

Aus der Außenstelle für Epidemiologie
der Tierärztlichen Hochschule Hannover
und dem Institut für Tierzucht und Tierhaltung
der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

**Qualitative und quantitative Risikofaktoren für die
Einschleppung und Verbreitung von Salmonellen in
unterschiedlichen Produktionsverfahren beim Schwein**

INAUGURAL-DISSERTATION
zur Erlangung des Grades einer
DOKTORIN DER VETERINÄRMEDIZIN
(Dr. med. vet.)
durch die Tierärztliche Hochschule Hannover

Vorgelegt von
Christiane Meyer
aus Walsrode

Hannover 2004

Die Dissertation wurde mit dankenswerter Unterstützung
des Landes Schleswig-Holsteins (QUASI-Projekt) angefertigt.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Literaturübersicht	3
2.1	Rückblick	3
2.2	Spezifische Eigenschaften	3
2.2.1	Taxonomie	3
2.2.2	Morphologie	4
2.2.3	Biochemische Eigenschaften	4
2.2.4	Serologische Eigenschaften	5
2.2.5	Tenazität	5
2.3	Epidemiologische Einteilung der Salmonellen	6
2.4	Salmonelleninfektion und Salmonellose des Menschen	8
2.4.1	Vorkommen und Übertragung	8
2.4.2	Pathogenese und Klinik	10
2.5	Salmonelleninfektion und Salmonellose des Schweins	11
2.5.1	Pathogenese porziner Salmonellosen	12
2.5.2	Klinik porziner Salmonellosen	14
2.5.3	Latente Salmonelleninfektion und Erregerpersistenz	16
2.5.4	Immunologische Grundlagen	18
2.5.5	Vorkommen von Salmonellen in unterschiedlichen Produktionsstufen	19
2.5.7	Verbreitung resistenter Salmonella-Stämme	22
2.6	Risikofaktoren für Salmonelleninfektionen in der Schweineproduktion	25
2.6.1	Eintrag in die Bestände	25
2.6.2	Ausbreitung in den Beständen	28
2.6.2.1	Vertikale Infektion	28
2.6.2.2	Horizontale Infektion	30
2.7	Diagnostische Verfahren	34
2.7.1	Bakteriologische Nachweisverfahren	34
2.7.2	Serologisches Nachweisverfahren mittels ELISA-Technik	36

2.7.3	Weitere Nachweisverfahren	38
2.8	Bekämpfung und Prophylaxe	39
2.8.1	Maßnahmen in den Schweinebeständen	39
2.8.2	Monitoring	43
3	Material und Methoden	46
3.1	Ziel und Rahmenplan	46
3.2	Betriebe	46
3.3	Serologische Untersuchung	48
3.3.1	Probenanzahl	48
3.3.2	Probenentnahme	49
3.3.3	Serologische Untersuchung der Serumproben	50
3.3.3.1	Reagenzienvorbereitung	50
3.3.3.2	Probenvorbereitung	50
3.3.3.3	Testdurchführung	51
3.3.3.4	Auswertung	51
3.3.3.5	Chemikalien und Reagenzien	52
3.3.3.6	Geräte und Hilfsmittel	52
3.4	Bakteriologische Untersuchung	53
3.4.1	Probenentnahme	53
3.4.2	Bakteriologische Untersuchung der Futter-, Staub- und Bodenproben	54
3.4.3	Bakteriologische Untersuchung der Wasserproben	55
3.5	Datenerhebung mittels Fragebogen	56
3.6	Statistische Auswertung	56
3.6.1	Prävalenzen	56
3.6.2	Risikofaktoren für Betriebe mit konventionellen Haltungssystemen	57
3.6.3	Risikofaktoren für Betriebe mit Freilandhaltung	58
3.6.4	Betriebe mit ökologischen Haltungssystemen	58

4	Ergebnisse	59
4.1	Ergebnisse der serologischen Untersuchung	59
4.1.1	Prävalenzen der Zucht- und Aufzuchtbetriebe	59
4.1.2	Prävalenzen der Sauen aus Ferkelerzeuger- und Kombibetrieben	60
4.1.3	Prävalenzen der Mastschweine aus reinen Mast- und Kombibetrieben	62
4.2	Risikofaktoren für konventionelle Haltungssysteme	64
4.2.1	Risikofaktoren für Sauen aus konventionellen Ferkelerzeuger- und Kombibetrieben	64
4.2.2	Weitere Einflußfaktoren für Sauen aus konventionellen Haltungssystemen	66
4.2.3	Risikofaktoren für Mastschweine aus konventionellen Mast- und Kombibetrieben	68
4.2.4	Weitere Einflußfaktoren für Mastschweine aus konventionellen Haltungssystemen	72
4.3	Risikofaktoren für Sauen in der Freilandhaltung	73
4.4	Betriebe mit ökologischen Haltungssystemen	76
4.4.1	Ökologische Betriebe mit Ferkelproduktion	76
4.4.2	Ökologische Betriebe mit Mast	78
4.5	Einfluß der vertikalen Infektion auf die Salmonella-Seroprävalenz	81
4.5.1	Einfluß des Salmonellenstatus von Zucht- und Aufzuchtbetrieben auf die Seroprävalenz von Sauen in Ferkelerzeugerbetrieben	81
4.5.2	Einfluß des Salmonellenstatus von Ferkelerzeugerbetrieben auf die Seroprävalenz von Mastschweinen	82
4.5.3	Bakteriologische Untersuchung der Absetzferkel	83
4.6	Bakteriologische Untersuchung der Umgebungsproben	84
4.7	Bakteriologische Untersuchung der Sammelkotproben	85
5	Diskussion	86
5.1	Serologische Untersuchung	86
5.1.1	Bewertung der Methode	86
5.1.2	Salmonella-Seroprävalenzen der Sauen	87
5.1.3	Salmonella-Seroprävalenzen der Mastschweine	88

5.2	Vergleich der Seroprävalenzen von Tieren aus konventionellen und ökologischen Haltungssystemen	90
5.3	Vergleich der Seroprävalenzen von Freilandbetrieben mit konventionellen und ökologischen Haltungssystemen	92
5.4	Bewertung der Risikofaktoren	93
5.4.1	Risikofaktoren für Sauen aus konventionellen Haltungssystemen	93
5.4.2	Risikofaktoren für Mastschweine aus konventionellen Haltungssystemen	97
5.4.3	Risikofaktoren für Sauen in der Freilandhaltung	102
5.5	Bedeutung der vertikalen Infektion	103
5.6	Eintragsquellen in seropositiven Beständen	104
6	Schlußfolgerung	106
7	Zusammenfassung	108
8	Summary	110
9	Literaturverzeichnis	112
10	Anhang	136
10.1	Fragebogen für die Erhebung epidemiologischer Daten	136
10.2	Serologische Untersuchungsergebnisse	142
10.3	Resistenzmuster der aus Sammelkotproben isolierten Salmonella-Serovare	145

Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
BgVV	Bundesinstitut für gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin
°C	Grad Celsius
ca.	circa
dest.	destilliert
DNA	Desoxy-Ribonuklein-Säure
DVG	Deutsche Veterinärmedizinische Gesellschaft
ê	estimate
ELISA	Enzyme Linked Immunosorbend Assay
exp	exponent
Fa.	Firma
g	Gramm
IgA	Immunglobulin A
ISO	International Organization for Standardization
kg	Kilogramm
KI	Konfidenzintervall
km	Kilometer
l	Liter
LPS	Lipopolysaccharid
LUFA-ITL	Landwirtschaftliche Untersuchungs- und Forschungsanstalt – Institut für Tiergesundheit und Lebensmittelqualität
M	Mol
µm	Mikrometer
mg	Milligramm
mm	Millimeter
nm	Nanometer
NRL-Salm	Nationale Veterinärmedizinische Referenzlaboratorium für Salmonellen
OD	optische Dichte
OD %	anhand der optischen Dichte ermittelter Antikörpergehalt

Abkürzungsverzeichnis

OR	Odds Ratio
p	Irrtumswahrscheinlichkeit
PBS	Phosphat gepufferte Kochsalzlösung
PCR	Polymerase Chain Reaction
pH	Potentia hydrogenii
QS	Qualität und Sicherheit
S.	Salmonella
SEW	Segregated Early Weaning
subsp.	Subspezies
Tab.	Tabelle
U	Umdrehung
u. a.	unter anderem
χ^2	Chi-Quadrat

1 Einleitung

Bakterien der Gattung *Salmonella* Spezies und Subspezies *enterica* sind mit Ausnahme der Serovaren Typhi und Paratyphi weltweit verbreitet und stellen häufige Erreger von Durchfallerkrankungen des Menschen dar. Im Jahr 2002 konnten insgesamt 72.377 Infektionen aufgrund ihrer Meldepflicht in Deutschland registriert werden (ROBERT KOCH INSTITUT, 2003). Da nur bei einem Teil der Erkrankungen die Ätiologie abgeklärt wird und eine Meldung erfolgt, ist anzunehmen, dass lediglich 10 % aller Fälle erfaßt werden.

Die Übertragung der Erreger auf den Menschen erfolgt fast ausschließlich über den Verzehr kontaminierter Lebensmittel. Während Konsumier und Geflügelfleisch in den letzten Jahren als vorwiegende Gefahrenquelle galten, weisen neuere epidemiologische Studien darauf hin, dass ca. 20 % der lebensmittelbedingten Salmonelosen auf das Schwein zurückzuführen sind (STEINBACH und HARTUNG, 1999).

Die Salmonelleninfektionen der Schweine verlaufen in der Regel latent, wodurch die Erreger unbemerkt in die Lebensmittelkette eintreten und durch Schlacht- und Verarbeitungsprozesse sowie bei der küchentechnischen Zubereitung verbreitet werden können. Aber auch der im Vergleich zu anderen Tierarten hohe Anteil an mehrfachresistenten *Salmonella*-Isolaten, der für 2002 mit 76,7 % angegeben wird, birgt ein erhebliches Risiko für die menschliche Gesundheit (HELMUTH et al., 2003).

Untersuchungen von ALTROCK et al. (2000) haben gezeigt, dass ca. 85 % der Ferkelerzeuger- und 72 % der Mastbetriebe Tiere mit Antikörpern gegen Salmonellen aufweisen. Auch STEINBACH und KROELL (1999) gehen davon aus, dass in 85 % aller Schweinebestände in Deutschland der Nachweis einer Salmonellenkontamination möglich ist.

Um das vom Schweinefleisch ausgehende Risiko für die menschliche Gesundheit zu reduzieren, sind Maßnahmen auf allen Stufen der Lebensmittelproduktion, beginnend mit einer kontinuierlichen Verringerung der Salmonellenbelastung von Schlachtschweinen auf Betriebsebene notwendig. Eine vollständige Verdrängung der Salmonellen aus den Beständen ist aufgrund ihrer ubiquitären Verbreitung jedoch nicht möglich.

Grundlage für die Erstellung effektiver Bekämpfungsprogramme ist die Kenntnis über mögliche Eintrags- und Ausbreitungswege der Erreger. Darüber hinaus scheint aber auch den

produktionsspezifischen Bedingungen in den Betrieben eine Rolle im Infektionsgeschehen der Salmonellen zu zukommen.

Ziel der vorliegenden Untersuchung war es, die Salmonellaprävalenzen in unterschiedlichen Produktionsstufen der Schweinehaltung zu ermitteln. Um mögliche Unterschiede hinsichtlich der Salmonellenbelastung zwischen verschiedenen Haltungsformen aufzeigen zu können, wurden konventionelle, ökologische und Freilandbetriebe vergleichend untersucht. Eine Berücksichtigung von Lieferbeziehungen zwischen den Produktionsstufen sollte dabei zusätzliche Informationen über die Bedeutung vertikaler Infektionsketten liefern.

Des Weiteren wurden betriebsspezifische Parameter erfaßt und im Rahmen einer Risikoanalyse ausgewertet, um den Einfluß von Haltung, Management und Hygieneregime auf die Salmonellenprävalenz darzustellen.

Darüber hinaus sollte die Untersuchung von Umgebungsproben (Futtermittel, Wasser, Staub, Erdboden) in den infizierten Beständen Hinweise auf mögliche Eintragsquellen der Salmonellen aufzeigen.

2 Literaturübersicht

2.1 Rückblick

Mit Beginn der bakteriologischen Ära wurde 1880 von Eberth und Koch erstmals der Erreger des Typhus abdominalis des Menschen nachgewiesen und von Graffky 1884 in Reinkultur gezüchtet (SELBITZ, 1995). Die Gattungsbezeichnung Salmonella wurde jedoch erst 1890 zu Ehren von Salmon eingeführt, unter dessen Leitung 1885 der heute als *S. choleraesuis* bekannte Keim entdeckt wurde und den man damals fälschlicherweise als Erreger der Schweinepest ansah (SELBITZ et al., 1992). Ebenfalls im Jahr 1880 hat Gärtner die nach ihm benannten Gärtnerbakterien (heutiger Name: *S. Enteritidis*) als Erreger der Gastroenteritis des Menschen und Löffler die Breslaubakterien (heutiger Name: *S. Typhimurium*) entdeckt (SELBITZ et al., 1995). Gärtner war es auch, der 1880 die Verbindung zwischen bakteriologisch definierten Erkrankungen bei Tieren und der Fleischvergiftung des Menschen herstellte.

Die ständig wachsende Zahl der Salmonella-Stämme führte 1943 dazu, dass Kauffmann und White ein Schema zur Identifizierung der unterschiedlichen Salmonellaserovare anhand einer für sie typischen Antigenformel veröffentlichten. Heute sind insgesamt 2449 Serovare einschließlich der Ergänzungen durch das Supplement No. 41 (1997) im Kauffmann-White-Schema definiert (GAREIS, 1995; SELBITZ, 2002).

Von den fast 2500 bekannten Serovaren sind ca. 50 als Krankheitserreger für Mensch und Tier von Bedeutung. Mit Ausnahme von *S. Typhus* und *S. Paratyphus* werden alle anderen durch Salmonellen verursachten Erkrankungen unter dem Begriff der Salmonellose zusammengefaßt (ROLLE und MAYR, 1993).

2.2 Spezifische Eigenschaften

2.2.1 Taxonomie

Die zur Familie der Enterobacteriaceae gehörende Gattung der Salmonellen gliedert sich in lediglich zwei Arten, zum einen *S. enterica*, der die sechs Subspezies *enterica*, *salamae*, *arizonae*, *diarizonae*, *houtenae*, *indica* untergeordnet werden, und zum anderen *S. bongori*

(POPOFF et al., 1992; SELBITZ, 1992; DEDIÉ et al., 1993). Innerhalb jeder Spezies lassen sich aufgrund der unterschiedlichen O- und H-Antigene eine Vielzahl Serovare (synonym: Serotypen) mit jeweils charakteristischer Antigenformel unterscheiden. Zur Verdeutlichung, dass es sich nicht um Arten der Gattung *Salmonella* handelt sondern um Serovare, wird der Name nicht kursiv und der Anfangsbuchstabe wie z.B. bei *S. Typhimurium* großgeschrieben. Diese Namen besitzen somit keinen taxonomischen Status (GAREIS, 1995).

2.2.2 Morphologie

Salmonellen sind 0,7–1,5 x 2,0–5,0 µm große, gramnegative, sporenlose und mit Ausnahme von *S. Gallinarum-pullorum* bewegliche, peritrich begeißelte Stäbchen, die sich morphologisch nicht von den anderen Enterobacteriaceae unterscheiden lassen (BISPING und AMTSBERG, 1988; DEDIÉ et al., 1993; SCHWARTZ, 1999; SELBITZ, 2002). Sie wachsen auf einfachen Nährmedien (Fleischwasseragar, Nährbouillon) unter aeroben und fakultativ anaeroben Bedingungen ohne Schwierigkeiten und bilden runde, glänzende Kolonien mit einem Durchmesser von 2-4 mm (ROLLE und MAYR, 1993).

Die Kultur stellt somit eine grundlegende Methode des Nachweises dar (SELBITZ, 1992).

2.2.3 Biochemische Eigenschaften

Zu den charakteristischen StoffwechsellLeistungen der Salmonellen gehören die Reduktion von Nitrat zu Nitrit, die Gasbildung aus Glucose und die Bildung von H₂S. Eine Hämolyse auf Blutagar findet nicht statt. Die Lysin- und Ornithindecaboxylase-Reaktion fallen positiv aus, Indol wird nicht gebildet. Salmonellen besitzen die Fähigkeit, Citrat als alleinige Kohlenstoffquelle zu verwerten. Sucrose, Salicin, Inositol und Memygdalin werden für gewöhnlich nicht fermentiert. Der fehlende Laktoseabbau (Ausnahme: *S. enterica* subsp. *arizonae*) besitzt für die Diagnosestellung eine besondere Bedeutung (DEDIÉ et al., 1993; SELBITZ et al., 1995). Obwohl bei der Vielzahl an Serovaren Ausnahmen bei allen Reaktionen vorkommen, ist es in der Regel möglich, anhand der biochemischen Eigenschaften einen Stamm als Vertreter der Gattung *Salmonella* zu identifizieren (ROLLE und MAYR, 1993).

2.2.4 Serologische Eigenschaften

Die serologischen Eigenschaften der Salmonellen ergeben sich aus den O-Antigenen (somatische Antigene) und den H-Antigenen (Geißelantigene) (GAREIS, 1995; SELBITZ, 2002). Die O-Antigene sind formaldehyd-unbeständige, thermostabile Lipopolysaccharid-Proteinkomplexe innerhalb der Zellwand, deren Spezifität durch die Polysaccharide bestimmt wird. Als H-Antigene werden die formaldehyd-beständigen, thermolabilen Proteine mit Sitz in den Bakteriengeißeln bezeichnet, bei welchen die Spezifität auf die am Aufbau beteiligten Aminosäuren zurückzuführen ist. Die meisten Salmonella-Arten sind bezüglich ihrer H-Antigene diphasisch. Die H-Antigene liegen entweder in einer spezifischen Phase I oder einer unspezifischen Phase II vor (BISPING und AMTSBERG, 1988; DEDIÉ et al., 1993, SELBITZ, 2002).

Anhand der Haupt-O-Antigene werden die Salmonellen in O-Gruppen eingeteilt. H-Antigene in Phase I werden mit kleinen lateinischen Buchstaben und H-Antigene in Phase II mit arabischen Ziffern gekennzeichnet. Die Gesamtantigenformeln der Salmonella-Serovare sind zusammen mit den lateinischen Namen im Kauffmann-White-Schema niedergelegt, welches als Differenzierungsgrundlage verwendet werden kann (SELBITZ, 2002).

Die humanpathogenen Serovare *S. Typhi* und *S. Paratyphi* besitzen ein zusätzliches K-Antigen (Hüllenantigen) mit eigener Spezifität, wodurch der Nachweis des O-Antigens gestört werden kann (ROLLE und MAYR, 1993).

2.2.5 Tenazität

Salmonellen sind ubiquitär verbreitet und außerhalb von menschlichen und tierischen Organismen lange lebensfähig (MEYER et al., 1993; SELBITZ, 2002). Sie vermehren sich in einem Temperaturbereich von 5 bis 47 °C (Optimum: 37 °C) bei minimalem Nährstoffangebot (ca. 60 mg Protein/l) (BÖHM, 1993; WALDMANN und PLONAIT, 1997).

Salmonellen können im Wasser bis zu 200 Tage überleben, wobei insbesondere in Abwässern in Anwesenheit von Eiweißstoffen (mindestens 100 mg/l), bei günstiger Temperatur und einem ausreichenden Sauerstoffgehalt eine erhebliche Vermehrung stattfinden kann (ROLLE und MAYR, 1993; GAREIS, 1995). In Einstreu, Gülle, Fischmehl und Erde überleben sie je nach Temperatur und Austrocknungsgrad bis zu mehreren hundert Tagen. Je trockener das Material ist, um so höher sind auch die Überlebenszeiten, die unter geeigneten Bedingungen

Jahre betragen können. Während Salmonellen bei Temperaturen um -1 bis $3\text{ }^{\circ}\text{C}$ in Frischfleisch etwa zwei Wochen nachweisbar sind, zeigen sie sich gegen Tiefgefrieren resistent und können in tiefgefrorenem Fleisch mehrere Jahre überleben (GAREIS, 1995).

Gegenüber Hitze sind Salmonellen relativ empfindlich (LE MINOR, 1984; KRÄMER, 1992). Sie sterben bei $55\text{ }^{\circ}\text{C}$ nach einer und bei $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ nach einer halben Stunde ab, wobei ihre Widerstandsfähigkeit mit zunehmender Trockenheit steigt.

Salmonellen, die sich in handelsüblichen Futtermitteln befinden, werden bei der Herstellung von Pressfutter unter Dampfeinwirkung (Heißpelletierung) fast vollständig vernichtet (ROLLE und MAYR, 1993). Salmonellen tolerieren pH-Werte im Bereich 4 bis 9, wobei das Optimum bei pH 6,5 bis 7,5 liegt.

Durch gebräuchliche Desinfektionsmittel (Desinfektionsmittelliste der DVG) werden Salmonellen in wenigen Minuten inaktiviert, sofern sie nicht durch einhüllende Stoffe wie Kot und Schleim geschützt sind (ROLLE und MAYR, 1993; WALDMANN und PLONAIT, 1997).

2.3 Epidemiologische Einteilung der Salmonellen

Bakterien der Gattung *Salmonella* sind als wichtige Erreger von Infektionskrankheiten bei Mensch und Tier seit geraumer Zeit bekannt. Es ist jedoch unzureichend von Salmonellen schlechthin zu sprechen, da die Gesetzmäßigkeiten ihrer Ausbreitung in Nutztierbeständen sowie ihre Bedeutung als Zoonoseerreger differenziert betrachtet werden müssen. Hinsichtlich ihrer epidemiologischen Eigenschaften empfiehlt sich eine Einteilung in die folgenden drei Gruppen (MEYER et al., 1993; BLAHA, 1993; SANDER, 1993; SELBITZ, 2002):

A) Epidemisch vorkommende, speziesadaptierte Serovare

- | | |
|---|---------|
| • <i>S. Typhi</i> u. <i>S. Paratyphi</i> | Mensch |
| • <i>S. Choleraesuis</i> u. <i>S. Typhisuis</i> | Schwein |
| • <i>S. Gallinarum-pullorum</i> | Huhn |
| • <i>S. Abortusequi</i> | Pferd |
| • <i>S. Abortusovis</i> | Schaf |

Die tieradaptierten Serovare dieser Gruppe stellen in der Regel keine Gefahr für die menschliche Gesundheit dar, können aber bei der betroffenen Nutztierspezies hohe ökonomische Verluste verursachen.

B) **Endemisch vorkommende**, nicht speziesadaptierte Serovare

S. Typhimurium

S. Enteritidis

Diese Gruppe besitzt durch den Eintrag in die Lebensmittelkette die größte Bedeutung für die menschliche Gesundheit. Die als hochvirulent einzustufenden Erreger können bei Mensch und Tier zu schweren gastroenteritischen oder typhlocolitischen Erkrankungen führen.

C) **Sporadisch vorkommende**, nicht speziesadaptierte Serovare

- S. Agona
- S. Infantis
- S. Saintpaul
- S. Manhattan
- S. Thompson u.a.m.

Die Serovare dieser Gruppe sind als humanpathogen einzustufen. Aus epidemiologischer Sicht ist ihre Bedeutung für den Menschen aufgrund ihres sporadischen Vorkommens jedoch als eher gering einzuschätzen. Bei den verschiedenen Tierarten verursachen sie keine oder nur geringe klinische Erkrankungen. Sie bleiben meist auf einen Bestand beschränkt und sind durch entsprechende veterinärhygienische Maßnahmen zu bekämpfen.

2.4 Salmonelleninfektion und Salmonellose des Menschen

Klinisch und ätiologisch lassen sich die Salmonellosen des Menschen in zwei Gruppen einteilen:

1. Typhöse Salmonellosen, die durch die humanadaptierten Serovare *S. Typhi* und *S. Paratyphi* A, B und C sowie *S. Sendai* hervorgerufen werden und in Form einer Allgemeininfektion verlaufen,
2. Gastroenteritische Salmonellosen, die durch nicht speziesadaptierte Serovare hervorgerufen werden und beim Menschen die Symptome eines Brechdurchfalls verursachen (BISPING und AMTSBERG, 1988; SANDER, 1993; SELBITZ, 2002).

Während die Enteritis-Salmonellen (Bakterien der Gattung *Salmonella*, Spezies und Subspezies *enterica* mit Ausnahme der Serovare *Typhi* und *Paratyphi*) den Zoonoseerregern zugerechnet werden, spielen die Serovare *S. Typhi*, *S. Paratyphi* und *S. Sendai* fast ausschließlich im Infektionsgeschehen des Menschen eine Rolle und bleiben bei den folgenden Ausführungen unberücksichtigt (SANDER, 1993; SELBITZ et al., 1995; SELBITZ und BISPING, 1995; STEINBACH und HARTUNG, 1999).

2.4.1 Vorkommen und Übertragung

Bakterien der Gattung *Salmonella* Spezies und Subspezies *enterica* mit Ausnahme der Serovare *Typhi* und *Paratyphi* sind weltweit verbreitet und stellen häufige Erreger von Durchfallerkrankungen des Menschen dar. Aufgrund ihrer Meldepflicht nach §7 des Infektionsschutzgesetzes konnten im Jahr 2002 insgesamt 72.377 Erkrankungsfälle registriert werden (ROBERT-KOCH-INSTITUT, 2003). Hohe Dunkelziffern infolge nicht diagnostizierter oder nicht gemeldeter Erkrankungen lassen jedoch darauf schließen, dass es sich hierbei um lediglich ca. 10 % aller auftretenden Fälle handelt (KOCH et al., 2002; MEHNERT et al., 2001; SANDER, 1993). Die Anzahl der dokumentierten Salmonellenerkrankungen ist seit 1992 rückläufig (MEHNERT et al., 2001). Diese Tendenz setzte sich auch im Jahr 2002 mit einem Rückgang um 6 % im Vergleich zum Vorjahr fort (ROBERT-KOCH-INSTITUT, 2003). Den

größten Stellenwert unter den nachgewiesenen Serovaren der Enteritis-Salmonellose nehmen, wenn auch mit territorial und zeitlich sehr schwankendem Spektrum, *S. Enteritidis* und *S. Typhimurium* ein (SELBITZ, 1992; MEYER, 1993). Im Jahr 2002 dominierte unter den gemeldeten Erregernachweisen *S. Enteritidis* mit 75 %. Der auf *S. Typhimurium* zurückzuführende Anteil der Erkrankungen lag bei 19 %, andere Serovare hatten quantitativ kaum eine Bedeutung (ROBERT-KOCH-INSTITUT, 2003).

Die Übertragung der Enteritis-Salmonellen erfolgt überwiegend durch den Verzehr kontaminierter Lebensmittel. Konsumier und Rohfleisch stellen dabei die häufigste Ursache von Infektionen dar. Obwohl eine Übertragung von Mensch zu Mensch bekannt ist, spielt diese nur eine untergeordnete Rolle und ist vor allem im Kleinkindesalter oder unter schlechten hygienischen Bedingungen von Bedeutung (ROLLE und MAYR, 1993; SELBITZ et al., 1995; STEINBACH und KROELL, 1999; KOCH et al., 2002). Auch latent infizierte Haustiere (Hunde, Katzen, Kaninchen, Meerschweinchen, Ziervögel) können zum Ausgangspunkt von Infektionen werden, solche Fälle sind jedoch selten (BECKER et al., 1996).

Vom Tier stammende Lebensmittel stellen in etwa 70 % der Fälle die Ursache für das Auftreten menschlicher Salmonellosen dar (MEYER und TEUFEL, 1998). Ihre Kontamination erfolgt entweder primär bei der Entstehung oder sekundär im Verlauf der Gewinnung, Be- und Verarbeitung sowie bei der Abgabe an den Verbraucher. Dabei besteht die Gefahr einer primären Kontamination immer dann, wenn das lebende Tier selbst infiziert ist und zum Ausgangspunkt für den Eintrag von Salmonellen in die Lebensmittelkette werden kann (SELBITZ, 1992). Häufig reicht aber diese primäre Kontamination für die Auslösung einer Erkrankung nicht aus, so dass zunächst eine Vermehrung der Erreger im Lebensmittel stattfinden muß (SELBITZ et al., 1995; MEYER, 1999). Begünstigt wird diese insbesondere durch unsachgemäße Temperatur/Zeit-Beziehungen fehlende oder unzureichende Kühlung, unangemessen lange Warmhalteperioden im kritischen Temperaturbereich von 10 bis 65 °C sowie durch eine ungenügende Erhitzung von bereits vorerhitzten und wieder abgekühlten Speisen (BRYAN, 1988). Eine größere Bedeutung kommt jedoch der Kontamination primär salmonellenfreier Lebensmittel zu, die erst bei der Zubereitung durch salmonellenbehaftete Gegenstände oder durch salmonellenkontaminiertes Wasser verunreinigt werden (BECKER et al., 1996).

Während *S. Enteritidis* überwiegend durch Geflügelfleisch und Eier in die Lebensmittelkette

eingetragen wird, steht bei *S. Typhimurium* das vom Rind oder Schwein stammende Fleisch im Vordergrund (KÜHN, 1993; HARTUNG, 1993; SELBITZ et al., 1995). Wieviel menschliche Erkrankungen ihren Ursprung letztlich in der Schweineproduktion haben, ist nicht bekannt. Berechnungen von STEINBACH und HARTUNG (1999) lassen jedoch darauf schließen, dass ca. 20% der lebensmittelbedingten Salmonellosen auf das Schwein zurückzuführen sind.

2.4.2 Pathogenese und Klinik

Voraussetzung für die Entstehung einer Salmonellose ist die orale Aufnahme einer minimalen infektiösen Dosis, die für eine gesunde Person mittleren Alters mit 10^5 - 10^6 lebenden Keimen angegeben wird (SELBITZ et al., 1995; MERKBLATT FÜR ÄRZTE, 1997). Ältere Menschen und Kleinkinder benötigen meist weniger Erreger für die Auslösung einer Erkrankung. Verantwortlich hierfür ist in der Regel eine verminderte Abwehr des Makroorganismus. Während ein Großteil der Salmonellen je nach pH-Wert und Verweildauer aufgrund ihrer Säureempfindlichkeit bei der Passage durch den Magen abgetötet wird, führt die geringere Säureproduktion bei Kleinkindern und älteren Menschen zu einer Reduzierung der minimalen Infektionsdosis (SANDER, 1993; SELBITZ et al., 1995; MEYER, 1999). Aber auch die Einbettung der Erreger in fettreiche Nahrung sowie die Einnahme von Medikamenten (Antazida, H_2 -Antagonisten), die eine verminderte Magensäureproduktion zur Folge haben, können die Überlebensrate der Salmonellen erhöhen (SELBITZ et al., 1995; MEYER, 1999). Neben der Magensäureproduktion beeinflusst auch die Darmflora die Infektionsdosis. Während die physiologische Darmflora einer Infektion entgegenwirkt, begünstigen Veränderungen (unzureichende Ausbildung bei Neugeborenen, Störungen infolge antibiotischer Langzeittherapien) eine Ansiedlung der Erreger (SELBITZ et al., 1995).

Sowohl die Keimzahl wie auch das Immunsystem entscheiden letztlich maßgeblich über den Krankheitsverlauf (SANDER, 1993; SELBITZ et al., 1995). Unterbinden die infolge einer Immunreaktion gebildeten sekretorischen IgA eine Anheftung der Erreger an die Darmmukosa, bleibt die betroffene Person gesund. Die mit diesem Effekt meist einhergehende Langzeitausscheidung der Erreger stellt dabei eine, wenn auch nur geringe aber ständige Infektionsgefahr für die Menschen in der Umgebung dar (NEUTRA und KRAEHNBUHL, 1994). Gelingt es den Erregern jedoch, in die Mukoszellen der Darmwand einzudringen, führen örtliche Entzündungsreaktionen, die Produktion von Exsudat, die Sekretion von Elektrolyten

in das Darmlumen sowie eine Kontraktion der glatten Muskulatur zu den Symptomen einer gastroenteritischen Salmonellose (SANDER, 1993). Nach kurzer Inkubationszeit (18 Stunden bis drei Tage) treten Magen-Darm-Störungen mit Erbrechen, Durchfall und hohem Fieber auf. Die Erkrankung setzt plötzlich ein und dauert in der Regel nur wenige Tage (SANDER, 1993; SELBITZ et al., 1995; BECKER et al., 1996). Die Letalität ist bei unkompliziertem Verlauf gering. Gefährdet sind jedoch Kleinkinder, alte und immungeschwächte Menschen, bei denen Übergänge zu bakteriämischen Verlaufsformen beobachtet werden und Todesfälle eintreten können (SANDER, 1993; SELBITZ et al., 1995; BECKER et al., 1996; MEYER, 1999; KOCH et al., 2002). Gründe hierfür liegen vor allem in einem inkompetenten oder supprimierten Immunsystem, wodurch es dem Endoretikulären System von Leber, Milz und Knochenmark nicht gelingt, die Bakterien zu eliminieren (SANDER, 1993; SELBITZ et al., 1995). Des Weiteren können in Organen mit verminderter Abwehr lokalisierte Entzündungsreaktionen wie Osteomyelitis, Arthritis, Endokarditis, Perikarditis, Meningitis und Pneumonie auftreten (SANDER, 1993; SELBITZ et al., 1995; BECKER et al., 1996). Die Ausscheidung der Erreger mit dem Stuhl ist bei komplikationslosem Verlauf nach wenigen Tagen, spätestens aber nach zwei bis drei Wochen abgeschlossen. Eine Ausnahme stellen häufig Kleinkinder und ältere Personen dar, die häufig die Erreger länger ausscheiden. Können die Keime länger als ein Jahr im Stuhl nachgewiesen werden, wird von Dauerausscheidern gesprochen, was seuchenrechtliche Konsequenzen zur Folge haben kann (SANDER, 1993).

2.5 Salmonelleninfektion und Salmonellose des Schweins

Bei den Salmonellose-Erkrankungen des Schweins muß zwischen Infektionen mit speziesadaptierten (*S. Choleraesuis*, *S. Typhisuis*) und nicht speziesadaptierten Serovaren (*S. Typhimurium* u.a.) unterschieden werden.

Infektionen mit *S. Choleraesuis* verursachen aufgrund ihrer meist septikämischen Verlaufsformen schwere wirtschaftliche Verluste. Sie zählen in den USA und in Kanada zu den wirtschaftlich bedeutendsten bakteriellen Infektionen der Schweine (REED et al., 1986; KRAMER, 1995) und spielten bis zu der Einführung von Impfmaßnahmen auch in der ehemaligen DDR eine große Rolle (SCHÖLL, 1982). *S. Typhisuis*-Infektionen hingegen sind selten. Die Erkrankung beschränkt sich in der Regel auf bestimmte Bestände, in denen sie

aber durch hartnäckigen Befall hohe wirtschaftliche Verluste bei Ferkeln verursachen kann (ROLLE und MAYR, 1993; SELBITZ et al., 1995). Sowohl *S. Choleraesuis* wie auch *S. Typhisuis* haben in Deutschland heute nur wenig Bedeutung (BAUER und HÖRMANSDORFER, 1995).

Durch nicht speziesadaptierte Serovare ausgelöste, klinisch manifeste Erkrankungen sind vor allem nach Infektionen mit *S. Typhimurium* zu beobachten. Obwohl enterokolitische Verlaufsformen die Regel sind, können schwere septikämische Erkrankungen vor allem bei Absetzferkeln und Mastschweinen hervorgerufen werden. Aber auch *S. Anatum*, *S. Derby*, *S. Heidelberg*, *S. Newport* und *S. Saintpaul* werden, wenn auch seltener, bei klinischen Erkrankungen isoliert (BAUER und HÖRMANSDORFER, 1995).

Meist bleiben die Infektionen mit nicht speziesadaptierten Serovaren jedoch latent. Diese Tatsache verleiht den Erregern insbesondere im Rahmen der Lebensmittelhygiene eine entscheidende Bedeutung, da infizierte Tiere aufgrund fehlender klinischer Symptome eine ständige Infektionsquelle für den Menschen darstellen (BLAHA, 1993; SCHWARTZ, 1999; WALDMANN und PLONAIT, 1997; SELBITZ, 2002).

Die höchsten Nachweisraten beim Schwein erzielte in den letzten Jahren *S. Typhimurium* (74 %), gefolgt von *S. Derby* (ca. 6%). Von Bedeutung waren weiterhin *S. Infantis*, *S. Enteritidis*, *S. London* und *S. Livingstone* (HELMUTH et al., 2002). Im Jahr 2001 fielen etwa zwei Drittel der mit Hilfe kultureller Methoden ermittelten und an das Robert-Koch-Institut gemeldeten Nachweise auf *S. Typhimurium*. *S. Enteritidis* wurde hingegen nur in Einzelfällen isoliert (HARTUNG, 2002).

2.5.1 Pathogenese porziner Salmonellosen

Das klinische Erscheinungsbild der porzinen Salmonellose ist vielfältig und wird durch zahlreiche, die Pathogenese beeinflussenden Faktoren bestimmt. Eine entscheidende Rolle kommt hierbei insbesondere dem Serovar, seiner Virulenz, der Infektionsdosis, dem Infektionsweg und der Resistenzsituation des Wirtes zu (DEDIÉ et al., 1993; SCHWARTZ, 1999).

Während *S. Typhisuis* aufgrund seiner hohen Virulenz nicht zwingend Hilfsursachen für die Auslösung einer Erkrankung benötigt, werden klinische Salmonellosen bei den nicht speziesadaptierten Serovaren, aber auch bei *S. Choleraesuis* häufig im Zusammenhang mit resistenz-

mindernden Faktoren beobachtet (ROLLE und MAYR, 1993; SELBITZ et al., 1995; SCHWARTZ, 1999). Ein schlechter Gesundheitszustand, mangelnde Betriebshygiene, Überbelegungen der Buchten sowie die Umgruppierung von Tieren, Futterumstellungen und ein mangelhaftes Stallklima fördern dabei die Ausbildung klinisch manifester Erkrankungen und vermögen die Infektion über längere Zeiträume im Bestand aufrecht zu erhalten (SCHWARTZ, 1991).

Obwohl Salmonella-Infektionen bei Schweinen jeden Alters auftreten können, erkranken bevorzugt Tiere im Zeitraum vom Absetzen bis hin zum dritten bis vierten Lebensmonat. Gründe hierfür liegen möglicherweise in der mangelnden Ausbildung einer physiologischen Darmflora (CLARKE und GYLES, 1993; WALDMANN und PLONAIT, 1997). Besonders gefährdet sind Tiere direkt nach dem Absetzen. Der durch Umstallung, Klima- und Futterwechsel hervorgerufene Stress führt zur Freisetzung von Katecholaminen. Folge ist eine herabgesetzte Magensäureproduktion und der Anstieg des pH-Wertes, wodurch die Abtötung der Salmonellen bei ihrer Passage durch den Magen reduziert wird (SELBITZ et al., 1995; SCHWARTZ, 1999).

