahl von 73 Proben an!

In den eigenen Untersuchungen wurde die Menge der zu entnehmenden Blutproben an der Stichprobengröße der untersuchten Fleischsaftproben der jeweiligen Betriebe (in der Regel 16 Stück) angelehnt. Bei sehr gleichmäßigen Betriebsstrukturen wie in großen Mastabteilen wurden etwas weniger Proben genommen. Bei sehr unterschiedlichen Stallstrukturen und verschiedenen Produktionsstufen wie in Kombibetrieben wurde die Anzahl der zu untersuchenden Blutproben nach oben gesetzt. Da auch bei der serologischen Analyse nicht nach einem festen Stichprobenplan vorgegangen wurde, dürfen die Ergebnisse nur unter Vorbehalt untereinander und mit den vorangegangenen Fleischsaftuntersuchungen verglichen werden. Für eine Prävalenzbestimmung war der Stichprobenumfang stets zu klein.

#### **5.4.1.1 Verwendetes Testsystem**

Die serologische Untersuchung von Fleischsaft- und Blutserumproben wurde mit dem kommerziell erhältlichen Testkit Salmotype<sup>®</sup>-Fleischsaft-ELISA (Labor Diagnostik GmbH, 04103 Leipzig) durchgeführt. Mit Hilfe dieses Testsystems können Antikörper gegen über 90 % der am häufigsten auftretenden *Salmonella*-Serovare nachgewiesen werden. Nach Angabe des Herstellers ist die Sensitivität gegenüber Antikörpern im Blutserum und im Fleischsaft bei entsprechender Verdünnung gleich groß. Da alle Salmonellenprävalenzbestimmungen im Rahmen des QS-Programms mit dem Salmotype-ELISA bestimmt werden, können diese Ergebnisse deutschlandweit miteinander verglichen werden.

Beim Vergleich verschiedener Testsysteme ergaben sich unterschiedlich große Schnittmengen hinsichtlich der Einstufung der einzelnen Proben. Jedoch wurde bei den Tests von Labor Diagnostik Leipzig, IDEXX, Boehringer Ingelheim und Guildhay dennoch eine gleiche Einstufung der Betriebe in die drei Risikogruppen festgestellt (BLAHA et al., 2003, KAVANAGH u. KAVANAGH, 2004).

#### **5.4.1.2 Eingesetzte Cut-off-Werte**

Die Menge der im ELISA gebundenen Antikörper wird durch Färbung des Antikörperenzymkonjugats mittels Enzymsubstratchromogenlösung und anschließender Messung der optischen Dichte (OD) bestimmt. LABOR DIAGNOSTIK LEIPZIG (2001) gibt verschiedene Grenzwerte (sog. Cut-off-Werte) für diese Messung an. Ab einer Dichte von 10 OD % hat vermutlich eine *Salmonella*-Infektion stattgefunden, liegt die Dichte über 20 OD %, war das Tier sicher infiziert.

Zur Beurteilung des Herdenstatus von schweinehaltenden Betrieben wird ein weiterer Cut-off-Wert benutzt. Soll die *Salmonella*-Prävalenz eines Betriebes festgestellt werden, gelten nach den derzeit geltenden Richtlinien des Salmonella-Monitorings im QS-Verfahren nur Schweine als seropositiv, bei denen eine Antikörpermenge von über 40 OD % gemessen wurde.

Je nachdem welche Cut-off-Werte angesetzt werden, kommt es zu einer völlig unterschiedlichen Beurteilung der epidemiologischen Situation eines Bestandes. Beim derzeit eingesetzten Grenzwert von 40 OD % bei der Fleischsaftuntersuchung von Schlachtschweinen wird lediglich „die Spitze des Eisberges“ erfasst (NIELSEN et al., 1995). Dieses Vorgehen erfolgt aus praktischen Gründen, um zu Beginn des Monitorings die Zahl der als hoch-infiziert geltenden Betriebe einzuschränken (VAN DER WOLF, 2002).

#### **5.4.1.3 Falsch-negative Ergebnisse**

Obwohl mit dem SALMOTYPE<sup>®</sup> ELISA die Reaktion auf eine Infektion von über 90 % der häufigsten Serovaren in Deutschland nachgewiesen werden kann (LABOR DIAGNOSTIK LEIPZIG, 2001; STEINBACH et al., 2002) werden nur Antikörper gegen Salmonellenbiovarie mit den O-Antigenen 1, 4, 5, 6, 7 und 12 mit diesem Testsystem gebunden und festgestellt. VAN WINSEN et al. (2001) wiesen nach, dass die Sensitivität der gängigen Misch-ELISAs beim Nachweis von Infektionen mit Salmonellen der C1-Gruppe eingeschränkt ist.

Die Aufnahme „exotischer“ *Salmonella*-Arten, die manchmal im Mischfutter nachgewiesen werden, zieht meistens keine Antikörperbildung nach sich, da diese Serotypen in der Regel den Darm passieren, ohne eine Infektion hervorzurufen. Die fehlende Immunantwort birgt die Gefahr eines falschen Testresultats.

Zu falsch-negativen Ergebnissen kann es auch kommen, wenn noch keine oder nur eine geringe Antikörperbildung stattgefunden hat. Die ersten Antikörper sind etwa sieben bis zehn Tage nach der Infektion nachweisbar (VAN DER WOLF, 2002). Bei einer Studie an 37

Läuferschweinen, die experimentell mit *S. Typhimurium* infiziert worden waren, wiesen NIELSEN et al. (1995) eine erste Serokonversion nach sieben Tagen nach. Am Tag 30 konnte bei einem Maximum von 92 % der Schweine eine Serokonversion festgestellt werden. Am Tag 108, dem Schlachttag, waren noch 67 % der Schweine seropositiv. Es werden mit der serologischen Untersuchung demzufolge zu keinem Zeitpunkt alle infizierten Tiere erfasst. Der Test ist daher besonders für eine langfristige Überwachung des Infektionsgeschehens in schweinehaltenden Betrieben geeignet. Er kann die aktuelle Situation des Betriebes insbesondere bei einmaliger Untersuchung nur eingeschränkt darstellen.

Da die unterschiedlichen Bestandsgrößen die Errechnung eines universellen Probenschlüssels unzulässig machten, war die Anzahl der in jedem Betrieb untersuchten Serumproben Ermessenssache. Es ist daher nicht auszuschließen, dass in Einzelfällen zu wenig Proben genommen wurden, um die Situation auf dem Betrieb geeignet darzustellen. Die beprobten Tiere stellten immer einen Querschnitt durch alle Produktions- und Stalleinheiten der gesamten Schweinepopulation eines Betriebes dar. Pro Alters- und Produktionsstufe und Gebäudeeinheit wurden je nach Gegebenheit nur wenige Proben untersucht. Da die Möglichkeit einer punktuellen Salmonellenkontamination eines Betriebes nie auszuschließen ist, können diese geringen Probenmengen besonders in Kombibetrieben mit stark verstreuten Produktionseinheiten zu falschen Einschätzungen führen.

#### **5.4.2 Klassifizierung der Betriebe nach Betriebsformen**

Bei der Einstufung der Betriebe in die drei Betroffenheitsklassen ließen sich in den eigenen Untersuchungen keine deutlichen Unterschiede in Abhängigkeit von den Betriebsformen erkennen. Mast- und Kombibetriebe sind prozentual betrachtet sehr ähnlich auf die Risikogruppen verteilt. Auch QUANTE (2000) fand in ihren Untersuchungen zum Vorkommen von Salmonellen bei Zuchtschweinen eine ähnliche Nachweishäufigkeit der *Salmonella*-Antikörper bei einem Cut-off von 40 OD % bei Sauen wie bei den Mastschweinen.

Andere Betriebsformen wie Ferkelerzeuger, Ferkelaufzucht und Jungsauenaufzucht konnten als Einzelfälle nicht mit diesen beiden großen Gruppen im Pool der untersuchten Betriebe verglichen werden.

Von epidemiologischer Relevanz ist aber sicherlich, dass der untersuchte Ferkelaufzuchtbetrieb mit angeschlossener Mast nach einmaliger Untersuchung am

Schlachthof in Klasse II und der einzige besuchte Jungsauenaufzüchter in Klasse III eingestuft werden musste.

Die Meinungen hinsichtlich der Rolle einer vertikalen Salmonellen-Infektion gehen stark auseinander (s. auch 5.2.4.5.). KHARENKO (2006) dürfte jedoch Recht haben mit seiner Einschätzung, dass der Salmonelleneintrag über ferkelerzeugende Betriebe auch eine rechtliche Bedeutung zukommen wird, wenn den Mastbetrieben durch ihren Status finanzielle Einbußen drohen.