Auch bei Saugferkeln können Infektionen nachgewiesen werden. Sie erkranken jedoch selten. Die Ursache hierfür liegt möglicherweise in einer Übertragung maternaler Antikörper, die als Reaktion auf eine Infektion der Sau ante partum oder infolge einer Impfung gebildet werden (WILCOCK et al., 1976; DAHL et al., 1997b).

Die Infektion mit Salmonellen erfolgt in der Regel oral. In selteneren Fällen ist aber auch ein aerogener oder konjunktivaler Übertragungsmodus möglich (BLAHA, 1993; BAUER und HÖRMANSDORFER, 1995).

Die Infektionsdosis, die für die Auslösung einer klinisch manifesten Erkrankung beim Schwein benötigt wird, ist zum einen vom Serovar und seiner Virulenz und zum anderen von der Resistenzlage des Tieres abhängig. Experimentell ermittelte Zahlen setzen eine Aufnahme von über 10^7 Keimen voraus. SCHWARTZ (1999) weist jedoch darauf hin, dass die Infektionsdosis unter Praxisbedingungen wahrscheinlich geringer ist, da resistenzmindernde Faktoren die Infektion begünstigen können. Auch geringe Infektionsdosen können bei hohen pH-Werten im Magen oder einer geschädigten Darmflora letztlich zu klinischen Erkrankungen führen.

Nach der oralen Aufnahme und der sich anschließenden Passage durch den Magen, heften sich die Erreger an das Darmepithel und dringen in die Enterozyten der Zottenspitzen von

Ileum und Kolon ein. In einer Vakuole erfolgt der Transport in die Lamina propria, in der sie von Makrophagen und neutrophilen Granulozyten phagozytiert werden und entzündliche Reaktionen sowie Thrombosen in den Gefäßen hervorrufen. Des Weiteren erfolgt eine Ansammlung von polymorphkernigen Granulozyten im Darmlumen sowie in den Peyerschen Platten, wo ebenfalls Salmonellen nachgewiesen werden können. Die Degeneration der Enterozyten, die Verkürzung der Mikrovilli, eine verstärkte Sekretion der Becherzellen sowie die entzündliche Reaktion in der Lamina propria führen zu dem Bild der typhlokolitischen Salmonellose. Der hierbei auftretende Durchfall ist die Folge einer vermehrten Flüssigkeits- und Elektrolytansammlung im Darmlumen, die durch Malabsorption und einer vermehrten Durchlässigkeit der Darmwand aufgrund von Gefäßschäden hervorgerufen wird. Zusätzlich bewirken Endotoxine der Salmonellen die Sekretion von Elektrolyten und Flüssigkeit durch Aktivierung des Adenylat-Cyclase-Systems (CLARKE und GYLES, 1993; SELBITZ et al., 1995). Gelingt es den Salmonellen, die Darmwand zu passieren, gelangen sie zunächst in die regionalen Lymphknoten. Von dort aus werden sie über die Lymph- und Blutgefäße transportiert und sammeln sich vorwiegend im Endoretikulären System von Leber und Milz an. Durch die Freisetzung von Endotoxinen werden systemische Effekte wie Fieber und Gefäßschäden mit Thrombose hervorgerufen. Bleibt eine Eindämmung der Infektion durch das Immunsystem aus, treten septikämische Verlaufsformen mit Ansiedlung der Salmonellen in einzelnen Organen auf (CLARKE und GYLES, 1993).

2.5.2 Klinik porziner Salmonellosen

Bei dem klinischen Bild der porzinen Salmonellose kann zwischen einer septikämischen und einer typhlokolitischen Verlaufsform unterschieden werden (WALDMANN und PLONAIT, 1997).

Septikämische Verlaufsform

Septikämische Verlaufsformen treten infolge einer Infektion mit *S. Choleraesuis* vor allem bei Schweinen im Alter von vier bis 16 Wochen auf. Saugferkel und Tiere über 50 kg erkranken selten (BAUER und HÖRMANSDORFER, 1995; SELBITZ et al., 1995; WALDMANN UND PLONAIT, 1997). Nach oraler Aufnahme der Erreger und einer Inkubationszeit von 24 bis 48 Stunden fallen Fieber, Apathie und Inappetenz auf (BAUER und HÖRMANSDORFER, 1995; WALDMANN

und PLONAIT, 1997; SCHWARTZ, 1999). Die Tiere sind matt und liegen aufgrund eines erhöhten Wärmebedürfnisses dicht gedrängt in den Ecken der Buchten. Charakteristisch ist eine blaurote Verfärbung der Ohrmuscheln, die sich nach kurzer Zeit auch an Rüsselscheibe, Unterbauch und Extremitäten zeigt. Die Mortalität ist in solchen Fällen hoch. Erste Todesfälle treten nach zwei bis vier Tagen ein (WALDMANN und PLONAIT, 1997; SCHWARTZ, 1999). Begleitet wird der akute Verlauf häufig durch das Auftreten von Pneumonien, die durch eine flache Atmung und eine expiratorische Dyspnoe gekennzeichnet sind. Nach drei bis vier Tagen setzt bei überlebenden Schweinen häufig wässrig gelbe Diarrhoe ein.

Schweine, die die akute Phase der Septikämie überleben, weisen häufig lokalisierte Entzündungsreaktionen wie Pneumonie, Hepatitis, Enterokolitis oder gelegentlich auch Meningoenzephalitis auf (SCHWARTZ, 1999).

Typhlokolitische Verlaufsform

Die typhlokolitische Salmonellose manifestiert sich in der Regel vom Zeitpunkt des Absetzens bis zu einem Alter von vier Monaten. Ursache ist fast immer eine Infektion mit nicht speziesadaptierten Salmonella-Serovaren. Während der Nachweis von *S. Typhimurium* bei dieser Verlaufsform dominiert, weisen andere Serovare bezüglich ihres Vorkommens geographische und zeitliche Unterschiede auf. In seltenen Fällen wird auch eine Infektion mit *S. Choleraesuis* bei der enterokolitischen Verlaufsform beschrieben.

Charakteristisch ist das Auftreten von intermittierender Diarrhoe für jeweils etwa drei bis vier Tage. Der Kot ist wässrig gelb und kann mit fortschreitendem Krankheitsverlauf auch Blutbeimengungen enthalten. Betroffene Tiere zeigen Fieber und Inappetenz. Starke Durchfälle rufen eine zusätzliche Dehydratation und Hypokalzämie hervor. Auffällig ist, dass nach dem Auftreten von klinischen Symptomen bei einzelnen Tieren innerhalb weniger Tage eine Ausbreitung auf ganze Buchten beobachtet werden kann. Die Mortalität der typhlokolitischen Verlaufsform ist gering. Meist tritt eine vollständige klinische Genesung ein, wobei eine intermittierende Erregerausscheidung bis zu fünf Monaten möglich ist. Vereinzelt bleiben Tiere aufgrund ihres Kräfteverfalls jedoch Kümmerer (ROLLE und MAYR, 1993; SELBITZ et al., 1995; WALDMANN und PLONAIT, 1997; SCHWARTZ, 1999). Als Folgeerscheinungen chronischer Salmonellosen kommt es bei Läuferschweinen gelegentlich zu Rektumstenosen, die durch Narbenbildung nach Schädigung periproktaler Gefäße hervorgerufen werden

(WALDMANN und PLONAIT, 1997; SCHWARTZ, 1999). Pathologisch-anatomisch lassen sich katarrhalische, zum Teil fibronekrotische Entzündungen des Kolons feststellen. Selten sind auch chronisch-ulzerierende Prozesse erkennbar.

Anhand der klinischen und pathologischen Befunde ist eine eindeutige Diagnose jedoch nicht möglich. Die Vielzahl verschiedener Krankheitsbilder erfordert die Berücksichtigung differentialdiagnostisch in Frage kommender Erkrankungen sowie einen labor diagnostischen Erregernachweis.

2.5.3 Latente Salmonelleninfektion und Erregerpersistenz

Von den klinisch manifesten Erkrankungen der Schweine ist die latente Salmonelleninfektion zu unterscheiden. Sie wird vorwiegend durch nicht speziesadaptierte Serovare ausgelöst und stellt die heute am häufigsten auftretende Form dar. Von besonderer Bedeutung ist hierbei, dass infizierte Tiere den Erreger ohne eine klinische Symptomatik ausscheiden und unerkant eine ständige Infektionsquelle für Mensch und Tier darstellen können (ROLLE und MAYR, 1993; GAREIS, 1995).

Ein Grund für die latente Salmonelleninfektion ist nach GAREIS (1995) auch das Phänomen der biologischen Konvergenz. Salmonellen töten hiernach ihren Wirt nicht ab, um die Ausbreitung der Keimart zu sichern.

Die subklinische Infektion entwickelt sich häufig aus einem Zusammenspiel verschiedener Faktoren. Hierbei stehen insbesondere die Art des Serovars, das Alter des Tieres sowie die Erregerdosis im Vordergrund. Einige Serovaren neigen mehr als andere dazu, subklinisch verlaufende Infektionen zu verursachen. Des Weiteren scheiden junge Tiere die Erreger meist nur während der Genesung aus, während ältere Tiere hingegen häufiger zu chronischen Ausscheidern werden. Aber auch die Aufnahme einer geringen, für die Auslösung einer Erkrankung unzureichenden Erregermenge kann zu einer andauernden, subklinischen Infektion führen (CLARKE und GYLES, 1993). Nach DEDIÉ et al. (1993) führt die Aufnahme geringer Keimzahlen (10^3 - 10^5) nur zu einer vorübergehenden Haftung der Erreger im Darm und einer damit verbundenen Ausscheidung über den Kot. Höhere Infektionsdosen (10^7 - 10^9) können jedoch eine langanhaltende Dauerausscheidung hervorrufen, die nur vereinzelt vom Auftreten klinischer Symptome begleitet wird.

GRAY et al. (1995) untersuchten weiterhin den Einfluß der Inokulationsroute auf den Trägerstatus von experimentell mit *S. Choleraesuis* infizierten Schweinen. Innerhalb der ersten sechs Wochen nach Infektion dominierte der Nachweis salmonellenpositiver Gewebeproben bei Tieren mit intranasaler Inokulation. Nach zwölf Wochen konnte jedoch kein Unterschied zwischen den intranasal und oral infizierten Versuchsgruppen mehr festgestellt werden. Unabhängig von der Inokulationsroute wurde *S. Choleraesuis* vor allem aus der Ileoazäkalklappen den ileoazäkalen Lymphknoten, dem Zäkuminhalt sowie aus Tonsillen, Lunge und Kolon isoliert. Beide Versuchsgruppen schieden die Erreger über zwölf Wochen sporadisch aus, so dass der Infektionsstatus über den Versuchszeitraum erhalten blieb. Unterschiede bezüglich der ausgeschiedenen Erregermenge konnten lediglich zu Beginn der Untersuchung festgestellt werden, wobei die nachgewiesenen Keimzahlen im Kot der intranasal infizierten Tiere höher waren.

WOOD et al. (1998) konnten in einer Studie zeigen, dass die bei sechs bis acht Wochen alten Schweinen experimentell hervorgerufene Infektion mit *S. Typhimurium* bis zum Schlachtag persistierte. Während in der ersten Woche nach der Infektion der Erregernachweis in zahlreichen Organen gelang, beschränkte sich die Erregerpersistenz im weiteren Verlauf auf die Tonsillen, den Intestinaltrakt sowie auf die angrenzenden Lymphknoten. Anhand dieser Ergebnisse kamen WOOD et al. (1998) zu der Annahme, dass andere Organe und Gewebe keinen Einfluß auf die Erregerpersistenz haben. MARG et al. (2001) hingegen isolierten die Erreger nach experimenteller Infektion mit *S. Typhimurium* DT104 überwiegend aus Zäkum und ileoazäkalen Lymphknoten. Tonsillen und Mandibularlymphknoten spielten hinsichtlich der Erregerpersistenz nur eine untergeordnete Rolle. Möglicherweise führten hierbei die spezifischen Eigenschaften des jeweils verwendeten Erregerstamms zu unterschiedlichen Ergebnissen.

Es ist jedoch unbestritten, dass Stressfaktoren wie Überbelegung, Geburt, Transport oder Mängel in der Fütterung die Ausscheidung der Salmonellen fördern. Ebenso können Infektionen mit anderen Erregern sowie die Unterdrückung des Immunsystems durch die Verabreichung von Kortikosteroiden diesen Effekt begünstigen (CLARKE und GYLES, 1993; SCHWARTZ, 1999).

Nach WRAY und SOJKA (1977) lassen sich grundsätzlich drei Arten von Keimträgern unterscheiden:

- A) „**aktive Ausscheider**“, die meist infolge einer klinisch manifesten Erkrankung den Erreger über Monate und Jahre ausscheiden,

- B) „**passive Ausscheider**“, welche die Salmonellen aufnehmen und nach der Passage des Magen-Darm-Traktes wieder ausscheiden, ohne dass es zu einer Besiedlung der Mesenterilallymphknoten kommt. Werden die passiven Ausscheider aus ihrer kontaminierten Umwelt entfernt, ist die Ausscheidung meist innerhalb kurzer Zeit beendet,

- C) „**latente Träger**“, in deren inneren Organen die Salmonellen persistieren, aber nicht ständig mit dem Kot ausgeschieden werden (intermittierende Ausscheidung).

Über die Mechanismen, die für die Entwicklung und Aufrechterhaltung der Erregerpersistenz verantwortlich sind, ist derzeit nur wenig bekannt (ROOF et al., 1992; FEDORKA-CRAY, 1997). Es ist jedoch anzunehmen, dass die Fähigkeit der Salmonellen, als intrazelluläre Parasiten zu überleben, in diesem Zusammenhang eine wesentliche Rolle spielt. Auf diese Weise bleiben sie den körpereigenen Abwehrmechanismen verborgen.

Nach ISAACSON und KINSEL (1992) könnte für die Erregerpersistenz auch eine anhaltende Kolonisation der Mukosaoberfläche im Intestinaltrakt verantwortlich sein, die durch eine fortlaufende fäkal-orale Reinokulation oder durch eine adhäsionsvermittelte Bindung an das Epithel aufrecht erhalten bleibt. Diskutiert wird auch der Einschluß der Salmonellen in eine Wirtszelle mit anschließender Freigabe.

2.5.4 Immunologische Grundlagen

Kenntnisse über die Abwehrmechanismen des Organismus sind für die Immunprophylaxe sowie für die Diagnostik von großem Interesse (SELBITZ et al., 1995).

Die Immunabwehr gegen Salmonelleninfektionen ist unabhängig vom Krankheitsverlauf und keinesfalls an septikämische Krankheitsformen gebunden. Sie entwickelt sich ebenso, wenn

auch in abgeschwächter Form, während der Kolonisation der Darmmukosa, des Eindringens in die Mukosazellen sowie im Rahmen der Erregervermehrung in den parenchymatösen Organen (COLLINS, 1993).

Während eine Vielzahl pathogener Erreger nach ihrem Eindringen in die Mukosa gefolgt von lokalisierten Entzündungsreaktionen durch Makrophagen abgetötet werden, verkomplizieren sich die Abwehrmechanismen bei den Salmonellen aufgrund ihrer fakultativ intrazellulären Lebensweise. Die Fähigkeit, innerhalb von Abwehrzellen zu überleben und sich zu vermehren, macht sie für das Immunsystem weitgehend unzugänglich und schützt sie vor der Zerstörung mittels oxidativer und nicht-oxidativer Mechanismen (COLLINS, 1993; HELMUTH, 1993).

Als erste Reaktion auf eine Infektion erfolgt die Aktivierung des unspezifischen Abwehrsystems. Hierbei übernehmen die unspezifischen Abwehrzellen die Präsentation der Antigene und induzieren die Bildung von Antikörpern in den B-Lymphozyten. Neben den verschiedenen Immunglobulinklassen kann je nach Funktionsort zwischen zirkulierenden und sekretorischen Antikörpern unterschieden werden. Letztere spielen vor allem bei lokalen Prozessen im Magen-Darmtrakt eine Rolle. Die von den Plasmazellen der Mukosa gebildeten sekretorischen Antikörper (IgA) binden an die Oberflächenkomponenten der Mikroorganismen und vermögen auf diese Weise die Adhäsion sowie die Penetration in intestinale Epithelzellen zu behindern (CLARKE und GYLES, 1993). IgA ist ab einer Woche nach Infektionsbeginn nachweisbar und erreicht die höchste Konzentration in der dritten Woche post infectionem (ROLLE und MAYR, 1993).

Eine weitaus größere Bedeutung kommt nach SELBITZ et al. (1995) der zellvermittelten Abwehr zu. Durch die Vermehrung der Salmonellen in den Wirtsgeweben wird die Bildung von $CD4^+$ - und $CD8^+$ -Zellen stimuliert, welche den T-Helfer- und den zytotoxischen T-Zell-Subpopulationen angehören und spezifische Rezeptoren für die Antigenerkennung tragen. Die sensibilisierten T-Zellen setzen Lymphokine wie Interleukine und Interferone sowie den Tumornekrosefaktor frei und lösen so eine Aktivierung der Makrophagen aus (SELBITZ et al., 1995).

Es bleibt jedoch festzuhalten, dass die Immunabwehr vielschichtig ist und Unterschiede zwischen den einzelnen Individuen bestehen. Die Ursache hierfür ist vor allem in der genetischen Varianz zu suchen (CLARKE und GYLES, 1993).

Der Immunstatus der Tiere bietet aber letztlich nur einen partiellen Schutz gegen eine Reinfektion mit derselben Salmonellenspezies. Mit einem belastbaren, heterologen Schutz unter den verschiedenen Serovaren ist trotz des Vorkommens von Kreuzreaktionen nicht zu rechnen (CLARKE und GYLES, 1993; ROLLE und MAYR, 1993).

2.5.5 Vorkommen von Salmonellen in unterschiedlichen Produktionsstufen

Im Rahmen einer Studie des Bundesinstituts für gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin, des Instituts für epidemiologische Diagnostik der Bundesforschungsanstalt für Viruskrankheiten der Tiere und der Außenstelle für Epidemiologie Bakum, der Tierärztlichen Hochschule Hannover wurden Kotproben und Lymphknoten von insgesamt 11942 Schlachtschweinen aus sieben über **Deutschland** verteilten Schlachthöfen bakteriologisch untersucht (KÄSBOHRER et al., 1997). Parallel hierzu wurde von allen Tieren Fleischsaft gewonnen, welcher mittels serologischer Methoden auf das Vorhandensein von Salmonellenantikörpern getestet wurde (PROTZ et al., 1997). Insgesamt 745 (6,25 %) Tiere wiesen im Rahmen der bakteriologischen Untersuchung in mindestens einer Probe Salmonellen auf. Da jedoch davon ausgegangen werden muß, dass nicht alle Schweine, die Salmonellen beherbergen, auch einen positiven Untersuchungsbefund hervorrufen, ist der wirkliche Anteil salmonelleninfizierter Tiere wesentlich höher einzuschätzen (KÄSBOHRER et al., 1997). Bei der serologischen Untersuchung mittels ELISA-Technik wiesen insgesamt 7,7 % der Tiere Antikörper gegen Salmonellen auf (PROTZ et al., 1997). STEINBACH und KROELL (1999) nehmen aufgrund dieser Studie an, dass in Deutschland etwa 85 % aller Schweinebestände salmonellenkontaminiert sind.

Untersuchungsergebnisse aus Deutschland zu dem EU-Projekt „Salmonella in Pork (Salinpork)“ geben im Gegensatz zu oben genannten Zahlen eine differenzierte Betrachtung der Salmonelleninfektionen in den einzelnen Produktionsstufen wieder. Im Rahmen der Untersuchung wurden 20 Zucht-, 20 Ferkelerzeuger- und 60 Mastbetriebe in Schleswig-Holstein serologisch untersucht, wobei 20 Blutproben von Sauen bzw. 50 Blutproben von Mastschweinen je Bestand entnommen wurden. Bei den Sauen aus Zuchtbetrieben konnte eine Seroprävalenz von 9,2 % ermittelt werden. Bei den Sauen aus Ferkelerzeugerbetrieben lag die Prävalenz bei 4,5 %, und von den untersuchten Mastschweinen reagierten 7,3 % der Tiere im ELISA positiv. Insgesamt wies in 50 % der Zuchtbetriebe, in 15 % der

Ferkelerzeugerbetriebe und in 28 % der Mastbetriebe mehr als ein Tier ein positives Ergebnis auf. Die zusätzlich in den Ferkelerzeugerbetrieben aus den Buchten der Absetzferkel entnommenen Kotproben lieferten in 10 % der Betriebe einen bakteriologischen Salmonellenachweis (ALTROCK et al., 2000).

Zu einem ähnlichen Ergebnis in Zuchtbetrieben kam auch SCHÖNING (1999), die mittels bakteriologischer Kotuntersuchungen in 52,8 % der Betriebe eine Infektion mit Salmonellen nachweisen konnte.

QUANTE (2000) untersuchte in Niedersachsen insgesamt 88 Zucht- und gemischte Betriebe hinsichtlich ihres Salmonellenvorkommens. Von den 2288 bei Sauen entnommenen Blutproben reagierten 153 (6,7 %) im ELISA (Cut-Off von 40 %) positiv. In 79 Betrieben waren weniger als 20 % der untersuchten Tiere, in sieben zwischen 20 und 40 % der Tiere und in zwei Betrieben mehr als 40 % der Tiere serologisch positiv.

Um den Eintrag von Salmonellen durch Schlachtschweine in die Lebensmittelkette abschätzen zu können, wurden Lymphknoten, Lebern und Gallenblasen von ca. 5000 Schweinen an einem Schlachthof in Nordrhein-Westfalen bakteriologisch untersucht. Insgesamt erwiesen sich zwischen 3 % und 15 % der Tiere und ca. 15 % der Betriebe als salmonellenbelastet (BLAHA, 1996).

CZERNY et al. (2001) untersuchten in Bayern 3048 Schlachtschweine aus insgesamt 52 Mastbetrieben mittels Fleischsaft-ELISA. Ein positiver Nachweis konnte bei 48 (1,6 %) Schlachtkörpern aus 12 (23,1 %) Betrieben erbracht werden. Allerdings stammten 33 der positiven Schlachtkörper aus einem Betrieb, in dem folglich über 40% der untersuchten Tiere Antikörper im Fleischsaft aufwiesen. In den 51 (98 %) anderen Betrieben waren jeweils weniger als 20 % der Tiere seropositiv.

In **Dänemark** ergab eine Studie, in der 13468 Kotproben von Schlachtschweinen aus 1363 Mastbetrieben auf das Vorkommen von Salmonellen bakteriologisch untersucht wurden, einen positiven Befund für insgesamt 832 (6,2 %) Tiere aus 302 (22,2 %) Betrieben (BAGGESEN et al., 1996). Im Rahmen serologischer Untersuchungen von Mastschweinen aus 96 Betrieben konnten STEGE et al. (2000) in 65,6 % der Betriebe mindestens eine positive Probe nachweisen. Die durchschnittliche Intraherdenprävalenz lag bei 2 %, den höchsten Salmonellenstatus erzielte ein Betrieb mit 32% positiv getesteten Tieren. Ebenfalls in Dänemark untersuchten KRANKER et al. (2001) 96 Ferkelerzeugerbetriebe über die Entnahme

von je 20 Blut- und 20 Kotproben. Salmonellen konnten in insgesamt 13 (19 %) Betrieben aus den Kotproben isoliert werden. Die Seroprävalenz lag bei 3,9 % positiver Sauen.

VAN DER WOLF et al. (1999a) untersuchten in den **Niederlanden** Schlachtschweine aus 306 Betrieben auf das Vorhandensein einer Salmonelleninfektion über die Entnahme frisch abgesetzter Kotproben aus den Buchten. In insgesamt 71 (23 %) Betrieben konnte ein bakteriologisch positiver Nachweis von *Salmonella* spp. erbracht werden. Des Weiteren untersuchte VAN DER WOLF (2000) in den Niederlanden die Salmonellenprävalenz von Sauen und Mastschweinen mittels serologischer Methoden. Von den insgesamt 1760 bei Mastschweinen entnommenen Blutproben reagierten 11,1 % im ELISA (Cut-Off bei OD 40) positiv. Bei den Sauen reagierten insgesamt 9,9 % der Tiere im ELISA positiv.

In den **USA** ermittelten DAVIES et al. (1997b) in einer Studie über die bakteriologische Kotuntersuchung von 2288 Mastschweinen eine Salmonellenprävalenz von 24,6 %. In 24 (83 %) der 29 teilnehmenden Betriebe wies mindestens eine Probe ein positives Ergebnis auf.

Die aus den verschiedenen Studien vorliegenden Prävalenzen lassen sich jedoch nur bedingt vergleichen, da sie in Hinblick auf das Probenmaterial, die Entnahmetechnik, die Untersuchungsverfahren sowie in den Stichprobenumfängen zum Teil erhebliche Unterschiede aufweisen (STEINBACH und KROELL, 1999).

2.5.6 Verbreitung resistenter *Salmonella*-Stämme

Einfach- und multiresistente *Salmonella*-Stämme erschweren nicht nur die Therapie in der Veterinärmedizin, sondern stellen auch durch den Eintrag über latent infizierte Tiere in die Lebensmittelkette eine Gefahr für die menschliche Gesundheit dar (SELBITZ et al., 1995; BAHNSON et al., 2003).

Insgesamt wiesen im Jahr 2001 65,9 % und im Jahr 2002 45,2 % der an das Nationale Referenzlabor für Salmonellen des Bundesinstituts für gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin eingesandten und untersuchten *Salmonella*-Isolate eine Einfach- oder Mehrfachresistenz gegenüber den 17 getesteten antimikrobiellen Substanzen auf. Dabei ist festzustellen, dass insbesondere die Isolate von Rindern und Schweinen zu der gegenwärtigen Resistenzsituation beitragen. Eine besondere Bedeutung kommt hierbei dem Serovar *S. Typhimurium* DT104 zu, das sich durch eine chromosomal codierte Fünffachresistenz gegen

Ampicillin, Chloramphenicol, Streptomycin/Spectinomycin, Sulfonamide und Tetracyclin auszeichnet. Weitere Resistenzen können hinzukommen.

Im Jahr 2002 war insgesamt eine Abnahme des Anteils von *S. Typhimurium* DT104-Isolaten auf 39 % unter allen eingesandten *Salmonella*-Stämmen zu verzeichnen. Auffällig ist aber, dass sich sein prozentuales Vorkommen bei Isolaten von Fleisch und Geflügel im Vergleich zum Jahr 2001 kaum verändert hat. Der im Fleisch von Nutztieren nachgewiesene Anteil von 42 % macht deutlich, welche Gefahr und welche Schwierigkeiten sich bei der Behandlung einer humanen Erkrankung durch diesen Erreger ergeben können. Nur insgesamt 1,5 % der *S. Typhimurium*-Isolate DT104 waren noch sensibel gegenüber allen 17 Testsubstanzen.

Beim Schwein waren im Jahr 2002 insgesamt 83,3 % der isolierten *Salmonella*-Stämme gegen mindestens eine der Testsubstanzen resistent. 6,6 % waren einfach- und 76,7 % mehrfachresistent. Mit 55 % herrschte der fünf- bis sechsfach resistente *Salmonellatyp S. Typhimurium* DT104 vor (HELMUTH et al., 2003).

Im Rahmen einer Studie in Großbritannien wurden insgesamt 4443 *Salmonella*-Isolate von Schweinen in der Zeit von 1991 bis 2000 hinsichtlich ihrer Resistenz gegenüber 16 antimikrobiellen Substanzen getestet. *S. Typhimurium* dominierte unter den nachgewiesenen Serovaren und wies eine zunehmende Resistenz gegenüber Sulfonamiden von 51 % im Jahr 1991 auf 92 % im Jahr 1995 auf. In den folgenden Jahren war eine leichte Abnahme auf 76 % im Jahr 2000 zu verzeichnen. Die Resistenz gegenüber Tetrazyklinen zeigte durchgehend ein relativ konstantes Niveau und war bei 95 % der Stämme im Jahr 2002 festzustellen. *S. Derby* konnte als zweithäufigstes Serovar in dieser Studie identifiziert werden. Während die Resistenz gegenüber Tetrazyklinen mit der von *S. Typhimurium* vergleichbar war, schwankte die Resistenzsituation gegenüber den Sulfonamiden im Erhebungszeitraum zum Teil erheblich und lag im Jahr 2000 bei 38 % sulfonamidresistenter *S. Derby*-Isolate (OLIVEIRA et al., 2001).

WASYL und HOSZOWSKI (2001) untersuchten in Polen 84 *Salmonella*-Isolate aus inneren Organen, Kot, Rektaltupfern und Schweinefleisch aus den Jahren 1994 bis 2001 hinsichtlich ihrer Resistenz gegenüber 19 antimikrobiellen Substanzen. Insgesamt erwiesen sich 96 % der Isolate als resistent oder intermediär gegen mindestens eine der Testsubstanzen. Multi-resistenzen (Vier- oder Mehrfachresistenzen) traten bei 26 % der *Salmonella*-Isolate auf, vorzugsweise aus den Jahren 1998 bis 2001. Eine Resistenz gegenüber sechs bis neun

Antibiotika konnte vor allem bei *S. Typhimurium* gefolgt von *S. Choleraesuis* nachgewiesen werden. Bezogen auf die einzelnen Testsubstanzen waren insbesondere Resistenzen gegenüber Streptomycin und Sulfonamiden weit verbreitet und über die Jahre beständig. Deutlich seltener konnten Resistenzen gegenüber Cotrimoxazol, Trimethoprim, Nalidixinsäure und Tetrazyklinen nachgewiesen werden, während die Resistenz gegenüber β -Lactamantibiotika im Untersuchungszeitraum zunahm. WASYL und HOSZOWSKI (2001) weisen in diesem Zusammenhang darauf hin, dass Schweine als ein wichtiger Ursprung für resistente Salmonella-Isolate angesehen werden müssen. Neben therapeutisch ausbleibenden Erfolgen besteht insbesondere die Gefahr einer Selektion und Verbreitung von Resistenzgenen, so dass eine Überwachung sowie der umsichtige Einsatz von Antibiotika in der Schweineproduktion erforderlich sind.

CARVALHO et al. (2003) untersuchten insgesamt 131 Salmonella-Isolate, die aus Kotproben und Lymphknoten von Schweinen in einem Schlachthof in Brasilien gewonnen wurden, hinsichtlich ihrer Resistenz gegenüber 14 Antibiotika. 55,5 % der Isolate wiesen Resistenzen gegenüber Tetrazykline auf, 55,3 % waren resistent oder intermediär gegen Streptomycin. Salmonella-Isolate, die in dem selben Schlachthof aus Wurst und Schweinefleisch gewonnen wurden, zeigten ebenfalls Resistenzen.

In einer Studie in Spanien zeigten insgesamt 68,8 % der aus Kotproben von Schweinen isolierten Salmonella-Stämme eine Resistenz gegenüber Tetrazyklinen auf. 67 % waren resistent gegenüber Sulfonamiden in Verbindung mit Trimethoprim, 41,6 % gegenüber Ampicillin. 62 % der Salmonella-Isolate waren mindestens dreifachresistent, 46 % mindestens fünffachresistent. Anhand der Ergebnisse war weiterhin zu erkennen, dass die Resistenz von Salmonella-Isolaten nicht auf einen bestimmten Serotyp festgelegt ist, sondern als weitverbreitetes Charakteristikum angesehen werden muß (MEJIA et al., 2003).

ISAACSON et al. (2001) konnten in den USA einen Zusammenhang zwischen der Dauer von Antibiotikagaben in der Urproduktion und der Resistenzlage in den Betrieben feststellen. Neun der elf Betriebe setzten Tetrazykline während der Produktion ein. In allen Betrieben konnten Salmonella-Stämme mit einer Resistenz gegenüber dieser Substanz isoliert werden. Die beiden Betriebe, in denen keine Prophylaxe mit Tetrazyklinen durchgeführt wurde, wiesen durchschnittlich weniger resistente Stämme auf. Das geringste Vorkommen von Resistenzen konnte jedoch in einem Betrieb mit Tetrazyklingaben ermittelt werden, deren

Anwendung auf eine Woche im Produktionszyklus beschränkt war. Insgesamt zeigte sich die Tendenz, dass bei zunehmender Dauer der Antibiotikabehandlungen in den Betrieben die Anzahl tetrazyklinresistenter *S. enterica*-Isolate steigt. Die große Variationsbreite hinsichtlich der Resistenzen in den Betrieben mit ein- bis zweiwöchigen Antibiotikagaben läßt jedoch auch darauf schließen, dass eine Vorhersage über die Resistenzsituation in einzelnen Beständen nicht möglich ist.

2.6 Risikofaktoren für Salmonelleninfektionen in der Schweineproduktion

Die Ausbreitung der Salmonellen von Bestand zu Bestand und somit auch der Eintrag in erregerefreie Bestände kann auf vielfältige Weise geschehen. Für die Erörterung der Ausbreitungsdynamik selbst gilt es zunächst festzuhalten, dass der Übertragungsmodus von Salmonellen im Prinzip einheitlich ist. Es handelt sich in der Regel um fäkale Ausscheidungen und orale Aufnahmen der Erreger. Die Möglichkeit einer konjunktivalen Infektion wurde zwar experimentell nachgewiesen, spielt aber bei den nicht speziesadaptierten Serovaren für die Entstehung und Aufrechterhaltung von Infektketten vermutlich keine Rolle (BLAHA, 1993).

2.6.1 Eintrag in die Bestände

Zukauf von Schweinen

Als eine wichtige Eintragsquelle ist das Einstellen von infizierten Schweinen aus anderen Beständen zu nennen (BLAHA, 1993; GAREIS, 1995; EGAN et al., 1997; ROLLE und MAYR, 1993; STEINBACH und KROELL, 1999). Dieser Weg stellt bei den speziesadaptierten Serovaren den fast ausschließlichen Einschleppungsmechanismus dar, er besitzt aber auch für die nicht speziesadaptierten Serovare eine gewisse Bedeutung (BLAHA, 1993).

Akut an Salmonellose erkrankte Tiere scheiden den Erreger massenhaft mit dem Kot aus und stellen durch die Kontamination von Futter und Tränke eine massive Infektionsquelle für andere Tiere dar. Eine besondere Gefahr geht jedoch von latent infizierten Tieren aus, die durch fehlende klinische Symptome unbemerkt in den Bestand gelangen und Salmonellen

über einen gewissen Zeitraum oder dauernd mit dem Kot ausscheiden können (ROLLE und MAYR, 1993).

Futtermittel

Eine weitere Infektionsquelle stellen Futtermittel dar. Neben Fischmehl spielen vor allem andere eiweißreiche Mehle tierischen Ursprungs aber auch Futtermittel pflanzlicher Herkunft wie Preßrückstände ölhaltiger Samen und Sojamehl eine besondere Rolle. Dabei ist das Vorkommen von Salmonellen in Futtermitteln fast immer Folge einer Rekontamination, da die Keime bei der Herstellung der Futtermittelkomponenten durch Erhitzung in der Regel abgetötet werden. Die Rekontamination erfolgt während des Transportes, der Lagerung und der Verarbeitung zu Mischfuttern unter Einwirkung von Staub, Nagetieren, Insekten und Menschen (BISPING, 1993). Für das Jahr 2001 lagen dem Nationalen Referenzlaboratorium für Epidemiologie der Zoonosen nur wenige Mitteilungen über Futtermitteluntersuchungen vor. Insgesamt konnte *S. Typhimurium* nur in Einzelfällen aus Extraktionsschroten und Getreide mit Herkunft aus Deutschland und dem Binnenmarkt isoliert werden. Bei Rapssaat waren 15,6 % und bei Extraktionsschrot 1,7 % der Proben mit Salmonellen kontaminiert. Mischfuttermittel enthielten nur in Einzelfällen Salmonellen (HARTUNG, 2002). Nach HARTUNG (2002) tritt eine nachweisbare Kontamination vorrangig bei den auf dem Hof gelagerten und verwendeten Mischfuttermitteln auf. Diese Tatsache zeigt einen kritischen Punkt in der Infektkette, der durch eine verbesserte Silo- und Betriebstechnik in der Landwirtschaft abgesichert werden kann.

HARRIS et al. (1997) untersuchten in 30 Schweinebetrieben in den USA insgesamt 1264 Futtermittelproben bzw. Futtermittelinhaltsstoffe auf das Vorkommen von Salmonellen. Der Nachweis gelang in insgesamt 2,8 % der Proben, die sich auf 46,7 % der Betriebe verteilten.

DAVIES und WRAY (1997) untersuchten in neun Futtermittelmühlen Rieselgut und Staub aus den Einrichtungsbereichen auf Salmonellen. Die Nachweisrate schwankte zwischen 1,1 % und 41,7 % positiver Proben und erstreckte sich über eine Vielzahl verschiedener Serovare, einschließlich *S. Typhimurium* und *S. Enteritidis*. In vier Futtermittelmühlen wurde außerdem eine durch den Kot von Wildvögeln verursachte Salmonellenkontamination im Bereich der Annahme und Abgabe festgestellt.

Während für die nicht speziesadaptierten, nur sporadisch vorkommenden Salmonella-Serovare der Eintrag über Futtermittel als vorherrschend angesehen wird, mißt man den Futtermitteln in Hinblick auf *S. Typhimurium* und *S. Enteritidis* keine oder eine nur geringe Bedeutung zu (BISPING, 1993; BLAHA, 1993). Zur Begründung führt BISPING (1993) an, dass die bei Nutztieren häufig vorkommenden Serovare in Futtermitteln nur selten angetroffen werden.

Belebte und unbelebte Vektoren

Für die Einschleppung von Salmonellen in bisher freie Bestände, aber auch für die Aufrechterhaltung der Infektketten innerhalb eines Bestandes spielen belebte und unbelebte Vektoren eine nicht unerhebliche Rolle. Dieser Weg steht nach BLAHA (1993) zwar deutlich hinter dem Tierverkehr und den Futtermitteln, darf aber insbesondere bei *S. Enteritidis* und *S. Typhimurium* im Rahmen von Bekämpfungsmaßnahmen nicht vernachlässigt werden. Schädner, Vögel, Insekten aber auch Hunde und Katzen weisen zum Teil eine erhebliche Salmonellenbelastung auf und stellen über die Kontamination ihrer Umwelt einen Ausgangspunkt für Infektionen dar (ROLLE und MAYR, 1993; BÖHM, 1993; GAREIS, 1995; EGAN et al., 1997). Schädner bilden für *S. Typhimurium* das natürliche Wirtsreservoir. Insbesondere bei Ratten muß mit Befallsraten zwischen 4 % und 30 % gerechnet werden (BÖHM, 1993). Als Vektor kann nach ROLLE und MAYR (1993) auch der Rattenfloh angesehen werden, in dessen Darm die Salmonellen ein Jahr lebensfähig bleiben und mit dem Kot ausgeschieden werden.

Eine besondere Bedeutung als Reservoir und Vektor für Salmonellen kommt auch Vögeln, insbesondere dem Wassergeflügel zu (BÖHM, 1993). Der Befallsgrad dieser Tiere steigt mit ihrem Kontakt zu Abwässern, Hafenbecken und Mülldeponien. Möwen, bei denen mittels bakteriologischer Kotuntersuchungen eine Befallsquote von 7 % bis 78 % festgestellt wurde, tragen vor allem zur großflächigen Verbreitung der Salmonellen in der Außenwelt bei. Sie lassen sich auf Weideland und Binnengewässern nieder und sammeln sich im Winter bei der Nahrungssuche an Müllhalden, Kläranlagen und abwasserhaltigen Gewässern (ROLLE und MAYR, 1993).

Hunde und Katzen stellen eine weitere Eintragungsmöglichkeit für Salmonellen in die Schweinebestände dar. Ihr Infektionsgrad ist allerdings sehr unterschiedlich und schwankt bei Hunden

zwischen 1 % und 41,7 %. Als Hauptinfektionsquelle ist die Verfütterung von salmonellenhaltigen Schlacht- und Fleischabfälle anzusehen (BORLAND, 1975; ROLLE und MAYR, 1993).

Auch Insekten können, wenn bei ihnen auch nicht im vergleichbaren Maße eine Salmonelleninfektion abläuft, in die epidemiologischen Kreisläufe der Salmonellen eingeschaltet sein (BÖHM, 1993; GAREIS, 1995).

Eine nicht unerhebliche Gefahr geht letztlich auch von dem Mensch selbst aus. Über kontaminierte Arbeitskleidung sowie durch das Benutzen salmonellenbehafteter Geräte in unterschiedlichen Stallabteilen vermag er mehr als andere Vektoren den Erreger zu verbreiten. So hat der Mensch nicht nur für den Eintrag von Salmonellen eine Bedeutung, sondern kann durch kreuzende Betriebswege eine erhebliche Ausbreitung in dem Bestand hervorrufen (GAREIS, 1995; BLAHA, 1993).

2.6.2 Ausbreitung in den Beständen

Die Ausbreitung der Salmonellen innerhalb eines Bestandes erfolgt in unterschiedlichem Maße horizontal (Infektion zwischen Tieren einer Altersgruppe bzw. negativer Tiere durch kontaminierte Umwelt) und vertikal (Sau → Ferkel → Mastschwein). Bei Schweinen sind im Vergleich zu anderen Nutztierarten (Rind, Geflügel) durch das längere Verbleiben der Ferkel bei der Sau beide Ausbreitungswege gleichermaßen zu berücksichtigen (BLAHA, 1993).

2.6.2.1 Vertikale Infektion

Vertikale Infektionen können bereits neonatal entstehen. Welchen Einfluß die neonatale Infektion jedoch auf den Salmonellenstatus eines Tieres im Verlauf seines Lebens hat, ist umstritten (Blaha, 1993; CARLSON und BLAHA, 1998; KRANKER et al., 2001).

KRANKER et al. (2001) wiesen in einer Studie in Dänemark einen Zusammenhang zwischen der Seroprävalenz bei Sauen und der Nachweisrate von Salmonellen aus dem Kot der Absetzferkel nach. Insgesamt konnte *S. Typhimurium* bei Absetzferkeln häufiger isoliert werden, wenn die Prävalenz der Sauen in den Betrieben über 10 % lag. Des Weiteren erhöht sich nach Aussagen der Autoren das Risiko eines seropositiven Befundes in der Endmast um ein Dreifaches, wenn bei einem Tier nach dem Absetzen Salmonellen im Kot nachgewiesen wurden.

FEDORKA-CRAY et al. (1997a) konnten im Rahmen regelmäßiger kultureller und serologischer Untersuchungen in einem *multiple-site* Produktionssystem in North Carolina (USA) zeigen, dass der Salmonellenstatus eines Tieres im Verlauf seines Lebens erheblichen Schwankungen unterliegt und die mittels ELISA-Technik bestimmte Serokonversion für das Einzeltier keine Voraussage über die Wahrscheinlichkeit einer späteren Kontamination der Schlachtkörper mit Salmonellen erlaubt. So konnte in der Studie bei 90 % der Ferkel in der ersten Lebenswoche eine Serokonversion festgestellt werden. Diese Zahl der Seroreagenten sank bis zur neunten Lebenswoche auf 15 % und stieg bis zum Zeitpunkt der Schlachtung wieder auf einen Wert von 52 % an.

Zu ähnlichen Ergebnissen kamen auch TIELEN et al. (1997), die in einer Studie im Süden der Niederlande ein Absinken der Seroprävalenz während der ersten acht Lebenswochen und einen anschließenden Anstieg bis zur Schlachtung feststellen konnten. Zudem ist es möglich, dass Läufer während der Mastperiode seronegativ werden und diesen Status bis zur Schlachtung beibehalten, obwohl positive Tiere über den gesamten Zeitraum im Bestand vorhanden sind (TIELEN, et al., 1997; VAN DER WOLF, 1999b).

Neben der Seroprävalenz an sich lassen sich auch anhand der Serovare deutliche Unterschiede zwischen den einzelnen Produktionsstufen ermitteln.

In verschiedenen Studien konnte eine erhebliche Diskrepanz zwischen den bei Sauen und den bei Mastschweinen nachgewiesenen Serovaren festgestellt werden (DAVIES et al., 1998a; DAVIES et al., 1998b). Die Ergebnisse deuten zum einen darauf hin, dass laktierende Sauen eine potentielle Infektionsquelle für die Saugferkel und somit für die Ferkelaufzucht darstellen. Zum anderen scheint die vertikale Übertragung als Quelle für die Infektion von Mastschweinen nach Ansicht von DAVIES et al. (1998a) jedoch wenig Bedeutung zu haben, da die dominierenden Serovare in den Mastbetrieben weder in den Zucht- noch in den Ferkelaufzuchtbetrieben nachgewiesen werden konnten. Bemühungen zur Kontrolle der Salmonellen in den Mastbetrieben scheinen demnach einen größeren Nutzen in Hinblick auf die Reduzierung des Risikos kontaminierter Produkte zu erzielen als Kontrollen in den Produktionsbereichen Zucht und Ferkelaufzucht.

Zudem können bereits erhebliche Unterschiede zwischen den Serovaren von Sauen und Saugferkeln bestehen, was in einer Studie von MC CRACKEN et al. (1997) deutlich wurde. Die Tatsache, dass nur in drei von zehn Würfen der isolierte Serotyp mit dem der Sau identisch

war, zeigt, dass vertikale Infektionen während der ersten drei Lebenswochen zwar stattfinden, aber auch die Umwelt des Tieres zum Ausgangspunkt von Infektionen werden kann.

2.6.2.2 Horizontale Infektion

Unabhängig von den Eintragsquellen scheint den Haltungs- und Hygienebedingungen in den Beständen für die horizontale Übertragung von Infektionen eine besondere Bedeutung zuzukommen.

So konnten DAVIES et al. (1997a, 1997b) beobachten, dass auf Spaltenböden gehaltene Schweine im Mittel wesentlich seltener Salmonellen ausscheiden als Tiere, die auf planbefestigten Böden gehalten werden, und dass die Prävalenz in schmutzigen, schlecht entmisteten Ställen besonders hoch ist. Erklärend hierfür kann angeführt werden, dass planbefestigte Böden aufgrund der vermehrten Ansammlung tierischer Ausscheidungen eine Förderung der fäkal-oralen Infektionsroute bedingen. Ähnliche Befunde erzielten auch NOLLET et al. (2003) in einer Studie, in der auf Vollspalten gehaltene Mastschweine geringere Salmonellenprävalenzen aufwiesen, als Tiere aus Betrieben mit Teilspalten oder planbefestigten Böden.

Während eine strikte Einhaltung des „Rein – Raus“ Prinzips mit anschließender Reinigung und Desinfektion einerseits als Maßnahme zur Reduzierung der Salmonellenprävalenzen angesehen wird (TIELEN et al., 1997; STEINBACH und KROELL, 1999; BELOEIL et al., 1999; LO FO WONG et al., 1999), stellten DAVIES et al. (1997b) in einer Studie in North Carolina (USA) fest, dass Mastschweine in einem *multiple-site* System mit „Rein – Raus“ Management keinen Vorteil gegenüber Schweinen aus Systemen mit einer kontinuierlichen Belegung haben. Andere Untersuchungen ergeben sogar, dass sich eine „Rein – Raus“ Belegung nachteilig auf die Salmonellenbelastung eines Bestandes auswirken kann (BUSH et al., 1999; QUANTE, 2000; VAN DER WOLF, 2000). Verantwortlich hierfür ist möglicherweise die enge Kopplung zwischen dem „Rein-Raus“-Verfahren und der Reinigung und Desinfektion. VAN DER WOLF (2000) stellte in einer Untersuchung in den Niederlanden fest dass Bestände, in denen die Buchten nach dem Waschen mit dem Hochdruckreiniger niemals desinfiziert wurden, niedrigere Salmonellenprävalenzen aufwiesen als Bestände, in denen immer oder manchmal eine Desinfektion durchgeführt wurde. Dies ist überraschend, da allgemein

bekannt ist, dass Hygiene für optimale Produktionsergebnisse und für die Einschränkung von Infektionen in der Schweineproduktion unerlässlich ist. Eine mögliche Erklärung für die Ergebnisse könnte sein, dass die Landwirte nur eine unzureichende Reinigung der Ställe durchführen und die Desinfektionsmittel durch verbleibende organische Materialien in ihrer Wirkung geschwächt werden. In Einzelfällen liegt möglicherweise auch der Einsatz von unwirksamen Desinfektionsmitteln oder eine unzureichende Einwirkdauer vor. Geht man aber von einer optimalen Wirkung aus, so könnten die Ursachen für die höheren Prävalenzen auch in der Abtötung der natürlichen Keimflora liegen. Durch die gleichzeitige Abtötung der Salmonellen und ihrer Antagonisten wird die Vermehrung der Salmonellen bei Neueintrag in die Ställe begünstigt (QUANTE, 2000). Nach BELOEIL et al. (1999) ist aber auch die Dauer, die ein Abteil nach der Reinigung und Desinfektion leer steht von Bedeutung. Dabei scheint sich das Risiko einer Salmonelleninfektion zu erhöhen, wenn nach der Durchführung der Hygienemaßnahmen in einem Zeitraum von weniger als einem Tag erneut Tiere aufgestellt werden. Studien von HUYSMANS et al. (2003) belegen sogar eine Risikoerhöhung, wenn mit der Aufstallung vor dem dritten Tag nach der Reinigung begonnen wird.

Zum Hygienemanagement gehört neben der Reinigung und Desinfektion auch die Bekämpfung von Schadnagern. Untersuchungsergebnisse von QUANTE (2000) belegen, dass eine deutliche Abhängigkeit zwischen der Intensität des Schadnagerbesatzes und der Höhe der Salmonellenprävalenz besteht. Schadnager stellen wie erwähnt häufig den Ausgangspunkt für Infektionen dar, dienen vor allem aber auch der Aufrechterhaltung von Infektionsketten in den Beständen.

Ebenfalls Einfluß auf die horizontale Verbreitung nimmt der Gesundheitsstatus der Tiere. VAN DER WOLF (2000) stellte in einer Studie in den Niederlanden fest, dass die Bestände, in denen bei über 16 % der Schweine die Lebern aufgrund von Milkspots verworfen wurden, höhere Salmonellenprävalenzen aufwiesen. Milkspots sind die Folge der extraintestinalen Migration von *Ascaris suum*. Möglicherweise verursachen die adulten Würmer sowie die Migration der Larven Läsionen im Darm, die für die Salmonellen optimale Eintrittspforten darstellen. Nach TIELEN et al. (1997) können für diesen Effekt jedoch auch hygienische Maßnahmen verantwortlich sein. Eine regelmäßige Reinigung und Desinfektion der Ställe besitzt eine protektive Wirkung in Bezug auf eine Infektion mit *Ascaris suum*, so dass der Zusammenhang zwischen einem hohen Anteil verworfener Lebern und einer hohen Sal-

monellenprävalenz möglicherweise in einem schlechteren Hygienemanagement der einzelnen Bestände begründet sein könnte.

Des Weiteren scheint auch eine Infektion mit Oesophagostomum nach Untersuchungen von BAGGESEN et al. (2001) das Risiko einer Salmonelleninfektion zu erhöhen. Schweine, die experimentell mit Oesophagostomum und *S. Typhimurium* infiziert wurden, wiesen intermittierende Durchfälle auf, während die Tiere mit ausschließlicher *S. Typhimurium* Infektion keinerlei Symptome zeigten. Außerdem konnte bei Tieren mit Oesophagostomuminfektion eine erhöhte Erregerausscheidung sowie eine verlängerte Ausscheidungsdauer beobachtet werden. Diese Ergebnisse unterstützen die Hypothese, dass gastrointestinale Infektionen mit Helminthen wie Oesophagostomum die Invasion und Persistenz von Salmonellen begünstigen und zu einer verlängerten und intensivierten *S. Typhimurium* Infektion führen.

Insgesamt läßt sich jedoch sagen, dass suboptimale Gesundheitszustände nahezu immer mit einem erhöhten Einsatz von Medikamenten verbunden sind. Insbesondere eine Behandlung mit Antibiotika oder Chemotherapeutika stört die sich im Gleichgewicht befindende Darmflora und fördert eine Infektion mit Salmonellen. Feldstudien und Experimente mit Mäusen lassen darauf schließen, dass das Risiko einer Infektion bei monogastrischen Tieren in der ersten Woche nach einer Antibiotikabehandlung um das Fünf- bis Sechsfache steigt (BERENDS et al., 1996).

Neben der Salmonellenbelastung von Futtermitteln an sich, können auch die Fütterungstechnik, sowie die Form der Futtermittel Einfluß auf das Infektionsgeschehen mit Salmonellen nehmen. In verschiedenen Studien konnte gezeigt werden, dass in Beständen mit Flüssigfütterung niedrigere Salmonellenprävalenzen anzutreffen waren als in Beständen mit Trockenfütterung (STEGE et al., 1997b; BELOEIL et al., 1999). Erklärend führten WINGSTRAND et al. (1997) an, dass in den meisten Flüssigfütterungssystemen der natürliche Fermentationsprozeß gesteigert und somit das Wachstum von milchsäureproduzierenden Bakterien und Hefen gefördert wird. Die so vermehrt gebildeten Säuren führen im Darm zur Absenkung des pH-Wertes und unterdrücken die Vermehrung der Salmonellen (VAN WINSEN et al., 1997).

Unterschiede hinsichtlich der Salmonellenprävalenz ergeben sich auch aus der Darreichungsform der Futtermittel. Während sich Mehl positiv auf die Erregerprävalenz eines Bestandes auswirkt, scheinen Pellets das Risiko einer Infektion zu erhöhen (BUSH et al., 1999; HANSEN

et al., 2001; HUYSMANS et al., 2003). So ermittelten LO FO WONG et al. (1999) im Rahmen serologischer Untersuchungen von 6655 Schlachtschweinen aus 152 Betrieben, dass die Chance, ein seropositives Ergebnis zu erzielen, bei Pelletfütterung im Vergleich zu Mehlfütterung um den Faktor acht steigt. Ursachen sind möglicherweise in der Konsistenz des Darminhaltes zu suchen. Die Fütterung mit Mehl unterbindet weitgehend eine Trennung von flüssigen und festen Bestandteilen im Darminhalt und bietet der säureproduzierenden Mikroflora optimale Wachstumsbedingungen. Pelletfütterung hingegen fördert eine Phasentrennung. In dem vermehrt entstehenden flüssigen Medium wird die Vermehrung der Salmonellen begünstigt (HANSEN et al., 2001). HANSEN et al. (2003) konnten in einer weiteren Studie zeigen, dass der pH-Wert im Magen bei Tieren mit Mehlfütterung signifikant niedriger ist als bei Tieren mit Pelletfütterung. Neben einer zunehmenden Inaktivierung von Salmonellen im Magen und einer Reduktion der Enterobacteriaceae im Dünndarm und Zäkum, führte die Mehlfütterung zu einer längeren Verweildauer des Futters im Magen und zu einer zunehmenden Trockenmasse im Darm, was den Vorteil gegenüber Pellets erklären könnte. Die natürliche Mikroflora des Futters an sich scheint nach Aussagen von JOERGENSEN et al. (1999) jedoch keinen wesentlichen Einfluß auf die Ausbildung einer antagonistisch wirkenden, physiologischen Darmflora zu haben.

Betrachtet man die einzelnen Faktoren, die auf verschiedene Weise den Eintrag und die Ausbreitung von Salmonellen beeinflussen, ist in vielen Fällen nach BERENDS et al. (1996) ein strenger Kontaminationszyklus mit eigener Hausflora in den Betrieben vorhanden. Die bereits etablierten Salmonellen haben häufig einen Vorteil gegenüber den neu eingetragenen. Gelingt es einem „neuen“ Serovar sich anzusiedeln, liegt es meist daran, dass sich dieses Serovar besser an die spezifischen Lebensbedingungen anpassen kann und/oder die Position des vorher dominierenden Serovars geschwächt wurde (z.B. durch Reinigung und Desinfektion). Eine allgemeine Risikobewertung der verschiedenen Faktoren hat als Grundlage für die Erstellung von Bekämpfungsstrategien nur einen begrenzten Nutzen. Einflußfaktoren, die zum Zeitpunkt der Bewertung relativ unbedeutend erscheinen, können nach Beseitigung der „wichtigen“ Einflußfaktoren eine entscheidende Rolle im Infektionszyklus der Salmonellen einnehmen (BERENDS et al., 1996).

2.7 Diagnostische Verfahren

2.7.1 Bakteriologische Nachweisverfahren

Die Diagnose am lebenden Tier ist schwierig und gelingt auch bei akuten Erkrankungen durch den bakteriologischen Erregernachweis keinesfalls immer. Die Identifikation klinisch gesunder, aber infizierter Tiere stößt jedoch auf größte Schwierigkeiten, da sich die Erreger vorwiegend in den Darmlymphknoten und Tonsillen absiedeln und im Kot nur zeitweilig oder gar nicht nachweisbar sind (WALDMANN und PLONAIT, 1997; SCHWARTZ, 1999; SELBITZ, 2002). Bei Infektionen mit *S. Choleraesuis* ist es möglich, dass im gesamten Magen-Darmtrakt keine Besiedlung durch den Erreger festgestellt werden kann, die Salmonellen aber dennoch in den phagozytierenden Blutzellen, z.B. in neutrophilen Granulozyten, persistieren (SELBITZ et al., 1995). Nach BAGER und PETERSEN (1991) ist die bakteriologische Untersuchung von Kotproben für die Diagnose bei klinischen Salmonellosen mit hoher Erregerausscheidung zwar geeignet, bei latenten Infektionen mit geringerer Erregerausscheidung erweist sich die Sensitivität jedoch als unzureichend.

Nur wiederholte Beprobungen und eine genügend große Stichprobenumfänge geben letztlich ausreichend Informationen über den Salmonellenstatus eines Bestandes (WIERUP, 1997; NIELSEN und BAGGESEN, 1997). Um auch bei latenten Infektionen eine bessere Einschätzung der Situation in einem Bestand zu erhalten, ist die Untersuchung von Kotproben mit einem Volumen zwischen 5 g und 25 g der Entnahme von Rektaltupfern vorzuziehen (NIELSEN und BAGGESEN, 1997). Des Weiteren ist zu berücksichtigen, dass die Ausscheidung von Salmonellen mit dem Kot in der ersten Woche post infectionem am stärksten ausfällt, anschließend jedoch schnell zurückgeht und ab dem 52. Tag fast vollständig sistiert (NIELSEN et al., 1995).

Die bakteriologische Diagnostik der Salmonellen folgt dem allgemeinen Nachweisschema der Enterobakterien. Sie beginnt mit der stufenweisen Anzuchtung der Erreger mittels Voranreicherung, Anreicherung und Kultivierung. Eine Direktkultur auf festen Differenzierungs- und Selektivnährböden ist bei der Untersuchung von Tierkörpern, Sektionsmaterial oder Lebensmitteln zweckmäßig. Diese Methode stellt aber auch für die speziesadaptierten Keime aufgrund ihrer Empfindlichkeit gegenüber gebräuchlichen Hemmsubstanzen (z.B. Brillantgrün) und ihren hohen Anforderungen an die Nährböden eine mögliche Nachweismethode

dar. Als geeignet erwiesen sich hierbei mäßig oder nicht selektive Nährböden wie Gassner- oder Blutagar (DEDIÉ et al., 1993).

Bei erheblicher Kontamination und geringen Keimzahlen ist die Verwendung von Transportmedien sowie die Vorschaltung von Anreicherungsverfahren sinnvoll. Transportmedien eignen sich auch für Proben, die insbesondere bei langen Transportzeiten und warmer Witterung austrocknen oder überwuchert werden können (DEDIÉ et al., 1993; COETZER et al., 1994).

Eine Voranreicherung ohne selektive Zusätze (z.B. Peptonwasser) dient zum Nachweis geringer Keimzahlen oder subletal geschädigter Salmonellen, um die Erregerausbeute zu erhöhen und ist vor allem bei Trockenprodukten und Tiefgefrierware von Bedeutung. Selektive Anreicherungsverfahren haben eine Hemmung des Wachstums der Begleitflora zum Ziel. Hierfür werden häufig Selenitbouillon oder Tetrathionatbouillon nach Müller-Kaufmann oder Preuss verwendet. Letztere sind zwar bei veterinärmedizinischen Untersuchungen üblich, erweisen sich für den Nachweis tieradaptierter Serovare jedoch als weniger geeignet. Bei der Untersuchung von Lebensmitteln tierischen Ursprungs sowie bei Kotproben hat sich die Anreicherung nach Rappaport-Vassiliadis bewährt (BISPING und AMTSBERG, 1988; SELBITZ, 1992; DEDIÉ et al., 1993; NIELSEN und BAGGESEN, 1997; SELBITZ, 2002).

Alle Anreicherungskulturen werden nach 24 Stunden und wenn nötig nach 48-96 Stunden auf mindestens zwei verschiedene, feste Nährböden unterschiedlicher Selektivität ausgestrichen. Die Auswahl der Differenzierungs- und Selektivnährböden erfolgt meist in Abhängigkeit vom Untersuchungsziel und der für die Diagnostik verfügbaren Zeit. Stark selektiv wirkt Brillantgrün-Phenolrot-Lactose-Saccharose-Agar, weniger selektiv Gassner-Agar. Für die Erfassung laktosepositiver Salmonellen eignen sich des Weiteren Xylose-Desoxycholat- oder Wismutsulfit-Agar. Die festen Selektiv- und Differenzierungsnährböden zeigen durch Farbumschlag (Vergärung von Laktose/Saccharose u.a.) oder durch Schwarzfärbung (Sulfide) Salmonella verdächtige Kolonien an. Die verdächtigen Kolonien können anschließend durch Objektträgerschnellagglutination vorläufig identifiziert werden. Bei einem positiven Ergebnis erfolgt das Anlegen einer Reinkultur zur biochemischen und serologischen Differenzierung sowie für die Anfertigung eines AntibioGRAMMS (BISPING und AMTSBERG, 1988; SELBITZ, 1992; DEDIÉ et al., 1993; NIELSEN und BAGGESEN, 1997).

Während in vielen Fällen der Routinediagnostik die biochemische Differenzierung sowie eine Bestimmung der O-Gruppen ausreicht, erfordern epidemiologische Fragestellungen häufig eine genaue Angabe der Antigenformel, welche in Speziallaboratorien ermittelt wird.

2.7.2 Serologisches Nachweisverfahren mittels ELISA-Technik

Indirekte Aussagen zur Salmonellensituation in Schweinebeständen können auch über die quantitative Bestimmung von Antikörpern im Fleischsaft oder Serum der Tiere getroffen werden. Der Nachweis beruht auf einem von NIELSEN et al. (1995) in Dänemark entwickelten Testsystem, bei dem die in der Probe enthaltenen Salmonella-Antikörper mit den Lipopolysaccharid (LPS)-Antigenen O: 1, 4, 5, 12 von *S. Typhimurium* und O: 6 und 7 von *S. Choleraesuis* reagieren. Die Auswahl der Serovare erfolgte anhand der Häufigkeit ihres Auftretens, so dass ein Nachweis von ca. 95 % der in der dänischen Schweineproduktion auftretenden Salmonellen möglich ist.

In Deutschland stehen heute verschiedene Testsysteme für den Nachweis von Salmonella-Antikörpern mittels Enzyme-Linked Immunosorbent Assay (ELISA) zur Verfügung. Zum einen kann die Untersuchung mit dem „Fleischsaft-ELISA nach der Anleitung zur Durchführung vom Bundesinstitut für gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin“ (BgVV) vorgenommen werden. Hierbei handelt es sich um einen nicht-kommerziellen Mix-ELISA (LPS von *S. Typhimurium* und *S. Choleraesuis*) für den Nachweis von Salmonella-Antikörpern in Fleischsaft- oder Serumproben. Zum anderen werden aber auch verschiedene kommerzielle ELISA angeboten, von denen der SALMOTYPE[®] Fleischsaft ELISA (Labor Diagnostik GmbH, Leipzig) in der vorliegenden Arbeit verwendet wurde. Nach BLAHA et al. (1999) deckt dieser ELISA mehr als 90 % der beim Schwein vorkommenden Serovare ab.

Das Testsystem ist im Prinzip einheitlich und beruht auf einer quantitativen Bestimmung von Antikörpern gegen die O-Antigene 1, 4, 5, 6, 7 und 12. An eine mit Salmonella-Antigen beschichtete Mikrotiterplatte binden während der Inkubation die spezifischen Antikörper aus dem Serum oder Fleischsaft. Anschließend wird ungebundenes Material durch Waschen entfernt. Es folgt die Zugabe von Enzymkonjugat und eine weitere Inkubation. Ein erneutes Waschen entfernt ungebundenes Konjugat. Der abschließende Zusatz der Enzymchromogenlösung führt zu einer Farbentwicklung durch das Antikörper-gebundene Enzym. Diese Farbreaktion steht in direkter Korrelation zu der Menge der spezifischen Antikörper im

Probenmaterial und wird mittels Photometer bei 450 nm und einer Referenzwellenlänge von 630 nm bestimmt.

BLAHA et al. (1999) führten eine Studie über das Leistungsvermögen des SALMOTYPE® Fleischsaft ELISA in sieben Laboratorien in den USA durch. Grundlage waren vier Testseren von experimentell infizierten Schweinen und Negativkontrollen aus einem seronegativen Versuchsbetrieb, die in jeder Untersuchungseinrichtung in einem Dreifachansatz auf einer Mikrotiterplatte hinsichtlich ihres Antikörpergehaltes getestet wurden. Da sich für die Testseren eins bis drei in den Laboratorien sehr geringe Variationskoeffizienten (durchschnittlicher Mittelwert 6,4 %) ergaben, konnte dem Test eine außerordentliche Reproduzierbarkeit der Ergebnisse auch in unterschiedlichen Untersuchungseinrichtungen bescheinigt werden. Diese Daten rechtfertigen weiterhin einen direkten Vergleich der Testergebnisse zwischen verschiedenen Betrieben, Regionen und Produktionssystemen und zeigen das Potential des SALMOTYPE® Fleischsaft ELISA, im Rahmen von Monitoringprogrammen zur Bestandskategorisierung eingesetzt zu werden.

Nach ersten Erfahrungen scheint auch die modifizierte Form des Testsystems (SALMOTYPE® Pig Screen ELISA, Labordiagnostik GmbH, Leipzig) unter Verwendung von nur einer Positiv- und einer Negativkontrolle geeignet für Screeninguntersuchungen im Rahmen der Bestandskategorisierung zu sein. Die Referenzmethode mit der höheren Sicherheit in den Ergebnissen aber einer schlechteren Wirtschaftlichkeit empfiehlt sich vor allem für spezielle, flankierende Überwachungs- und Verlaufsuntersuchungen sowie für Validierungs- und Vergleichsuntersuchungen verschiedener Laboratorien (KRAMER et al., 2000).

Ein Vergleich zwischen den Ergebnissen serologischer und bakteriologischer Untersuchungen ist schwierig und aufgrund der verschiedenen Verlaufsformen einer Salmonelleninfektion nur bedingt möglich. Während GANTER et al. (1997) im Rahmen einer Vergleichsuntersuchung in Norddeutschland eine Übereinstimmung bei 81,6 % der Proben feststellte, konnten ALTROCK et al. (2000) bei lediglich 5 % der untersuchten Betriebe Salmonellen aus dem Kot isolieren, obwohl 28,3 % ein serologisch positives Ergebnis aufwiesen (Cut-off bei OD 40 %). DAVIES et al. (2003) stellte in Großbritannien signifikante Korrelationen zwischen den Ergebnissen beider Untersuchungsmethoden vor allem bei einem Cut-off bei 40 % fest. Bei einem niedrigeren Cut-off konnten nur bedingt Übereinstimmungen ermittelt werden.

Weiter ist zu berücksichtigen, dass besonders in der ersten Woche nach der Infektion Diskrepanzen zwischen den Ergebnissen der serologischen und bakteriologischen Untersuchung auftreten, da bis zum Einsetzen der Serokonversion eine Zeitspanne von ca. sieben Tagen vergeht (ALTROCK et al., 2000). Weiter weisen dänische Untersuchungen darauf hin, dass Sauen häufiger serologisch positiv reagieren aber nur selten Salmonellen mit dem Kot ausscheiden (MOUSING et al., 1997). Die Einschätzung des Salmonellenstatus von Ferkeln anhand der Seroprävalenz der Sauen ist nach Untersuchung von ALTROCK et al. (2000) nicht möglich, da trotz des negativen Status einer Sau, ein bakteriologischer Nachweis aus Kotproben der Ferkel möglich ist.

2.7.3 Weitere Nachweisverfahren

Polymerase Chain Reaction (PCR)

Bei diesem Nachweisverfahren erfolgt zunächst durch eine Hitzebehandlung die Trennung der gesamten, in dem Probenmaterial enthaltenen DNA in Einzelstränge. Anschließend werden Primer (kurze, einzelsträngige, synthetische Oligosaccharide, die zu den gesuchten DNA-Sequenzen homolog sind) in einem stöchiometrischen Überschuss hinzugegeben, der die Wiederanlagerung der einzelsträngigen DNA verhindert. Die in der Reaktionslösung enthaltenen Primer binden an die Salmonella-DNA, und es folgt die Neubildung einer doppelsträngigen DNA durch eine hitzeresistente DNA-Polymerase. Dieser Vorgang wird mehrfach wiederholt, so dass eine exponentielle Anreicherung der DNA erzielt wird. Die PCR-Produkte sind anschließend auch ohne Voranreicherung beispielsweise mit Gensonden nachweisbar. Die PCR gilt als eines der sensitivsten Nachweisverfahren, wobei sowohl chromosomale als auch Plasmid-abgeleitete Sequenzen verwendet werden können (HELMUTH, 1993).

Immunomagnetische Separation

Bei der immunomagnetischen Separation werden spezifische, poly- und monoklonale Salmonella-Antikörper an superparamagnetische Polystyrol-Perlen (Dynabeads®) kovalent gebunden. Diese können mit mehr als 1400 Salmonella-Stämmen agglutinieren, was 99,4 % der bei Mensch und Tier vorkommenden Isolate in Europa und den USA entspricht. Nach

Zugabe der Polysterol-Perlen in das Voranreicherungsmedium kommt es unter ständigem Schütteln für eine Dauer von zehn Minuten zu einer Antigen-Antikörperreaktion. Anschließend erfolgt die Separation durch einen Magnetpartikel-Konzentrierer, mit dessen Hilfe die Perlen an der Gefäßwand festgehalten werden und das Voranreicherungsmedium abpipettiert werden kann. Nach zweimaligem Waschen der Salmonella-Bead-Komplexe unter Anwendung des Magneten folgt abschließend eine Resuspension in PBS (Phosphat gepufferte Kochsalzlösung). Die so angereicherten Salmonellen können mittels kultureller oder biochemischer Methoden nachgewiesen werden (HELMUTH, 1993; EROL et al., 1999).

Die Kopplung von immunomagnetischer Separation und PCR im Anschluß die Voranreicherung stellt ein schnelles (Gesamtdauer 24 Stunden) und sensitives Nachweisverfahren für Salmonellen dar.

2.8 Bekämpfung und Prophylaxe

Als entscheidende Begründung für die Bekämpfung von Salmonellen in Tierbeständen ist das von ihnen ausgehende Risiko für die menschliche Gesundheit anzusehen. Um Bekämpfungsprogramme gegen Salmonelleninfektionen in der Schweineproduktion und somit auch gegen die Salmonelleninfektion des Menschen effektiv gestalten zu können, sind Maßnahmen in der gesamten Produktionskette, beginnend bei der Futterherstellung über den Tierbestand, die fleischverarbeitende Industrie, den Handel und die Gaststätten bis hin zum Verbraucher erforderlich (MEYER, 1993; GAREIS, 1995; EGAN et al., 1997; KURZE et al., 1999). Dabei darf jedoch nicht vergessen werden, dass eine völlige Eradikation der Salmonellen aufgrund ihrer ubiquitären Verbreitung nicht erreicht werden kann (BLAHA, 1992; GERIGK, 1992).

Im folgenden soll ausschließlich auf mögliche Ansätze zur Reduzierung des Salmonellen-vorkommens in Schweinebeständen eingegangen werden.

2.8.1 Maßnahmen in den Schweinebeständen

Die Kenntnis möglicher Infektionsquellen ist eine unbestrittene Voraussetzung für jedes erfolgreiche Bekämpfungsprogramm. Das breite Wirtsspektrum der nicht speziesadaptierten Salmonellasero-vare, ihre hohe Tenazität in der die Möglichkeit der Entstehung latenter

Infektionen erfordert eine sorgfältige Analyse der Infektionsquellen in den Beständen. Neben Untersuchungen zur Erfassung salmonellenträger- und ausscheidender Tiere im Rahmen eines Monitorings sind gezielte Untersuchungen in den Herkunftsbetrieben unerlässlich. Neben Beratungen durch den betreuenden Tierarzt/Schweinegesundheitsdienst besteht eine wichtige Aufgabe darin, durch ergänzende Untersuchungen von Futtermitteln sowie der belebten und unbelebten Umwelt der Tiere Informationen über die Infektionsquellen und Übertragungswege zu gewinnen, um anschließend gezielte Maßnahmen zur Reduzierung des Salmonellenvorkommens einleiten zu können (SELBITZ et al., 1995).

Management und Hygieneregime

In den Betrieben selbst kann die Minimierung von Eintragsfaktoren sowie der Versuch, die Infektionsketten zwischen den verschiedenen Produktionsstufen zu unterbrechen, als ein wichtiger Ansatzpunkt für die Reduktion der Salmonellaprävalenz angesehen werden. Die Einhaltung des „Rein-Raus“-Prinzips sowie eine regelmäßige Reinigung und Desinfektion der Ställe stellen Grundelemente der Salmonellenbekämpfung dar (MEYER, 1993; EGAN et al., 1997; WIERUP, 1997; STEINBACH und KROELL, 1999; BLAHA, 2001). Diese Hygienemaßnahmen dürfen jedoch nicht auf einzelne Buchten und Abteile beschränkt bleiben, sondern müssen alle Kontaktbereiche der Tiere (Tränke, Tröge, Stallgänge, Verloaderampen) einschließen (EGAN et al., 1997). Tierbewegungen innerhalb eines Bestandes sind auf das Notwendigste zu beschränken und sollten ausschließlich in eine Richtung erfolgen. Das Zurückstallen sowie das Mischen von Tieren unterschiedlicher Altersgruppen ist zu vermeiden. Des Weiteren sind Stallbereiche, in denen sich infizierte Tiere befanden oder die der Isolierung von kranken Tieren dienen, als kontaminiert anzusehen und müssen vor der Wiederbelegung einer gründlichen Reinigung und Desinfektion unterzogen werden (GUTHRIE, 1992; NIETFELD et al., 1998).

Um den Eintrag von Salmonellen in die Bestände zu vermeiden, sollte der Zugang zur Anlage auf wenige Personen beschränkt bleiben und ausschließlich mit sauberer Kleidung erfolgen (EGAN et al., 1997; BLAHA, 2001). Hunden und Katzen ist der Zugang zu den Ställen, sofern möglich, gänzlich zu verwehren.

Des Weiteren ist eine regelmäßige Fliegen- und Schädnerkontrolle im Rahmen von Bekämpfungsprogrammen unerlässlich (MEYER, 1993; EGAN et al., 1997; BLAHA, 2001). Schädner sollten durch bauliche Maßnahmen (Abdichtungen von Löchern, dichtes

Schließen der Türen) aus den Beständen sowie von den Futterlagerstätten ferngehalten und durch die Auslegung von Ködern in geeigneten Behältnissen (z.B. Rohre) auf ein Minimum beschränkt werden (EGAN et al., 1997).

Zusätzlich sollten Futtermittellager sowie -leitungen und -behälter einer regelmäßigen Reinigung und Desinfektion unterzogen werden, um den Eintrag von Salmonellen über das Futter zu vermeiden (GAREIS, 1995; KURZE et al., 1999).

Verschiedene Untersuchungen haben weiter gezeigt, dass Managementstrategien in Verbindung mit konsequent durchgeführter Hygiene den Infektionsdruck mit Salmonellen senken können. So stellten FEDORKA-CRAY et al. (1997c) fest, dass die Wahrscheinlichkeit einer Infektion sinkt, wenn Ferkel isoliert in einer Umgebung aufgezogen werden, in der durch gezieltes Management das Risiko einer Kontamination auf einem Minimum beschränkt wird. Vergleichbare Ergebnisse erzielten auch DAHL et al. (1997b), die in einer gereinigten und desinfizierten Anlage Mastschweine aufziehen konnten, die frei von einer S.-Typhimurium-Infektionen waren, obwohl im Herkunftsbestand eine hohe Salmonellaprävalenz bestand. Nach VAN DER WOLF et al. (1998) liegt die Ursache für den protektiven Effekt eines frühen Umstellens von Absetzferkeln und Läufer Schweinen möglicherweise in einem Schutz durch maternale Antikörper, die in den ersten Lebenswochen vorhanden sind. Entgegen dieser Ergebnisse konnten NIELSEN et al. (1999) in einer vergleichenden Verlaufsuntersuchung signifikant höhere Prävalenzen bei Ferkeln feststellen, die in einer SEW-Anlage (Absetzalter: 13 bis 14 Tage) aufgezogen wurden als bei Wurfgeschwistern, die später abgesetzt (Absetzalter: 28 Tage) und in einem Aufzucht-/Mastbetrieb mit kontinuierlicher Belegung gehalten wurden.