### **5.4.3 Variierende Ergebnisse bei blut- und fleischsaftserologischer Untersuchung**

Der Hersteller des Serum-ELISA gibt an, dass bei entsprechend unterschiedlichen Verdünnungsreihen beim Ansatz der Serumproben die Untersuchungsergebnisse von Fleischsaft und Blutserum derselben Tiere einander entsprechen. Die Klassifizierung der gleichen Betriebe ergab aber starke Abweichungen, wenn man die Besetzung der verschiedenen Kategorien in Abhängigkeit vom Untersuchungsmaterial beim gleichen Cut-off-Wert von 40 OD % verglich.

Ein Vergleich der Klassifizierung der Betriebe mit einem Cut-off-Wert von 40 OD % bei der Fleischsaftuntersuchung und einem Cut-off-Wert von 10 OD % bei der Blutserumanalyse ergab jedoch sehr ähnliche Ergebnisse. Antikörper gegen Salmonellen können monatelang im Tierkörper nachgewiesen werden. Der nachgewiesene Gehalt von Antikörpern ist jedoch abhängig vom Zeitpunkt der Infektion und der individuellen Immunantwort des jeweiligen Schweins. Nach der Infektion eines immunkompetenten Tieres mit Salmonellen bildet der Körper spezifische Antikörper. Die Zahl der Antikörper steigt relativ rasch an, bis sie einen Höchstwert erreicht hat, um dann langsam wieder abzunehmen (RIBER et al., 1997; WIUFF et al., 1997). Dass die Resultate der Fleischsaftuntersuchung bei einem sehr hoch angelegten Grenzwert denen der Blutserologie bei einem deutlich niedrigeren Grenzwert nahezu entsprechen, lässt sich vielleicht dadurch erklären, dass die Fleischsaftuntersuchung stattgefunden hat, als die Mehrzahl der Tiere sich akut mit dem Erreger auseinandergesetzt hatte, und bei der Blutuntersuchung einige Zeit später die Reaktion auf die Salmonelleninfektion bereits im Abklingen war.

Nach dieser Interpretation wäre die Diskrepanz der Laborwerte bei gleichen Grenzwerten von 40 OD % weniger auf die Qualität der untersuchten Tiere, d.h. Beprobung der Endmastschweine beim Fleischsaft-ELISA und Untersuchung eines Betriebsquerschnitts bei

der Blutserum-Untersuchung, und die Quantität der untersuchten Proben je Betrieb zurückzuführen, als vielmehr auf den zwischen den Untersuchungen verstrichenen Zeitraum.

#### **5.4.4 Relation zwischen bakteriologischen Ergebnissen und Blutserologie**

Salmonelleninfizierte Tiere scheiden nicht kontinuierlich Salmonellen mit dem Kot aus. Am häufigsten lassen sich die Erreger zu Beginn der Infektion nachweisen (NIELSEN et al., 1996). Nach der akuten Ansteckungsphase kommt es nur noch zur intermittierenden Ausscheidung, insbesondere nach Stresssituationen. Nach BERENDS et al. (1996) besteht die Gefahr einer potentiellen Verdopplung der Salmonellenbelastung beim Transport zum Schlachthof. Trotz Infektion sind nicht zu jedem Untersuchungszeitpunkt bei jedem Tier Antikörper nachzuweisen (s. 5.4.3.).

Beim Einzeltier ist aus oben genannten Gründen bei einer einmaligen Untersuchung trotz erfolgter Salmonelleninfektion nicht immer ein bakteriologischer und serologischer Nachweis zugleich möglich.

Auf Bestandsebene deuten die eigenen Untersuchungen einen Zusammenhang zwischen dem Anteil der seropositiven Tiere eines Bestandes und dem Erfolg eines bakteriologischen Erregernachweises an:

In den drei Betrieben mit einem Anteil von über 40 % Reagenten bei Untersuchung des Blutserums auf Salmonellenantikörper gelang stets mindestens einmal ein bakteriologischer Nachweis.

Bei vier von fünf Betrieben mit einem Anteil von 20 %-40 % seropositiver Schweine gelang ebenfalls der bakteriologische Nachweis.

Von den elf Betrieben, bei denen ein direkter Erregernachweis erfolgreich war und von denen Blutserumuntersuchungen vorliegen, war bei sieben Beständen ein Anteil von mehr als 20 % seropositiver Schweinen festgestellt worden.

NOLLET et al. (2003) konnten bei der Untersuchung von Serumproben und Mesenteriallymphknoten von Schlachtschweinen, eine geringere Chance für ein serologisch negatives Tier bakteriologisch positiv zu sein feststellen, als für ein serologisch positives Tier. Auf Herdenniveau herrschte eine schwache aber signifikante Korrelation zwischen den beiden Untersuchungsmethoden. Auch SCHÖNING (1999) und STEINBACH u. STAAK (1998) konnten statistisch signifikante Zusammenhänge zwischen der Höhe der Antikörperkonzentration und Beständen mit und ohne direkten Erregernachweis im Kot feststellen.

In drei Betrieben (Nr. 5, 9 und 15) verlief die Serumanalyse negativ, dennoch waren mehrere Kotproben positiv. Diese drei Betriebe fielen durch Besonderheiten bei der Untersuchung auf:

In Betrieb Nr. 5 wurde das einzige Mal in den eigenen Untersuchungen ein anderes Serovar als *S. Typhimurium* festgestellt, nämlich *S. Enteritidis*. Hier gelang auch der einzige direkte Salmonellennachweis bei einer ausgewachsenen Sau. Diese hatte gerade geferkelt. Vermutlich hatte der Geburtstress zu einer Ausscheidung geführt. SCHÖNING (1999) konnte in ihren Untersuchungen von 36 Schweinezuchtbeständen feststellen, dass latent infizierte Sauen bereits nach ca. 14 Tagen keine Erregerausscheidung mehr aufwiesen. Betrieb Nr. 5 fiel im weiteren Verlauf der Studie nicht mehr auf, ohne weitere Maßnahmen zur Salmonellenbekämpfung eingeleitet zu haben. Vermutlich war die Infektion bereits im Abklingen zum Zeitpunkt des Bestandsbesuchs.

Betrieb Nr. 9 war ein Ferkelaufzuchtbetrieb. Hier waren 100 Ferkel aus 18 verschiedenen Betrieben am Einstallungstag untersucht worden. Aus mehreren Kotproben konnten Salmonellen isoliert werden, ohne dass im Serum eines dieser 100 Ferkel ein erhöhter Antikörpergehalt festgestellt werden konnte. Vielleicht sind die negativen Serumanalysen auf eine immunologische Lücke bei Absatzferkeln zurückzuführen, d.h. die Kolostralkörper sind bereits abgebaut, eigene Antikörper aber noch nicht in auffälliger Menge produziert worden. NIELSEN u. BAGGESEN (1997) konnten in einer Studie über den Zeitpunkt der Serokonversion in infizierten Herden erstmals Antikörper bei Ferkeln im Alter von elf Wochen nachweisen. Laut VAN DER WOLF (2002) können bis zum Alter von acht Wochen maternale Antikörper gefunden werden. FEDORKA-CRAY (1997) stellte bei der Beprobung von Schweinen in einem geschlossenen System bei 90 % der Ferkel in der ersten Lebenswoche Antikörper fest. In der neunten Woche fiel die Zahl der Reagenten in dieser Studie auf 15 %, um bis zum Masttag wieder auf 52 % anzusteigen.

Betrieb Nr. 15 war ein kleinerer (330 Plätze), kontinuierlich belegter Mastbetrieb. Vier Monate vor dem Betriebsbesuch war das Gemeindewasser mit Salmonellen kontaminiert gewesen. Eine Kotprobe war salmonellenpositiv. Es konnte zwar bei keiner Blutproben ein Antikörpergehalt von über 40 OD % nachgewiesen werden, wohl aber bei zwei Proben ein Gehalt von über 20 OD % und bei dreien von über 10 OD %. Vermutlich waren diese Befunde das Ergebnis einer vor mehreren Monaten erfolgten Infektion, die sich aufgrund der Betriebsstruktur im Stall halten konnte.

In Betrieb Nr. 36, einem Kombibetrieb, war eine Prävalenz im Blutserum von 92 % festgestellt worden, dennoch konnte in keiner Schweinekotprobe *Salmonella* nachgewiesen werden. Die hygienischen Verhältnisse waren mangelhaft, insbesondere wurde ein extrem hohes Mäusevorkommen im gesamten Betrieb festgestellt. Aus Mäusekot konnten Salmonellen isoliert werden. Vermutlich war es hier zu einer raschen Durchseuchung des gesamten Bestandes aufgrund der Schadnagerplage gekommen. Die Tiere hatten sich alle intensiv mit dem Erreger auseinandergesetzt, schieden aber zum Zeitpunkt des Bestandsbesuchs zum größten Teil keine Salmonellen mehr mit dem Kot aus.

#### **5.4.5 Beziehungen zwischen den Ergebnissen der serologischen Fleischsaftuntersuchung und der bakteriologischen Untersuchung**

In die eigene Studie waren vorwiegend Betriebe eingegangen, deren Salmonellenprävalenz aufgrund ihrer Fleischsaftanalyse als stark erhöht eingestuft worden war. Forschungsergebnisse von NIELSEN et al. (1996), STEGE et al. (1997) und QUANTE (2000) ergaben übereinstimmend, dass die bakteriologischen Ergebnisse eher denen der serologischen Untersuchung bei einem Cut-Off von 40 OD % als bei einem Cut-Off von 10 OD % entsprechen. Da die Betriebsleiter nichts von einer Salmonellenproblematik wussten und daher auch keine Veränderungen in ihren Betriebsabläufen vorgenommen hatten, wurde beim Bestandsbesuch in den meisten Fällen von einer ähnlichen Prävalenzsituation ausgegangen, wie am Schlachttag, verbunden mit einem entsprechend häufigen bakteriologischen Erregernachweis.

Bei nur zwölf der 52 Betriebe für die ein Fleischsaftergebnis vorlag, konnten aber bakteriologisch Salmonellen nachgewiesen werden. Bei neun dieser zwölf Betriebe waren mehr als 60 % der untersuchten Schlachtschweine seropositiv gewesen. In den eigenen Untersuchungen konnten Salmonellen meist erst bei einer massiven Durchseuchung des Bestandes nachgewiesen werden. Meist waren nur ein oder zwei der untersuchten Proben pro Betrieb positiv. Die aufgrund der bakteriologischen Ergebnisse vermutete Prävalenz lag immer deutlich unter der Einschätzung des Salmonellen-Status aufgrund der Fleischsaft-Ergebnisse.

Die enormen Unterschiede bei den zeitlichen Abständen zwischen den beiden Untersuchungen erlaubten keine verlässlichen Schlüsse dahingehend, wie sich die erhöhte



Prävalenz bei den Fleischsaftuntersuchungen auf die nachfolgende bakteriologische Untersuchung auswirkte.

Möglicherweise war nur bei Betrieben mit sehr hohen Prozentzahlen seropositiver Schweine nach ein oder mehreren Monaten die Infektion noch in vollem Gange, so dass noch Salmonellen von den Tieren ausgeschieden wurden und im Kot oder der Umgebung nachgewiesen werden konnten.

## 6 Zusammenfassung

Die Eintragsquellenanalyse bei schweinehaltenden Betrieben mit einer anhand von Fleischsaft-Untersuchungen festgestellten erhöhten Salmonellenprävalenz erwies sich als sehr schwierig.

Dies lag zum einen an den Ausgangsvoraussetzungen der Studie wie finanzielle Eigenbeteiligung der Bauern sowie größeren Verzögerungen zwischen Entnahme der Fleischsaftproben und Bekannt werden des Untersuchungsergebnisses.

Zum anderen erlaubte aber auch die für Bayern typische Betriebslandschaft mit vielen Kleinbauern und alten Stallbauten kein schematisches Vorgehen.

Für jeden besuchten Betrieb musste ein individuelles Probenmuster entworfen werden und bei der Abfrage der betriebsrelevanten Informationen anhand der Checkliste gab es häufig für die gleiche Produktionseinheit mehr als eine Antwort, so dass eine statistische Auswertung der erhobenen Daten sich als unmöglich erwies.

Die Schlussfolgerungen aus den durchgeführten Untersuchungen basieren daher auf der subjektiven Erfahrung der Untersucherin:

Auch bei einem hohen Anteil seropositiver Mastschweine gelingt bei einmaliger Beprobung häufig kein Erregernachweis. Wird eine Bestandssanierung angestrebt, sollten daher am besten mehrere Untersuchungsgänge vorgesehen werden. Bei der Erstuntersuchung sollten Kot- und Blutproben eines Bestandsquerschnitts, sowie Proben möglicher Eintragsquellen entnommen werden. Die serologische Untersuchung des einzelnen Betriebes sollte bei einem Cut-Off-Wert von 10 OD % ausgewertet werden, da nur damit alle Seroreagenten nachgewiesen werden können. Die Antikörperbestimmung kann wertvolle Hinweise auf die aktuelle Situation im Bestand und die Betroffenheit der einzelnen Stallabteile bzw. Produktionsstufen geben, wenn die weniger sensitive bakteriologische Analyse keine liefern konnte. Bei Folgebesuchen können gezieltere Untersuchungen unternommen werden. Mit jeder Probennahme steigt die Wahrscheinlichkeit eines Erregernachweises im infizierten Bestand.

Die untersuchten Kategorie II und III – Betriebe ließen sich grob in drei Gruppen aufteilen:

1. Betriebe mit sehr guter Hygiene, aber Zukauf aus mehreren Herkunftsbetrieben

2. Betriebe mit allgemein schlechter Betriebshygiene, mangelhaft bis gar nicht durchgeführten Reinigungsmaßnahmen und/oder häufig hohem Schadnagerbesatz
3. Sonderfälle: Meist ordentlich geführte Betriebe, in denen es zu einem in der Regel unverschuldeten „Salmonellenzwischenfall“ kam. In den eigenen Untersuchungen wurde einmal kontaminiertes Futter festgestellt, einmal war das Fernwasser mit Salmonellen kontaminiert, ein anderes Mal waren die unbemerkt im geschlossenen Gerstensilo nistenden Tauben des Nachbarn verdächtig, die dort erst entdeckt wurden, als eine toter Vogel das Rohr des Ausgangsschachts verstopfte.

Nur in einem einzigen der 56 untersuchten Betriebe konnte der Eintragsweg anhand der Erregerisolierung von Salmonellen aus der untersuchten Schrotprobe nachvollzogen werden. Hohe Prävalenzen gingen in der Regel mit schlechter Betriebshygiene einher. Für die Sanierung eines Betriebes ist es daher wichtiger, allgemeine Maßnahmen zur Minimierung des Infektionsdrucks durchzuführen, als die ursprüngliche Eintragsquelle zu finden und zu eliminieren.

Für jeden Betrieb war ein Paket an durchzuführenden Maßnahmen zur Infektkettenunterbrechung bzw. Senkung des Infektionsdrucks ausgearbeitet worden. Im Verlauf der Studie fielen die meisten Betriebe nicht mehr auf. Bis zum Ende der Untersuchungen war in allen Betrieben ein Rückgang des Anteils der seropositiven Schlachtschweine zu verzeichnen. Nur wenige Betriebe hatten die empfohlenen Maßnahmen umgesetzt. In den meisten Fällen ging die Infektion zurück, obwohl die Betriebsführung sich nicht verändert hatte.

## 7 Summary

The aim of this study was to investigate the ways of *Salmonella* invasion into pig farms that had shown an increased prevalence of *Salmonella* detected by meat-juice-examination. This proved to be very difficult. On one hand this was due to the preconditions of this study such as expenses to the farmers. On the other hand there were lengthy delays between meat-juice-sampling and publication of the laboratory results.

Furthermore the variety of different farm types that is typical for Bavaria, including many small holders and old buildings did not allow for a schematic approach.

Individual sampling schemes had to be developed for each visited farm. In many cases the questions on the check list concerning information about the same production unit did not yield single but multiple answers. Therefore a statistical evaluation turned out to be impossible.

The conclusions drawn from this study are based on the personal experience of the examiner and thus purely subjective:

Even given an high amount of seropositive fattening pigs, the pathogene can often not be detected. To insure an effective intervention more than one course of examination is recommended.

Faecal and blood samples should be collected of a representative cross section of all pigs on the farm. Where possible samples of potential contamination sources should be taken as well.

The serological analysis of the individual farm should be evaluated at an cut-off-value of 10 OD % as this is the only way to detect all infected animals. Antibody measurement may deliver valuable hints regarding the actual health situation of the stock as well as the situation in each stable compartment and production unit, especially if the less sensitive bacteriological analysis did not give any clues.