Diätetische Maßnahmen

Als diätetische Maßnahmen zur Bekämpfung von Salmonellen eignen sich die Zugabe von Säuren (z.B. Ameisensäure, Propionsäure u.a.) zum Futter oder Wasser, die Anwendung von Laktulose sowie die sogenannte *Competitive Exclusion*.

Säuren führen in Futtermitteln oder Wasser zu einer Absenkung des pH-Wertes und reduzieren so die Überlebensfähigkeit der Salmonellen. Es ist jedoch zu beachten, dass Säuren eine korrosive Wirkung haben und in hohen Dosen die Futteraufnahme beeinflussen können (SELBITZ et al., 1995). Neben DAHL et al. (1997a) und WINGSTRAND et al. (1997) erzielten auch JØRGENSEN et al. (2001) einen positiven Effekt bei Absetzferkeln infolge einer

Ansäuerung des Futters. Es konnten sowohl ein verringerter Nachweis positiver Kotproben sowie eine Reduktion der koliformen Flora im Intestinaltrakt beobachtet werden.

Einen Rückgang der Salmonellenprävalenz konnte auch WIEMER (1999) durch die Verabreichung von Laktulose bei Mastschweinen erzielen. Die Nachweishäufigkeit der Salmonellen sank im Versuchszeitraum von insgesamt 34 % auf 4 %. Als Ursache hierfür wird eine Metabolisierung der Laktulose durch Mikrobakterien im Darmtrakt der Tiere vermutet. Als Stoffwechselprodukte entstehen kurzkettige Fettsäuren, die den pH-Wert absenken und das Wachstum der Salmonellen hemmen.

Eine weitere Möglichkeit zur Reduktion von Salmonelleninfektionen stellt die *Competitive Exclusion* dar (SELBITZ et al., 1995; FEDORKA-CRAY et al., (1997b)). Das Prinzip beruht auf einer gezielten Besiedlung des Darmtraktes neugeborener Tiere mit der Darmflora gesunder Tiere, wodurch pathogenen Bakterien die Kolonisation im Darmtrakt der behandelten Jungtiere erschwert wird (SELBITZ et al., 1995). LETTELIER et al. (1997) konnten im Rahmen einer Untersuchung zeigen, dass der Zusatz von Probiotika in das Futter für experimentell mit *S. Typhimurium* infizierte Ferkel die Invasion der Salmonellen in das Gewebe und somit die Ausbildung einer persistierenden Infektion verhindern kann. Neben dem positiven Effekt durch den Aufbau einer robusten Mikroflora im Intestinaltrakt konnten NISBET et al. (1997) zusätzlich eine verringerte Ausscheidung der Salmonellen bei Absetzferkeln feststellen.

Antibiotika

Der Einsatz von Antibiotika sollte grundsätzlich auf die Therapie klinisch manifester Erkrankungen beschränkt bleiben, um das Auftreten größerer Verluste zu vermeiden. Die medikamentelle Sanierung von Salmonellenträgern ist weder beim Mensch noch beim Tier erfolgreich, führt in der Regel zu einer verlängerten Ausscheidungsdauer und birgt ferner das Risiko einer Resistenzbildung (SELBITZ et al., 1995; WIERUP, 1997).

Impfmaßnahmen

Die zusätzliche Durchführung von Impfmaßnahmen bietet weiterhin die Möglichkeit einer allmählichen Reduzierung der Salmonellenbelastung in den Beständen. Hierbei eignen sich insbesondere Lebendvakzinen, die neben einer Bildung von humoralen Antikörpern auch zellvermittelte Immunreaktionen induzieren (Selbitz et al., 1995).

In Deutschland gibt es seit 1994 einen zugelassenen *S. Choleraesuis*-Lebendimpfstoff (Suisaloral[®]). Im Jahr 2002 folgte die Zulassung einer *Salmonella* Typhimurium-Lebendvakzine (Salmopor[®]).

LINDNER et al. (2002) stellten in einem Mastbetrieb mit klinischer Salmonellose (*S. Typhimurium*) nach Anwendung der *S. Typhimurium*-Lebendvakzine eine deutliche Senkung der Nachweisrate von *S. Typhimurium* in den ileozäkalen Lymphknoten sowie das Ausbleiben von Krankheitssymptomen fest. Untersuchungen von SPRINGER et al. (2001) zeigten weiterhin, dass es möglich ist, durch eine vorausgegangene Behandlung mit einer *S. Typhimurium*-Lebendvakzine, die Ansiedlung entsprechender Erreger zu hemmen. Nach oraler Infektion mit *S. Typhimurium* wiesen geimpfte Tiere signifikant geringere Keimkonzentrationen im Ileum und Zäkum auf als nicht geimpfte Tiere der Kontrollgruppe. Nach Aussagen von STEINBACH und METHNER (2002) ist der *S. Typhimurium* Lebendimpfstoff geeignet, die Ansiedlung eines Wildstammes zu verhindern bzw. zu hemmen und kann so helfen, in Anbetracht einer fast immer gegebenen, wenn auch meist nicht erkannten Salmonellenexposition in Schweinebeständen, die Häufung und Ausbreitung der Erreger zu verhindern.

Die infolge der Vakzination entstehende Serokonversion scheint die serologischen Untersuchungsergebnisse im Rahmen von Monitoringprogrammen nicht wesentlich zu beeinflussen, da geimpfte Tiere meist mit einem wesentlich schwächeren Anstieg der Antikörperkonzentration reagieren und nur in Einzelfällen positive Befunde liefern.

Abschließend ist darauf hinzuweisen, dass Impfmaßnahmen nur in Kombination mit einer Optimierung des Management- und Hygieneregimes zu einer entscheidenden Reduktion der Salmonellen in Schweinebeständen führen können (MEYER et al., 1993).

2.8.2 Monitoring

Eine weitere Möglichkeit der Bekämpfung bietet das Salmonellenmonitoring, wie es im Rahmen des Qualitätssicherungssystems für Mastschweine in Deutschland seit 2003 auf freiwilliger Basis eingeführt wurde. Ziel ist es, das Risiko des Eintrages von Salmonellen in die Produktionskette durch infizierte und/oder kontaminierte Mastschweine zu senken sowie Eintragsquellen in den am QS-System teilnehmenden Mastbetrieben zu erkennen und zu

beseitigen. Das Monitoring beruht auf einer Einteilung der Schweinemastbestände in drei Kategorien: Kategorie I niedrige, Kategorie II mittlere und Kategorie III hohe Belastung. Grundlage für diese Einteilung stellt die serologische Untersuchung von Serum- oder Fleischsaftproben dar. Proben mit einem OD-Wert oberhalb des Cut-off von 40 werden positiv bewertet.

Die Probenentnahme wird gemäß eines Stichprobenplans in Abhängigkeit von der Bestandsgröße durchgeführt und ist über den Zeitraum von einem Jahr gleichmäßig zu verteilen. Nach frühestens zwölf Monaten erfolgt die verbindliche Ersteinstufung der Betriebe. Nach dieser Ersteinstufung werden die Kategorisierungen viermal jährlich im Abstand von drei Monaten rückwirkend für die letzten zwölf Monate basierend auf dem in Tabelle 01 dargestellten Bewertungsschlüssel vorgenommen.

Tab. 01: Bewertungsschlüssel für die Einstufung der Salmonellenbelastung von QS-Betrieben

Salmonellenrisiko des Bestandes	Kategorie	positive Befunde in der Stichprobe (%)
niedrig	I	< 20
mittel	II	20 bis 40
hoch	III	> 40

Für Mastbetriebe mit einem erhöhten Salmonellenrisiko (Kategorie III oder Kategorie II mit Tendenz gegen III) gelten Vorschriften entsprechend eines Maßnahmenkataloges. Dieser unterteilt sich zum einen in die Analyse der Salmonellen-Epidemiologie (Eintragsquellen, Ausbreitungsdynamik) in den beteiligten Produktionssystemen und zum anderen in Maßnahmen zur schrittweisen Reduzierung der Salmonellenbelastung in den Beständen. Hierzu zählen die bakteriologische Kotuntersuchung, sowie die Identifikation möglicher Eintragsquellen (Futtermittel, Tränke, Umgebungsproben, Schadhager, Hunde, Katzen), die Erfassung von Betriebsabläufen sowie eine Optimierung von Hygiene und Fütterung (LEITFADEN ZUM SALMONELLENMONITORING, 2004).

Gute Erfolge mit der Einführung eines Monitoringprogrammes erzielte Dänemark. Aufgrund des 1995 national eingeführten dänischen Kontrollprogramms konnte ein Rückgang der Salmonellenkontamination in dänischem Schweinefleisch von 3,5 % im Jahr 1992 auf 0,7 %

im Jahr 2000 verzeichnet werden. Außerdem konnten Salmonellosen bei Menschen in diesem Zeitraum von 1144 auf 166 Erkrankungsfälle pro Jahr gesenkt werden (NIELSEN et al., 2001).

3 Material und Methoden

3.1 Ziel und Rahmenplan

Die Untersuchung wurde mit dem Ziel durchgeführt, die Salmonellenprävalenzen in unterschiedlichen Produktionssystemen der Schweinehaltung mittels serologischer Methoden zu ermitteln. Um mögliche Unterschiede hinsichtlich der Salmonellenbelastung zwischen den verschiedenen Haltungsformen aufzeigen zu können, wurden konventionelle, ökologische und Freilandbetriebe vergleichend untersucht. Die Berücksichtigung verschiedener Haltungsformen soll dabei mögliche Zusammenhänge zwischen dem jeweiligen Produktionssystem und der Prävalenz aufdecken. Um diese Zusammenhänge näher spezifizieren zu können und den Einfluß von Management, Fütterung und Hygiene darzustellen, wurden im Rahmen einer Bestandsuntersuchung epidemiologische Daten erfaßt und in Verbindung mit den Ergebnissen der serologischen Untersuchung einer Risikoanalyse unterzogen. Des Weiteren sollte die Berücksichtigung von Lieferbeziehungen zwischen den Produktionsstufen einen Hinweis auf die Bedeutung vertikaler Infektionsketten geben.

Zusätzlich erfolgte in allen seropositiven Betrieben die Entnahme von Umgebungsproben (Futtermittel, Wasser, Staub, Erdboden) mit dem Ziel, mögliche Eintragsquellen der Salmonellen aufzudecken.

3.2 Betriebe

Als Datengrundlage standen insgesamt 108 Betriebe in Schleswig-Holstein und Niedersachsen zur Verfügung, die mit Hilfe regional ansässiger Erzeugergemeinschaften ausgewählt und auf freiwilliger Basis untersucht wurden. Die Produktion der ökologisch wirtschaftenden Betriebe musste den Richtlinien der Verordnung (EWG) Nr. 2092/91 (EG-Öko-Verordnung) entsprechen, welche durch die jeweiligen Erzeugergemeinschaften zum Teil ergänzt wurden. Die Anzahl der Betriebe je Produktionsstufe und Haltungsform ist in Tabelle 02 dargestellt.

Im Rahmen einer einmaligen Bestandsuntersuchung erfolgte in der Zeit von März 2001 bis April 2002 die Entnahme der Proben sowie die Erfassung der epidemiologischen Parameter mit Hilfe eines Fragebogens. Der Salmonellenstatus der einzelnen Betriebe war zum Zeitpunkt der Untersuchung unbekannt. Ausnahmen stellten wenige konventionelle Mastbetriebe

dar, die im Rahmen ihrer Teilnahme an Markenfleischprogrammen bereits erste Ergebnisse von Fleischsaftuntersuchungen am Schlachthof erhalten hatten. In keinem der untersuchten Betriebe lag eine klinische Salmonellenproblematik vor.

Tab. 02: Anzahl der untersuchten Betriebe je Produktionsstufe und Haltungsform

	Zucht	Aufzucht	Ferkelerzeuger	Kombi	Mast
konventionell	3	2	30	9	34
Freiland			13		
ökologisch			5 ¹	6 ¹	6 ²
gesamt	3	2	48	15	40

¹ davon 2 Betriebe mit Sitz in Niedersachsen

² davon 3 Betriebe mit Sitz in Niedersachsen

Die Anzahl der zu untersuchenden konventionellen Betriebe der Produktionsstufen Ferkelerzeugung und Mast berechneten sich nach Formeln von NOORDHUIZEN et al. (1997), wobei eine Genauigkeit von 10 % festgelegt und die erwarteten Prävalenzen anhand der Literatur berücksichtigt wurden. Für Betriebe mit ökologischen Haltungsformen wurde unabhängig von der Produktionsstufe eine Stichprobengröße von 30 Betrieben festgelegt. Diese Zahl konnte jedoch aufgrund eines nur geringen Interesses von Seiten der Verbände und von Seiten der Betriebe nicht eingehalten werden. Insgesamt 14 Betriebsleiter von ökologisch bewirtschaftenden Betrieben lehnten eine Untersuchung ab. Gründe wie Streß für die Tiere, ein Verschrecken der Kunden beim Ab-Hof-Verkauf sowie fehlendes Interesse standen dabei im Vordergrund. Eine Ausweitung der Untersuchung auf das Bundesland Niedersachsen brachte zusätzlich sieben weitere Betriebe, so dass sich die Gesamtzahl auf 17 ökologisch wirtschaftenden Beständen beläuft. Im Rahmen der Freilandhaltung erklärten sich 13 von ca. 15 Ferkelerzeugerbetrieben in Schleswig-Holstein bereit, an der Untersuchung teilzunehmen.

Bei der Auswahl der Betriebe stand zum einen die Abdeckung verschiedener Produktionsbedingungen (Management, Fütterung, Hygieneregime) innerhalb der einzelnen Haltungsformen für die Durchführung einer späteren Risikoanalyse im Vordergrund. Außerdem wurden Lieferbeziehungen zwischen den Produktionsstufen Ferkelerzeugung und Mast berücksichtigt, um die Bedeutung vertikaler Infektionsketten abschätzen zu können. Hierfür wurden zusätzlich drei konventionelle Zuchtbetriebe sowie zwei Jungsauenaufzüchter untersucht.

3.3 Serologische Untersuchung

3.3.1 Probenanzahl

Die Stichprobenumfänge wurden für die einzelnen Betriebe nach Formeln von NOORDHUIZEN et al. (1997) so festgelegt, dass beim Auftreten positiver Testergebnisse eine Schätzung der Prävalenz innerhalb der betroffenen Bestände über die Anzahl der Proben möglich ist. Anhand folgender Formel wurde zunächst unter Einbeziehung einer Genauigkeit von 10 % der Stichprobenumfang für eine unendlich große Population bestimmt:

$$n_0 = \frac{u_{1-\alpha/2}^2 * P * (1-P)}{d^2}$$

n_0 = Stichprobenumfang für eine unendlich große Population

$u_{1-\alpha/2}$ = 1,96 bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 %

P = erwartete Prävalenz

d = absolute Genauigkeit

Die erwarteten Prävalenzen wurden bei Sauen auf 10 % und bei Mastschweinen auf 20 % festgesetzt. Abschließend erfolgte für jeden Betrieb eine Korrektur auf den tatsächlichen Umfang N der Population wie folgt:

$$n = n_0 / (1 + n_0 / N)$$

Tabelle 03 gibt den Stichprobenumfang in Abhängigkeit von der Bestandsgröße für die Produktionsstufen Ferkelerzeugung und Mast wieder.

Die Anzahl der entnommenen Proben in den Betrieben entsprach weitestgehend den jeweils errechneten Stichprobenumfängen. Geringe Abweichungen ergaben sich jedoch insbesondere bei einzelnen Betrieben mit ökologischer Haltung und Freilandhaltung. Die spezifischen Haltungsbedingungen der beiden Produktionssysteme erschwerten die Probenentnahme zum Teil erheblich, so dass die errechneten Probenumfänge nicht in allen Betrieben eingehalten werden konnten.

In den Betrieben mit geschlossenen Produktionssystemen erfolgte die Untersuchung von Sauen und Mastschweinen. Um den Aufwand für die Betriebsleiter möglichst gering zu

halten, wurden die Stichprobenumfänge ausschließlich anhand der Mastplätze bestimmt. Die errechnete Probenanzahl wurde anschließend auf die Produktionsstufen Ferkelerzeugung und Mast verteilt.

Tab. 03: Stichprobenumfänge für Ferkelerzeuger- und Mastbetriebe

Ferkelerzeugerbetriebe		Mastbetriebe	
Anzahl Tiere (n)	Stichprobe (n)	Anzahl Tiere (n)	Stichprobe (n)
20	13	30	20
40	19	50	28
60	22	80	35
80	24	100	38
100	26	200	47
120	27	300	51
140	28	400	53
160	28	500	55
180	29	600	56
200	29	800	57
250	30	1000	58
300	31	1200	58
350	31	1400	59
400	32	1600	59
450	32	2000	60
500	32	3000	60

3.3.2 Probenentnahme

Die Auswahl der Tiere erfolgte nach dem Zufallsprinzip. In Ferkelerzeugerbetrieben wurde dabei eine Verteilung auf die Produktionsbereiche Deckzentrum, Warte- und Abferkelbereich angestrebt. In den Mastbetrieben wurden Tiere aus unterschiedlichen Abteilen beprobt, sowie die verschiedenen Altersstufen in Beständen mit kontinuierlicher Belegung berücksichtigt.

Die Blutentnahme erfolgte aus der V. jugularis ext. und wurde mit Kabevetten[®] (Fa. Kabe, 51588 Nümbrecht-Eisenroth) vorgenommen, auf welche je nach Größe der Tiere sterile Einmalkanülen aufgesetzt wurden (Sterican[®], Fa. B. Braun Melsungen AG, 34209 Melsungen, 1,10 x 50 mm bzw. TSK SUPRA, Fa. Erhardt-Söhne GmbH, 73312 Geislingen/Steige, 1,20 x 100 mm). Die Kabevetten[®] wurden zunächst mit einer Betriebskennzeichnung versehen und fortlaufend nummeriert. Während der Probenentnahme wurden die

Ohrmarkennummern der Sauen bzw. die Abteil- und Buchtennummern der Mastschweine auf einem Untersuchungsprotokoll vermerkt, um eine Zuordnung der Proben auch nach Abschluß der Analyse gewährleisten zu können.

Die Blutproben wurden anschließend bei 4000 U/min fünf Minuten zentrifugiert (Sigma[®] K10). Das Serum wurde in entsprechend der Kabevetten[®] gekennzeichneten 2 ml Safe-seal Reagiergefäße (Fa. Sarstedt, 51588 Nümbrecht) pipettiert und bis zur serologischen Untersuchung bei -18 °C eingefroren.

3.3.3 Serologische Untersuchung der Serumproben

Die serologische Untersuchung erfolgte mit Hilfe des SALMOTYPE[®] Fleischsaft ELISA (Labor Diagnostik GmbH, 04103 Leipzig) in der LUFA-ITL GmbH Kiel (Institut der AGROLAB-Laborgruppe). Dieses Testsystem bietet die Möglichkeit, Salmonella-Antikörper gegen die O-Antigene 1, 4, 5, 6, 7 und 12 in Fleischsaft oder Serum quantitativ zu bestimmen. An eine mit Antigen beschichtete Mikrotiterplatte binden während der Inkubation spezifische Salmonella-Antikörper. Durch einen Waschschrift wird ungebundenes Material entfernt. Nach Zugabe der Enzymsubstrat-Chromogenlösung kommt es zu einer Farbentwicklung durch das Antikörper-gebundene Enzym. Diese Farbreaktion steht in direkter Korrelation zu der Menge an spezifischen Antikörpern und wird mittels Photometer bestimmt.

3.3.3.1 Reagenzienvorbereitung

Zur Herstellung des gebrauchsfertigen Waschpuffers wurden 25 ml Waschpufferkonzentrat mit 225 ml Aqua dest. verdünnt (Verhältnis 1:10). In jeweils eine Flasche des lyophilisierten Kontrollserums wurden je 300 µl Aqua dest. gegeben und unter vorsichtigem Schwenken gelöst. Anschließend wurde 40 µl konzentriertes Antikörperkonjugat mit 10 ml Probenverdünnungspuffer verdünnt.

3.3.3.2 Probenvorbereitung

Die tiefgefrorenen Serumproben wurden aufgetaut und in zwei Arbeitsschritten mit dem Probenverdünnungspuffer im Verhältnis 1:400 versetzt. In den Vertiefungen einer un-

beschichteten Mikrotiterplatte wurden zunächst 190 µl Verdünnungspuffer mit je 10 µl der Serumproben gemischt. Anschließend erfolgte in einer Nachverdünnung das Mischen von 10 µl der Vorverdünnung mit je 190 µl Probenverdünnungspuffer.

3.3.3.3 Testdurchführung

Alle Reagenzien wurden vor der Benutzung auf Raumtemperatur (18-23 °C) gebracht und durch leichtes Schütteln gemischt. Auf einem Arbeitsblatt erfolgte anschließend die Registrierung der Kontrollen- und Probenlokalisationen entsprechend der Aufteilung auf der Testplatte.

In die Vertiefungen der Testplatte wurden zunächst je 100 µl der gelösten Kontrolle sowie der vorverdünnten Proben pipettiert und die Platte abgedeckt. Nach einer Inkubation von 60 Minuten bei Raumtemperatur wurde nach Entleerung der Vertiefungen durch Ausschlagen in drei Waschvorgängen nichtgebundenes Material von der Platte entfernt. Hierfür wurden je 300 µl Waschpuffer verwendet, welcher nach jedem Vorgang entleert wurde. Am Ende erfolgte ein Trockenklopfen der Mikrotiterplatte auf Zellstoff.

Anschließend wurden in jede Vertiefung der Platte 100 µl des vorbereiteten Antikörperkonjugats pipettiert. Es folgten erneut eine Inkubation von 60 Minuten Dauer bei Raumtemperatur, die Entleerung der Mikrotiterplatte sowie drei Waschschriffe (siehe oben).

Abschließend wurde jede Vertiefung der Mikrotiterplatte mit 100 µl TMB-Substratlösung beschickt. Nach einer Inkubation von sieben Minuten bei Raumtemperatur wurde die Farbreaktion durch die Zugabe von 100 µl Stopplösung je Vertiefung unterbrochen. Nach der Kalibrierung des Photometers (Behring Elisa Prozessor II, Fa. Dade Behring Vertriebs GmbH & Co. OHG, 65824 Schwalbach) gegen die Luft als Leerwert konnten bei einer Meßwellenlänge von 450 nm und einer Referenzwellenlänge von 650 nm die Extinktionen der Proben und Kontrollseren bestimmt werden.

3.3.3.4 Auswertung

Die Extinktionen der Kontrollseren wurden zu ihren angegebenen Konzentrationen ins Verhältnis gesetzt. Eine daraus berechnete Regressionsgerade ermöglichte die Bestimmung

der Konzentration an Salmonella-Antikörpern in den Proben anhand der Extinktionen. Serumproben mit einem OD %-Wert ≥ 40 wurden als positiv bewertet.

3.3.3.5 Chemikalien und Reagenzien

Waschpufferkonzentrat – Phosphat gepufferte Kochsalzlösung mit Tween 20, 10fach konzentriert, konserviert mit Thiomersal

Probenverdünnungspuffer, Puffer mit Protein, konserviert mit Thiomersal

TMB Substratlösung

Stopplösung – 0,5 M Schwefelsäure

Antikörperkonjugat (Kaninchen-Anti-Schwein-Myeloperoxidasekonjugat) in Puffer mit Proteinstabilisatoren, Konzentrat

Kontrollserum Nr. 1, salmonellapositiv, von hyperimmunisierten Schweinen gewonnenes Serum, konserviert mit Thiomersal, lyophilisiert

Kontrollserum Nr. 2, salmonellapositiv, von hyperimmunisierten Schweinen gewonnenes Serum, konserviert mit Thiomersal, lyophilisiert

Kontrollserum Nr. 3, salmonellapositiv, von hyperimmunisierten Schweinen gewonnenes Serum, konserviert mit Thiomersal, lyophilisiert

Kontrollserum Nr. 4, salmonellapositiv, von hyperimmunisierten Schweinen gewonnenes Serum, konserviert mit Thiomersal, lyophilisiert

Kontrollserum Nr. 5, Negativkontrolle, salmonellanegativ, von Schweinen gewonnenes Serum, mit niedrigem Antikörpertiter, konserviert mit Thiomersal, lyophilisiert

Salmonella-Antigenbeschichtete Testplatte (inaktiviert), 96 Vertiefungen pro Platte

Destilliertes Wasser

3.3.3.6 Geräte und Hilfsmittel

Bechergläser, Meßzylinder, Präzisionspipetten, Multikanalpipetten, Einwegpipettenspitzen, Pipettierwannen, Mikrotiterplatten-Photometer, Röhrchen für die Verdünnung der Proben.

3.4 Bakteriologische Untersuchung

In Betrieben, in denen die serologische Untersuchung mindestens ein positives Ergebnis geliefert hatte, erfolgte die kulturelle Untersuchung möglicher Eintragsquellen (Futter, Wasser, Staub, Erdboden) in der LUFA-ITL GmbH Kiel. Um die Salmonellaserovare der Umgebungsproben anschließend mit denen der Schweine vergleichen zu können, wurden Sammelkotproben der serologisch getesteten Tiere entnommen und in dem Labor der Außenstelle für Epidemiologie der Tierärztlichen Hochschule Hannover in Bakum kulturell untersucht.

Des Weiteren erfolgte in den Zucht- und Ferkelerzeugerbetrieben die Entnahme und kulturelle Untersuchung von Kotproben aus den Buchten der Absetzferkel. Der Salmonellenstatus der Ferkel soll dabei helfen, die Bedeutung vertikaler Infektionsketten in den seropositiven Beständen abzuschätzen.

Alle Proben wurden im Rahmen des einmaligen Bestandsbesuches entnommen und bis zum Abschluß der Blutanalyse bei -18 °C eingefroren. Die Proben aus seropositiven Betrieben wurden anschließend in die Untersuchungslabore verbracht, Proben aus seronegativen Betrieben wurden verworfen.

3.4.1 Probenentnahme

Futtermittelproben

Die Entnahme der Futtermittelproben erfolgte aus den entsprechenden Lagerungsstätten und/oder aus den Trögen der Tiere direkt. Von allen, in einem Betrieb verwendeten Futtermittelmischungen wurde je eine Probe in einen 100 ml Einmalbecher aus Polypropylen (Fa. Sarstedt, 51588 Nümbrecht) überführt und anschließend mit einem Schraubdeckel verschlossen.

Wasserproben

Die Wasserproben wurden in den jeweiligen Betriebsabteilungen aus den vorhandenen Tränkesystemen entnommen und ohne Berührung der Umgebung in jeweils 100 ml Einmalbecher mit Schraubverschluß aus Polypropylen gefüllt.

Staubproben

Für die bakteriologische Untersuchung des Staubes wurden mit Hilfe steriler Einmalspatel (Fa. Noba Verbandsmittel, 85300 Wetter/Wengern) Proben von verschiedenen Lokalisationen des Stalles entnommen. Beprobte wurden Fensterbänke, Futtermittelleitungen und -behälter, Luftschächte sowie die Gestänge der Kastenstände bei Sauen und die Buchtenabtrennungen bei Mastschweinen. Die Proben wurden in einen 100 ml Einmalbecher aus Polypropylen verbracht und mit einem Schraubdeckel verschlossen.

Bodenproben

In Betrieben mit Auslauf oder Freilandhaltung erfolgte zusätzlich die Entnahme von Bodenproben an verschiedenen Bereichen des Auslaufs (Tränkebereich, Suhle). Mittels steriler Einmalhandschuhe wurde der Erdboden oberflächlich abgetragen und bis zur Untersuchung in 100 ml Einmalbecher aus Polypropylen aufbewahrt.

Kotproben

Für die Entnahme der Sammelkotproben wurden sterile Stuhlröhrchen aus Polypropylen mit Schraubverschluß verwendet (101 mm lang, Ø 16,5 mm, Fa. Sarstedt, 51588 Nümbrecht). Mit Hilfe des im Schraubdeckel angebrachten Löffelspatels wurde ca. 5 g frisch abgesetzter Kot aus fünf bis sechs Bereichen des Buchtenbodens nach vorheriger Durchmischung in ein Probenröhrchen verbracht. Diese Vorgehensweise sollte gewährleisten, die Ausscheidungen verschiedener Tiere einer Bucht in der Probe zu erfassen. Bei Sauen in Kastenständen erfolgte zunächst ein Vermischen des Kotes von jeweils fünf bis acht der serologisch untersuchten Tiere. Ein Teil der Sammelprobe wurde anschließend in ein Stuhlröhrchen überführt.

3.4.2 Bakteriologische Untersuchung der Futter-, Staub- und Bodenproben

Die Untersuchung der Futtermittel-, Staub-, Boden- und Sammelkotproben erfolgte in Anlehnung an die ISO 6579:1993. Futtermittelproben gleicher Darreichungsform sowie Kotproben aus je einem Bestand wurden aus Kostengründen vor Beginn der Analyse gepoolt, wobei maximal fünf Futtermittelproben á 25 g bzw. fünf Kotproben á 2 g zu einer Probe zusammengefaßt wurden. Beim Auftreten eines Salmonella-positiven bzw. verdächtigen

Befundes erfolgte eine Wiederholung der Analyse in Einzelansätzen der zuvor gepoolten Proben.

Um durch äußere Einflüsse (Temperatur, Trockenheit, Nährstoffarmut, hoher Salzgehalt) subletal geschädigte Keime zu aktivieren, wurde im ersten Analyseschritt eine allgemeine Voranreicherung durchgeführt. Hierfür wurden 100 g der Futtermittelpoolprobe und 1125 ml gepuffertes Peptonwasser, 25 g der Staub- oder Bodenprobe und 225 ml gepuffertes Peptonwasser bzw. 10 g der gepoolten Sammelkotprobe und 90 ml gepuffertes Peptonwasser in einen Erlenmeyerkolben verbracht. Das Gefäß wurde anschließend mit einem Steri[®]-Stopfen (Fa. Erich Eydam KG, 24119 Kiel) verschlossen und bei 37 °C über 16-20 Stunden inkubiert. Im zweiten Analyseschritt erfolgte die Selektivanreicherung. Aus den vorangereicherten Proben wurden 100 µl in ein Reagenzglas mit 10 ml Rappaport-Vassilliadis-Nährmedium überführt und bei 42 °C für 24 Stunden (1. Abimpfung) und 48 Stunden (2. Abimpfung) bebrütet. In der sich anschließenden Isolierung wurden bei der 1. und 2. Abimpfung mit einer Einmalimpfeschlinge auf je zwei Platten mit Brillantgrün-Phenolrot-Agar und auf zwei Platten mit Rambach-Agar Subkulturen im Verdünnungsausstrich angelegt. Nach jeweils 24 stündiger Bebrütung erfolgte die Untersuchung der Platten auf salmonellaverdächtige Kolonien. Zur Bestätigung wurden anschließend fünf charakteristische Kolonien auf Nutrient-Agar subkultiviert und mit Hilfe des Api20e (Fa. bioMérieux Deutschland GmbH, 72622 Nürtingen) anhand ihrer biochemischen Eigenschaften identifiziert. Beim Nachweis von Salmonellen erfolgte zusätzlich die Subkultivierung der Keime auf Eisen-Dreizuckeragar, welcher anschließend zur serologischen Typisierung der Salmonellen in das Nationale Veterinärmedizinische Referenzlaboratorium für Salmonellen (NRL-Salm) nach Berlin gebracht wurde.

3.4.3 Bakteriologische Untersuchung der Wasserproben

Die Untersuchung der Wasserproben erfolgte in Anlehnung an die ISO 6340. Unterschiede zu der oben beschriebenen Methode gab es in zwei Punkten: 100 ml Wasser wurden zunächst durch einen Bakterienfilter gegeben und der Filter anschließend in einen Erlenmeyerkolben mit 50 ml gepuffertem Peptonwasser zur Voranreicherung überführt. Die Inkubation im Rahmen der Voranreicherung sowie die Selektivanreicherung im Rappaport-Vassiliadis-Medium entsprachen der oben beschriebenen Methode. Für die Isolierung der Keime wurden

auf je 2 Platten mit Xylose-Lysin-Desoxycholat-Agar und auf 2 Platten mit Brilliantgrün-Phenolrot-Agar Subkulturen im Verdünnungsausstrich angelegt. Alle nachfolgenden Analyseschritte entsprachen der Methode ISO 6579:1993.

3.5 Datenerhebung mittels Fragebogen

Im Anschluß an die Probenentnahme erfolgte in allen Betrieben die Erhebung epidemiologischer Daten mit Hilfe eines Fragebogens (s. Anhang 10.1). Neben allgemeinen Betriebskennzahlen wurden Daten zum Haltungssystem, Management und Gesundheitsstatus sowie seuchenhygienische Aspekte erfaßt. Diese Daten wurden anschließend unter Berücksichtigung der Ergebnisse aus der serologischen Untersuchung einer Risikoanalyse unterzogen, um Gefahrenquellen für den Eintrag und die Aufrechterhaltung von Salmonelleninfektionen aufzudecken.

3.6 Statistische Auswertung

Für die Erfassung der serologischen und bakteriologischen Ergebnisse sowie für die Daten aus der Fragebogenerhebung wurde das Tabellenkalkulationsprogramm EXCEL[®] in der Version 97 verwendet.

3.6.1 Prävalenzen

Die Berechnung der Intraherden- und Einzeltierprävalenzen sowie der 95 %-Konfidenzintervalle je Produktionsstufe und Haltungform erfolgte mit der Prozedur Proc Surveymeans aus dem Programmpaket SAS[®] (2002). Diese Prozedur berücksichtigt bei der Berechnung der Konfidenzintervalle die endliche Populationsgröße und die geschichtete Stichprobenziehung.

3.6.2 Risikofaktoren für Betriebe mit konventionellen Haltungssystemen

Um mögliche Risikofaktoren für das Auftreten von Salmonelleninfektionen in konventionellen Betrieben ermitteln zu können, wurden die mit Hilfe des Fragebogens erhobenen Daten zunächst in Klassen eingeteilt. Neben einer sinngemäßen Zusammenfassung verschiedener Effekte wurde auf eine gleichmäßige Besetzung der Klassen geachtet. Im Anschluß wurden die bestandsspezifischen Parameter jeweils mit Hilfe des χ^2 -Tests hinsichtlich ihres Einflusses auf die Salmonellenprävalenz getestet. Da für die einzelnen Parameter bei Sauen aus reinen Ferkelerzeuger- und Kombibetrieben sowie bei Mastschweinen aus reinen Mast- und Kombibetrieben einheitliche Tendenzen ermittelt werden konnten, erfolgte für die weiteren Auswertungen eine Zusammenfassung der jeweiligen Produktionsformen. Parameter, die nicht kreuzklassifiziert waren, blieben unberücksichtigt.

Alle Parameter, die im χ^2 -Tests einen Wert $p < 0,3$ aufwiesen, wurden im Anschluß mit einem Schwellenwertmodell der Prozedur Genmod aus dem Programmpaket SAS[®] auf Signifikanz ($p \leq 0,05$) überprüft (SAS[®], 2002). Dieses Verfahren bietet die Möglichkeit, mit der logistischen Regression den gemeinsamen Einfluß unabhängiger Variablen auf eine dichotome Zielvariable zu untersuchen (KREIENBROCK und SCHACH, 2000). Um sicher zu stellen, dass die Signifikanzaussagen nicht auf wechselseitigen Abhängigkeiten (Multikollinearität) zwischen den Einflußfaktoren beruhen, wurde das Modell abschließend durch das schrittweise Herausnehmen und Hinzufügen von Variablen auf Stabilität überprüft.

Die Schätzwerte ($\hat{\epsilon}$) signifikanter Einflußfaktoren wurden anschließend in Odds Ratios ($OR = \exp(\hat{\epsilon})$) transformiert sowie die 95%-Konfidenzintervalle berechnet. Das Odds Ratio stellt in dieser Untersuchung den Faktor dar, um den die Chance steigt, Salmonella-seropositive Tiere nachzuweisen, wenn die Bedingungen, unter denen sie gehalten werden, prädisponierend sind.

Prüfung weiterer Einflußfaktoren

Einflußfaktoren, die in der logistischen Regression nicht signifikant ($p > 0,05$) waren und/oder geringe Besetzungszahlen in den kleinsten Subzellen aufwiesen, blieben in den Modellen zur Schätzung der Risikofaktoren unberücksichtigt. Sofern diese Faktoren im χ^2 -Test einen p-Wert $\leq 0,05$ aufwiesen, erfolgte im Anschluß getrennt die Bestimmung der Odds Ratios sowie der 95 %-Konfidenzintervalle anhand der Vier-Felder-Tafel. Da bei diesem

Verfahren ausschließlich der Einfluß eines Faktors auf das Zielmerkmal untersucht wird, geben die Ergebnisse lediglich Hinweise auf ein mögliches Risiko.

3.6.3 Risikofaktoren für Betriebe mit Freilandhaltung

Bei den Ferkelerzeugerbetrieben mit Freilandhaltung erfolgte zunächst, entsprechend der konventionellen Produktionssysteme, eine Einteilung der Daten in Klassen sowie die Überprüfung der Effekte hinsichtlich ihrer Bedeutung als Einflußfaktoren auf die Salmonellenprävalenz mit Hilfe des χ^2 -Tests. Aufgrund der geringen Datenmenge und des daraus resultierenden Ungleichgewichts bei der Klassenbesetzung war die Verwendung der logistischen Regression zur Schätzung von Risikofaktoren bei Freilandbetrieben nicht sinnvoll. Weiterführende Auswertungen beschränkten sich auf die getrennte Berechnung der Odds Ratios und der 95%-Konfidenzintervalle für jeden Faktor, der im χ^2 -Tests einen Wert $p \leq 0,05$ aufwies (s. 3.6.2).

3.6.4 Betriebe mit ökologischen Haltungssystemen

Die statistische Auswertung der Daten aus ökologisch produzierenden Betrieben beschränkte sich auf die Verwendung deskriptiver Methoden, da eine Risikoanalyse aufgrund der geringen Probenanzahl nicht durchgeführt werden konnte.