More specified tests may be carried out during subsequent examinations. The probability to succeed in the isolation of *Salmonella* increases with each sample taken.

The category- II and –III farms examined can be roughly divided into three groups:

1. Farms with a very good hygienic standard, but purchase of piglets from various external stocks
2. Farms with an overall poor hygienic standard seldom or never cleansed and/or a high population of mice or rats

3. Exceptions: Mostly farms that are run properly and have been hit by a strike of *Salmonella* through no fault of their own. In one case contaminated soy meal was found, in another infected district water. In a third case the neighbour's pigeons had bred in the closed barley silo. They were only detected as a dead bird caused an obstruction in the pipe between store and stable.

Only in one of 56 farms the way of bacteria invasion into the stable could be reconstructed: the same serovar was found in the soy meal sample as in the dust and faecal samples.

High *Salmonella* prevalences are often found where hygienic management is poor. It is therefore more important to reduce infection pressure by improving general hygiene than to actually find the origin of the *Salmonella* infection and eliminate it.

For each farm a package of strategies had been worked out to stop the chain of infection or to at least minimize infection pressure. Most of the farms did not attract any further attention during the course of the study. By the end the amount of seropositive slaughter pigs had decreased in all herds examined. Just a few farmers had taken measures as advised. In most cases infection ratio had decreased although the management had been not changed at all.

## 8 Literaturverzeichnis

BANWART, G.J., J.C. AYRES (1957):

The effect of pH on the growth of *Salmonella* and functional properties of liquid egg white.  
Food Technol. 11, 244-246

BARBER, D.A., P.B. BAHNSON, R. ISAACSON, C.J. JONES, R.M. WEIGEL (2002):

Distribution of *Salmonella* in swine production ecosystems.  
J. Food Protect. 65, 1861-1868

BEER, J. (1982):

Infektionskrankheiten der Haustiere.

Teil 2, 3. Auflage, Gustav Fischer Verlag, Jena, 516-517

BERENDS, B.R., H.A. URLINGS, J.M. SNIJDERS, F. VAN KNAPEN (1996):

Identification and quantification of risk factors in animal management and transport regarding  
*Salmonella* spp. in pigs.

Int. J. Food Microbiol. 30, 37-53

BFR WISSENSCHAFT (2006):

Epidemiologische Situation der Zoonosen in Deutschland im Jahr 2004 aus BfR Wissenschaft  
04/2006.

[http://www.bfr.bund.de/cm/238/epiemiologische\\_situation\\_der\\_zoonosen\\_in\\_deutschland\\_im\\_jahr\\_2004.pdf](http://www.bfr.bund.de/cm/238/epiemiologische_situation_der_zoonosen_in_deutschland_im_jahr_2004.pdf)

BLAHA, T. (1996):

Untersuchungen zum Eintrag von *Salmonellen* aus Schweinemastbeständen in die  
Lebensmittelkette.

Prakt. Tierarzt 77, 229-230

BLAHA, T. (2001):

Herausforderung und Chance für den Nutztierpraktiker. Salmonellenbekämpfung beim Schwein.

Prakt. Tierarzt 82, 964-967

BLAHA, T. (2003a):

Das Salmonellenmonitoring- und reduzierungsprogramm.

Vet-MedReport, Sonderausgabe V1/27. Jahrgang, Berlin, 2-3

BLAHA, T. (2003b):

Was bringt die geplante Salmonellen-Verordnung?

Top Agrar 2/2003, 105-115

BLAHA, T., J. EHLERS, U. METHNER, W. LEYK, K. ROHN, L. KREIENBROCK (2003):

Proficiency Test of Four *Salmonella* Antibody ELISA-Tests for their Harmonization.

Proc.: 5th International Symposium on the Epidemiology and Control of foodborne pathogens in pork (Safepork), Kreta, Griechenland, 105-107

BÖHM, R. (1993):

Verhalten ausgewählter *Salmonellen* in der Umwelt.

Dtsch. tierärztl. Wschr. 100, 275-280

BRYAN, F.L. (1988):

Risks of practices, procedures and processes that lead to outbreaks of food-borne diseases.

J. Food Protect. 51, 663-673

BUNDESGESUNDHEITSBLATT „SALMONELLOSE“ (2002):

Merkblatt Salmonellose, BfR - Bundesgesundheitsblatt 01/1997, akt. 12/02

[www.rki.de/nn\\_225576/DE/Content/infekt/EpidBull/Merkblaetter/Mbl\\_Salmonellose.html](http://www.rki.de/nn_225576/DE/Content/infekt/EpidBull/Merkblaetter/Mbl_Salmonellose.html)

BUSCHMANN, M. (1999):

Versuche zur Etablierung eines Salmonellenmonitorings an zwei norddeutschen Schlachthöfen.

Vet. Med. Diss., Hannover

CALLAWAY, T.R., J.L. MORROW, T.S. EDRINGTON, K.J. GENOVESE, S. DOWD, J. CARROL, J.W. DAILEY, R.B. HARVEY, T.L. POOLE, R.C. ANDERSON, D.J. NISBET (2006):

Social stress increases fecal shedding of *Salmonella typhimurium* by early weaned piglets. *Curr. Issues Intest. Microbiol.* 7, 65-71

CARSTENSEN, B., J. CHRISTENSEN (1998):

Herd size and sero-prevalence of *Salmonella enterica* in Danish swine herds: A random-effects model for register data.

*Prev. Vet. Med.* 34, 191-203

CHRISTENSEN, J., D.L. BAGGESEN, V. SOERENSEN, B. SVENSMARK (1999):

*Salmonella* level of Danish swine herds based on serological examinations of meat-juice samples and *Salmonella* occurrence measured by bacteriological follow-up.

*Prev. Vet. Med.* 40, 277-292

CHUNG, K.C., J.M. GOEPFERT (1970):

Growth of *Salmonella* at low pH.

*J. Food Science* 35, 326-328

CLARKE, R.C., C.L. GYLES (1993):

*Salmonella*.

In: GYLES, C.L., C.O. THOEN (Hrsg.): *Pathogenesis of Bacterial Infections in Animals*.

Iowa State University Press, Ames, 133-153



CZERNY, R.C.; K. OSTERKORN, G. WITTKOWSKI, M. HUBER (2001):  
Fleischsaft-ELISA zur Beurteilung der Salmonellen-Inzidenz von Schlachtschweinen in  
Bayern.  
Berl. Münch. Tierärztl. Wschr. 114, 35-39

D'AOUST, J.-Y. (1989):  
Salmonella.  
In: M.P. DOYLE (Ed.): Foodborne bacterial pathogens.  
New York/Basel: M. Dekker, 327-445

DAHL, J., A. WINGSTRAND, D.L. BAGGESEN, B. NIELSEN (1996):  
Eradication of Salmonella typhimurium infection by strategic removal of pigs in infected  
herds.  
Proc.: 14th International Pig Veterinary Society Congress, Bologna, Italy, 173

DAHL, J., A. WINGSTRAND, D. BAGGESEN, B. NIELSEN (1997):  
Elimination of Salmonella typhimurium infection by strategic movement of pigs.  
Vet. Rec. 140, 679-681

DAVIES, P.R., W.E. MORROW, F.T. JONES, J. DEEN, P.J. FEDORKA-CRAY,  
J.T. GRAY (1997):  
Risk of shedding Salmonella organisms by market-age hogs in a barn with open-flush gutters.  
J. Am. Vet. Med. Assoc. 210, 386-389

DAVIES, P.R., J.A. FUNK, F.T. JONES, W.E.M. MORROW, F. BOVEE (1998):  
Salmonella serotypes in a multiple-site production system.  
Proc.: 15th International Pig Veterinary Society Congress, Birmingham, England, Vol 2, 72

DAVIES, P.R., J.A. FUNK, W.E.M. MORROW (2000):  
Fecal shedding of Salmonella by gilts before and after introduction to a swine breeding farm.  
J. Swine Health Prod., 8 (1), 25-29

DAVIES, R.H., C. WRAY (1997):

Distribution of Salmonella contamination in ten animal feedmills.

Vet. Microbiol. 57, 159-169

DAVIS, M.A., D.D. HANCOCK, D.H. RICE, D.R. CALL, R.DIGIACOMO, M.  
SAMADPOUR, T.E. BESSER (2003):

Feedstuffs as a vehicle of cattle exposure to Escherichia coli O157:H7 and Salmonella enterica.

Vet. Microbiol. 95, 199 – 210

DORN, C., A. SCHROETER, R. HELMUTH (2002):

Salmonellenvorkommen beim Schwein – epidemiologische Situation und Bewertung des Verbraucherschutzrisikos.