4 Ergebnisse

4.1 Ergebnisse der serologischen Untersuchung

Die serologische Untersuchung zum Nachweis von Antikörpern gegen Salmonellen wurde mit Hilfe des SALMOTYPE® Fleischsaft ELISA der Firma Labor Diagnostik GmbH, 04103 Leipzig durchgeführt. In die Auswertung sind insgesamt 4343 Blutproben von Sauen und Mastschweinen aus 108 Beständen eingegangen. Eine tabellarische Zusammenfassung der Bestandsgrößen, Probenanzahlen sowie der Intraherdenprävalenz und der 95 %-Konfidenzintervalle bei einem Cut-Off von 40 findet sich aufgeschlüsselt nach Betrieb, Haltungssystem und Produktionsstufe im Anhang 10.2, Tabelle 26.

4.1.1 Prävalenzen der Zucht- und Aufzuchtbetriebe

Von 87 Blutproben aus drei konventionellen Zuchtbetrieben reagierten 26 (29,9 %) im ELISA positiv. Die Intraherdenprävalenz sowie die 95 %-Konfidenzintervalle sind in Tabelle 04 dargestellt.

Tab. 04: Seroprävalenzen und 95 %-Konfidenzintervalle (95%-KI) der Zuchtbetriebe (OD% > 40)

Betrieb	Blutproben		Seroprävalenz (%)	95 %-KI
	gesamt (n)	seropositiv (n)		
A	30	21	70,0	53,6 – 86,4
B	27	0	0	
C	30	5	16,7	3,3 – 30,0

Während in den Zuchtbetrieben A und B gleichzeitig die Aufzucht der Jungsauen erfolgte, wurden die Ferkel aus dem Zuchtbetrieb C an einen Aufzüchter verkauft.

Bei der serologischen Untersuchung in zwei konventionellen Aufzuchtbetrieben wiesen vier (3,4 %) der insgesamt 116 untersuchten Jungsauen Antikörperkonzentrationen mit OD%-Werten > 40 auf. Die Intraherdenprävalenz für Aufzuchtbetrieb I lag bei 5,1 %. In Aufzuchtbetrieb II reagierten insgesamt 1,8 % der Jungsauen im ELISA positiv (Tab. 05).

Tab. 05: Seroprävalenzen und 95 %-Konfidenzintervalle (95 %-KI) der Aufzuchtbetriebe (OD% > 40)

Betrieb	Blutproben		Seroprävalenz (%)	95 %-KI
	gesamt (n)	seropositiv (n)		
I	59	3	5,1	0 – 10,7
II	57	1	1,8	0 – 5,2

Der Aufzuchtbetrieb I hatte im Untersuchungszeitraum Ferkel aus dem Zuchtbetrieb C erhalten, die Ferkelherkunft des Aufzuchtbetriebes II war unbekannt.

4.1.2 Prävalenzen der Sauen aus Ferkelerzeuger- und Kombibetrieben

In 48 Ferkelerzeuger- und 15 Kombibetrieben wurden insgesamt 1498 Blutproben von Sauen entnommen und serologisch untersucht. 256 (17,1 %) der 1498 Proben reagierten im ELISA positiv. Insgesamt wiesen 12,3 % der Sauen aus konventioneller Haltung, 7,6 % der Sauen aus ökologischer Haltung und 35,1 % der Sauen aus Freilandhaltung einen OD%-Wert > 40 auf (Tab. 06).

Tab. 06: Seroprävalenzen und 95 %-Konfidenzintervalle (95 %-KI) der Sauen aus konventionellen, ökologischen und Freilandbetrieben (OD% > 40)

Haltungsform	Anzahl Tiere (n)	seropositive Tiere (n)	Prävalenz (%)	95% -KI
konventionell	1009	124	12,3	6,5 – 18,0
ökologisch	144	11	7,6	0,0 – 16,1
Freiland	345	121	35,1	22,4 – 47,7
Gesamt	1498	256	17,1	11,6 – 22,6

Ein Vergleich der Produktionsformen innerhalb der Haltungssysteme zeigt, dass 11,2 % der Sauen aus konventionellen Ferkelerzeugerbetrieben und 16,6 % der Sauen aus konventionellen Kombibetrieben positive Testergebnisse lieferten (Abb. 01). In ökologischen Haltungssystemen reagierten insgesamt 7,5 % der Sauen aus reinen Ferkelerzeugerbetrieben und 7,8 % der Sauen aus Kombibetrieben positiv.

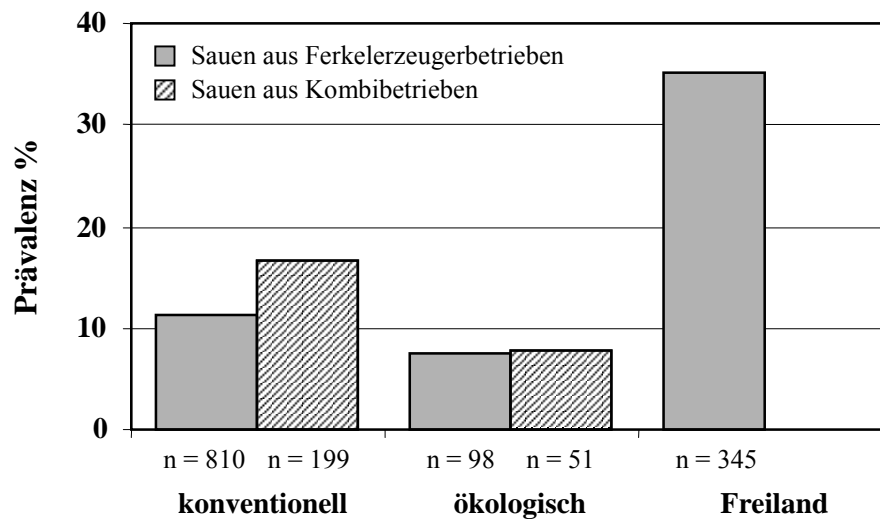


Abb. 01: Seroprävalenzen (%) der Sauen unterteilt nach Haltungssystem und Produktionsform (OD%>40)

Die Intraherdenprävalenzen sind nachfolgend für die Produktionsformen Ferkelerzeuger- und Kombibetrieb innerhalb einer Haltungssystem zusammenfassend dargestellt. Insgesamt wiesen 28 (71,8 %) Betriebe mit konventioneller Haltung, vier (44,4 %) Betriebe mit ökologischer Haltung und 12 (92,3 %) Freilandbetriebe mindestens ein Tier mit einem serologisch positiven Ergebnis im ELISA auf. Die Intraherdenprävalenz erstreckte sich in konventionellen Betrieben von 0 % bis 68,0 %, in ökologischen Betrieben von 0 % bis 33,3 % und in Betrieben mit Freilandhaltung von 0 % bis 68,0 %. Tabelle 07 gibt die Seroprävalenzen der Betriebe mit unterschiedlichen Haltungssystemen eingeteilt in Kategorien wieder.

Tab. 07: Seroprävalenzen der Betriebe mit Ferkelerzeugung unterteilt nach Haltungssystem

Prävalenz	konventionell		ökologisch		Freiland	
	n	%	n	%	n	%
0 bis < 2	11	28,2	5	55,6	1	7,7
2 bis < 10	14	35,9	1	11,1	–	–
10 bis < 20	6	15,4	1	11,1	3	23,1
20 bis < 40	5	12,8	2	22,2	5	38,4
≥ 40	3	7,7	–	–	4	30,8
Gesamt	39	100	9	100	13	100

4.1.3 Prävalenzen der Mastschweine aus reinen Mast- und Kombibetrieben

Bei der serologischen Untersuchung von Mastschweinen aus 55 Betrieben mit konventioneller und ökologischer Haltung reagierten 301 (11,4 %) der 2642 Proben mit einem positiven Nachweis im ELISA. Insgesamt wiesen 294 (13,0 %) Tiere aus konventionellen Betrieben und sieben (1,9 %) Tiere aus ökologisch produzierenden Betrieben Antikörperkonzentrationen mit OD%-Werten > 40 auf (Tab. 08).

Tab. 08: Seroprävalenzen und 95%-Konfidenzintervalle (95 %-KI) der Mastschweine aus konventionellen und ökologischen Haltungsformen (OD % > 40)

Haltungsform	Anzahl Tiere (n)	seropositive Tiere (n)	Prävalenz (%)	95% -KI
konventionell	2270	294	13,0	8,9 – 17,0
ökologisch	372	7	1,9	0,2 – 3,5
Gesamt	2642	301	11,4	7,8 – 15,0

Abbildung 02 stellt die Prävalenzen der Mastschweine aus konventionellen und ökologischen Haltungssystemen unterteilt nach Produktionsformen dar.

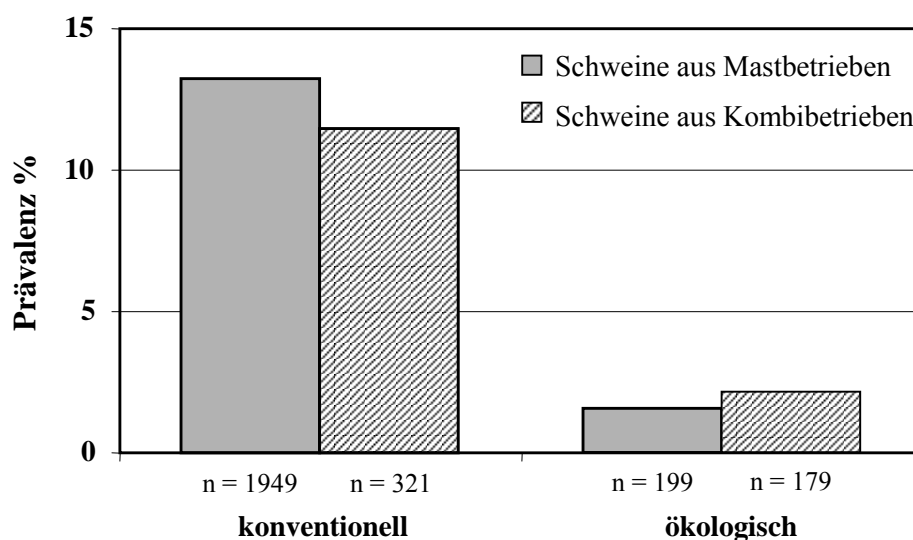


Abb. 02: Seroprävalenzen (%) der Mastschweine unterteilt nach Haltungssystem und Produktionsform

Der Anteil positiver Testergebnisse war mit 13,2 % in konventionellen Mastbetrieben größer als in konventionellen Kombibetrieben, in denen insgesamt 11,5 % der Tiere positiv im ELISA reagierten. In den ökologischen Produktionssystemen konnte bei 1,6 % der Tiere aus reinen Mastbetrieben und bei 2,2 % der Tiere aus Kombibetrieben ein positiver Nachweis erbracht werden.

Die Intraherdenprävalenzen lagen in Betrieben mit konventionellen Haltungssystemen zwischen 0 % und 47,3 %. Insgesamt reagierte in 34 (79,1 %) der 43 untersuchten Betriebe mindestens ein Tier mit einem Nachweis im ELISA. In Betrieben mit ökologischen Haltungsformen erstreckte sich die Intraherdenprävalenz von 0 % bis 8,3 %, wobei in fünf (41,7 %) Betrieben mindestens eine Probe Antikörperkonzentrationen mit einem OD%-Wert > 40 enthielt.

Tabelle 09 gibt eine Übersicht über die Verteilung der Intraherdenprävalenzen von konventionellen und ökologischen Betrieben.

Tab. 09: Seroprävalenzen konventioneller und ökologischer Betriebe mit Mast (OD% > 40)

Prävalenz	konventionelle Haltung		ökologische Haltung	
	n	%	n	%
0 bis < 2	13	30,2	7	58,3
2 bis < 10	8	18,6	5	41,7
10 bis < 20	10	23,3	–	–
20 bis < 40	10	23,3	–	–
≥ 40	2	4,6	–	–
Gesamt	43	100	12	100

4.2 Risikofaktoren für konventionelle Haltungssysteme

4.2.1 Risikofaktoren für Sauen aus konventionellen Ferkelerzeuger- und Kombibetrieben

Um den Einfluß bestandsspezifischer Faktoren auf die Prävalenz seropositiver Sauen untersuchen zu können, wurden die mittels Fragebogen erhobenen Daten aus insgesamt 30 Ferkelerzeuger- und neun Kombibetrieben im Zusammenhang mit den serologischen Ergebnissen der 1009 untersuchten Sauen ausgewertet. Die im ersten Schritt durchgeführte Überprüfung von 24 Faktoren hinsichtlich eines möglichen Einfluß auf die Salmonella-Seroprävalenz mit Hilfe des χ^2 -Tests ergab für die Parameter „Anzahl Sauen“, „Tränkesystem“, „Futtermittelherkunft“, „Stallboden“, „Schadnagerbesatz“, „Schadnagerbekämpfung“, „Hunde im Stall“, „Schutzkleidung für bestandsfremde Personen“, „Kadaverbehälter“, „Unterbringung Einstreu“ und „schweinehaltende Betriebe in der Umgebung“ p-Werte $\geq 0,3$. Diese Parameter blieben bei der weiteren Auswertung unberücksichtigt.

Ein signifikanter Einfluß konnte für die Faktoren „Quarantänestall“, „Anzahl betreuender Personen“, „Stallform“ und „Hygieneschleuse“ ermittelt werden. Tabelle 10 gibt die signifikanten Einflußfaktoren für Sauen aus konventionellen Ferkelerzeuger- und Kombibetrieben wieder.

Tab. 10: Risikofaktoren für Sauen aus konventionellen Ferkelerzeuger- und Kombibetrieben

Risikofaktoren	p	% positive Tiere	OR	95%-KI
Quarantänestall	< 0,0001			
vorhanden		5,3	1	
nicht vorhanden		15,3	3,68	2,10 – 6,38
betreuende Personen	< 0,0001			
1 bis 2		18,9	3,43	2,26 – 5,19
3 oder mehr		7,7	1	
Stallform	0,0029			
geschlossener Stall		12,2	1	
Offenstall oder Auslauf		16,6	2,01	1,30 – 3,10
Hygieneschleuse	< 0,0001			
vorhanden		16,9	3,15	2,07 – 4,77
nicht vorhanden		8,6	1	

Quarantänestall

Bei der Betrachtung des Einflußfaktors Quarantänestall wurde zwischen dem Vorhandensein eines getrennten Stallgebäudes für neu zugekaufte Tiere und der sofortigen Eingliederung neuer Tiere in den bestehenden Bestand unterschieden. Voraussetzung für die Anerkennung als Quarantänestall war weiter die Verwendung von stallspezifischen Arbeitsgeräten sowie ein Wechseln der Kleidung beim Betreten des Stallgebäudes. Ein getrenntes Abteil im Stallgebäude des eigentlichen Bestandes wurde nicht als Quarantänestall gewertet.

Insgesamt waren 5,3 % der Tiere aus Betrieben mit und 15,3 % der Tiere aus Betrieben ohne Quarantänestall seropositiv. Dabei steigt die Chance, seropositive Sauen mit Hilfe des ELISA nachweisen zu können, bei Betrieben ohne Quarantänestall um den Faktor 3,68 (Tab. 10).

Anzahl betreuender Personen

Die Anzahl betreuender Personen umfaßte alle Personen, die im täglichen Umgang mit den Tieren standen und Arbeiten in dem Bestand verrichteten. Kinder sowie Urlaubs- oder Wochenendvertretungen, die keine ständige und zusätzliche Arbeitskraft darstellen, blieben unberücksichtigt. Die Klasseneinteilung erfolgte in die Effektstufen ein bis zwei betreuende Personen und drei oder mehr betreuende Personen.

Insgesamt reagierten 18,9 % der Sauen, die von ein bis zwei Personen und 7,7 % der Sauen, die von drei oder mehr Personen betreut wurden im ELISA positiv. Die Berechnung der Odds Ratios und des 95 %-Konfidenzintervalls zeigt, dass die Chance seropositive Sauen im ELISA nachweisen zu können, bei Tieren aus Betrieben, in denen die Betreuung von weniger als drei Personen übernommen wird, um den Faktor 3,43 steigt (Tab. 10).

Ein Zusammenhang zwischen der Anzahl betreuender Personen und der Anzahl Sauenplätze konnte nicht ermittelt werden.

Stallform

Bei der Beurteilung des Faktors Stallform wurde zwischen Betrieben mit geschlossenen Ställen und Betrieben mit Offenställen oder Auslauf unterschieden. Da nur vier Betriebe über einen Offenstall und fünf Betriebe über einen Auslauf verfügten, wurden die beiden Faktoren in einer Klasse zusammengefaßt, um eine bessere Besetzung der Effektstufen zu erzielen. Dabei galt das Kriterium Offenstall oder Auslauf als erfüllt, wenn die Tiere mindestens in

einem Teil ihres Produktionszyklus (Deckzentrum, Wartebereich, Abferkelbereich) unter den angeführten Bedingungen gehalten wurden.

Insgesamt reagierten 12,2 % der 756 Proben aus Betrieben mit geschlossenen Ställen und 16,6 % der 253 Proben aus Betrieben mit Offenställen oder Auslauf positiv im ELISA. Die in Tabelle 10 dargestellten Odds Ratios lassen erkennen, dass die Chance, ein seropositives Testergebnis im ELISA zu erzielen, bei Tieren mit Auslauf oder Offenstallhaltung um den Faktor 2,01 im Vergleich zu Tieren aus Betrieben mit geschlossenen Stallsystemen steigt.

Hygieneschleuse

Bei dem Einflußfaktor Hygieneschleuse wurde zwischen einem direkten Zugang zu den Stallungen und einer vorgeschalteten Hygieneschleuse unterschieden. Die Ausstattung einer solchen Schleuse sollte mindestens aus einem Waschbecken sowie aus einer Vorrichtung zum Stiefelwaschen bestehen und dem Kleidungswechsel vor dem Betreten der Stallabteile dienen. Des Weiteren war für die Anerkennung einer Hygieneschleuse im Rahmen der Datenerhebung eine regelmäßige Benutzung der Vorrichtungen Voraussetzung. Da dieser Teilaspekt nicht kontrolliert werden konnte, basierten die Angaben ausschließlich auf den Aussagen der Betriebsleiter.

16,9 % der Sauen aus Betrieben mit und 8,6 % der Sauen aus Betrieben ohne Hygieneschleuse wiesen einen positiven Befund im ELISA auf. Die Berechnung der Odds Ratios und des 95 %-Konfidenzintervalls zeigt, dass für Tiere aus Betrieben mit einer Hygieneschleuse im Vergleich zu Tieren aus Beständen, in denen der Zugang zu den Stallabteilen direkt erfolgt, eine um den Faktor 3,15 gesteigerte Chance besteht, positiv im ELISA zu reagieren (Tab. 10).

4.2.2 Weitere Einflußfaktoren für Sauen aus konventionellen Haltungssystemen

Geringe Besetzungszahlen in den kleinsten Subzellen ließen die Berücksichtigung einzelner Faktoren im Rahmen der statistischen Auswertung mit Hilfe der logistischen Regression nicht zu. Für die Faktoren „Produktionsform“, „Reinigung der Futtermittellager“, „Verbleib kranker Tiere“ sowie für die „Säurezugabe in Futter oder Wasser“, die im χ^2 -Test einen p-Wert $\leq 0,05$ aufwiesen, wurden im Anschluß getrennt die Odds Ratios und 95 %-Konfidenzintervalle bestimmt (Tab. 11).

Tab. 11: Einflußfaktoren auf die Seroprävalenz von Sauen aus konventionellen Haltungssystemen

Einflußfaktoren	Tiere (n)	positive Tiere (%)	OR	95%-KI
Produktionsform				
Ferkelerzeugerbetrieb	810	11,2	1	
Kombibetrieb	199	16,6	1,57	1,02 – 2,42
Säurezugabe (Futter/Wasser)				
ja	118	2,5	1	
nein	891	13,6	6,02	1,88 – 19,26
Verbleib kranker Tiere				
am Standort	827	13,5	2,22	1,20 – 4,12
gesonderte Aufstallung	182	6,6	1	
Reinigung der Futterlager				
regelm./gelegentl.	271	7,4	1	2,07 – 4,77
nie	738	14,1	2,16	1,25 – 3,40

Produktionsform

Bei dem Faktor Produktionsform wurde zwischen Sauen aus reinen Ferkelerzeugerbetrieben und Sauen aus Betrieben mit angeschlossener Mast unterschieden. Insgesamt reagierten 11,2 % der Sauen aus 30 Ferkelerzeuger- und 16,6 % der Sauen aus neun Kombibetrieben im ELISA positiv. Die Berechnung der Odds Ratios und des 95 %-Konfidenzintervalls ergab für Tiere aus Betrieben mit angeschlossener Mast im Vergleich zu Tieren aus reinen Ferkelerzeugerbetrieben eine um den Faktor 1,57 erhöhte Chance, einen positiven Befund im ELISA zu liefern (Tab. 11).

Säurezugabe in Futter oder Wasser

Der Zusatz von Säure in das Trinkwasser oder in das Futter der Sauen wurde in lediglich vier Betrieben praktiziert, so dass in Hinblick auf eine gleichmäßige Klassenbesetzung die Zusammenfassung beider Faktoren erfolgte. Dabei wurde die Säurezugabe in den Fragebögen nur dann als solche erfaßt, wenn es sich um einen regelmäßigen Einsatz in den Betrieben handelte. Insgesamt wiesen 13,6 % der Tiere aus Betrieben ohne und 2,6 % der Tiere aus

Betrieben mit Verwendung von Säuren seropositive Proben auf. Die in Tabelle 11 dargestellten Odds Ratios sowie das 95 %-Konfidenzintervall zeigen, dass für Sauen aus Beständen, in denen kein Einsatz von Säuren erfolgt, eine um den Faktor 6,02 erhöhte Chance besteht, im ELISA positiv zu reagieren.

Verbleib kranker Tiere

Bei dem Faktor Verbleib kranker Tiere wurde zwischen Beständen, in denen kranke Sauen an ihrem Standort belassen wurden und Beständen, in denen eine gesonderte Aufstallung erfolgte, differenziert. Zu der gesonderten Aufstallung zählte neben einem Krankenstall jede bauliche Einrichtung (Abteile, Buchten), auch innerhalb des eigentlichen Stallgebäudes, die es ermöglichte, den Kontakt von kranken und gesunden Tieren zu unterbinden. Bezogen auf die Salmonella-Seroprävalenz reagierten insgesamt 6,6 % der Sauen aus Betrieben, in denen eine und 13,5 % der Sauen aus Betrieben in denen keine getrennte Aufstallung kranker Tiere erfolgte, im ELISA positiv. Dabei zeigt die Berechnung der Odds Ratios für diesen Faktor, dass die Chance, seropositive Befund zu erzielen, bei Sauen aus Beständen, in denen kranke Tiere an ihrem Standort belassen werden, um den Faktor 2,22 steigt (Tab. 11).

Reinigung der Futtermittellager

Die Reinigung der Futtermittellager gliederte sich in die Effektstufen regelmäßig bzw. gelegentlich und nie. Insgesamt wiesen 7,4 % der Sauen aus Betrieben mit einer regelmäßigen bzw. gelegentlichen und 14,1 % der Sauen aus Betrieben, in denen keine Reinigung der Futtermittellager durchgeführt wurde, einen positiven Befund im ELISA auf. Dabei steigt die Chance, seropositive Tiere nachzuweisen, in Betrieben ohne Reinigung der Futtermittellager um den Faktor 2,61 (Tab. 11).

4.2.3 Risikofaktoren für Mastschweine aus konventionellen Mast- und Kombibetrieben

Für die statistische Analyse von Risikofaktoren für Mastschweine aus konventionellen Haltungssystemen wurden 2156 Ergebnisse der serologischen Untersuchung im Zusammenhang mit den erhobenen Daten aus 34 Mast- und acht Kombibetrieben ausgewertet. Ein Betrieb sowie ein Teil der Tiere aus zwei weiteren Betrieben blieben aufgrund der

Verwendung von Einstreu unberücksichtigt, da die ungleiche Besetzung der Effektstufen zu geringen Beobachtungszahlen in den kleinsten Subzellen geführt hätte. Vor diesem Hintergrund wurden weiterhin 37 Tiere aus einem Betrieb mit Speiserestefütterung von der Risikoanalyse ausgeschlossen.

Insgesamt wurden 19 Parameter mit Hilfe der Logistischen Regression hinsichtlich ihres Einflusses auf die Salmonella-Seroprävalenz getestet. Nicht berücksichtigt wurden Parameter, die im χ^2 -Test einen Wert von $p \geq 3$ aufwiesen. Hierzu zählten die „Wasserherkunft“, das „Tränkesystem“, die „Buchtenabtrennung“, der „Kleidungswechsel zwischen verschiedenen Ställen“ sowie die „Haltung von Geflügel“ auf den Betrieben. Als signifikant im Modell bei simultaner Anwendung erwiesen sich die Faktoren „Einstaltungsbehandlung“, „Stallboden“, „Futtermittelform“, „Fütterungshygiene“ sowie die „Betriebslage“ (Tab. 12).

Tab. 12: Risikofaktoren für Mastschweine aus konventionellen Mast- und Kombibetrieben

Risikofaktoren	p	% positive Tiere	OR	95%-KI
Einstaltungsbehandlung	< 0,0001			
regelm./gelegentl.		19,5	2,73	2,04 – 3,65
nie		8,1	1	
Stallboden	< 0,0001			
Vollspalten		10,0	1	
Teilspalten		13,0	1,72	1,31 – 2,26
Futtermittelform	0,0018			
Mehl		9,2	1	
Granulat		18,4	2,01	1,37 – 2,98
Pellets		11,9	1,36	0,93 – 1,98
Fütterungshygiene	< 0,0001			
regelm./gelegentl.		10,2	1	
nie		18,6	2,47	1,82 – 3,37
Betriebslage	< 0,0001			
Einzellage		8,2	1	
betriebsdichte Region		15,3	2,33	1,67 – 3,25

Einstallungsbehandlung

Bei dem Faktor Einstallungsbehandlung wurde zwischen Tieren aus Betrieben mit regelmäßiger bzw. gelegentlicher Verabreichung von Antibiotika und Tieren aus Betrieben, in denen keine Einstallungsbehandlung durchgeführt wurde, unterschieden. Antibiotikabehandlungen, die ausschließlich im Rahmen von Therapiezwecken erfolgten, wurden nicht als Einstallungsbehandlung gewertet.

Insgesamt reagierten 19,5 % der Mastschweine mit und 8,1 % der Mastschweine ohne Einstallungsbehandlung im ELISA positiv. Die Chance eines Nachweises von Antikörpern gegen Salmonellen bei Tieren aus Betrieben mit einer regelmäßigen bzw. gelegentlichen Anwendung von Antibiotika steigt dabei um den Faktor 2,73 (Tab. 12).

Stallboden

Die Art des Stallbodens umfaßte bei Mastschweinen die Haltung auf Vollspaltenböden, Teilspaltenböden sowie die Haltung auf planbefestigten Böden mit Einstreu. Da die teilnehmenden Betriebe häufig über mehrere Ställe oder Abteile mit unterschiedlichen Bodenformen verfügten, wurde bei jedem Tier im Anschluß an die Blutentnahme, die Art der Bodenbeschaffenheit protokolliert, um bei der Auswertung eine genaue Zuordnung treffen zu können. Insgesamt wiesen 10,0 % der Mastschweine auf Vollspalten, 16,2 % der Tiere auf Teilspalten und 13,0 % der Tiere auf planbefestigten Böden mit Einstreu seropositive Untersuchungsbefunde auf.

Die Berechnung der Odds Ratios sowie der 95 %-Konfidenzintervalle erfolgte ausschließlich für Schweine, die auf Voll- oder Teilspalten gehalten wurden, da die Besetzung der Effektstufe planbefestigt mit Einstreu zu gering ausfiel. Tabelle 12 zeigt, dass sich die Chance eines serologischen Nachweises um den Faktor 1,72 erhöht, wenn eine Haltung auf Teilspalten im Vergleich zur Vollspaltenhaltung vorliegt.

Futtermittelform

Der Faktor Futtermittelform beschreibt die Struktur des verwendeten Futtermittels, wobei zwischen einer Fütterung mit Mehl, Granulat und Pellets unterschieden wurde. Die geringste Seroprävalenz mit 9,2 % konnte für Mastschweine aus Betrieben mit Mehlfütterung ermittelt werden. Aus Betrieben mit Granulatfütterung reagierten insgesamt 18,4 % und aus Betrieben mit Pelletfütterung 11,9 % der Tiere positiv im ELISA.

Während ein erhöhtes Risiko bei der Verfütterung von Pellets im Vergleich zu Mehl zwar beobachtet, nicht aber statistisch abgesichert werden kann, steigt bei Tieren mit Granulatfütterung die Chance, einen positiven Befund aufzuweisen, um das Doppelte verglichen mit Tieren aus Betrieben, in denen mehlförmiges Futter eingesetzt wird (Tab. 12).

Fütterungshygiene

Bei dem Faktor Fütterungshygiene wurde zwischen einer regelmäßigen bzw. gelegentlichen Reinigung der Fütterungsanlage und fehlender Reinigung unterschieden. Die Fütterungsanlage umfaßte je nach Fütterungssystem die Anmischbehälter, Zulaufleitungen sowie die Vorratsbehälter bei Trocken- und Breifütterung. Nicht zu diesem Parameter zählte eine Reinigung der Futtermittellager, welche im Rahmen der Datenerhebung getrennt erfaßt wurde.

Insgesamt wiesen 10,2 % der Tiere aus Betrieben mit einer regelmäßigen bzw. gelegentlichen Reinigung und 18,6 % der Tiere aus Betrieben, in denen keine Reinigung durchgeführt wurde, einen serologischen Nachweis in der Untersuchung auf. Die in Tabelle 12 dargestellten Odds Ratios sowie das 95 %-Konfidenzintervall lassen erkennen, dass die Chance eines serologischen Nachweises um den Faktor 2,47 steigt, wenn in den Beständen keine Reinigung der Fütterungsanlage durchgeführt wird.

Betriebslage

Der Faktor Betriebslage wird durch die Effektstufen Einzellage und betriebsdichte Region charakterisiert. Die Einteilung in die Klassen erfolgte ausschließlich anhand der schweinehaltenden Betriebe in der Umgebung der untersuchten Bestände. Betriebe mit Rinder- oder Geflügelhaltung wurden nicht berücksichtigt. Der Standort eines Betriebes galt immer dann als Einzellage, wenn in dem Radius von 2 km keine weiteren Betriebe mit Schweinehaltung lagen. Bei mindestens einem weiteren Betrieb in dem genannten Umkreis erfolgte eine Zuordnung zu der Effektstufe betriebsdichte Lage.

Die Seroprävalenzen zeigen, dass insgesamt 8,2 % der Tiere aus Beständen mit Einzellage und 15,3 % der Tiere aus Beständen in betriebsdichten Regionen ein positives Testergebnis hatten. Dabei steigt die Chance, eine positive Reaktion im ELISA hervorzurufen bei Mastschweinen aus betriebsdichten Regionen um den Faktor 2,33 (Tab. 12).

4.2.4 Weitere Einflußfaktoren für Mastschweine aus konventionellen Haltungssystemen

Die Parameter „Säurezugabe“, „Einstellungssystem“ und „Katzen“ wiesen im χ^2 -Test zwar p-Werte $< 0,05$ auf, konnten aber aufgrund einer ungleichen Klassenbesetzung nicht im Rahmen der Logistischen Regression hinsichtlich ihres Einflusses auf die Salmonella-Seroprävalenz überprüft werden. Für diese Faktoren erfolgte anschließend eine getrennte Bestimmung der Odds Ratios und der 95 %-Konfidenzintervalle (Tab. 13).

Tab. 13: Einflußfaktoren auf die Seroprävalenz von Mastschweinen aus konventionellen Haltungssystemen

Einflußfaktoren	Tiere (n)	positive Tiere (%)	OR	95%-KI
Säurezugabe (Futter/Wasser)				
regelm./gelegentl.	574	8,9	1	
nie	1582	14,7	6,02	1,88 – 19,26
Einstellungssystem				
kontinuierlich	490	16,9	1,79	1,33 – 2,40
abteilweise Rein-Raus	1377	10,2	1	
bestandsweise Rein-Raus	289	20,8	2,30	1,65 – 3,21
Katzen				
im Stall	602	16,5	1,63	1,21 – 2,20
auf dem Betrieb	556	15,1	1,53	1,12 – 2,08
keine auf dem Betrieb	998	11,6	1	

Säurezugabe

Der Faktor Säurezugabe beschreibt den Einsatz von Säuren in Futtermittel oder Trinkwasser der Tiere und ist durch die Effektstufen regelmäßig bzw. gelegentlich und nie charakterisiert. Insgesamt reagierten 8,9 % der Mastschweine aus Betrieben mit Säurezugabe und 14,7 % der Tiere aus Betrieben ohne Säurezugabe positiv. Nach den Berechnungen des Odds Ratios und des 95 %-Konfidenzintervalls scheint der Einsatz von Säure eine protektive Wirkung zu haben. Die Chance, einen positiven Befund im ELISA zu ermitteln, steigt bei Tieren aus Betrieben, in denen kein Einsatz von Säuren erfolgt, um den Faktor 1,77 (Tab. 13).

Einstellungssystem

Bei dem Faktor Einstellungssystem wurde zwischen den Effektstufen kontinuierliche Belegung, abteilweise Rein-Raus und bestandsweise Rein-Raus unterschieden. Die geringste Seroprävalenz mit 10,2 % konnte für Mastschweine aus Betrieben mit einem auf die Abteile beschränkten Rein-Raus-Verfahren ermittelt werden. In Betrieben mit einer kontinuierlichen Belegung reagierten insgesamt 16,9 % und in Betrieben mit einem bestandsweise Rein-Raus-System 20,8 % der Tiere seropositiv. Die Berechnung der Odds Ratios sowie der 95 %-Konfidenzintervalle zeigt weiter, dass die Chance eines positiven Nachweises in Betrieben mit kontinuierlicher Belegung um den Faktor 1,79 und in Betrieben mit einem bestandsweise Rein-Raus-Verfahren um den Faktor 2,30 steigt (Tab. 13).

Katzen

Der Faktor Katzen ist durch die Effektstufen Katzen im Stall, Katzen auf dem Betriebsgelände und keine Katzen in der Umgebung gekennzeichnet.

Insgesamt reagierten 16,5 % der Mastschweine aus Betrieben mit Katzen im Stall und 15,1 % der Mastschweine mit Katzen auf dem Betriebsgelände im ELISA positiv. Die geringste Seroprävalenz mit 11,6 % konnte für Tiere aus Betrieben ohne Katzen ermittelt werden. Die in Tabelle 13 dargestellten Odds Ratios sowie die 95 %-Konfidenzintervalle lassen erkennen, dass die Chance eines seropositiven Befundes um den Faktor 1,63 steigt, wenn Katzen Zugang zu den Stallgebäuden erhalten. Die Anwesenheit von Katzen auf dem Betriebsgelände führt zu einer 1,5-fach erhöhten Chance für Tiere, im ELISA positiv zu reagieren.

4.3 Risikofaktoren für Sauen in der Freilandhaltung

Im Rahmen der serologischen Untersuchung von 13 Ferkelerzeugerbetrieben mit Freilandhaltung reagierten 121 (35,1 %) der 345 Blutproben im ELISA positiv. Des Weiteren zeigten die mit Hilfe des Fragebogens erfaßten Daten keine Variation in Haltung und Management, so dass eine Analyse der Einflußfaktoren auf die Salmonella-Seroprävalenz nur bedingt möglich war.

Die Größe der Betriebe variierte zwischen 34 und 500 Sauen. Insgesamt wiesen vier Betriebe weniger als 150, vier Betriebe zwischen 150 und 300 und fünf Betriebe mehr als 300 Sauen in

ihrem Bestand auf. Mit Ausnahme des Deckzentrums, welches in fünf Betrieben in einem Offenstall untergebracht war, erfolgte die Haltung der Tiere ausschließlich im Freiland. In allen Betrieben wurden Futtermittel in Form von Cops eingesetzt. Die Futteraufnahme erfolgte in zwölf Betrieben direkt vom Erdboden, ein Betrieb setzte mobile Tröge in den Parzellen ein. Das Tränkesystem bestand in allen Betrieben aus offenen Trögen, wobei die Wasseraufnahme durch eine stetige Zufuhr über Schläuche gesichert wurde. Säuren als Zusatz wurden in keinem Betrieb eingesetzt. Des Weiteren erfolgte in allen Betrieben eine regelmäßige Entwurmung der Sauen. Kranke Tiere verblieben ausschließlich an ihrem Standort. Insgesamt neun Betriebe verfügten über einen Quarantänestall für Tierzukäufe, und in neun Betrieben verhinderte eine Umzäunung der Anlage einen direkten Kontakt zu Wildtieren und bestandsfremden Personen.

Unterschiede zwischen den Betrieben mit einem möglichen Einfluß auf die Höhe der Salmonella-Seroprävalenz konnten lediglich für die Faktoren „Platzwechsel“, „Schadnagerbesatz“ und „Vogelvorkommen“ ermittelt werden. Da auf eine statistische Auswertung mit Hilfe der Logistischen Regression aufgrund der geringen Datenmenge verzichtet werden mußte, geben die im Folgenden dargestellten Odds Ratios sowie 95 %-Konfidenzintervalle nur einen Hinweis auf potentielle Risikofaktoren im Rahmen der Freilandhaltung (Tab. 14).

Tab. 14: Einflußfaktoren auf die Seroprävalenz von Sauen in Freilandhaltung

Einflußfaktoren	Tiere (n)	positive Tiere (%)	OR	95%-KI
Platzwechsel				
2 x im Jahr	70	22,9	1	
1 x im Jahr	245	34,7	1,79	0,97 – 3,32
1 x in 2 Jahren	30	66,7	6,75	2,63 – 17,32
Schadnagerbesatz				
gering	76	21,1	1	
mittel	243	37,0	2,21	1,20 – 4,06
hoch	26	57,7	5,11	1,97 – 13,27
Vogelvorkommen				
gering/mittel	203	27,1	2,34	1,32 – 2,27
hoch	142	46,5	1	

Platzwechsel

Der Faktor Platzwechsel beschreibt die Frequenz des Flächenwechsels in drei Effektstufen. Insgesamt reagierten 22,9 % der Sauen aus Betrieben mit einem halbjährlichen, 34,7 % der Sauen aus Betrieben mit einem jährlichen und 66,7 % der Sauen aus Betrieben, in denen einmal in zwei Jahren ein Flächenwechsel durchgeführt wurde, im ELISA positiv. Die steigende Seroprävalenz bei abnehmender Frequenz des Flächenwechsels wird durch die in Tabelle 14 dargestellten Odds Ratios und 95 %-Konfidenzintervalle beschrieben. Dabei erhöht sich die Chance bei Tieren aus Betrieben mit einem jährlichen Platzwechsel um den Faktor 1,79 und bei Tieren aus Betrieben, in denen der Wechsel im Zwei-Jahres-Rhythmus erfolgt, um den Faktor 6,75, eine positive Reaktion im ELISA hervorzurufen.

Schadnagerbesatz

Der Faktor Schadnagerbesatz kennzeichnet die Effektstufen gering, mittel und hoch und beruht jeweils auf den subjektiven Einschätzungen der Betriebsleiter. Insgesamt wiesen 21,1 % der Tiere aus Betrieben mit einem geringen, 37,0 % der Tiere aus Betrieben mit einem mittleren und 57,7 % der Tiere aus Betrieben mit einem hohen Schadnagerbesatz ein positives Ergebnis im ELISA auf. Die Berechnung der Odds Ratios sowie der 95 %-Konfidenzintervalle zeigt, dass die Infektionsgefahr mit zunehmendem Schadnagerbefall steigt. Dabei erhöht sich die Chance eines serologischen Nachweises bei Sauen aus Betrieben mit einem mittleren Besatz um den Faktor 2,21 und bei Sauen aus Betrieben mit einem hohen Besatz um den Faktor 5,11 (Tab. 14).

Vogelvorkommen

Der Faktor Vogelvorkommen umfaßt die Effektstufen gering bzw. mittel und hoch und beschreibt vorwiegend das quantitative Vorkommen von Krähen und Möwen auf den Freilandflächen zum Zeitpunkt der Fütterung. Insgesamt 27,1 % der Sauen auf Flächen mit geringem bzw. mittlerem und 46,5 % der Sauen auf Flächen mit hohem Vogelvorkommen erwiesen sich bei der serologischen Untersuchung als positiv.

Die Berechnung der Odds Ratios und des 95 %-Konfidenzintervalls zeigt, dass sich die Chance eines serologischen Nachweises bei Tieren auf Flächen mit hohem Vogelvorkommen um den Faktor 2,34 erhöht (Tab. 14).

4.4 Betriebe mit ökologischen Haltungssystemen

Für die Untersuchung ökologisch wirtschaftender Betriebe standen insgesamt sechs Mast-, fünf Ferkelerzeuger- und sechs Kombibetriebe zur Verfügung. Insgesamt reagierten elf (7,6 %) der 144 untersuchten Sauen und sieben (1,9 %) der 372 Mastschweine im ELISA positiv. Eine statistische Ermittlung von Einflußfaktoren auf die Salmonellenprävalenz in ökologischen Haltungssystemen konnte aufgrund der geringen Datenmenge nicht durchgeführt werden. Im Folgenden sind die betriebspezifischen Parameter für die Produktionsstufen Ferkelerzeugung und Mast dargestellt.

4.4.1 Ökologische Betriebe mit Ferkelproduktion

In fünf Ferkelerzeugerbetrieben und vier Kombibetrieben wurden insgesamt 144 Sauen mittels serologischer Methoden untersucht. Die Betriebsgrößen erstreckten sich von acht Sauen in einem Kombibetrieb bis hin zu 60 Sauen in einem reinen Ferkelerzeugerbetrieb. Zwei Betriebe wiesen weniger als 20 und drei zwischen 20 und 40 Sauenplätze auf. Vier Betriebe hielten mehr als 40 Sauen in ihrem Bestand.

Tab. 15: Betriebsparameter der ökologischen Ferkelerzeuger- und Kombibetriebe

Betriebsparameter	Betriebe	Tiere	seropositive Tiere	
	n	n	n	%
Produktionsform				
Ferkelerzeugerbetrieb	5	93	7	7,5
Kombibetrieb	4	51	4	7,8
Anzahl Sauen				
≤ 20	2	16	2	12,5
> 20 bis ≤ 40	3	50	4	8,0
> 40	4	78	5	6,4
Stallform				
geschlossener Stall	7	118	9	7,6
Auslauf oder Offenstall	2	26	2	7,7

Ein Auslauf entsprechend den Richtlinien der Verordnung (EWG) Nr. 2092/91 (EG-Öko-Verordnung) stand den Sauen in insgesamt sieben Betrieben zur Verfügung. Zwei Betriebe führten ihre Produktion ausschließlich in geschlossenen Gebäuden ohne Auslauf durch, was

mit Genehmigung des entsprechenden Mitgliedsstaates für einen Übergangszeitraum bis zum 31. Dezember 2010 erfolgen kann (Tab. 15).

Die Fütterung bestand in acht von neun Betrieben aus Mehl, ein Betrieb fütterte Pellets. Während drei der untersuchten Betriebe ausschließlich zugekaufte Futtermittel verwendeten, setzte sich die Ration der anderen Betriebe vorwiegend aus selbstangebauten Getreidearten und Futterpflanzen zusammen. Alle Sauen erhielten das Futter direkt aus dem Trog. Säuren als Zusatzstoffe wurden in keinem Betrieb eingesetzt. In Bezug auf die Futtermittelhygiene führten acht Betriebe gelegentlich eine Reinigung der Futtermittellager durch. In einem Betrieb fand keine Reinigung der Lagerungsstätte statt (Tab. 16).

Tab. 16: Fütterungsparameter der ökologischen Ferkelerzeuger- und Kombibetriebe

Fütterungsparameter	Betriebe	Tiere	seropositive Tiere	
	n	n	n	%
Futtermittelform				
Mehl	8	122	11	9,0
Pellets	1	22	0	0
Futtermittelherkunft				
betriebeigen	6	99	4	4,0
zugekauft	3	45	7	15,6
Reinigung der Futtermittellager				
gelegentlich	8	125	6	4,8
nie	1	19	5	26,3

Tabelle 17 gibt einige Hygieneparameter der Betriebe mit ökologischer Sauenhaltung wieder. Insgesamt reinigten drei Betriebe ihre Buchten und Hütten regelmäßig und drei gelegentlich. Drei Betriebsleiter gaben an, keine Reinigung der Ställe durchzuführen. Desinfektionsmittel wurden nur in einem Betrieb regelmäßig eingesetzt. In den übrigen Betrieben fand keine oder nur eine gelegentliche Desinfektion der Stalleinrichtung statt.

Den Schadnagerbesatz schätzten vier als gering ein, fünf gaben an, einen mittleren Besatz zu haben.

Tab. 17: Hygieneparameter der ökologischen Ferkelerzeuger- und Kombibetriebe

Hygieneparameter	Betriebe	Tiere	seropositive Tiere	
	n	n	n	%
Reinigung der Buchten/Hütten				
regelmäßig	3	53	0	0
gelegentlich	3	44	4	9,1
nie	3	47	7	9,5
Desinfektion der Buchten/Hütten				
regelmäßig	1	20	0	0
gelegentlich/nie	8	124	11	8,9
Schadnagerbesatz				
gering	4	63	9	14,3
mittel	5	81	2	2,5

Die Hygieneparameter unterschieden sich zwischen den Betrieben nur unwesentlich. Kein Betrieb verfügte über eine Hygieneschleuse oder über eine Vorrichtung zur Reinigung und Desinfektion von Stiefeln. Zugekaufte Sauen wurden in allen Betrieben direkt und ohne vorherige Aufstallung in einen Quarantänestall in den Bestand eingegliedert. Eine getrennte Aufstallung kranker Tiere erfolgte in keinem Betrieb.

4.4.2 Ökologische Betriebe mit Mast

Die Anzahl der Mastplätze in den untersuchten Betrieben erstreckte sich von 35 Mastplätzen in einem Kombibetrieb bis hin zu 300 Tieren in je zwei reinen Mastbetrieben. Insgesamt wiesen vier Betriebe weniger als 100, fünf Betriebe zwischen 100 und 200 und drei Betriebe über 200 Tiere in ihrem Bestand auf. In nur einem Betrieb erfolgte die Einstellung nach dem Rein-Raus-Prinzip, während in den elf restlichen Betrieben eine kontinuierliche Belegung der Mastplätze durchgeführt wurde (Tab. 18).

Nach den Richtlinien der Verordnung (EWG) Nr. 2092/91 (EG-Öko-Verordnung) ist Mastschweinen in ökologischen Produktionsformen Weidezugang oder Auslauf zu gewähren, wobei diese Bereiche teilweise überdacht sein können. Insgesamt verfügten sechs der untersuchten Betriebe über einen Auslauf am Stall. Zwei Betriebe produzierten ihre Tiere in Outdoor-Haltung. In vier Betrieben mit Sondergenehmigung waren die Mastschweine in geschlossenen Stallgebäuden ohne Auslauf untergebracht. Mit Ausnahme der Tiere in der

Outdoor-Haltung erfolgte die Aufstallung in allen Betrieben auf planbefestigten Böden mit Einstreu.

Tab. 18: Betriebsparameter der ökologischen Mast- und Kombibetriebe

Betriebsparameter	Betriebe	Tiere	seropositive Tiere	
	n	n	n	%
Produktionsform				
Mastbetrieb	6	193	3	1,6
Kombibetrieb	6	179	4	2,2
Anzahl Mastplätze				
≤ 100	4	94	2	2,1
> 100 bis ≤ 200	5	171	4	2,3
> 200	3	107	1	0,9
Einstellungssystem				
kontinuierlich	11	399	6	1,8
bestandsweise Rein-Raus	1	33	1	3,0
Stallform				
geschlossener Stall	4	145	2	1,4
Auslauf oder Offenstall	8	227	1	2,2

Tabelle 19 stellt die Fütterungsparameter der ökologisch wirtschaftenden Mast- und Kombibetriebe, die Anzahl der untersuchten Tiere sowie die Seroprävalenzen dar.

Tab. 19: Fütterungsparameter der ökologischen Mast- und Kombibetriebe

Fütterungsparameter	Betriebe	Tiere	seropositive Tiere	
	n	n	n	%
Futtermittelform				
Mehl	12	372	7	1,9
Pellets	0			
Fütterungssystem				
Trockenfütterung	9	267	6	2,2
Breifütterung	3	81	1	1,2
Brei- und Flüssigfütterung	1	24	0	0
Futtermittelherkunft				
betriebeigen	9	289	6	2,1
betriebeigen und zugekauft	3	83	1	1,2
Reinigung der Futtermittellager				
regelmäßig	1	40	0	0
gelegentlich	6	181	2	1,1
nie	5	151	5	3,3

In den zwölf Betrieben erfolgte ausschließlich die Verfütterung von Mehl. Neun Betriebe setzten Trockenfütterung in Trögen ein, zwei verwendeten Breiautomaten. In einem Betrieb erfolgte eine Aufteilung hinsichtlich der Mastperioden, Tiere in der Vormast wurden über Breiautomaten gefüttert, Tiere in der Endmast erhielten Flüssigfutter. Bei den Futtermitteln handelte es sich in neun von zwölf Betrieben ausschließlich um Getreide und Futterpflanzen aus dem eigenen Anbau. In drei Betrieben wurden betriebseigene Futtermittel durch Zukäufe ergänzt. Die Reinigung der Futtermittellager erfolgte nur in einem Betrieb regelmäßig. Sechs Betriebe reinigten gelegentlich und fünf führten keine Reinigung der Lagerungsstätten durch. In Bezug auf das Hygieneregime unterschieden sich die Betriebe nur wenig. In allen Betrieben erfolgte der Zugang zu den Stallungen direkt und ohne Vorschaltung einer Hygieneschleuse. Schutzkleidung für bestandsfremde Personen wurde nur in einem Betrieb zur Verfügung gestellt. Die Reinigung von Buchten oder Hütten bei Outdoor-Haltung erfolgte in einem Betrieb regelmäßig. Die anderen Betriebsleiter gaben an, keine oder nur eine gelegentliche Reinigung durchzuführen. Desinfektionsmittel wurden gelegentlich in zwei Betrieben eingesetzt.

Tab. 20: Hygiene- und Gesundheitsparameter der ökologischen Mast- und Kombibetriebe

Hygiene-/Gesundheitsparameter	Betriebe	Tiere	seropositive Tiere	
	n	n	n	%
Reinigung der Buchten/Hütten				
regelmäßig	1	38	0	0
gelegentlich/nie	11	334	7	2,1
Desinfektion der Buchten/Hütten				
gelegentlich	2	65	0	0
nie	10	307	7	2,3
Schadnagerbesatz				
gering	4	121	1	0,3
mittel	8	251	6	2,4
Entwurmung				
regelmäßig	6	214	1	0,5
gelegentlich/nie	6	158	6	3,8

Der Besatz mit Schadnagern wurde in vier Betrieben als gering und in acht Betrieben als mittelgradig von den Betriebsleitern eingestuft (Tab. 20). Des Weiteren erfolgte in sechs Betrieben eine regelmäßige Entwurmung der Tiere. Antibiotika in Form einer Einstallungsbehandlung wurden entsprechend der EG-Öko-Verordnung in keinem Betrieb eingesetzt.

4.5 Einfluß der vertikalen Infektion auf die Salmonella-Seroprävalenz

Um den Einfluß der vertikalen Übertragung von Salmonellen auf die Seroprävalenz abschätzen zu können, wurden Zucht-, Aufzucht-, Ferkelerzeuger- und Mastbetriebe, die über Lieferbeziehungen miteinander in Verbindung standen, untersucht.

4.5.1 Einfluß des Salmonellenstatus von Zucht- und Aufzuchtbetrieben auf die Seroprävalenz von Sauen in Ferkelerzeugerbetrieben

Für die Bewertung vertikaler Infektionsrouten zwischen den Produktionsstufen Zucht, Aufzucht und Ferkelerzeugung standen die Seroprävalenzen von drei Zucht-, zwei Aufzucht- und 15 Ferkelerzeugerbetrieben zur Verfügung. Tabelle 21 stellt die Lieferbeziehungen sowie die Intraherdenprävalenzen der Betriebe dar.

Tab. 21: Lieferbeziehungen und Intraherdenprävalenzen der Produktionsstufen Zucht, Aufzucht und Ferkelerzeugung

Züchter	Prävalenz (%)	Aufzüchter	Prävalenz (%)	Ferkelerzeuger Nr.	Prävalenz (%)
A	70,0	direkte Lieferung		16	0
				63 ¹⁾	0
B	0	direkte Lieferung		41	0
				44 ¹⁾	0
				68	3,2
C	16,7	I	5,1	40 ²⁾	0
				60 ¹⁾	8,3
Salmonellenstatus unbekannt		II	1,8	1	6,3
				8	3,3
				9	4,4
				17 ²⁾	66,7
				24	21,4
				39	0
				62	17,4
				70	34,6

¹⁾ Kombibetrieb, ²⁾ Freilandbetrieb

In den Zuchtbetrieben A und B erfolgte neben der Produktion auch die Aufzucht der Jungsau, der sich eine direkte Lieferung der Tiere an die Ferkelerzeugerbetriebe anschloß. Zuchtbetrieb C lieferte die produzierten Ferkel zunächst an einen spezialisierten Aufzuchtbetrieb. In diesem Betrieb verblieben die Tiere bis zu einem Alter von ca. 180 Tagen und wurden anschließend an die Ferkelerzeugerbetriebe verkauft. Zusätzlich nahmen an der Untersuchung ein Aufzuchtbetrieb sowie einige, ihm angeschlossene Ferkelerzeuger teil, der seine Ferkel von einem Zuchtbetrieb mit unbekanntem Salmonellenstatus erhielt.

Tabelle 22 gibt die Seroprävalenzen der Herkunftsbetriebe (Züchter, Aufzüchter) in Verbindung mit den Befunden der serologischen Untersuchung in Ferkelerzeugerbetrieben wieder.

Tab. 22: Seroprävalenz der Zucht und Aufzuchtbetriebe in Verbindung mit den serologischen Befunden der angeschlossenen Ferkelerzeugerbetriebe

Seroprävalenz Zulieferbetrieb (%)	Seroprävalenz Ferkelerzeugerbetrieb gesamt (n)	Prävalenz (%)
0	98	1,0
1,8	206	20,4
5,1	43	4,7
70,0	35	0

Insgesamt lieferten 1,0 % der Sauen, in deren Herkunftsbetrieb keine positiven Proben nachgewiesen werden konnten, und 20,4 % der Sauen, deren Herkunftsbetrieb eine Prävalenz von 1,8 % aufwies, einen positiven Nachweis im ELISA. In Betrieben, die ihre Jungsau aus einem Aufzuchtbetrieb mit einer Prävalenz von 5,1 % erhalten hatten, konnten 4,7 % positive Proben bei Sauen ermittelt werden. Die höchste Prävalenz wies ein Zuchtbetrieb mit 70 % positiven Proben auf, wobei alle untersuchten Sauen aus den angeschlossenen Ferkelerzeugerbetrieben negativ im ELISA reagierten.

4.5.2 Einfluß des Salmonellenstatus von Ferkelerzeugerbetrieben auf die Seroprävalenz von Mastschweinen

Um die Bedeutung des Salmonellenstatus von Ferkelerzeugerbetrieben für die Prävalenz in angeschlossenen Mastbetrieben abschätzen zu können, wurden 1399 serologische Untersuchungsergebnisse von Mastschweinen zu den Prävalenzen ihrer Herkunftsbetriebe in

Beziehung gesetzt. 21 Lieferbeziehungen zwischen 20 Ferkelerzeugerbetrieben und 19 Mastbetrieben sowie die Prävalenzen von 13 Kombibetrieben standen für die Auswertung zur Verfügung.

Insgesamt reagierten 2,3 % der Mastschweine aus ferkelproduzierenden Betrieben mit einer Seroprävalenz $\leq 2\%$ und 15,2 % der Mastschweine aus ferkelproduzierenden Betrieben, in denen die Seroprävalenz zwischen $> 2\%$ und $\leq 10\%$ lag, im ELISA positiv. Für Mastschweine, deren Herkunftsbetriebe eine Seroprävalenz von mehr als 10 % aufwiesen, konnte eine Nachweisrate von 12,2 % positiven Proben ermittelt werden. Basierend auf den drei Effektstufen wurden die Odds Ratios sowie die 95 %-Konfidenzintervalle für den Faktor „Salmonellenstatus des Herkunftsbetriebes“ bestimmt (Tab. 23). Dabei zeigt sich, dass die Chance eines Nachweises um den Faktor 9,1 steigt, wenn in dem ferkelproduzierenden Betrieb eine Seroprävalenz zwischen > 2 und $\leq 10\%$ vorliegt. Mastschweine aus ferkelproduzierenden Betrieben mit Prävalenzen von über 10 % weisen eine um den Faktor 6,73 erhöhte Chance auf, im ELISA positiv zu reagieren. Es bleibt jedoch zu berücksichtigen, dass die Odds Ratios lediglich einen Hinweis auf einen möglichen Einfluß geben, da weitere Faktoren bei der Auswertung unberücksichtigt blieben.

Tab. 23: Odds Ratios (OR) und 95 % -Konfidenzintervalle (95%-KI) für den Einflußfaktor Salmonellenstatus des Herkunftsbetriebes

Salmonellenstatus Herkunftsbetrieb	Tiere (n)	seropositive Tiere (%)	OR	95%-KI
$\leq 2\%$	300	2,3	1	
$> 2\%$ bis $\leq 10\%$	640	15,2	9,10	4,17 – 19,88
$> 10\%$	633	12,2	6,73	3,06 – 14,78

4.5.3 Bakteriologische Untersuchung der Absetzferkel

Neben den serologischen Untersuchungen auf den Produktionsstufen Zucht, Aufzucht, Ferkelerzeugung und Mast erfolgte zusätzlich in allen Ferkelerzeuger- und Kombibetrieben die Entnahme und bakteriologische Untersuchung von Sammelkotproben aus den Buchten der Absetzferkel. Ein Salmonellennachweis konnte aus insgesamt 15 der 223 Proben erbracht werden. Insgesamt wiesen acht von 63 Betrieben mindestens eine positive Sammelkotprobe auf.

Tabelle 24 gibt die Seroprävalenzen der Betriebe in Verbindung mit den bakteriologisch positiven Nachweisen bei Absetzferkeln wieder.

Tab. 24: Serologische Intraherdenprävalenzen und bakteriologischer Nachweis von Salmonellen in den Kotproben der Absetzferkel

Ferkelerzeuger		Sammelkotproben der Absetzferkel		
Nr.	Seroprävalenz (%)	gesamt (n)	positiv (n)	Serovar
44 ²⁾	0	5	1	S. Typhimurium
68 ¹⁾	3,2	6	1	S. Typhimurium
87 ¹⁾	6,3	4	4	S. Typhimurium
4 ¹⁾	19,2	6	1	S. Typhimurium
90 ¹⁾	53,6	3	1	S. Typhimurium
36 ³⁾	57,7	5	4	S. Typhimurium var Copenhagen
17 ³⁾	66,7	4	1	S. Derby
88 ³⁾	66,7	2	2	S. Derby

¹⁾ konventioneller Ferkelerzeugerbetrieb, ²⁾ konventioneller Kombibetrieb, ³⁾ Freilandbetrieb

Sechs positive Sammelkotproben verteilten sich auf Betriebe, in denen die Intraherdenprävalenz der Sauen zwischen 3 % und 20 % und acht auf Betriebe mit einer Intraherdenprävalenz über 50 %. Eine positive Kotprobe stammte aus einem Kombibetrieb, in dem keine der untersuchten Sauen eine positive Reaktion im ELISA zeigte. Ein Vergleich der Serovare von Sauen und Absetzferkeln konnte nicht durchgeführt werden, da aus keiner der bei Sauen entnommenen Sammelkotproben Salmonellen isoliert wurden.

4.6 Bakteriologische Untersuchung der Umgebungsproben

Insgesamt wurden 136 Futtermittel-, 95 Wasser-, 67 Staub- und 17 Bodenproben aus 87 Betrieben, in denen mindestens ein Tier im ELISA positiv reagierte, mittels kultureller Methoden untersucht. Der Nachweis von Salmonellen gelang aus je einer Futtermittel- und Wasserprobe sowie aus zwei Staubproben. Tabelle 25 gibt die Salmonellaserovare und die Herkunft der positiven Proben wieder.

Tab. 25: Bakteriologische Untersuchungsbefunde der Umgebungsproben

Betrieb Nr.	isoliertes Serovar	Herkunft
10 ¹⁾	S. Typhimurium var Copenhagen	Futtermittel aus Lager
91 ²⁾	S. Typhimurium	Wasser aus Nippeltränke
49 ³⁾	S. Typhimurium	Staub (Wartebereich)
85 ²⁾	S. Typhimurium	Staub (Fensterbänke, Rohre)

¹⁾ konventioneller Ferkelerzeugerbetrieb, ²⁾ konventioneller Mastbetrieb ³⁾ konventioneller Kombibetrieb

Ob die positiven Umgebungsproben als Infektionsquelle für den jeweiligen Bestand in Frage kommen, bleibt jedoch unklar, da die Sammelkotproben der Tiere in diesen Betrieben negativ waren und ein Vergleich der Serovare nicht vorgenommen werden konnte.

4.7 Bakteriologische Untersuchung der Sammelkotproben

Aus 17 (4,7 %) der 364 Sammelkotproben von Sauen, Absetzferkeln und Mastschweinen konnte der bakteriologische Nachweis von Salmonella spp. erbracht werden. 15 positive Proben stammten von Absetzferkeln, zwei wurden aus den Buchten von Mastschweinen entnommen. S. Typhimurium konnte in zehn und S. Typhimurium var Copenhagen in vier Proben nachgewiesen werden. Drei Proben enthielten S. Derby. Alle Serovare wiesen eine Resistenz gegen Erythromycin, Tylosin, Lincomycin, Penicillin G, Oxacillin und Spectinomycin auf. Drei Serovaren waren resistent gegenüber 11 der 16 getesteten antimikrobiellen Substanzen (s. Anhang 10.3, Tab. 27).

5 Diskussion

5.1 Serologische Untersuchung

5.1.1 Bewertung der Methode

Serologische Untersuchungen ermöglichen eine indirekte Aussage über den Salmonellenstatus von Schweinebetrieben. Eine Abgrenzung von wirklich salmonellenfreien und salmonellenkontaminierten Beständen kann mit dieser Methode jedoch nicht erzielt werden.

Während die seropositiven Befunde zwar mit hoher Sicherheit eine vorliegende oder vorausgegangene Infektion beweisen, kann die Salmonellenfreiheit eines Tieres oder Bestandes durch ausschließlich negative Befunde nicht belegt werden (STEINBACH, 2002). Die Gründe hierfür sind vielfältig. Zum einen müssen Antikörper und Salmonellen nicht gleichzeitig vorhanden sein (keine Serokonversion zu Beginn der Infektion, Antikörper können nach Eliminierung des Erregers noch persistieren, einige Tiere reagieren auf die Infektion nicht oder nur schwach mit Antikörperbildung) und zum anderen bieten die verfügbaren Testsysteme keine absolute Sicherheit. Mit Hilfe des SALMOTYPE® Fleischsaft ELISA (Labordiagnostik GmbH, Leipzig) lassen sich Antikörper gegen etwa 90% der am häufigsten auftretenden Salmonella-Serovare beim Schwein nachweisen, ca. 10 % werden nicht erfaßt (BLAHA et al., 1999; STEINBACH und METHNER, 2002).

Des Weiteren ist darauf hinzuweisen, dass der Cut-off nicht auf einem starren Grenzwert beruht und somit keine fehlerfreie Trennung zwischen infizierten und nicht infizierten Tieren ermöglicht. Es ist jedoch anzunehmen, dass Antikörperkonzentrationswerte bis 10 % auf einer unspezifischen Reaktion beruhen. Ein ELISA-Wert zwischen 10 und 40 % läßt in den meisten Fällen eine Auseinandersetzung mit Salmonellen vermuten, während bei Prozentwerten über 40 mit fast absoluter Sicherheit auf eine vorausgegangene oder bestehende Infektion geschlossen werden kann (STEINBACH, 2002). Zudem zeigen verschiedene Untersuchungen, dass bei einem Cut-off von 40 höhere Übereinstimmungen mit den bakteriologischen Untersuchungsbefunden zu erwarten sind (NIELSEN et al. 1995; STEGE et al., 1997).

Vor diesem Hintergrund sowie für eine bessere Vergleichbarkeit mit anderen in Deutschland durchgeführten Studien wurde in der vorliegenden Untersuchung ein Cut-off von 40 gewählt.

5.1.2 Salmonella-Seroprävalenzen der Sauen

Im Rahmen der Bestandsuntersuchungen wurden 1009 Blutproben von Sauen aus konventionellen Haltungssystemen serologisch untersucht. In 12,3 % der Proben konnten Salmonella-Antikörper in einer Konzentration von > 40 % nachgewiesen werden und in 71,8 % der Betriebe wiesen mindestens ein Tier mit einem seropositiven Befund auf.

Niedrigere Seroprävalenzen erzielte eine Studie in Schleswig-Holstein, die im Rahmen eines von der EU geförderten Programmes („Salmonella in Pork/Salinpork“) durchgeführt wurde. In dieser Studie reagierten 4,5 % der 399 untersuchten Sauen aus 20 Ferkelerzeugerbetrieben im Dänischen Mix-ELISA (Dänisches Staatliches Veterinärlabor, Kopenhagen) positiv. Die Anzahl seropositiver Proben verteilte sich hier jedoch auf einen größeren Teil der Bestände. Insgesamt konnte in 85,0 % der Betriebe mindestens ein Tier als serologisch positiv beurteilt werden (ALTROCK et al., 2000).

QUANTE (2000) untersuchte in Niedersachsen 2288 Blutproben von Sauen aus Ferkelerzeugerbetrieben mit Hilfe des BgVV-ELISA (BgVV, Berlin). 6,9 % der Proben enthielten Antikörperkonzentrationen oberhalb des Cut-off. In 43,0 % der Betriebe reagierte mindestens ein Tier positiv.

Ähnliche Ergebnisse erzielte auch SCHÖNING (1999) in Nordrhein-Westfalen. Die serologische Untersuchung ergab für 7,7 % der untersuchten Sauen aus 13 Zucht- und Vermehrungsbetrieben einen Nachweis von Antikörpern gegen Salmonellen. In 46,2 % der Betriebe lieferte mindestens ein Tier einen seropositiven Befund. Aufgrund der gleichzeitig durchgeführten kulturellen Untersuchung von Kotproben geht SCHÖNING (1999) jedoch von höheren Prävalenzen aus.

Die im Vergleich zu den eigenen Untersuchungen niedrigeren Seroprävalenzen in den genannten Studien beruhen möglicherweise auf der Verwendung unterschiedlicher Testsysteme. Während die Untersuchung der Serumproben aus dem EU-Projekt mit Hilfe des dänischen Mix-ELISA (Dänisches Staatliches Veterinärlabor, Kopenhagen) durchgeführt wurde, verwendeten QUANTE (2000) und SCHÖNING (1999) den BgVV-Fleischsaft-ELISA (BgVV, Berlin).

Bei einem Vergleich des SALMOTYPE[®] Fleischsaft ELISA mit dem BgVV-Fleischsaft-ELISA ermittelten GABERT et al. (1999) bei einem Cut-off von 40 mit dem SALMOTYPE[®] Fleischsaft ELISA um durchschnittlich 25 % höhere Antikörperkonzentrationen als unter der

Verwendung des BgVV-Fleischsaft-ELISA. Ähnliche Ergebnisse erzielte auch GREIL (2001) in einer Studie. Die parallele Verwendung beider Testsysteme bei der Untersuchung von Serumproben ergab für einen Großteil der Proben mit dem BgVV-Fleischsaft-ELISA niedrigere Antikörperkonzentrationen als mit SALMOTYPE[®] Fleischsaft ELISA.

Für Sauen aus ökologischen Haltungsformen (n = 144) konnte mit 7,6 % eine insgesamt geringere Seroprävalenz als für Sauen aus konventionellen Haltungssystemen ermittelt werden. Die höchste Seroprävalenz wiesen Freilandbetriebe auf, in denen 35,1 % der 345 untersuchten Sauen einen positiven Befund lieferten. Ähnliche Tendenzen erzielte auch eine von VAN DER WOLF (2000) in den Niederlanden durchgeführte Studie. Sauen aus ökologischen Betrieben reagierten in dieser Studie mit einer Seroprävalenz von 4,8 % (Cut-off 40) vergleichsweise seltener positiv als Tiere aus konventionellen Betrieben, in denen die Seroprävalenz bei 9,9 % lag. Die höchste Prävalenz mit 10,6 % konnte für Sauen aus Freilandbetrieben ermittelt werden, wobei sich der Unterschied zu den konventionell gehaltenen Tieren weniger deutlich als in der eigenen Untersuchung darstellt. Die geringe Stichprobe von 42 Sauen aus ökologischen sowie von 66 Sauen aus Freilandbetrieben läßt der Untersuchung von VAN DER WOLF (2000) jedoch nur eine bedingte Aussagekraft zukommen.

Vergleichbare Studien aus Deutschland in Hinblick auf die Salmonellenprävalenz von Sauen aus verschiedenen Haltungssystemen werden in der Literatur nicht beschrieben.

Abschließend bleibt zu berücksichtigen, dass sich die Ergebnisse verschiedener Studien nur bedingt vergleichen lassen, da unterschiedliche Stichproben, die Untersuchungsmethode, die Region sowie die Auswahl der Betriebe Einfluß auf die Höhe der Salmonella-Seroprävalenz nehmen können.

5.1.3 Salmonella-Seroprävalenzen der Mastschweine

Die serologische Untersuchung von 2270 Mastschweinen aus konventionellen Haltungssystemen ergab eine Salmonella-Prävalenz von 13,0 %, wobei in 79 % der Betriebe mindestens eine Probe einen positiven Befund aufwies. Andere in Deutschland durchgeführte Studien ermittelten geringere Seroprävalenzen. So erzielten PROTZ et al. (1997) mit dem dänischen Mix-ELISA für 7,7 % der Fleischsaftproben (n = 11092) aus sieben Schlachthöfen

einen positiven Befund. Zu einer vergleichbaren Prävalenz führte auch eine von der EU geförderte Studie in Schleswig-Holstein, in der 7,3 % der 2947 Mastschweine positiv im dänischen Mix-ELISA reagierten. Insgesamt wiesen in dieser Studie 71,7 % der Betriebe mindestens ein Tier mit einem positiven Nachweis auf. STEINBACH und KROELL (1999) nehmen jedoch an, dass der wirkliche Anteil salmonelleninfizierter Tiere höher liegt und ca. 85 % der Schweinebestände in Deutschland kontaminiert sind.

Eine deutlich geringere Seroprävalenz konnte in der vorliegenden Untersuchung für Mastschweine aus ökologischen Haltungssystemen ermittelt werden. Insgesamt reagierten 1,9 % der 372 Tiere im ELISA positiv, wobei in fünf (41,7 %) Betrieben mindestens eine Probe einen positiven Befund aufwies. Vergleichbare Studien aus Deutschland in Hinblick auf die Seroprävalenzen von Mastschweinen aus ökologischen Haltungssystemen liegen in der Literatur nicht vor.

Bei einer in den Niederlanden durchgeführten Untersuchung konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen konventionellen und ökologischen Haltungsformen festgestellt werden (van der WOLF, 2000). Mastschweine aus konventionellen Betrieben wiesen eine Salmonella-Seroprävalenz von 11,1 % auf, in ökologischen Haltungssystemen reagierten 12,5 % der Tiere seropositiv. Die geringe Stichprobe von 16 Tieren aus ökologischen Betrieben gegenüber 1760 Mastschweinen aus konventionellen Haltungssystemen ist jedoch nicht repräsentativ und erlaubt keine allgemeingültigen Aussagen.

WINGSTRAND et al. (1999) verglichen in Dänemark, basierend auf den Daten des dänischen Kontrollprogrammes, die Seroprävalenzen von Mastschweinen aus konventionellen und ökologischen Betrieben. Die scheinbar erhöhte Chance für Tiere aus ökologischen Betrieben positiv im Fleischsaft-ELISA zu reagieren, konnte statistisch nicht abgesichert werden. Auffällig war dabei auch, dass kein Betrieb mit ökologischer Haltung ($n = 24$) eine Intraherdenprävalenz von über 40 % aufwies.

Ein Vergleich von Mastschweinen aus konventionellen und alternativen Haltungssystemen (Mehrflächensystem, Außenklimastall) in der Schweiz erzielte tendenziell eine geringere Salmonella-Seroprävalenz für Tiere aus Betrieben mit alternativen Haltungsformen, wobei sich die Unterschiede als nicht signifikant darstellten. Insgesamt reagierten 2,1 % der Mastschweine aus konventionellen und 1,1 % der Mastschweine aus alternativ wirtschaftenden Betrieben im ELISA positiv (LEDERGERBER et al., 2003). Es ist jedoch zu

berücksichtigen, dass alternative Haltungsformen nicht mit ökologischen gleichzusetzen sind, da zum Teil erhebliche Unterschiede zwischen den Anforderungen an diese Produktionssysteme bestehen.

5.2 Vergleich der Seroprävalenzen von Tieren aus konventionellen und ökologischen Haltungssystemen

Die geringeren Seroprävalenzen bei Tieren aus ökologischen Haltungssystemen im Vergleich zu den Seroprävalenzen von Schweinen konventioneller Haltungssysteme sind überraschend. Dabei hätten insbesondere die haltungsspezifische Parameter wie planbefestigte Böden mit Einstreu, der Kontakt der Tiere zur Außenwelt und das Hygienemanagement in ökologischen Betrieben ein zumindest gleichbedeutendes Infektionsrisiko vermuten lassen. Mit der Ausnahme von drei Betrieben (Outdoor-Haltung), erfolgte die Haltung in allen ökologischen Beständen auf planbefestigten Böden mit Einstreu, welche unter Berücksichtigung der fäkal-oralen Infektionsroute der Salmonellen einen ständigen Kontakt zu tierischen Ausscheidungen ermöglicht und ein erhöhtes Infektionsrisiko darstellt. Dies wird auch durch Studien von DAVIES et al. (1997a) und NOLLET et al. (2003) belegt, in denen Tiere auf planbefestigten Böden höhere Salmonellenprävalenzen aufwiesen als Tiere, die auf perforierten Böden gehalten wurden. Des Weiteren ergibt sich ein erhöhtes Risiko durch die Auslaufhaltung in ökologischen Betrieben. Der uneingeschränkte Kontakt zu belebten Vektoren (Ratten, Mäuse, Vögel) kann auf diese Weise den Eintrag der Salmonellen fördern. Es ist jedoch anzumerken, dass in sieben Betrieben mit Ferkelproduktion und in drei Betrieben mit Mast die Produktion gemäß einer Übergangsregelung der EG-Öko-Verordnung in geschlossenen Stallgebäuden erfolgte.

Die Unterschiede in den Seroprävalenzen konventioneller und ökologischer Haltungssysteme erscheinen aber auch überraschend, wenn das Hygienemanagement der Betriebe betrachtet wird. Während in einer Vielzahl der konventionellen Betriebe nach jedem Durchgang gereinigt und größtenteils desinfiziert wurde, führten lediglich vier Betriebe mit ökologischer Haltung eine regelmäßige Reinigung durch. Drei Betriebe setzen Desinfektionsmittel ein. Nach Aussage vieler Autoren ist eine optimale Hygiene für die Einschränkung von Infektionen sowie als Grundlage aller Bekämpfungsprogramme unerlässlich (MEYER, 1993;

EGAN et al., 1997; STEINBACH und KROELL, 1999; BLAHA, 2001). Quante (2000) führt jedoch an, dass die gleichzeitige Abtötung der natürlichen, antagonistisch wirkenden Keimflora infolge von Reinigungs- und Desinfektionsmaßnahmen, auch eine Vermehrung der Salmonellen bei Neueintrag in die Ställe fördern kann.

Bei der Suche nach einer Erklärung für die vorliegenden Ergebnisse muß jedoch darauf hingewiesen werden, dass die Anzahl der untersuchten Betriebe und die Anzahl der Tiere aus ökologischen Haltungssystemen keine repräsentative Stichprobe darstellen. Weiterhin konnte in zwei Dritteln der Betriebe die errechnete Probenanzahl nicht erreicht werden, da durch die haltungsspezifischen Gegebenheiten zum Teil erhebliche Schwierigkeiten bei der Blutentnahme entstanden sind. Dieser Umstand sowie die Auswahl der Betriebe, die aufgrund der geringen Teilnahmebereitschaft nicht auf einer zufälligen Auswahl beruhte, lassen allgemeingültige Aussagen hinsichtlich der Seroprävalenz in ökologischen Haltungssystemen nicht zu.