Proc.: BPT- Kongress, Nürnberg, 208-212

EHLERS, J. (2004):

Das QS-Salmonellenmonitoring unter der Berücksichtigung der Gesetzesentwürfe der EU und des Bundes.

Unter: <http://www.lwk-we.de>

EPIDEMIOLOGISCHES BULLETIN DES RKI (2005):

Jahresstatistik meldepflichtiger Infektionskrankheiten 2005 (Stand v. 19.08.2005).  
Epidemiologisches Bulletin des RKI 33/2005

EPIDEMIOLOGISCHES BULLETIN DES RKI (2006):

Jahresstatistik meldepflichtiger Infektionskrankheiten 2006 (Stand v. 1.3.2006).  
Epidemiologisches Bulletin des RKI 13/2006

FEDORKA-CRAY, P. J. (1997):

Mechanism of host-agent interaction in subclinical Salmonella infection in pig herds.

Proc.: 2nd International Symposium on epidemiology and control of salmonella in pork, Copenhagen, Denmark, 9-18

FEDORKA-CRAY, P., A. HOGG, J. GRAY, K. LORENZEN, J. VELASQUEZ; P. VON BEHREN (1997):

Feed and feed trucks as source of Salmonella contamination in swine.  
Swine Health Prod. 5, 189-193

GABERT, J., B. SCHALCH, B. GREIL, B. SPERNER, A. STOLLE, C. WEBER, T. KRAMER (1999):

The use of commercial test system (SALMTYPE<sup>®</sup>-ELISA) for tracing antibodies against *Salmonella* in serum of pigs.

Proc.: 3rd Int. Symposium on Epidemiology and Control of Salmonella in Pork, Washington, 37-41

GAREIS, M. (1995):

*Salmonellen* – Ein Überblick.  
Fleischwirtschaft 75, 954-957

GLYNN, J.R., D.J. BRADLEY (1992):

The relationship between infecting dose and severity of disease in reported outbreaks of *Salmonella* infections.

Epidemiol. Infect. 109, 371-388

GREIL, B. (2001):

Vergleichende Untersuchungen zur selektiven Erfassung von Salmonellen bei Schlachtschweinen unter besonderer Berücksichtigung des Salmonellen-Antikörperstatus in Schweinebeständen

Vet. Med. Diss., München

GROSSE BEILAGE, TH. (2002):

Salmonellenreduktion im positiven Bestand: Strategisches Vorgehen - Erfahrungsbericht aus der Praxis.

Proc.: BPT- Kongress, Nürnberg, 234-236

HAMILTON, D., J. BOBBITT, J. DAHL, K. COATES, S. LESTER, A. POINTON (2000):  
Risc factors for within herd *Salmonella* infection of pigs in Australia.  
Proc.: 16th International Pig Veterinary Congress, Melbourne, Australia, 204

HARRIS, I.T., P.J. FEDORKA-CRAY, J.T. GRAY, L.A. THOMAS, K. FERRIS (1997):  
Prevalence of *Salmonella* organisms in swine feed.  
J. Am. Vet. Med. Assoc. 210, 382-385

HELMUTH, R. (1993):  
Molekularbiologische Grundlagen der Virulenz von Salmonellen und daraus resultierende  
neuere Nachweisverfahren.  
Dtsch. Tierärztl. Wschr. 100, 252-255

HELMUTH, R., B. GUERRA, B. MALORNY, A. MIKO, A. SCHROETER (2003):  
Erfassung phänotypischer und genotypischer Resistenzeigenschaften bei *Salmonella*- und  
*E.coli*-Isolaten vom Tier, aus Lebensmitteln, Futtermitteln und der Umwelt.  
Dritter Zwischenbericht des Forschungsprojektes vom 11. Februar 2003. Bundesinstitut für  
Risikobewertung

HINZ, K.-H., G. GLÜNDER, S. ROTTMANN, M. FRIEDERICHS (1989):  
Über *Salmonella gallinarum* - Feldisolate der Biovare Pullorum und Gallinarum .  
Berl. Münch. Tierärztl. Wschr. 102, 205-208

ICMSF (International Commission on Microbiological Specifications for Foods) (1988):  
Application of the hazard analysis critical control point (HACCP) system to ensure  
microbiological safety and quality. *Microorganisms in Food*.  
4. Blackwell Scientific Publications, (Oxford/London/Edinburgh/Boston/Melbourne)

KÄSBOHRER, A., M. BUSEMANN (1997):  
Vergleich zwischen Bakteriologie – Serologie – Vergleich zwischen Fleischsaft und Serum.  
Veröffentlichung des Bundesinstitutes für Verbraucherschutz und Veterinärmedizin,  
Berlin 1997

KAVANAGH, K.L., N.T. KAVANAGH (2004):

A comparison of three ELISA kits for monitoring *Salmonella* antibodies in pig serum or meat juice.

Proc.: 18th International Pig Veterinary Society Congress, Hamburg, Germany, Vol 2, 687

KHARENKO, A. (2006):

Untersuchungen über die Bedeutung von Salmonellen bei Schweinen in der vertikalen Infektionskette bei Zukaufstieren.

Prakt. Tierarzt 87, 466-471

KIM, J.-W., M.F. SLAVIK, M.D. PHARR, D.P. RABEN, C.M. LOBSINGER, S. TSAI (1994):

Reduction of *Salmonella* on post-chill chicken carcasses by trisodium phosphate ( $\text{Na}_3\text{PO}_4$ ) treatment.

J. Food Safety 14, 9-17

KÖHLER, B. (1993):

Beispiele für die Anreicherung von *Salmonellen* in der Umwelt.

Dtsch. tierärztl. Wschr. 100, 264-274

KURZE, S., K. FEHLHABER, H. SEIFERT (1999):

Nur in der Kette gibt es die Sicherheit. Erfahrungen aus einem Forschungsbericht zur Reduzierung des *Salmonella*-Eintrages in die Schweinefleischgewinnung.

Fleischwirtsch. 11, 21-22.

LABOR DIAGNOSTIK LEIPZIG (2001):

Gebrauchsinformation für SALMOTYPE<sup>®</sup> Fleischsaft ELISA, Zul.-Nr.: BGW-B 275, Stand: 2001

LEHMACHER, A. (2005)

Salmonellen in trockenen Lebensmitteln

Proc.: Symposium „Salmonellen bei Mensch und Tier“, Oberschleißheim

LE MINOR, L., M.Y. POPOFF (1987):

Designation of *Salmonella enterica* sp. nov., nom. rev., as the type and only species of the genus *Salmonella*.

Int. J. Syst. bacteriol. 37, 465-468

LEYK, W., N. PIRRON, S. JUNGNITZ, K.-H. WALDMANN (2002):

Epidemiologische Untersuchungen zum Vorkommen von Salmonellen in Schweinemastbeständen.

Proc.: BPT-Kongress, Nürnberg, 213-217

LINDAHL, J. (2002):

Salmonellenreduktion in positiven Bestand- ein Blick nach Dänemark.

Proc.: BPT-Kongress, Nürnberg 2002, 237-244

LO FO WONG, D.M.A., T. HALD, P.J. VAN DER WOLF (2002):

Epidemiology and control measures for *Salmonella* in pigs and pork.

Livestock Prod. Sci. 76, 215 – 222

LOUVOIS, J. DE (1993):

*Salmonella* contamination of eggs: a potential source of human salmonellosis.

PHLS Microbiol. Digest. 10, 158-162

MAY, T. (2004):

Salmonellen in der Schweinemast - QS-Salmonellenmonitoring zur Absatzförderung.

VeredlungsProduktion 2/2004

MC CRACKEN, R., J. O'CARROL, J. FUNK, P. DAVIES (1997):

*Salmonella* shedding by sows and suckling piglets.

Proc.: 28th Annual Meet. Am. Assoc. Swine Pract., 297-299

MELZIG, C. (2003):

Zweiter unveröffentlichter Zwischenbericht zum Forschungsprojekt Salmonellen des Tiergesundheitsdienstes Bayern e.V..

Persönliche Mitteilung

MEYER, C. (2004):

Qualitative und quantitative Risikofaktoren für die Einschleppung und Verbreitung von Salmonellen in unterschiedlichen Produktionsverfahren beim Schwein. Vet. Med. Diss.,

Hannover

MOUSING, J., P. THODE JENSEN, C. HALGAARD, P.J. NIELSEN (1996):

Concepts of the integrated *Salmonella enterica* control programme in Danish pork.