Bei Betrachtung der geringeren Prävalenzen ökologisch wirtschaftender Betriebe unter Vorbehalt, so ist die Ursache möglicherweise auf die Wirkung von verschiedenen, haltungsspezifischen Faktoren zurückzuführen.

Vorteilhaft könnte sich in ökologischen Betrieben die geringere Bestandsdichte auswirken (WINGSTRAND et al., 1999). Weniger Tiere pro Flächeneinheit führen zu einer geringeren Ansammlung tierischer Ausscheidungen und lassen ein reduziertes Infektionsrisiko vermuten. Die geringeren Bestandsdichten vermindern aber auch die Crowding-Effekte in den Herden, so dass die Anfälligkeit der Tiere gegenüber Infektionen abnimmt (SCHWARTZ, 1999). Zudem werden bedingt durch die meist kleineren Betriebsstrukturen weniger Tiere zugekauft, was das Risiko eines Salmonelleneintrages durch latent infizierte Tiere sinken läßt.

Des Weiteren können die Unterschiede zwischen ökologischen und konventionellen Betrieben in der Fütterung begründet sein. 16 der 17 ökologischen Betriebe verwendeten ausschließlich Futtermittel in Mehlform. Wie zahlreiche Studien sowie die eigenen Untersuchungen in konventionellen Mastbetrieben belegen, wirkt sich Mehl im Vergleich zu anderen Darreichungsformen positiv auf die Erregerprävalenz eines Bestandes aus (BUSH et al., 1999; LO FO WONG et al., 1999; HANSEN et al., 2001; HYSMANS et al., 2003). Dieser Effekt dürfte in dem Einfluß der Futtermittel auf den Verdauungsprozeß begründet sein (s. 5.4.2).

Als ein weiterer Aspekt, der in der Untersuchung konventioneller Mastbetriebe als

Risikofaktor ermittelt wurde, kann die Einstallungsbehandlung angeführt werden. Dabei wiesen Tiere aus Betrieben ohne Einstallungsbehandlung vergleichsweise seltener einen Antikörpernachweis auf als Tiere aus Betrieben mit einer regelmäßigen oder gelegentlichen Einstallungsbehandlung. Erklärend hierfür kann die negative Auswirkung von Antibiotika auf die physiologische Darmflora angegeben werden (s. 5.4.2). Die Tatsache, dass entsprechend der EG-ÖKO-Verordnung in keinem ökologisch wirtschaftenden Betrieb eine Einstallungsbehandlung durchgeführt wurde, könnte in diesem Zusammenhang eine Bedeutung für die geringeren Seroprävalenzen in ökologischen Produktionsformen haben.

Insgesamt bleibt jedoch festzuhalten, dass ein direkter Vergleich der Produktionsformen weitere Untersuchungen mit repräsentativen Stichprobenumfängen erfordert, um mögliche Unterschiede hinsichtlich der Seroprävalenzen zunächst statistische abzusichern.

5.3 Vergleich der Seroprävalenzen von Freilandbetrieben mit konventionellen und ökologischen Haltungssystemen

Die höheren Seroprävalenzen von Sauen aus Freilandbetrieben im Vergleich zu konventionellen und ökologischen Haltungssystemen erscheinen nicht ungewöhnlich, der Unterschied ist jedoch beträchtlich.

Für Sauen in Freilandhaltung stellt der ständige Kontakt zur Außenwelt ein erhebliches Infektionsrisiko dar. Insbesondere Schädlinge und Vögel, die häufig Träger von Salmonellen sind, können über den unbegrenzten Zutritt zu einer Kontaminationsquelle für Tränke, Futter und Boden werden. Verstärkt wird diese Gefahr zusätzlich durch die direkte Futteraufnahme vom Erdboden sowie durch die Tränke aus offenen Trögen. Des Weiteren war in vier Betrieben aufgrund einer fehlenden Umzäunung der Anlage der direkte Kontakt zu wildlebenden Tieren und bestandsfremden Personen gegeben.

Die Haltung in geschlossenen Ställen sowie die Gestaltung von Tränke und Fütterung in konventionellen und ökologischen Betrieben bieten vergleichsweise weniger Kontaminationsmöglichkeiten und stellen möglicherweise einen Erklärungsansatz für die geringeren Seroprävalenzen in diesen Haltungssystemen dar.

Es muß jedoch auch darauf hingewiesen werden, dass die Seroprävalenzen in der Freilandhaltung nicht vorbehaltlos auf andere Regionen oder Bundesländer übertragbar sind.

Die Lage des Landes Schleswig-Holstein an der Nord- und Ostsee führt dazu, dass neben Krähen und Singvögel auch Möwen in den Freilandbetrieben anzutreffen sind, die sich insbesondere während der Fütterungszeiten zahlreich auf den Flächen niederlassen. Die hohen Befallsquoten der Möwen mit Salmonellen (HELLMANN, 1977; ROLLE und MAYR, 1993) lassen zusätzlich ein regionsbedingtes Infektionsrisiko für die Freilandbetriebe in Schleswig-Holstein vermuten. Freilandbetriebe in anderen Gebiete weisen möglicherweise geringere Seroprävalenzen auf.

5.4 Bewertung der Risikofaktoren

5.4.1 Risikofaktoren für Sauen aus konventionellen Haltungssystemen

In 30 Ferkelerzeuger- und neun Kombibetrieben wurden betriebsspezifische Parameter erhoben, um den Einfluß verschiedener Faktoren auf die Salmonella-Seroprävalenz bei Sauen ermitteln zu können.

Bei der Auswertung mit Hilfe der logistischen Regression ergab sich für folgende Faktoren ein signifikanter Einfluß auf das Vorkommen seropositiver Sauen:

- Quarantänestall
- Anzahl betreuender Personen
- Stallform
- Hygieneschleuse

Quarantänestall

Sauen aus Betrieben, in denen zugekaufte Tiere zunächst in einen Quarantänestall verbracht wurden, reagierten vergleichsweise seltener positiv als Sauen aus Betrieben, in denen eine sofortige Eingliederung in den Bestand erfolgte. Als Erklärung kann angeführt werden, dass der Zukauf von Tieren immer auch eine Eintragsquelle für Salmonellen darstellen kann (BLAHA, 1993; GAREIS, 1995; EGAN et al., 1997; STEINBACH und KROELL, 1999). Latent infizierte Jungsaunen können die Erreger ausscheiden und über die Kontamination ihrer Umgebung zum Ausgangspunkt für Infektionen werden. Insbesondere vor dem Hintergrund, dass der Streß infolge von Transport und Eingliederung in eine neue Herde, die Ausscheidung der Salmonellen über den Kot fördert, erscheint die gesonderte Aufstallung in einen

Quarantänestall sinnvoll, um das Infektionsrisiko zu minimieren. Aber auch der vergleichsweise geringere Immunstatus der Jungsauen, vermag die Ausscheidung der Salmonellen nach Infektionen zu intensivieren und ein zunehmendes Risiko für die Herde darzustellen (DAVIES et al., 2000).

Des Weiteren läßt die Nutzung eines Quarantänestalls auf eine konsequente Durchführung von Hygienemaßnahmen in den eigentlichen Stallgebäuden der Betriebe schließen, was nach Aussage vieler Autoren Grundlage für die Reduzierung von Salmonelleninfektionen ist (MEYER, 1993; EGAN et al., 1997; STEINBACH und KROELL, 1999).

Anzahl betreuender Personen

Die Chance serologischer Nachweise in Betrieben mit ein bis zwei betreuenden Personen ist signifikant höher als in Betrieben, in denen die Betreuung von drei oder mehr Personen übernommen wird. Ein Zusammenhang zwischen der Personenzahl und der Anzahl Sauenplätze konnte in der vorliegenden Untersuchung nicht ermittelt werden. Es ist jedoch denkbar, dass sich Betriebe mit ein bis zwei betreuenden Personen häufig am Rande ihrer Arbeitskapazität bewegen und in Phasen hoher Arbeitsbelastung (Bestellung der Felder, Ernte) Tätigkeiten im Stall wie Reinigung, Desinfektion, und Schadnagerbekämpfung vernachlässigen. Wird die Betreuung von mehreren Personen (auch Fremdarbeitskräfte) übernommen, so sind die Aufgabengebiete meist auf die Mitarbeiter verteilt und Arbeitsspitzen können besser abgedeckt werden. Die auf diese Weise reduzierten jahrezeitlich bedingten Unterschiede in der Arbeitsausführung führen möglicherweise zu einem verminderten Infektionsrisiko in dem Bestand.

Stallform

Bezüglich eines Zusammenhanges zwischen der Stallform und der Nachweismöglichkeit seropositiver Sauen konnte gezeigt werden, dass in Betrieben mit Auslauf oder Offenstallhaltung die Chance eines serologischen Nachweises höher ist als in Betrieben mit geschlossenen Stallgebäuden. Dieser Einfluß ist nicht überraschend, da der direkte Kontakt in Auslauf- oder Offenstallhaltungen zu Wildtieren, Vögeln und Schadnagern bzw. zu deren Ausscheidungen ein erhöhtes Infektionsrisiko darstellt (BÖHM, 1993; GAREIS, 1995; BERENDS et al., 1996; EGAN et al., 1997). Insbesondere die hohen Salmonella-Prävalenzen von Möwen (7-78 %), Tauben (2-27 %), finkenartigen Vögeln (0-21 %) und Ratten (4-30 %) läßt diesen

Tieren eine nicht unerhebliche Bedeutung in der Funktion als Vektor zukommen (ROLLE und MAYR, 1993).

Hygieneschleuse

In Betrieben mit einer Hygieneschleuse konnten signifikant häufiger seropositive Tiere nachgewiesen werden als in Betrieben ohne Hygieneschleuse. Dieses Ergebnis war nicht zu erwarten. Es ist im Gegenteil davon auszugehen, dass eine Hygieneschleuse durch das Wechseln der Kleidung sowie durch das Reinigen von Stiefeln und Arbeitsgeräten den Eintrag der Salmonellen und somit das Infektionsrisiko reduziert. Voraussetzung ist jedoch eine regelmäßige Nutzung der Einrichtung. Da dieser Teilaspekt in der vorliegenden Untersuchung nicht kontrolliert werden konnte, basierten die Angaben ausschließlich auf den Aussagen der Betriebsleiter, was zu einer Verzerrung der Ergebnisse geführt haben könnte.

Auch ALTROCK et al. (2000) stellten in einer Untersuchung in Schleswig-Holstein für die Hygieneschleuse einen negativen (erhöhenden) Einfluß auf die Salmonella-Seroprävalenz von Sauen fest. Aufgrund der geringen Stichprobe schränkte sie jedoch die Aussagekraft ihrer Ergebnisse ein.

Für betriebspezifische Parameter, die ein Ungleichgewicht in der Besetzung der Effektstufen aufwiesen, erfolgte die Auswertung mittels χ^2 -Test. Für folgende Faktoren konnte ein möglicher Einfluß auf die Salmonella-Seroprävalenz für Sauen aus konventionellen Haltungssystemen ermittelt werden:

- Produktionsform
- Säurezugabe in Futter oder Wasser
- Verbleib kranker Tiere
- Reinigung der Futtermittellager

Produktionsform

Der Vergleich der Produktionsformen in der vorliegenden Untersuchung zeigt, dass Sauen aus reinen Ferkelerzeugerbetrieben seltener als Sauen aus Kombibetrieben positive Ergebnisse im ELISA erzielten. Als mögliche Erklärung für diesen Effekt kann angeführt werden, dass in geschlossenen Betriebssystemen häufig keine vollständige Trennung zwischen den

Produktionsstufen Ferkelerzeugung und Mast gegeben ist. Kreuzende Betriebswege sowie eine Verschleppung der Salmonellen über kontaminierte Arbeitsgeräte und Kleidung zurück in die Bereiche der Ferkelproduktion können ein erhöhtes Infektionsrisiko für die Sauen darstellen. Begünstigt wird dieser Effekt durch die Betriebsstrukturen. In der Mehrzahl der untersuchten Kombibetriebe erfolgte die Produktion in alten Stallgebäuden. Die Aufstockung der Bestände wurde in der Regel durch Umbau der vorhandenen Räumlichkeiten oder durch Anbau an leicht zugänglichen Stellen realisiert, wodurch zum Teil stark verwinkelte Betriebsstrukturen entstanden sind. Diese Tatsache erschwert eine vollständige Trennung der Produktionsstufen und führt zu einem direkten Nebeneinander verschiedener Altersstufen. Möglicherweise ist aber auch die geringe Stichprobe von Sauen aus Kombibetrieben in der vorliegenden Untersuchung für die Unterschiede in der Nachweishäufigkeit seropositiver Tiere verantwortlich.

QUANTE (2000) stellte hinsichtlich der Produktionsformen eine höhere Chance für Tiere aus reinen Ferkelerzeugerbetrieben fest, einen positiven Befund im ELISA zu erzielen. Eine Erklärung konnte jedoch nicht gegeben werden.

Säurezugabe in Futter oder Wasser

Sauen aus Betrieben mit einer regelmäßigen Zugabe von Säure in das Wasser oder Futter wiesen niedrigere Salmonella-Seroprävalenzen auf als Sauen aus Betrieben, in denen kein Zusatz von Säuren erfolgte. Ähnliche Ergebnisse werden auch in der Literatur beschrieben (WINGSTRAND et al., 1997; VAN WINSEN et al., 1997; DAHL et al., 1997a; JØRGENSEN et al., 2001), die den Einsatz von Säuren als eine mögliche Maßnahme im Rahmen von Bekämpfungsprogrammen erkennen lassen. Ursache für die protektive Wirkung von Säuren ist die Absenkung des pH-Wertes im Futter oder Wasser, wodurch die Überlebensfähigkeit der Salmonellen (pH-Optimum 6,5–7,5) reduziert wird (ROLLE und MAYR, 1993; SELBITZ et al., 1995). Des Weiteren scheint nach Aussage von WINGSTRAND et al. (1997) auch ein positiver Effekt auf die physiologische Darmflora für die geringeren Seroprävalenzen verantwortlich zu sein.

Verbleib kranker Tiere

Für den Faktor Verbleib kranker Tiere konnten niedrigere Seroprävalenzen in Beständen mit einer gesonderten Aufstallung kranker Tiere ermittelt werden als in Beständen, in denen

krankte Sauen an ihrem Standort belassen wurden. Eine mögliche Erklärung ist, dass Infektionen mit anderen Erregern die Ausscheidung von Salmonellen subklinisch erkrankter Tiere fördern (SCHWARTZ, 1999). Werden diese Tiere an ihrem Standort belassen, stellen sie über die Kontamination ihrer Umgebung ein erhöhtes Infektionsrisiko für andere Tiere dar. Andere Erkrankungen führen aufgrund einer verminderten Resistenz aber auch für die betroffenen Tiere selbst zu einer gesteigerten Empfänglichkeit gegenüber Salmonellen (CLARKE und GYLES, 1993; SCHWARTZ, 1999), so dass eine gesonderte Aufstallung als Vorbeuge sinnvoll erscheinen kann.

Reinigung der Futtermittellager

Sauen aus Betrieben mit einer regelmäßigen bzw. gelegentlichen Reinigung der Futtermittellager reagierten vergleichsweise seltener positiv im ELISA als Sauen aus Beständen, in denen keine Reinigung der Lager vorgenommen wurde. Nach HARTUNG (2002) tritt eine nachweisbare Kontamination mit Salmonellen vorrangig bei den auf dem Hof gelagerten Mischfuttermitteln auf. Diese Tatsache zeigt einen kritischen Punkt in der Infektkette, der durch die Reinigung (Entfernung potentiell salmonellenhaltiger Futterreste, Kot von Vögeln und Schädigern) verbessert werden kann.

5.4.2 Risikofaktoren für Mastschweine aus konventionellen Haltungssystemen

Für Mastschweine aus 42 konventionellen Mast und Kombibetrieben konnte im Rahmen der Risikoanalyse mit Hilfe der logistischen Regression für folgende Faktoren ein signifikanter Einfluß auf die Salmonella-Seroprävalenz ermittelt werden:

- Einstallungsbehandlung
- Stallboden
- Futtermittelform
- Fütterungshygiene
- Betriebslage

Einstallungsbehandlung

Die Auswertung der Daten ergab für den Faktor Einstallungsbehandlung insgesamt höhere Salmonella-Seroprävalenzen, sofern in den Betrieben regelmäßige oder gelegentliche Anti-

biotikabehandlungen zum Zeitpunkt der Aufstallung durchgeführt wurden. Ähnliche Ergebnisse erzielten auch zahlreiche Feldstudien und Experimente mit Mäusen, die nach BERENDS et al. (1996) darauf schließen lassen, dass das Risiko einer Salmonelleninfektion bei monogastrischen Tieren in der ersten Woche nach der Verabreichung von Antibiotika (Breitspektrumantibiotika) um das fünf- bis sechsfache steigt. Auch NIELSEN et al. (1997) konnten im Rahmen einer Untersuchung von antibiotischen Wachstumsförderern für „behandelte Tiere“ höhere Salmonellenprävalenzen ermitteln als für Tiere aus der „unbehandelten“ Vergleichsgruppe. Erklärend hierfür kann angeführt werden, dass Antibiotika eine Störung der physiologischen Darmflora hervorrufen und eine Ansiedlung der Salmonellen begünstigen. Des Weiteren führt der Einsatz von Antibiotika bei salmonelleninfizierten Tieren zu einer verlängerten Ausscheidung der Erreger, so dass über die Kontamination der Umwelt ein erhöhtes Infektionsrisiko für andere Tiere in der Herde besteht (MEYER et al., 1993; SELBITZ et al., 1995; WIERUP, 1997).

Die Verwendung einer Einstallungsbehandlung basiert aber auch häufig auf dem Bezug von Ferkeln aus mehreren Herkunftsorten oder bereits bekannten Problemen/Infektionen zu Beginn der Mast, die ihrerseits zu einem erhöhten Infektionsrisiko gegenüber Salmonellen in den Beständen beitragen können.

Stallboden

Für den Faktor Stallboden konnte dargestellt werden, dass sich die Chance eines Nachweises bei Tieren auf Teilspalten im Vergleich zu Tieren auf Vollspalten um den Faktor 1,72 erhöht. NOLLET et al. (2003) stellten ebenfalls einen Einfluß der Form des Stallbodens auf die Salmonella-Prävalenz bei Mastschweinen fest. Dabei gelang ein Nachweis bei Tieren auf Vollspaltenböden vergleichsweise seltener als bei Tieren, die auf Teilspalten oder planbefestigten Böden gehalten wurden. Die Ursache liegt möglicherweise in der für die Salmonellen charakteristischen fäkal-oralen Infektionsroute. Während eine Haltung auf Vollspalten den Kontakt zu tierischen Ausscheidungen weitestgehend begrenzt, können Kotansammlungen auf den unperforierten Flächen der Teilspalten (warme Witterung, fehlerhafte Luftzirkulation in den Ställen) eine Verbreitung der Salmonellen im Bestand fördern (DAVIES et al., 1997a).

Futtermittelform

Als statistisch signifikant für den Faktor Futtermittelform erwies sich der Einfluß von Granulat und Mehl auf die Seroprävalenz von Mastschweinen, wobei sich die Chance eines positiven Befundes bei der Fütterung mit Granulat verdoppelt. Höhere Seroprävalenzen bei der Fütterung von Pellets im Vergleich zu Mehl konnten zwar beobachtet, statistisch aber nicht abgesichert werden.

Der Literatur sind zahlreiche Ergebnisse aus Untersuchungen zu entnehmen, die eine positive (reduzierende) Wirkung von Mehl auf die Prävalenz beschreiben. Pellets hingegen scheinen nach Aussagen der Autoren das Risiko einer Infektion zu erhöhen (BUSH et al., 1999; LO FO WONG et al., 1999; HANSEN et al., 2001; HUYSMANS et al., 2003).

Erklärungsansätze beziehen sich meist auf den Verdauungsprozeß. So unterbindet Mehl im Vergleich zu Pellets weitestgehend eine Trennung von festen und flüssigen Bestandteilen im Darminhalt. Auf diese Weise werden der säureproduzierenden Mikroflora optimale Wachstumsbedingungen geboten. Die Vermehrung der Salmonellen wird durch diesen Prozeß jedoch behindert (HANSEN et al., 2001). Des Weiteren lassen signifikant niedrigere pH-Werte im Magen bei der Mehlfütterung auf eine zunehmende Inaktivierung der Salmonellen schließen (HANSEN et al., 2003). Diskutiert wird in diesem Zusammenhang aber auch die Mikroflora des Futters. Sie scheint nach Aussagen von JØRGENSEN et al. (1999) jedoch keine Bedeutung für die Ausbildung einer antagonistisch wirkenden Darmflora zu haben.

Der Einfluß der Granulatfütterung bleibt jedoch unklar, da insbesondere in Hinblick auf die Futtermittelform und den Verdauungsprozeß eine geringere Seroprävalenz im Vergleich zur Pelletfütterung zu erwarten wäre. Möglicherweise spielt aber auch der Herstellungsprozeß des Granulats eine Rolle, der durch einen zusätzlichen Produktionsschritt im Vergleich zur Pelletherstellung weitere Möglichkeiten einer Rekontamination mit Salmonellen bietet.

Fütterungshygiene

Bei der Fütterungshygiene konnten signifikant niedrigere Salmonella-Seroprävalenzen ermittelt werden, wenn in den Betrieben eine regelmäßige bzw. gelegentliche Reinigung der Fütterungsanlage (Rohre, Behälter) vorgenommen wurde.

Dieser Einfluß ist nicht überraschend, da die in den Anlagen verbleibenden Futterreste gute Nährmedien für Salmonellen darstellen und bei Anwesenheit der Erreger zu einer ständigen Kontaminationsquelle für neuzulaufendes Futtermittel werden können. Eine anschließende

Verteilung der kontaminierten Futtermittel über die Zulaufleitungen erreicht weite Teile des Bestandes und kann für eine Vielzahl Tiere zum Ausgangspunkt von Infektion werden.

Auf dieses Risiko weisen auch GAREIS (1995) und KURZE et al. (1999) hin, die eine regelmäßige Reinigung der Fütterungslagen im Rahmen von Bekämpfungsprogrammen für unerlässlich halten.

Die häufig mit Säuren durchgeführte Reinigung der Fütterungsanlagen besitzt zusätzlich eine protektive Wirkung in Hinblick auf das neuzulaufende Futter und vermag das Infektionsrisiko in den Beständen zu reduzieren.

Betriebslage

Die Lage der Betriebe erwies sich ebenfalls als signifikant. Stammen Tiere aus betriebsdichten Regionen (weitere schweinehaltende Betriebe im Umkreis von 2 km), so erhöht sich die Chance eines serologischen Nachweises um den Faktor 2,33 im Vergleich zu Tieren aus Betrieben in Einzellage. Dieser Effekt ist möglicherweise darauf zurückzuführen, dass die Bestände in der Umgebung zusätzliche Erregerreservoirare darstellen und über die Verbreitung der Salmonellen durch belebte und unbelebte Vektoren das Infektionsrisiko in dieser Region erhöhen. Auch TIELEN et al. (1997) weisen basierend auf einer Untersuchung, in der ein geringerer Prozentsatz seronegativer Bestände in Regionen mit einer hohen Schweinedichte ermittelt wurde, auf die Bedeutung einer Erregerübertragung zwischen den Betrieben hin, die im Rahmen der Salmonellenbekämpfung nicht zu vernachlässigen ist.

Für die im Folgenden dargestellten Faktoren, die aufgrund einer ungleichen Besetzung der Effektstufen nicht in der logistischen Regression unberücksichtigt blieben, ergab sich ein Einfluß im χ^2 -Test:

- Säurezugabe in Futter oder Wasser
- Einstallungssystem
- Stiefelreinigung und -desinfektion
- Katzen

Säurezugabe in Futter oder Wasser

Mastschweine aus Betrieben mit einem regelmäßigen oder gelegentlichen Zusatz von Säuren in das Wasser oder Futter reagierten seltener im ELISA positiv als Tiere aus Betrieben, in denen keine Verwendung von Säuren stattfand. Ein vergleichbarer Einfluß konnte auch für Sauen aus konventionellen Haltungssystemen ermittelt werden, welcher in einer Säureempfindlichkeit der Salmonellen begründet sein dürfte (s. 5.4.1).

Einstellungssystem

Die Belegung nach dem „Rein-Raus“-System mit strikter Trennung der Produktionsstufen sowie wie Reinigungs- und Desinfektionsmaßnahmen vor der Wiederbelegung zählen nach Meinung vieler Autoren zu den Grundelementen der Salmonellenbekämpfung. Eine kontinuierliche Belegung der Stalleinheiten hingegen behindert die Anwendung von Hygienemaßnahmen und birgt die Gefahr einer Infektion jüngerer Schweine durch ältere Tiere in der Mast (BERENDS et al., 1996; EGAN et al., 1997; TIELEN et al., 1997; WIERUP, 1997; STEINBACH und KROELL, 1999, BLAHA, 2001).

In der vorliegenden Untersuchung konnten für Tiere aus Betrieben mit einem abteilweise „Rein-Raus“-Verfahren geringere Seroprävalenzen ermittelt werden als für Tiere aus Betrieben, in denen eine kontinuierliche Belegung erfolgte. Überraschend ist jedoch, dass Tiere aus Betrieben mit einem bestandsweise „Rein-Raus“-Verfahren die höchsten Nachweisraten erzielten. Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass die Stichprobe der Betriebe mit einem bestandsweise „Rein-Raus“-Verfahren sehr gering war und die Aussagekraft der Ergebnisse einschränkt. Insgesamt sechs Betriebe verwendeten das genannte Einstellungssystem, wobei es sich in der Mehrzahl um ältere Ställe mit einer vergleichsweise niedrigen Zahl an Mastplätzen handelte. Vor diesem Hintergrund wäre es denkbar, dass die Beschaffenheit der Gebäude sowie der Stalleinrichtungen nur eine begrenzte Reinigung und Desinfektion zugelassen haben, die zu höheren Seroprävalenzen in diesen Beständen geführt haben könnten.

Katzen

Bei der Betrachtung des Faktors Katzen, konnte für Mastschweine aus Betrieben, in denen Katzen Zugang zu den Stallabteilen oder dem Betriebsgelände hatten, vergleichsweise höhere Salmonella-Seroprävalenzen erzielt werden als für Mastschweine aus Betrieben, in denen

weder Katzen auf dem Hof noch in der Nachbarschaft gehalten wurden. Dieses Ergebnis stützt die Annahme vieler Autoren, dass Katzen als belebte Vektoren zu einer Verbreitung der Salmonellen beitragen und zum Ausgangspunkt von Infektionen werden können (BLAHA, 1993; ROLLE und MAYR, 1993; STEINBACH und KROELL, 1999).

5.4.3 Risikofaktoren für Sauen in der Freilandhaltung

Anhand der betriebsspezifischen Daten aus 13 Freilandbetrieben konnte für die Faktoren Flächenwechsel, Schadnagerbesatz und Vogelvorkommen ein signifikanter Einfluß auf die Salmonella-Seroprävalenz von Sauen ermittelt werden. Die geringe Stichprobe sowie die Auswertung mit Hilfe des χ^2 -Tests lassen den Ergebnissen jedoch nur eine eingeschränkte Aussagekraft zukommen.

In Bezug auf einen Zusammenhang zwischen der Häufigkeit des **Flächenwechsels** und der Nachweismöglichkeit seropositiver Sauen in der Freilandhaltung konnte dargestellt werden, dass bei zunehmender Frequenz des Flächenwechsels, die Seroprävalenz abnimmt.

Dieser Einfluß ist möglicherweise auf eine Kontamination des Erdbodens durch belebte Vektoren sowie durch infizierte Sauen selbst zurückzuführen. Insbesondere die hohen Überlebenszeiten der Salmonellen im Erdboden (nachweisbar bis zu 360 Tagen) lassen auf eine Anreicherung der Erreger bei abnehmender Frequenz des Flächenwechsels schließen, die das Infektionsrisiko für die Tiere erhöhen.

Vor diesem Hintergrund wird deutlich, dass den belebten Vektoren für den Eintrag von Salmonellen in die Freilandhaltungssysteme eine erhebliche Bedeutung zukommt. Anhand der Untersuchungsergebnisse konnte gezeigt werden, dass sowohl bei einer zunehmenden Intensität des **Schadnagerbesatzes** wie auch bei einer Zunahme des **Vogelvorkommens**, die Anzahl positiver Tiere in den Betrieben steigt. Neben dem unbegrenzten Kontakt der Vektoren zu den Freilandflächen stellen aber auch die für die Freilandhaltung charakteristischen Tränke- und Fütterungssysteme ein erhöhtes Risiko dar. Offene Wassertröge und die Futterraufnahme vom Erdboden begünstigen die Kontamination durch Schadnager und Vögel und führen zu einer direkten (oralen) Aufnahme der Erreger.

5.5 Bedeutung der vertikalen Infektion

Die Bedeutung der vertikalen Infektion ist umstritten und in der Literatur vielfach diskutiert. Nach BLAHA (1993) ist insbesondere in der Schweineproduktion mit einem erhöhten Risiko vertikaler Infektionen durch das längere Verbleiben der Ferkel bei der Sau zu rechnen. Auch MC CRACKEN et al. (1997) stellte fest, dass die Infektionen der Saugferkel innerhalb der ersten drei Lebenswochen mit relativ hoher Inzidenz eintreten können. Unterstützt wird diese Aussage durch Untersuchungen von DAVIES et al. (1998c), die bestätigen konnten, dass die fäkale Ausscheidung der Salmonellen von laktierenden Sauen einen regelmäßigen Befund darstellt und zu einer Exposition der Saugferkel gegenüber Salmonellen führt. DAHL et al. (1996, 1997b) hingegen konnten keine Übertragung der Salmonellen von Sauen auf die Saugferkel beobachten, was sie auf eine fehlende Salmonellenausscheidung der seropositiven Sauen bzw. auf eine geringe Empfänglichkeit der Saugferkel infolge von Antikörpern aus dem Kolostrum zurückführten.

Laut QUANTE (2000) ist grundsätzlich von einer Übertragung der Salmonellen von Sauen auf die Saugferkel auszugehen. Für die Infektionen bei Mastschweinen sei diese jedoch nur von geringer Bedeutung, da häufig eine Diskrepanz zwischen den Serovaren in der Ferkelproduktion und den Serovaren in der Mast bestehe. Dies belegten auch verschiedene Studien von DAVIES et al. (1998b,c), die deutliche Unterschiede zwischen dem Serovar-Profil in unterschiedlichen Produktionsstufen aufzeigen konnten. Nach BERENDS et al. (1996) stellt die endemische („Haus-“) Flora in den Betrieben die dominierende Infektionsquelle für Mastschweine dar, während Infektionen ausgehend von den Ferkelerzeugerbetrieben nur eine untergeordnete Rolle spielen.

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung konnte kein Zusammenhang zwischen der Seroprävalenz von Zucht- bzw. Aufzuchtbetrieben und der Seroprävalenz von Ferkelerzeugerbetrieben ermittelt werden.

Mastschweine wiesen die geringsten Seroprävalenzen auf, wenn die Intraherdenprävalenz ihrer Herkunftsbetriebe unter 2 % lag. Die höchsten Seroprävalenzen für Mastschweine konnten ermittelt werden, wenn der Herkunftsbetrieb eine Prävalenz zwischen 2 und 10 % aufwies. Bei Ferkelerzeugerbetrieben mit einer Seroprävalenz von über 10 % reagierten hingegen vergleichsweise weniger Tiere als in der Mast positiv.

Insgesamt muß jedoch berücksichtigt werden, dass nur der Vergleich der Serovaren zwischen den verschiedenen Produktionsstufen einen Aufschluß über die Bedeutung vertikaler Infektionen geben kann. Ein solcher Vergleich war jedoch nicht möglich, da, sofern ein bakteriologischer Befund von Absetzferkeln vorlag, keine Salmonellen aus den Sammelkotproben in den angeschlossenen Mastbetrieben isoliert werden konnte. Daher ist eine Aussage über die Bedeutung der vertikalen Infektionsroute anhand der vorliegenden Ergebnisse nicht möglich.

5.6 Eintragsquellen in seropositiven Beständen

Im Rahmen der bakteriologischen Untersuchung zur Ermittlung der Eintragsquellen in seropositiven Betrieben konnten aus lediglich einer Futtermittel-, einer Wasser- und zwei Staubproben Salmonellen isoliert werden. Der Erregernachweis aus Sammelkotproben gelang in keinem der Bestände. Aufgrund der fehlenden Vergleichsmöglichkeiten zwischen den Serovaren der Tiere und den Serovaren aus den Umgebungsproben, kann für keinen Betrieb die Eintragsquelle mit Sicherheit angegeben werden.

Für weitere Untersuchungen sowie in Bezug auf die Salmonellenbekämpfung in hochbelasteten Betrieben ist es sinnvoll, bei der Aufdeckung von Eintragsquellen besonders auf die bestandsspezifischen Gefahrenpunkte einzugehen. Die Entnahme der Umgebungsproben entsprechend einer festen Vorgabe, wie sie in der vorliegenden Untersuchung erfolgte, scheint dabei weniger geeignet.

Der Erregernachweis aus Umgebungsproben zeigt aber in jedem Fall einen möglichen Ausgangspunkt für Infektionen in dem betreffenden Bestand. Ob es sich hierbei aber auch um die Eintragsquelle der Salmonellen handelt, ist nur durch einen Vergleich der Serovaren von Tier und Umgebungsprobe näher zu klären. Voraussetzung ist die Erregerisolierung beim Tier, die sich insbesondere bei latenten Infektionen durch die nur zeitweilige Ausscheidung mit dem Kot schwierig gestaltet (SCHWARTZ, 1999; SELBITZ, 2002). Nur eine wiederholte Beprobung und eine genügend große Stichprobe können letztlich Aufschluß über die Salmonellensituation in den Beständen geben (WIERUP, 1997; NIELSEN und BAGGESEN, 1997).

Die aus Kostengründen begrenzte Stichprobe von zwei bis drei Sammelkotproben je Produktionsstufe sowie die ausschließlich latenten Infektionen in den Beständen können in der vorliegenden Untersuchung möglicherweise Gründe für die geringen Nachweisraten von Salmonellen bei Sauen und Mastschweinen sein.

6 Schlußfolgerung

Die vorliegende Untersuchung zeigt, dass zum Teil erhebliche Unterschiede zwischen den Salmonella-Seroprävalenzen in den verschiedenen Haltungssystemen bestehen. Ökologisch wirtschaftende Betriebe wiesen dabei sowohl in der Ferkelproduktion wie auch in der Mast die niedrigsten Seroprävalenzen auf. Ob den Haltungsbedingungen hierbei eine entscheidende Rolle zukommt, oder ob das Ergebnis auf die geringe Stichprobe zurückzuführen ist, bleibt jedoch offen und ist durch weitere Untersuchungen mit einer repräsentativen Auswahl derartiger Betriebe näher zu analysieren.

Die höchsten Seroprävalenzen waren bei Sauen aus der Freilandhaltung festzustellen. Insbesondere die nicht kontrollierbaren Kontakte zu belebten Vektoren und ihren Ausscheidungen können hier zu einem erhöhten Infektionsrisiko führen. Eine konsequente Schadnagerbekämpfung, wechselnde Fütterungszeiten sowie ein halbjährlicher Flächenwechsel scheinen somit unerlässlich, um den Infektionsdruck in der Freilandhaltung zu senken. Ein Kontakt zu freilebenden Vögeln, der als erhebliches Risiko angenommen werden muß, ist allerdings nicht zu vermeiden.

Konventionelle Mastbetriebe wiesen vergleichsweise niedrige Seroprävalenzen auf, wenn eine Haltung auf Vollspalten im Vergleich zu einer Haltung Teilspalten vorlag. Weiterhin wurde deutlich, dass der Fütterungshygiene eine erhebliche Bedeutung in Hinblick auf den Salmonellenstatus eines Bestandes zukommt und im Rahmen der Bekämpfung nicht zu vernachlässigen ist. Die Verwendung von Säuren bei der Reinigung oder als Zusatz zur Tränke oder Futter kann hierbei als vorbeugende Maßnahme in Erwägung gezogen werden. Als ungeeignet erwies sich hingegen die Durchführung einer Einstallungsbehandlung, die das Risiko einer Infektion mit Salmonellen eher zu fördern scheint.

In konventionellen Betrieben mit Sauenhaltung konnte neben dem Risiko einer fehlenden Quarantäne für Jungsauern vor allem in Auslauf- oder Offenstallhaltungen höhere Seroprävalenzen ermittelt werden, was die Bedeutung belebter Vektoren als Ausgangspunkt für Infektionen unterstützt.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass Salmonelleninfektionen in Schweinebeständen weit verbreitet sind. Das übergeordnete Ziel bleibt hiernach die Reduzierung der Salmonellenprävalenz auf Betriebsebene. Es wird weiterhin deutlich, dass es umfassender Bekämpfungs-

6 Schlußfolgerung

maßnahmen bedarf, die unter Berücksichtigung der allgemein bekannten Risikofaktoren an die bestandsspezifischen Gefahrenpunkte der jeweiligen Betriebe angepaßt werden müssen.

7 Zusammenfassung

Ziel der vorliegenden Untersuchung in Schweinebeständen war es, die Salmonella-Seroprävalenzen in unterschiedlichen Haltungssystemen zu ermitteln sowie produktionsspezifische Risikofaktoren aufzudecken und hinsichtlich ihrer qualitativen und quantitativen Bedeutung zu analysieren. Darüber hinaus sollte die Berücksichtigung von Lieferbeziehungen zwischen den Produktionsstufen Informationen über die Bedeutung vertikaler Infektionsketten liefern. Zusätzlich erfolgte in allen Betrieben, in denen mindestens ein Tier einen positiven Befund im ELISA zeigte, die Entnahme und bakteriologische Untersuchung von Kot- und Umgebungsproben (Futtermittel, Wasser, Staub, Boden), um mögliche Eintragsquellen der Salmonellen aufzudecken.

In 78 konventionellen, 17 ökologischen und 13 Freilandbetrieben wurden insgesamt 4343 Blutproben entnommen und mit Hilfe des SALMOTYPE® Fleischsaft ELISA serologisch untersucht (Cut-off von 40 %).

Für 1498 Sauen aus Ferkelerzeuger- und Kombibetrieben konnte unabhängig von der Haltungform eine Seroprävalenz von 17,1 % ermittelt werden. Insgesamt reagierten 12,3 % der Sauen aus 39 konventionellen Betrieben, 7,6 % der Sauen aus neun ökologischen Betrieben und 35,1 % der Sauen aus 13 Freilandbetrieben im ELISA positiv.