Proc.: 14th International Pig Veterinary Congress, Bologna, Italy, 167

MÜLLER, C., F. HABERTHÜR, R.K. HOOP (1994):

Beobachtungen über das Auftreten von *Salmonella enteritidis* in Eiern einer natürlich infizierten Freilandlegehennenherde.

Mitteilungen aus dem Gebiete der Lebensmitteluntersuchung und Hygiene

Bundesamt für Gesundheitswesen, Bern, Schweiz, 85, 235-244

NIELSEN, B., D. BAGGESEN (1997):

Update on laboratory diagnosis of subclinical salmonella infection in pigs.

Proc.: 2nd International Symposium on Epidemiology and Control of Salmonella in Pork, Copenhagen, Denmark, 19-35

NIELSEN, B., D. BAGGESEN, F. BAGER, J. HAUGEGAARD, P. LIND (1995):

The serological response to *Salmonella* serovars typhimurium and infantis in experimentally infected pigs. The time course followed with an indirect anti-LPS ELISA and bacteriological examinations.

Vet. Microbiol. 47: 205-218

NIELSEN, B., D.L. BAGGESEN, P. LIND, N. FELD, A. WINGSTRAND (1996):  
Serological surveillance of *Salmonella* infections in swine herds by use of an indirect  
LPS ELISA.

Proc.: 14th International Pig Veterinary Congress, Bologna, Italy, 169

NIELSEN, B., L. ALBAN, H. STEGE, L.L. SØRENSEN, V. MØGELMOSE, J. BAGGER,  
J. DAHL, D.L. BAGGESEN (2001):

A new *Salmonella* surveillance and control programme in Danish pig herds and  
slaughterhouses.

Berl. Münch. Tierärztl. Wschr. 114, 323-326

NOLLET, N., K. HUYSMANS, D. MAES, K. HOUF, H. IMBERECHTS, A. DE KRUIF, L.  
DE ZUTTER, J. VAN HOOFF, R. GEERS (2003):

Correlation between bacteriology of lymph nodes and serology for salmonella diagnosis in  
slaughter pigs.

Proc.: 5th Int. Symposium on the Epidemiology and Control of foodborne pathogens in pork  
(Safepork), Kreta, Griechenland, 96-98

ORTMANN, R. (1999):

Immunisierungsversuche mit der *Salmonella* Typhimurium-Lebendvakzine SALMOPORC  
zur Bekämpfung von Salmonellen-Infektionen in Ferkelerzeugerbetrieben.

Vet. Med. Diss., Hannover

PETERS, T. (2002):

So stoppen Sie die Salmonellen.

Top Agrar 6/2002, 14-17

PIRRON, N. (2001):

Epidemiologische Untersuchungen zur Verbreitung von Salmonellen in  
Schweinemastbetrieben.

Vet. Med. Diss., Hannover



PÖHN, H.-PH. (1982):

Salmonellose-Überwachung in der Bundesrepublik Deutschland.

Jahresberichte 1978-1980 des Zentralen Überwachungsprogramms für Salmonellen des Bundesgesundheitsamtes, Berlin: Dietrich Reimer Verlag

QUANTE, U. (2000):

Untersuchungen zum Vorkommen von Salmonellen bei Zuchtschweinen.

Vet. Med. Diss., Hannover

REISSBRODT, R., W. RABSCH (1993):

Selective pre-enrichment of *Salmonella* from eggs by siderophore supplements.

Zentralbl. Bakteriologie. 279, 344-353

RIBER, U., D.L. BAGGESEN, B. NIELSEN, P. LIND (1997):

Host defence in pigs experimentally infected with *S. Typhimurium*.

Proc.: 2nd Int. Symposium on Epidemiology and Control of *Salmonella* in Porc, Copenhagen, Denmark, 74-77

ROBERTS, D. (1982):

Bacteria of public health significance.

In: M.H. BROWN (Ed.): Meat Microbiology. London/New York: Applied Science Publishers

ROLLE U. MAYR (1993):

*Salmonella*.

In: A. MAYR (Hrsg.): medizinische Mikrobiologie, Infektions- und Seuchenlehre

6. Auflage, Hrsg. Enke Verlag, Stuttgart, 596-625

ROLLE, M., A. MAYR (2002):

*Salmonella*.

In: A. MAYR (Hrsg.): Medizinische Mikrobiologie, Infektions- und Seuchenlehre,

7. Auflage, Hrsg. Enke Verlag, Stuttgart, 462-478

SALMOPORC (2002):

Informationsbroschüre des Impfstoffherstellers Impfstoffwerke Dessau-Turnau zum Impfstoff SALMOPORC für Tierärzte, Stand: 08/2002

SANDER, J. (1993):

Pathogenese der Salmonella-Infektion des Menschen.

Dtsch. tierärztl. Wschr. 100, 283-285

SCHÖNING, S. (1999):

Untersuchungen zur Epidemiologie von Salmonelleninfektionen und zur Sanierung von salmonelleninfizierten Schweinezucht- und -vermehrerbetrieben.

Vet. Med. Diss., Hannover

SCHWARTZ, K. J. (1999):

Salmonellosis.

In: STRAW, B.E., S. D'ALLAIRE, W.L. MENGELING, D.J. TAYLER (Hrsg.): Diseases of Swine. 8.Edition, Blackwell Science, 535-551

SELBITZ, H.-J., H.-J. SINELL, A. SZIEGOLEIT (1995):

Das Salmonellen-Problem.

Jena/Stuttgart, Gustav Fischer Verlag, 15-81

SHAH, D.B., J.G. BRADSHAW, J.T. PEELER (1991):

Thermal resistance of egg-associated epidemic strains of Salmonella enteritidis.

J. Food Science 56, 391-393

SINELL, H.-J. (1992):

Einführung in die Lebensmittelhygiene.

3. Aufl. Paul Parey, Berlin/Hamburg

STANKEVICIUS, A., D. WASYL, A. JABLONSKI, Z. PEJSAK (2004):

One tube nested PCR for the detection of *Salmonella typhimurium* and *Salmonella choleraesuis* in swine faeces

Proc: 18th International Pig Veterinary Congress, Hamburg, Germany, 670

STEGE, H., J. CHRISTENSEN, D. BAGGESEN, N. FELD, J. NIELSEN (1997):

Subclinical *Salmonella* infection in Danish finishing pig herds: Prevalence of *Salmonella enterica* measured by bacteriological and serological examination.

Proc.: 2nd Int. Symposium on Epidemiology and Control of *Salmonella* in Pork, Copenhagen, Denmark, 122-125

STEINBACH, G., C. STAAK (1998):

Interpretation „negativer“ serologischer Befunde in mit *Salmonellen* kontaminierten Schweinebeständen.

In: Tagung der DVG-Fachgruppe „Epidemiologie und Dokumentation“, 03.-05.09.1997, München, 95-100

STEINBACH, G., T. BLAHA, U. METHNER (2002):

Estimating the prevalence of *Salmonella* spp. in swine herds – influence of sensitivity and specificity of *Salmonella* detection.

J. Vet. Med. B 49, 438-444

STEINBACH, G., U. KRÖLL (1999):

*Salmonellen*infektionen in Schweinebeständen – Zu ihrer Epidemiologie und Bedeutung für Erkrankungen des Menschen.

Dtsch. tierärztl. Wschr. 106, 269-308

STEPHAN, F., K. FEHLHABER (1994):

Geflügelfleischgewinnung: Untersuchungen zur Hygiene des Luft-Sprüh-Kühlverfahrens. Fleischwirtschaft 74, 870-873

VARNAM, A.H., M.G. EVANS (1991)

Foodbourne pathogenes.

Wolfe Publishing, London

VAN DER WOLF, P.J. (2000):

Salmonella in the pork production chain.

In: VAN DER WOLF, P.J.: Feasibility of *Salmonella*-free pig production, Animal Health Service, Pig Health Department, Boxtel, Netherlands, 2000

VAN DER WOLF, P.J. (2002):

Salmonellenmonitoring im Schweinebestand: Worauf kommt es an?

BPT-Kongress, Nürnberg, 218-227

VAN DER WOLF, P.J., J.H. BONGERS, A.R. ELBERS, F.M. FRANSSSEN,

W.A. HUNNEMANN, A.C. VAN EXSEL, M.J. TIELEN (1999):

Salmonella infections in finishing pigs in The Netherlands: bacteriological herd prevalence, serogroup and antibiotic resistance of isolates and risk factors for infection.

Vet. Microbiol. 67, 263-275.

VAN WINSEN, R.L., A. VAN NES, D. KEUZENKAMP, H.A. URLINGS, L.J. LIPMAN, S.

BIESTERVELD, J.M. SNIJDERS, J.H. VERHEIJDEN, F. VAN KNAPEN (2001):

Monitoring of transmission of *Salmonella enterica* serovars in pigs using bacteriological and serological detection methods.

Vet. Microbiol. 80, 267-274

VON ALTROCK, A., A. SCHÜTTE, G. HILDEBRANDT (2000):

Untersuchungsergebnisse aus Deutschland zu dem EU-Projekt „*Salmonella* in pork (Salinpork)“.

1. Mitteilung: Untersuchungen in den Beständen

Berl. Münch. Tierärztl. Wschr. 113, 191-201

VON ALTROCK, A., K.-H. WALDMANN (2002):

Salmonellenbekämpfung im Schweinebestand.

Vet-MedReport V6, 7

WENDT, M., H. PLONAIT (2004):

Salmonelleninfektion und Salmonellose.

In: WALDMANN, K.H., M. WENDT (Hrsg.): Lehrbuch der Schweinekrankheiten, 4. Auflage, Berlin, Parey Verlag 344-348

WIUFF, C., P. HEEGAARD, P. LIND (1997):

Avidity measurements and anti-LPS antibodies induced during *salmonella* infection in pigs.

Proc.: 2nd Int. Symposium on Epidemiology and Control of *Salmonella* in Porc, Copenhagen, 119-121

ZASTROW, K.-D., I. SCHÖNEBERG (1994):

Lebensmittelbedingte Infektionen und Intoxikationen in der Bundesrepublik Deutschland - Ausbrüche 1992.

Bundesgesundheitsblatt 37, 247-251

## **Danksagung**

Herrn Professor Dr. K. Heinritzi danke ich für die Überlassung des interessanten Themas und die stets gewährte freundliche Unterstützung und konstruktive Kritik bei der Anfertigung der Arbeit. Die Auswertung der Unmengen von erhobenen Datenmaterial, die Umsetzung desselben in eine Statistik, die letzten Endes nicht zu verwenden war, ständig unterbrochen von Kaiserschnitten, Gebärmutterverdrehungen und ähnlichen nächtlichen Aktivitäten im Leben einer jungen Großtierpraktikerin verzögerten den Abschluss der Dissertation immer wieder und stellten seine schier unendliche Geduld auf eine harte Probe. Vielen Dank für Ihr Verständnis!

Für die freundliche Vermittlung bei den Landwirten und die Mithilfe bei den ersten Bestandsbesuchen zu Beginn meiner Dissertation möchte ich Frau Dr. Friederike Schneider und allen anderen damals beim TGD Bayern e.V. tätigen Tierärzten danken. Ohne die geduldige und immer freundliche Anleitung und Aufmunterung von Herrn Dr. Krabisch, Herrn Dr. Gangl, Frau Held und allen anderen Labormitarbeiterinnen wäre ich bestimmt an der sachgerechten Bearbeitung und Auswertung meiner Probenergebnisse gescheitert!

Am Lehrstuhl für Schweine bin ich ganz besonderen Dank Frau Dr. Sabine Elicker und Frau Dr. Susanne Zöls schuldig, ohne die ich vermutlich kurz vor dem Ziel doch noch aufgegeben hätte. Ohne ihre tatkräftige Unterstützung durch Korrekturlesen und Formatieren der Arbeit wäre die Fertigstellung meiner Dissertation in letzter Minute nicht möglich gewesen!

Auch meine beste Freundin Rita hat ihre wenigen freien Stunden geopfert, um meine eingestaubten Kenntnisse der deutschen und englischen Grammatik aufzubessern. Als beim letzten Feinschliff die ganze Formatierung verschwunden war und dann noch Notebook und Rechner mit der aktuellsten Fassung innerhalb von 24 Stunden zusammen den Geist aufgaben, war meine zweite beste Freundin Andrea zur Stelle und hat mich und die Nerven aller am Projekt Doktorarbeit Beteiligten gerettet! Vielen, vielen Dank Euch beiden!

Mit viel Liebe und einer gehörigen Portion Hartnäckigkeit haben mich mein Freund Michael, meine Familie und meine Freunde bis zur Vollendung dieser Dissertation begleitet, deren Fertigstellung mehr als einmal an endlosen Arbeitstagen und –nächten wie auch privaten Tiefschlägen zu scheitern drohte. Ihnen gebührt mein größter Dank!

## Lebenslauf

Name	Battenberg
Vorname	Indira Viktoria Luise
Geburtsdatum	17.09.1976
Geburtsort	München
Staatsangehörigkeit	deutsch
Eltern	Dr. Ernst Battenberg, Verleger Dr. Gitta Battenberg, Kunsthistorikerin
Schulbildung	1983 - 1987 Gebele - Grundschule in München 1987 - 1996 Max – Joseph - Gymnasium in München 1996 Abschluss: Abitur 1996 - 2002 Studium der Veterinärmedizin an der Ludwig-Maximilians-Universität München 2002 Erteilung der Approbation Oktober 2002 Beginn der Dissertation
Beruf	11/02 - 12/03 Wissenschaftliche Hilfskraft an der II. Medizinischen Tierklinik der LMU München, Lehrstuhl für Krankheiten des Schweins seit 01/2004 Praktische Tierärztin in der Praxis Ph. Arnold, Echternach/Luxemburg

## Anhang

### Epidemiologischer Fragebogen zur Erhebung von Daten zum Betriebsmanagement

Betriebsanschrift: Name:

Str.:

Ort:

Betriebsnummer:

Tel.:

Fax:

Hoftierarzt: Name

Str.

Ort

Tel.:

Fax:

Letzter bek. Befund des Fleischsaft- ELISA:



Untersuchungsbeteiligte:

Name	Funktion
	Besitzer/Betriebsleiter
	TA

Betriebsgrunddaten:

Kombinierte FEZ und Mast?	
Reiner Mastbetrieb?	
Sonstiger?	
Bemerkungen:	

Kombinierter Bereich = FEZ:

Sind Mast- und Sauenstall gebäudemäßig getrennt?				JA		NEIN	
Anzahl der räumlich getrennten Sauenställe?							
Anzahl der produktiven Sauen in den einzelnen Ställen?	Stallbez.						
	Anzahl						
Remontierung:							

- eigene Nachzucht?			JA		NEIN	
- Zukauf?			JA		NEIN	
Wenn ja, woher?						
Zuchtbetrieb (Name/Ort)/ Zuchtorganisation	Anzahl (Sauen)		Datum der Lieferung			

Mast

Anzahl der räumlich getrennten Mastställe?						
Anzahl der Mastplätze in den einzelnen Ställen?	Stallbez.					
	Anzahl					
Herkunft der Ferkel in den letzten 12 Monaten				VV-VO-Nr. der Herkunftsbetriebe		
- aus eigenem FEZ						
- Direktlieferung aus 1-3 festen FEZ						
- Direktlieferung aus wechselnden, bekannten Herkünften						
- Gemischte, unbekannte Herkunft von Erzeugergemeinschaften oder Händlern						
- Zukauf aus 1 FEZ- Betrieb						
- Zukauf aus versch. FEZ- Betrieben						
- sonstige:						

Reproduktionsdaten (pro Abteil Sauen und Jahr):

	Abteil (Name)	Lebendgeborene Ferkel	Aufgezogene Ferkel	Verluste (pro Sau und Jahr)

Probe		Sau - Ohrmarke	Lebendgeborene Ferkel	Aufgezogene Ferkel	Verluste (pro Sau und Jahr)
	S				
	S				
	S				
	S				
	S				
	S				
	S				
	S				
	S				
	S				
	S				

			Betriebsmanagement:						
			Deckzentrum	Wartestall	Abferkelstall	Ferkelaufzucht	Quarantänestall	Vormast	Mast
<b>AUFSTALLUNG</b>		Interne Stallbez.							
<b>GÜLLE,</b>	Lagerungsort	Innen, außen							
<b>JAUCHE,</b>	Lagerstätte	Behälter							
<b>FESTMIST</b>		betonierte Platte							
		Lagune							
		Sonst.							
	Entleerung Güllekanäle	nie							
		nach Ausställen							
		während der Haltung							
<b>LÜFTUNG</b>	System	<b>Überdruck</b>							
		Unterdruck							
		Gleichdruck							
		Sonst.							
	Luftführung	Schläuche							
		Schächte/Kanäle							
		Rieseldecke							
		Sonst.							
	Stallklima	gut (+), mäßig (+/-), schlecht (-)							
	Bek. Klimameßwerte	Keine							
		T							
		Luftgeschwindigkeit							
		Ammoniak							
		Sonstiges							
<b>WASSER</b>	<b>QUELLE</b>	Stadtwasser							
		eigener Brunnen							
	<b>TRÄNKE</b>	Nippeltränken							
		Napftränken							
		Trog							
	<b>SONSTIGES</b>	Vorlaufbehälter							
		Sonstiges							
	<b>REINIGUNG</b>	regelmäßig (Abstände?)							
	(Behälter, Leitungen)	gelegentlich							

			Deckzentrum	Wartestall	Abferkelstall	Ferkelaufzucht	Quarantänestall	Vormast	Mast			
AUFSTALLUNG		Interne Stallbez.										
FUTTER/FÜTTERUNG	TECHNIK	rationiert										
		ad lib.										
		Trogfütterung										
		Automat										
		Flüssig										
		Brei										
		Trocken										
		Sonstiges										
	KONSISTENZ	Mehl										
		Granulat										
		Pellets										
		CCM										
		Speisereste/Abfälle										
		Sonstiges										
	HERKUNFT	Betrieb										
		EK										
	LAGERUNG	innen										
		außen										
		offen										
		geschlossen (silo)										
		Wildzugang										
		Nagerzugang										
	REINIGUNG											
	Lager	regelmäßig (Abstand?)										
		gelegentlich										
		nie										
	Leitungen/Behälter	regelmäßig (Abstand?)										
		gelegentlich										
		nie										

			Deckzentrum	Wartestall	Abferkelstall	Ferkelaufzucht	Quarantänestall	Vormast	Mast		
AUFSTALLUNG		Interne Stallbez.									
REINIGUNG	Buchten/Spalten	regelmäßig (Abstand?)									
		gelegentlich									
		nie									
	Rampen/Treibwege	regelmäßig (Abstand?)									
		gelegentlich									
		nie									
	Wände/Decken	regelmäßig (Abstand?)									
		gelegentlich									
		nie									
	Lüftung	regelmäßig (Abstand?)									
		gelegentlich									
		nie									
	Reinigungsart (Buchten/Spalten)	trocken									
		Wasserschlauch									
		Hochdruck									
heiß											
kalt											
Desinfektion	regelmäßig (Abstand?)										
	gelegentlich										
	Präparat(e)										
	Durchführungsweise										
SCHADNAGER	Besatz	gering									
		mittel*									
		hoch									
	Bekämpfung	nach Plan (kontrolliert)									
		regelmässig									
gelegentlich											
	Fremdfirma?										
FLIEGEN	Bekämpfung	regelmäßig									
		gelegentlich									
		nie									

<b>AUFSTALLUNG</b>	Interne Stallbez.											
<b>GESUNDHEITSTATUS</b> (letzte 6 Monate)												
Bestandsprobleme	gehäufte DF											
	gehäufte Atemwegs- KH											
	Sonstiges											
Verluste	(%)											
Kümmerer	(%)											
Zunahmen	g											
Klinik	Unauffällig (%)											
Untersuchungsergebnisse	Befund											
Bestandsbehandlung	Einstallprophylaxe											
	AB- Leistungsförderer											
	aktuelle AB- Therapie											
Impfstatus	Einzel-tier											
	Bestand											
	Mycoplasmen											
	Parvo											
	Rotlauf											
	PRRS											
	Coli											
	APP											
	Influenza											
	R.a.											
Salmonellen												
Clostridien												
Sonst.												

SEUCHENHYGIENISCH KRITISCHE PUNKTE

Werden noch andere Haustiere auf dem Betrieb gehalten?													JA		NEIN		
Wenn ja, welche?																	
Tierart		Geflügel	Rind	Pferd	Schaf	Ziege	Hund	Katze	Kaninchen								
Anzahl																	
Kontakt zu Schweinen	Ja																
	Nein																
Leben andere Tiere (v.a. Wildtiere wie Wildscheine, Wildvögel, Füchse, Kaninchen etc.) in direkter Nachbarschaft?													JA		NEIN		
Wenn ja, welche Tiere?:																	
Welche Kontaktmöglichkeiten bestehen?:																	
Welche Personen haben Zutritt zum Bestand?:																	
Betreuen diese noch andere Tierbestände?													JA		NEIN		
Wenn ja, welche?:																	
Sind Salmonelleninfektionen bei im Betrieb lebenden Menschen oder Tieren bekannt?													JA		NEIN		
Steht Schutzkleidung und Stiefel für betriebsfremde Personen zur Verfügung?													JA		NEIN		
Wird sie konsequent genutzt?													JA		NEIN		
Ist eine Personenschleuse o.ä. vorhanden?													JA		NEIN		
Sonstige Schutzvorkehrungen gg. Fremdkontakt (inkl. Wild)?																	
Umzäunung der Anlage?													JA		NEIN		
Abschließbare Türen?													JA		NEIN		
Türen und Fenster immer verschlossen (z.B. Sommer)?													JA		NEIN		



Stiefelreinigung und – desinfektion?	JA		NEIN	
Ladezone m. Schwarz-Weiß-Bereich?	JA		NEIN	
Sonstige?	JA		NEIN	
	JA		NEIN	
Kadaver- Lagerung?	JA		NEIN	
- befestigter Abholplatz?	JA		NEIN	
- Geschlossener Raum/Behälter?	JA		NEIN	
- regelmäßige Reinigung/ Desinfektion	JA		NEIN	
- Standort in Stallnähe?	JA		NEIN	
Kontaktgefahr zu Ställen (TBA- Fahrzeug, Abwasser, ...)	JA		NEIN	
Liegen im Umkreis von 2 km				
- andere Tierbestände?	JA		NEIN	
- Kläranlagen?	JA		NEIN	
- Mülldeponien?	JA		NEIN	
- Schlacht- oder Verarbeitungsbetriebe?	JA		NEIN	
- TBAs?	JA		NEIN	
-	JA		NEIN	
-	JA		NEIN	
Sonstige Kontaminationsquellen in Stallnähe, wie				
- Komposthaufen?	JA		NEIN	
- Misthaufen	JA		NEIN	
-	JA		NEIN	

Wo werden Problemtiere, Kranke und Kümmerer untergebracht?				
- in der Bucht	JA		NEIN	
- im Gang	JA		NEIN	
- in Krankenbucht	JA		NEIN	
- in gesondertem Quarantänestall	JA		NEIN	
- TBA / Sonderschlachtung	JA		NEIN	
-	JA		NEIN	
Wo verbleiben Restbestände? (Bei Rein-Raus)				
- im Stall oder Abteil	JA		NEIN	
- in gesondertem Stall	JA		NEIN	
- sonstiger Verbleib:	JA		NEIN	
-	JA		NEIN	

## LAGESKIZZE DER STÄLLE (Beiblatt)

Darin sollten eingezeichnet werden:

- innerbetriebliche Arbeitsabläufe (Wege), wie
  - Fütterung/Versorgung
  - Einstreuversorgung
  - Entmistung/Säuberung
  - Kontrolle/Wartung der Anlagen
  - Usw.
- innerbetriebliche Transportwege, wie
  - Umstallung
  - Wiegung
  - Vermarktung
  - Usw.
- mgl. Kontaminationsquellen im Stallumfeld, wie
  - Komposthaufen
  - Einstreulager
  - Futterlager
  - Dung-/Güllelager
  - Klärgrube
  - Hühnerstall
  - Sonst. Ställe
  - Käfige für sonst. Haustiere
  - Usw.

Entnahmepunkte der Proben zur kulturellen Untersuchung

Empfehlungen zur Infektkettenunterbrechung und zur Verhinderung eines möglichen Salmonelleneintrages

ALLG. BETRIEBSHYGIENE

Liegt ein Tiergesundheitsprogramm vor?

Ja	Nein

Hygienischer Zustand der Bereiche

	Gut	Mittel	Kritisch
Gülle/Festmist/Jauche (Lager/Geräte)			
Lüftungsanlagen			
Wasserbrunnen			
Wasserleitungen/ -behälter/ -tränken			
Futterlager/ -zentrale			
Futterleitungen/ Tröge/ Automaten			
Personenschleuse			
Kadaverlagerung			
Befestigung der Stallumgebung			
Hygiene/Sauberkeit d. Stallumgebung			
Allg. Bau- und Erhaltungszustand der Ställe und Gerätschaften			

PERSÖNLICHER EINDRUCK / MÖGLICHE RISIKOQUELLEN:

- 
- 
-