In den Mastbetrieben zeigten insgesamt 301 (11,4 %) der 2642 Proben einen seropositiven Befund, wobei 13,0 % der Tiere aus 43 konventionellen und 1,9 % der Tiere aus zwölf ökologischen Betrieben im ELISA positiv reagierten.

Das geringere Auftreten seropositiver Tiere in ökologischen Haltungssystemen ist aufgrund der geringen Stichprobe und einer begrenzten Auswahlmöglichkeit der Betriebe vorsichtig zu interpretieren. Ob den spezifischen Produktionsbedingungen hierbei eine entscheidende Rolle zukommt bleibt offen und ist durch weitere Untersuchungen zu klären.

Die mit Hilfe eines Fragebogens erfaßten bestandsspezifischen Parameter aus konventionellen Betrieben und Freilandbetrieben wurden anschließend in Verbindung mit den Ergebnissen der serologischen Untersuchung zur Bestimmung von Risikofaktoren statistisch ausgewertet.

Signifikant höhere Seroprävalenzen bei Sauen aus konventionellen Haltungssystemen konnten für folgende Faktoren ermittelt werden: Eingliederung von Jungsauen ohne vorherige

Aufstallung in einen Quarantänestall, Betreuung des Bestandes durch weniger als drei Personen, Auslauf- oder Offenstallhaltungen, Einrichtung einer Hygieneschleuse. Zudem scheinen Kombibetriebe, eine fehlende Säurezugabe zum Futter oder Wasser, das Verbleiben kranker Tiere an ihrem Standort und eine fehlende Reinigung der Futtermittellager das Risiko einer Infektion zu erhöhen.

Für Mastschweine aus konventionellen Haltungssystemen ergab eine regelmäßig oder gelegentlich durchgeführte Einstallungsbehandlung, die Haltung auf Teilspaltenböden, die Fütterung mit Granulat, eine fehlende Reinigung der Fütterungsanlage sowie die Lage in betriebsdichten Regionen eine signifikante Erhöhung der Seroprävalenz. Des Weiteren können eine bestandsweise „Rein-Raus“-Belegung, die Haltung von Katzen auf den Betrieben sowie eine fehlende Säurezugabe in Wasser oder Futter die Nachweisraten in Mastbetrieben erhöhen.

In Freilandbetrieben führten insbesondere eine zunehmende Intensität des Schadnager- und Vogelvorkommens sowie die abnehmende Frequenz des Flächenwechsels zu einer Erhöhung der Seroprävalenz. Dieses Ergebnis stützt die Annahme, dass die stetigen Kontakte zur Außenwelt ein erhöhtes Infektionsrisiko darstellen und für die höheren Seroprävalenzen in der Freilandhaltung verantwortlich sind.

Basierend auf den serologischen Untersuchungsergebnissen konnte kein Zusammenhang zwischen den Seroprävalenzen von Zucht- bzw. Aufzuchtbetrieben und Ferkelerzeugerbetrieben ermittelt werden. Der Erregernachweis aus Kotproben von Absetzferkeln in diesen Beständen zeigte ebenfalls keine Abhängigkeit von den Seroprävalenzen der Sauen.

Mastschweine hingegen wiesen höhere Seroprävalenzen auf, sofern in dem Herkunftsbetrieb mehr als 2 % der Sauen seropositiv waren. Da die bakteriologische Untersuchung von Sammelkotproben in den Beständen ausschließlich negative Befunde ergab, war ein Vergleich der Serovare von Sauen und Mastschweinen nicht möglich. Die Bedeutung der vertikalen Infektionsketten für den Salmonellenstatus in Mastbetrieben blieb daher unklar.

Für die Aufdeckung möglicher Eintragsquellen der Salmonellen wurden 136 Umgebungsproben aus seropositiven Betrieben bakteriologisch untersucht. Insgesamt lieferten eine Futtermittel- eine Wasser- und zwei Staubproben einen positiven Befund. Der Nachweis positiver Sammelkotproben gelang in keinem der Betriebe, so dass die eindeutige Bestimmung der Eintragsquelle über einen Serovarvergleich nicht möglich war.

8 Summary

Christiane Meyer

Qualitative and quantitative risk factors concerning the introduction and spread of Salmonella in different pig housing systems

Subject of this examination was the detection of Salmonella seroprevalence in different pig housing systems as well as detecting of specific risk factors and analyzing them in consideration of their qualitative and quantitative importance. Furthermore consideration of the linkage between stages of production was intended to get information on the importance of vertical infection chains.

Additionally in all farms with at least one positive ELISA finding samples of the surrounding (feed stuff, water, dust, soil) were taken to detect possible entry-sources of salmonella.

Alltogether 4343 blood samples were taken from 78 conventional, 17 ecological and 13 outdoor farms and serologically examined by SALMOTYPE[®] meat juice ELISA (Cut-off at 40%).

1498 sows from farrowing and farrow-to-finish farms showed a seroprevalence of 17.1%. 12.3 % of sows from 39 conventional farms, 7.6 % of sows from nine ecological farms and 35.1 % of sows from 13 free range farms were serological positive.

In fattening farms altogether 301 (11.4 %) of 2642 samples showed positive findings. 13 % of animals from 43 conventional and 1.9 % of animals from twelve ecological farms reacted positively to ELISA.

The low Salmonella seroprevalence at ecological housing systems is to be interpreted cautiously due to the small number of samples and limited choice of farms. Whether specific conditions of production play a major role has to be clarified in further examinations.

Specific housing and mangement data was collected by a questionnaire to determine risk factors in conventional and free range farms and statistically evaluated in conjunction with the results of the serological examination.

The following factors were determined to be of significant influence on an increase of seroprevalence of sows from conventional farms: integration of gilts without preceding

quarantine, less than three persons caring for the herd, pasture housing systems and the presence of a hygienic sluice. Furthermore the risk of infection is increased at combined farms, by not using acids, leaving ill animals with the herd and not cleaning the feed storage.

A significant rise of seroprevalence for fattening pigs from conventional housing systems was observed in pigs, when regular or occasional antibiotic treatment in the beginning of the fattening period, keeping of animals on partially slatted floors, feeding of granulate, not cleaning the feeding facilities as well as a location in regions with high pig density. Additionally an all-in/all-out management, the presence of cats on the farms and missing acid in feed or water can raise the detection rate in fattening farms.

On outdoor farms, especially an increasing occurrence of rodents and birds as well as declining frequency of change of area lead to a rise of seroprevalence. This result supports the suggestion that frequent contact with the environment provides a higher risk of infection and is responsible for higher seroprevalence at free range farms.

Based on the serological examination there was no relation between the seroprevalence of rearing or breeding farms with that of farrowing farms. The detection of Salmonella from fecal samples of weaner pigs from those herds as well showed no dependencies from the seroprevalences of the sows.

Fattening pigs on the other hand showed higher seroprevalences, if more than 2 % of the sows from the original farms were seropositiv. A comparison of serotype from sows and fattening pigs was not possible, because bacteriological examination of pooled fecal samples from the herds only showed negative results. The importance of vertical infection chains for salmonella-status in fattening farms stays uncertain.

For the detection of possible sources of salmonella 136 samples of the surrounding from seropositiv farms have been bacteriologically examined. Altogether, one feed, one water and two dust samples were positive. In none of these farms positive pooled fecal samples were found so that it is not possible to definitely determine the entry-source of infection by a comparison of serovar.

9 Literaturverzeichnis

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

Untersuchungsergebnisse aus Deutschland zu dem EU-Projekt „Salmonella in Pork (Salinork)“ – 1. Mitteilung: Untersuchung in den Beständen.

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

BAGER, F. u. J. PETERSEN (1991):

Sensitivity and specificity of different methods for the isolation of Salmonella from pigs.

Acta. vet. scand. 32, 437-481

BAGGESEN, D.L., H.C. WEGENER, F. BAGER, H. STEGE u. J. CHRISTENSEN (1996):

Herd prevalence of Salmonella enterica infections in Danish slaughter pigs determined by microbiological testing.

Prev. vet. med. 26, 201-213

BAGGESEN, D.L., N.R. STEENHARD, T.K. JENSEN, A. ROEPSTORFF u. K. MØLLER (2001):

Experimental study of the interaction between Salmonella enterica serovar Typhimurium and Oesophagostomum spp.

in: 4th Int. Symp. on Epidemiology and Control of Salmonella and other Foodborne Pathogens in Pork, Leipzig 2001, Proc., 438-440

BAHNSON P.B., B. TEFEREDEGNE u. B.A. WHITE (2003):

Tetracycline resistance genes in Salmonella from growing pigs and their relationship to antimicrobial use and resistance to other antimicrobials.

in: 5th Int. Symp. on the Epidemiology and Control of Foodborne Pathogens in Pork, Kreta, 2003, Proc., 188-191

BAUER, J. u. S. HÖRMANSDORFER (1995):

Salmonellosen bei Nutztieren.

Fleischwirtsch. 75, 958-960

BECKER, W., H.-J. BÄTZA u. K. BAUER (1996):

Zoonosen-Fibel. Zwischen Tier und Mensch übertragbare Krankheiten.

H. Hoffmann Verlag, Berlin, 141-146

BELOEIL, P.A., E. EVENO, P. GERAULT, P. FRAVALO, V. ROSE, N. ROSE u. F. MADEC (1999):

An exploratory study about contamination of pens of finishing pigs by ubiquitous Salmonella. in: 3rd Int. Symp. on Epidemiology and Control of Salmonella in Pork, Washington 1999, Proc., 101-105

BERENDS, B.R., H.A.P. URLINGS, J.M.A. SNIJDERS u. 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

BISPING, W. (1993):

Salmonellen in Futtermitteln.

Dtsch. tierärztl. Wochenschrift 100, 262-263

BISPING, W., u. G. AMTSBERG (1988):

Farbatlas zur Diagnose bakterieller Infektionserreger der Tiere.

Paul Parey Verlag, Berlin Hamburg, 171-182

BLAHA, T. (1992):

Infektketten – Epidemiologische Grundlagen der Salmonellosen.

Akademie für Tierärztliche Fortbildung Schriftenreihe (Hrsg.): Interdisziplinäres Symposium SALMONELLOSE am 16./17. November 1992 in Bonn-Bad Godesberg, 38-44

BLAHA, T. (1993):

Die Ausbreitungsdynamik von Salmonellen in Tierbeständen.

Dtsch. tierärztl. Wochenschrift 100, 278-280

BLAHA, T. (1996):

Untersuchungen zum Eintrag von Salmonellen aus Schweinemastbeständen in die Lebensmittelkette.

Prakt. Tierarzt 3, 229-230

BLAHA, T. (2001):

Die Bekämpfung von Salmonellen starten. Ein wichtiger Beitrag zum Verbraucherschutz. Fleischwirtsch. 10, 15-18

BLAHA, T., J. GABERT, T. KRAMER u. C. WEBER (1999):

Testing the proficiency of the German Test Kit „SALMOTYPE®“-ELISA to identify Salmonella antibodies in porcine sera and meat juices in USA diagnostic laboratories.

in: 3rd Int. Symp. on Epidemiology and Control of Salmonella in Pork, Washington 1999, Proc., 24-25

BÖHM, R. (1993):

Verhalten ausgewählter Salmonellen in der Umwelt.

Dtsch. tierärztl. Wochenschrift 100, 275-278

BORLAND, E.D. (1975):

Salmonella infection in dogs, cats, tortoises and terrapins.

Vet. Rec. 96, 401-402

BRYAN, F.L. (1988):

Risk of practices, procedures and processes that lead to outbreaks of foodborne diseases.

J. Food Prot. 51, 663-673

BUSH E.J., B. WAGNER u. P.-J. FEDORKA-CRAY (1999):

Risk factors associated with shedding of Salmonella by U.S. finishing hogs.

in: 3rd Int. Symp. on Epidemiology and Control of Salmonella in Pork, Washington 1999, Proc., 106-108

CARLSON, A. u. T. BLAHA (1998):

Investigations into the on farm contamination-infection cycle of zoonotic Salmonella in pigs.
in: 15th International Pig Veterinary Society Congress, Birmingham, England, 1998, Proc.,
Vol. 2, 94

CARVALHO L.F.O.S., C.J.B. OLIVEIRA u. S.A. FERNANDES (2003):

Antimicrobial resistance of Salmonella isolates from swine.
in: 5th Int. Symp. on the Epidemiology and Control of Foodborne Pathogens in Pork, Kreta,
2003, Proc., 309-310

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

Salmonella.

In: Gyles, C.L. u. C.O. Thoen (Hrsg): Pathogenesis of Bacterial Infections in Animals. Iowa
State University Press, Ames, 133-153

COETZER, J.A.W., G.R. THOMSEN u. R.C. TUSTIN (1994):

Infectious diseases of Livestock.

Oxford University Press, 1994, 1100-1103

COLLINS, F.M. (1993):

Cellular mediators of anti-microbial resistance.

in: CARBELLHO, F., C. HORMAECHE, P. MASTROENI u. L. BONIND (Hrsg.): Biology
of Salmonella. PLENUM PRESS, New York, 211-221

CZERNY, C.-P., K. OSTERKORN, G. WITTKOWSKI u. M. HUBER (2001):

Fleischsaft-ELISA zur Beurteilung der Salmonellen-Inzidenz von Schlachtschweinen in
Bayern. Berl. Münch. Tierärztl. Wochenschr. 114, 35-39

DAHL, J., A. WINGSTRAND, D.L. BAGGESEN u. B. NIELSEN (1996):

Eradication of Salmonella typhimurium infection by the strategic removal of pigs in infected
herds.

in: 14th International Pig Veterinary Society Congress, Bologna 1996, Proc., 173

DAHL, J., A. WINGSTRAND, D.L. BAGGESEN u. B. NIELSEN (1997a):

Salmonella reduction at the farm level.

in: 2nd Int. Symp. on Epidemiology and Control of Salmonella in Pork, Copenhagen 1997, Proc., 182-184

DAHL, J., A. WINGSTRAND u. D.L. BAGGESEN (1997b):

Elimination of Salmonella typhimurium infection by the strategic movement of pigs.

Vet. Rec. 140, 679-681

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

Distribution of Salmonella contamination in ten animal feedmills.

Vet. Microbiol. 57, 159-169

DAVIES, P.R., W.E.M. MORROW, F.T. JONES, J. DEEN, P.J. FEDORKA-CRAY u. J.T. GRAY (1997a):

Risk of shedding Salmonella organismus by market-age hogs in a barn with open-flush gutters.

J. Am. Vet. Med. Assoc. 210, 386

DAVIES, P.R., W.E.M. MORROW, F.T. JONES, J. DEEN, P.J. FEDORKA-CRAY u. I.T. HARRIS (1997b):

Prevalence of salmonella in finishing swine raised in different production systems in North Carolina, USA.

Epidemiol. Infect. 119, 237-244

DAVIES, P.R., F.G.E.M. BOVEE, J.A. FUNK, W.E.M. MORROW, F.T. JONES u. J. DEEN (1998a):

Isolation of Salmonella serotypes from feces of pigs raised in a multiple-site production system. J. Am. Vet. Med. Assoc. 212, 1925-1929

DAVIES, P.R., J.A. FUNK, F.T. JONES, W.E.M. MORROW u. F. BOVEE (1998b):

Salmonella serotypes in a multiple-site production system.

in: 15th International Pig Veterinary Society Congress, Birmingham, England 1998, Proc., Vol. 2, 72

DAVIES, P., J. FUNK, M. MORROW u. M. NICHOLS (1998c):

Studies in North Carolina of Salmonella infection of swine.

in: Salmonella Research and Control Programs, Allen D. Leman Swine Conference, Minnesota, 1998, 39-43

DAVIES, P.R., J.A. FUNK u. W.E.M. MORROW (2000):

Fecal shedding of Salmonella by gilts before and after introduction to a swine breeding farm.

Swine Health Prod., 8, 25-29

DAVIES R.H., P.J. HEATH, S.M. COXON u. R.A. SAYERS (2003):

Comparison of two commercial ELISA kits and bacteriology for Salmonella monitoring in pig herds.

in: 5th Int. Symp. on the Epidemiology and Control of Foodborne Pathogens in Pork, Kreta, 2003, Proc., 86-89

DEDIÉ, K., J. BOCKEMÜHL, H. KÜHN, K.-J. VOLKMER u. T. WEINKE (1993):

Bakterielle Zoonosen bei Tier und Mensch. Epidemiologie, Pathologie, Klinik, Diagnostik und Bekämpfung.

Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, 295-329

EGAN, J., M. SHEAHAN u. J. WARD (1997):

Salmonella and its control in pigs.

Ir. Vet. J. 50, 744-747

EROL, I., J. KLEER, G. HILDEBRANDT u. A. YURTYERI (1999):

Kopplung von immunomagnetischer Separation und Polymerase-Kettenreaktion zum Schnellnachweis von Salmonellen in Hackfleisch und Geflügelinnereien.

Berl. Münch. tierärztl. Wochenschr. 112, 100-103

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

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

in: 2nd Int. Symp. on Epidemiology and Control of Salmonella in Pork, Copenhagen 1997, Proc., 9-18

FEDORKA-CRAY, P.J., J. MC KEAN u. G. BERAN (1997a):

Tracking Salmonella on the farm: A farrow to finish study.

in: 2nd Int. Symp. on Epidemiology and Control of Salmonella in Pork, Copenhagen 1997, Proc., 196-198

FEDORKA-CRAY, P.J., J.S. BAILEY, N.J. STERN u. N.A. COX (1997b):

Mucosal competitive exclusion to reduce Salmonella in Swine.

in: 2nd Int. Symp. on Epidemiology and Control of Salmonella in Pork, Copenhagen 1997, Proc., 164-166

FEDORKA-CRAY, P.J., D.L. HARRIS u. S.C. WHIPP (1997c):

Using isolated weaning to raise salmonella-free swine.

Vet. Med. 4, 375-382

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

The use of a commercial test system (SALMPTYPE-ELISA) for tracing antibodies against Salmonella in the serum of pigs.

in: 3rd Int. Symp. on Epidemiology and Control of Salmonella in Pork, Washington 1999, Proc., 37-41

GANTER, M., K. FRIEDEL, K. MÜLLER, R. TEGELER, W. KUNST, V. WEGE, E. ZEIGER, M. BUSEMANN u. S. SCHWERMANN-JÄGER (1997):

Aktuelle Salmonellenprävalenz bei Schlachtschweinen in Nordwestdeutschland.

Hannover, Fortbildungsveranst. Schweinekrankh., 27. Juni 1997

GAREIS, M. (1995):

Salmonellen – Ein Überblick.

Fleischwirtsch. 75, 954-957

GERIGK, K. (1992):

Einführung in die Problematik – Begriffsbestimmung, Wesen und Definitionen.

Akademie für Tierärztliche Fortbildung Schriftenreihe (Hrsg.): Interdisziplinäres Symposium SALMONELLOSE am 16./17. November 1992 in Bonn. Bad Godesberg, 1-6

GRAY, J.T., P.J. FEDORCA-CRAY, T.J. STABEL u. M.R. ACKERMANN (1995):

Influence of inoculation route on the carrier state of *Salmonella choleraesuis* in swine.

Vet. Microbiol. 47, 43-59

GREILL, B. (2001):

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

München, Tierärztliche Fakultät, Diss.

GUTHRIE, R.K. (1992):

Salmonella.

CRC Press, London

HANSEN, C.F., K.E. BACH KNUDSEN, B.B. JENSEN u. H.D. KJAERGAARD (2001):
Effect of meal feed and coarser grinding of pelleted feed on productivity, microbiology, and physico-chemical properties in the gastro-intestinal tract of finishers.

in: 4th Int. Symp. on the Epidemiology and Control of Salmonella and other Foodborne Pathogens in Pork, Leipzig 2001, Proc., 103-105

HANSEN, C.F., L.L. MIKKELSEN, K.E. BACH KNUDSEN u. B.B. JENSEN (2003):

The stomach acts as a barrier against Salmonella in pigs fed a meal diet.

in: 5th Int. Symp. on the Epidemiology and Control of Foodborne Pathogens in Pork, Kreta, 2003, Proc., 130-134

HARRIS, I.T., P.J. FEDORKA-CRAY, J.T. GRAY, L.A. THOMAS u. K. FERRIS (1997):
Prevalences of Salmonella in swine feed.

J. Am. Vet. Med. Assoc. 210, 382-385

HARTUNG, M. (1993):

Vorkommen von Enteritis-Salmonellen in Lebensmitteln und bei Nutztieren (Kurzmitteilung).

Dtsch. tierärztl. Wochenschrift. 100, 259-261

HARTUNG, M. (2002):

Mitteilungen der Länder über Salmonella-Nachweise in Deutschland.

In: Hartung, M. (Hrsg): Bericht über die epidemiologische Situation der Zoonosen in Deutschland für 2001. Übersicht über die Meldungen der Bundesländer.

Berlin, BgVV-Heft 6/2002, 25-118

HELLMANN, E. (1977):

Latente Salmonelleninfektionen der Tiere und ihre Ursachen.

Wien. tierärztl. Monatsschr. 64, 173-180

HELMUTH, R. (1993):

Molekularbiologische Grundlagen der Virulenz von Salmonellen und daraus resultierende Nachweisverfahren.

Dtsch. tierärztl. Wochenschrift. 100, 252-255

HELMUTH, R., B. GUERRA, B. MALORNY, A. MIKO u. 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

HUYSMANS, K., N. NOLLET, M. VANDEBROEK, K. DESMEDT u. R. GEERS (2003):

Serological research of Salmonella on Belgian pig farms.

in: 5th Int Symp. on the Epidemiology and Control of Foodborne Pathogens in Pork, Kreta 2003, Proc., 70-71

ISAACSON, R.E. u. M. KINSEL (1992):

Adhesion of Salmonella typhimurium to Porcine Intestinal Epithelial Surfaces: Identification and Characterization of Two Phenotypes.

Infect. Immun. 60, 3193-3200

ISAACSON, R.E., B. QIAO, D.A. BARBER u. R.M. WEIGEL (2001):

Antibiotic resistance patterns and genotypes of Salmonellae within swine production systems and the relationship to on farm use of antibiotics.

in: 4th Int. Symp. on Epidemiology and Control of Salmonella and other Foodborne Pathogens in Pork, Leipzig, Proc., 396-398

JØRGENSEN, L., J. DAHL u. A. WINGSTRAND (1999):

The effect of feeding pellets, meal and heat treatment on the Salmonella-prevalence in finishing pigs.

in: 3rd Int. Symp. on Epidemiology and Control of Salmonella in Pork, Washington 1999, Proc., 308-312

JØRGENSEN, L., H.D. KJAERGAARD, H. WACHMANN, B.B. JENSEN u. K.E. BACH
KNUDSEN (2001):

Effekt of pelleting and use of lactic acid in feed on Salmonella prevalence and productivity in weaners.

in: 4th Int. Symp. on Epidemiology and Control of Salmonella and other Foodborne Pathogens in Pork, Leipzig, Proc., 109-111

KÄSBOHRER, A., L. GEUE, F.J. CONRATHS, TH. BLAHA, R. HELMUTH u. D. PROTZ
(1997):

Pilot study on the prevalence of Salmonella in slaughter pigs in Germany: I. Prevalence of Salmonella in swine Carcasses by cultural methods.

in: 2nd Int. Symp. on Epidemiology and Control of Salmonella in Pork, Copenhagen, Proc., 225-227

KOCH, J., K. ALPERS u. A. AMMON (2002):

Infektionen mit Salmonellen beim Menschen.

In: Hartung, M. (Hrsg.): Bericht über die epidemiologische Situation der Zoonosen in Deutschland für 2001. Übersicht über die Meldungen der Bundesländer. Berlin, BgVV-Heft 6/2002, 19-22

KRÄMER, J. (1992):

Lebensmittelmikrobiologie.

Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart

KRAMER, T.T. (1995):

Swine Salmonellosis: What is new about it?

Agri-Practice 16, 13-16

KRAMER, T.T., B. KALTSCHMIDT u. J. GABERT (2000):

Vergleich von Untersuchungsmodi für die Befundung serologischer Untersuchungen zum Nachweis von Antikörpern gegen Salmonellen beim Schwein.

41. Arbeitstagung des Arbeitsgebietes Lebensmittelhygiene der DVG, Garmisch-Partenkirchen, Kurzfassungen Vorträge und Poster

KRANKER, S. J., DAHL u. A. WINGSTRAND (2001):

Bacteriological and serological examination and risk factor analysis of Salmonella occurrence in sow herds, including risk factors for high Salmonella seroprevalence in receiver finishing herds. Berl. Münch. tierärztl. Wochenschr. 114, 350-352

KREIENBROCK, L. u. S. SCHACH (2000):

Epidemiologische Methoden.

Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin

KÜHN, H. (1993):

Vorkommen von Enteritis-Salmonellen beim Menschen.

Dtsch. tierärztl. Wochenschrift 100, 255-258

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

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

Fleischwirtsch. 11, 21-22

LEDERGERBER, U., G. REGULA, J. DANUSER, B. BISSIG-CHOISAT, T. JEMMI u. K.D.C. STÄRK (2003):

Prävalenz latenter Zoonoseerreger in tierfreundlicher Schweineproduktion.

Archiv Lebensmittelhyg. 54, 90-94

LEITFADEN ZUM SALMONELLENMONITORING (2004):

Version 01.01.04

QS Handbuch Schwein

<http://www.qs-info.de>

LE MINOR, L. (1884):

Salmonella.

In: KRIEG, N.R. u. J.G. HOLT (Hrsg.): Bergey's manual of systematic bacteriology. Williams & Wilkins, Baltimore, 427-458

LETTELIER, A., S. MESSIER u. S. QUESSY (1997):

Control of Salmonella in swine by use of probiotics.

in: 2nd Int. Symp. on Epidemiology and Control of Salmonella in Pork, Copenhagen, Proc., 160-163

LINDNER, TH., S. SPRINGER, G. STEINBACH, E. GEYER u. H.-J. SELBITZ (2002):

Die Immunprophylaxe – ein Beitrag zur Bekämpfung von Salmonella-Typhimurium-Infektionen beim Schwein.

Tierärztl. Prax. 30, 392-394

LO FO WONG, D.M.A., J. DAHL, A. VON ALTROCK, S. GRAFANAKIS, B.M. THORBERG u. P.J. VAN DER WOLF (1999):

Herd-level risk factors for the introduction and spread of Salmonella in pig herds.

in: 3rd Int. Symp. on Epidemiology and Control of Salmonella in Pork, Washington 1999, Proc., 151-154

MARG, H., H.C. SCHOLZ, T. ARNOLD, U. RÖSLER u. A. HENSEL (2001):

Influence of long-time transportation stress on re-activation of Salmonella Typhimurium DT104 in experimentally infected pigs.

Berl. Münch. tierärztl. Wochenschr. 114, 385-388

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

Salmonella shedding by sows and suckling piglets.

in: 28th Annual Meet. Am. Assoc. Swine Pract. 1997, Proc., 297-299

MEHNERT, W.H., I. SCHÖNEBERG u. A. AMMON (2001):

Infektionen mit Salmonellen beim Menschen.

In: HARTUNG, M. (Hrsg.): Bericht über die epidemiologische Situation der Zoonosen in Deutschland für 2000. Übersicht über die Meldungen der Bundesländer. Berlin, BgVV-Heft 6/2001, 11-13

MEJIA, W., D. ZAPATA, C. DE FRUTOS, M. MARTIN, J. CASAL u. E. MATEU (2003):

Antimicrobial susceptibility of salmonella isolated pig carriers.

in: 5th Int. Symp. on the Epidemiology and Control of Foodborne Pathogens in Pork, Kreta, 2003, Proc., 306-307

MERKBLATT FÜR ÄRZTE (1997):

Salmonellose – Erkennung, Bekämpfung, Verhütung.

Bundesgesundheitsbl. 40, 36-38

MEYER, H. (1993):

Bekämpfung von Salmonella-Infektionen in Tierbeständen – Grundlage der Reduzierung des Salmonelleneintrags in Lebensmitteln.

Dtsch. tierärztl. Wochenschrift 100, 292-294

MEYER, H. (1999):

Tiere als Infektionsquelle für den Menschen – Salmonellosen.

Dtsch. tierärztl. Wochenschrift 106, 344-351

MEYER, H., G. STEINBACH u. U. METHNER (1993):

Bekämpfung von Salmonellen in Tierbeständen – Grundlage der Reduzierung des Salmonelleneintrags in Lebensmitteln.

Dtsch. tierärztl. Wochenschrift 100, 292-295

MEYER, H. u. P. TEUFEL (1998):

Bakterien und Pilze in Nahrungsketten.

Nova Acta Leopoldina NF 79, 309, 123-143

MOUSING, J., P.T. JENSEN, C. HALGAARD, F. BAGER, N. FELD, B. NIELSEN, J.P. NIELSEN u. S. BECH-NIELSEN (1997):

Nation-wide Salmonella enterica surveillance and control in Danish slaughter swine herds.

Prev. Vet. Med. 29, 247-261

NESER, J.A. (1994):

Porcine Salmonellosis.

In: COETZER, J.A.W., G.R. THOMSON u. R.C. TUSTIN (Hrsg.): Infectious diseases of livestock. University press, Oxford, 1120-1124

NEUTRA, M.R. u. J.P. KRAEHENBUHL (1993):

The role of transepithelial transport by M cells in microbial invasion and host defense.

J. Cell Sci. Suppl. 17, 209-215

NEUTRA, M.R. u. J.P. KRAEHENBUHL (1994):

Mucosal immunization via M cells for production of protective secretory IgA antibodies.

Am. J. Trop. Med. Hyg. 50 (5 Suppl), 10-13

NIELSEN, B., D. BAGGESEN, F. BAGER, J. HAUGEGAARD u. 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. u. BAGGESEN(1997):

Update on laboratory diagnosis of subclinical salmonella infections in pigs.

in: 2nd Int. Symp. on Epidemiology and Control of Salmonella in Pork, Copenhagen, Proc., 19-35

NIELSEN, J.N., J.A. PATTERSON, A. SUTTON, A. SCHINCKEL, B. RICHERT u. P. BOCCAZZI (1997):

The influence of growth promotion antibiotics and management system on the presence and prevalence of Salmonella in swine.

in: 2nd Int. Symp. on Epidemiology and Control of Salmonella in Pork, Copenhagen, Proc., 167-169

NIELSEN, J.N., J.A. PATTERSON, A. SCHINCKEL, B. RICHERT u. J.P. NIELSEN (1999): Salmonella carriage in late-finishing swine.

in: 30th Annual Meet. Am. Assoc. Swine Pract., St. Louis, Missouri 1999, Proc., 425

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

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

Berl. Münch. tierärztl. Wochenschr. 114, 323-326

NIETFELD, C.J., I. FEDER, T.T. KRAMER, D. SCHONIWEIS u. M.M. CHENGAPPA (1998):

Preventing salmonella infection in pigs with offsite weaning.

Swine Health and Production 6, 27-32

NISBET, D.N., R.C. ANDERSON, S.A. BUCKLEY, P.J. FEDORKA-CRAY u. L.H. STANKER (1997):

Effect of competitive exclusion on Salmonella shedding in swine.

in: 2nd Int. Symp. on Epidemiology and Control of Salmonella in Pork, Copenhagen, Proc., 176-178

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

Risk factors for the prevalence of Salmonella in Belgian slaughter pigs.

in: 5th Int. Symp. on the Epidemiology and Control of Foodborne Pathogens in Pork, Kreta 2003, Proc., 72-73

NORDHUIZEN, M., K. FRANKENA u. E. GRAAT (1997):

Animal health care and public health issues.

in: World Congress on Food Hygiene, The Hague/Netherlands, Proc., 59

OLIVEIRA, C.J.B., L.F.O.S. CARVALHO, S.A. FERNANDES, A.T. TAVECHIO, C.C.P. MENEZES u. F.J. DOMINGUES JUNIO (2001):

Antimicrobial resistance patterns of Salmonella isolated from finishing pigs and environment samples.

in: 4th Int. Symp. on Epidemiology and Control of Salmonella and other Foodborne Pathogens in Pork, Leipzig, Proc., 409-411

POPOFF, M.Y., J. BOCKEMÜHL u. A. MCWHORTER-MURLIN (1992):

Supplement 1991 (no. 35) to the Kauffmann-White-scheme.

Res. Microbiol. 143, 807-811

PROTZ, D., CH. STAAK, G. STEINBACH, A. KÄSBOHRER u. R. HELMUTH (1997):

Pilot study on the prevalence of Salmonella in slaughter pigs in Germany: IV. Field experiences using Danish serological method for detection.

in: 2nd Int. Symp. on Epidemiology and Control of Salmonella in Pork, Copenhagen, Proc., 251-253

QUANTE, U. (2000):

Untersuchungen zum Vorkommen von Salmonellen bei Zuchtschweinen.

Hannover, Tierärztliche Hochschule, Diss.

REED, W.M., H.J. OLANDER u. H.L. THAKER (1986):

Studies on the pathogenesis of Salmonella Typhimurium and Salmonella Choleraesuis var kunzendorf infection in weanling pigs.

Am. J. Vet. Res. 47, 75-83

ROBERT-KOCH-INSTITUT (2003):

Infektionsepidemiologisches Jahrbuch meldepflichtiger Krankheiten für 2002.

Berlin, 129-133

ROLLE, M. u. A. MAYR (1993):

Medizinische Mikrobiologie, Infektions- und Seuchenlehre für Tierärzte, Biologen, Agrarwissenschaftler und Interessierte aus benachbarten Fachgebieten: Lehrbuch für Praxis und Studium.

6. Aufl., Verlag Enke, Stuttgart, 596-625

ROOF, M.B., J. ROTH u. T.T. KRAMER (1992):

Porcine Salmonellosis: Characterisation, immunity and potential vaccines.

Compendium on continuing education for the practicing veterinarian 14, 411-423

SANDER, J. (1993):

Pathogenese der Salmonella-Infektion des Menschen.

Dtsch. tierärztl. Wochenschrift 100, 283-285

SAS[®] (2002):

Changes and enhancements through release 8.2.

SAS Institute Inc. SAS/STAT Software

SCHÖLL, W. (1982):

Zum Stand, zur Bedeutung und zur Bekämpfung von Salmonellainfektionen bei Schweinen in der DDR.

Monatsh. Veterinärmed. 37, 521-526

SCHÖNING, S. (1999):

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

Hannover, Tierärztliche Hochschule, Diss.

SCHWARTZ, K.J. (1991):

Salmonellosis in swine.

Compend. contin. Educ. Pract. Vet. 13, 139-146

SCHWARTZ, K.J. (1999):

Salmonellosis.

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

SELBITZ, H.-J. (1992):

Lehrbuch der veterinärmedizinischen Bakteriologie.

Gustav Fischer Verlag, Jena, 91-108

SELBITZ, H.-J. u. W. BISPING (1995):

Tierseuchen und Zoonosen. Alte und neue Herausforderungen.

Gustav Fischer Verlag, Jena, 123-134

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

Das Salmonellenproblem.

Gustav Fischer Verlag, Jena

SELBITZ, H.-J. (2002):

Bakterielle Krankheiten der Tiere.

In: ROLLE, M. u. A. MAYR (Hrsg.): Medizinische Mikrobiologie, Infektions- und Seuchenlehre. 7. Aufl., Verlag Enke, Stuttgart, 417-588

SPRINGER, S., TH. LINDNER, G. STEINBACH u. H.J. SELBITZ (2001):

Investigation of the efficacy of a genetically-stabile live Salmonella Thyphimurium vaccine for use in swine.

Berl. Münch. tierärztl. Wochenschr. 114, 342-345

STEGE, H., B. CARSTENSEN, J. CHRISTIENSEN, N.C. FELD, D.L. BAGGESEN u. P. NIELSEN (1997a):

Subclinical Salmonella infection in Danish finishing pig herds: Association between Serological and Bacteriological Testing.

in: 2nd Int. Symp. on Epidemiologie and Control of Salmonella in Pork, Copenhagen 1997, Proc., 114-118

STEGE, H., J. DAHL, D.L. BAGGESEN, J.P. NIELSEN u. P. WILLEBERG (1997b):

Subclinical Salmonella infection in Danish finishing pig herds: Risk factors.

in: 2nd Int. Symp. on Epidemiology and Control of Salmonella in Pork, Copenhagen 1997, Proc., 148-152

STEGE, H., J. CHRISTENSEN, J.P. NIELSEN, D.L. BAGGESEN, C. ENØE u. WILLEBERG (2000):

Prevalence of subclinical Salmonella enterica infection in Danish finishing pig herds.

Prev. Vet. Med. 44, 175-188

STEINBACH, G. u. M. HARTUNG (1999):

Versuch einer Schätzung des Anteils menschlicher Salmonellaerkrankungen, die auf vom Schwein stammende Salmonellen zurückzuführen sind.

Berl. Münch. tierärztl. Wochenschr. 112, 296-300

STEINBACH, G. u. U. KROELL (1999):

Salmonellainfektionen in Schweinebeständen – Zu ihrer Epidemiologie und Bedeutung für Erkrankungen des Menschen.

Dtsch. tierärztl. Wochenschrift 106, 282-288

STEINBACH, G. (2002):

Bekämpfung von Salmonellainfektionen bei Schweinen. Möglichkeiten und Grenzen serologischer Untersuchungen.

Fleischwirtsch. 12, 93-96

STEINBACH, G. u. U. METHNER (2002):

Überlegungen zum Einsatz der Immunprophylaxe bei der Bekämpfung der Salmonelleninfektionen des Schweines.

Der Lebensmittelbrief 9, 152-157

TIELEN, M.J.M., F.W. VAN SCHIE, P.J. VAN DER WOLF, A.R.W. ELBERS, J.M.C.C. KOPPENS u. W.B. WOLBERS (1997):

Risk factors and control measures for subclinical Salmonella infection in pig herds.

in: 2nd Int. Symp. on Epidemiology and Control of Salmonella in Pork, Copenhagen 1997, Proc., 32-35

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

Salmonella in the pork production chain: Feasibility of salmonella-free production.

University of Utrecht, Diss.

VAN DER WOLF, P.J., A.R.W. ELBERS, W.B. WOLBERS, J.M.C.C. KOPPEN, H.M.J.F. VAN DER HEIDEN, F.W. VAN SCHIE, W.A. HUNNEMANN u. M.J.M. TIELEN (1998):

Risk factors for Salmonella in slaughter pigs in The Netherlands.

in: 15th International Pig Veterinary Society Congress, Birmingham 1998, Proc., Vol. 2, 68

VAN DER WOLF, P.J., J.H. BONGERS, A.R.W. ELBERS, F.M.M.C. FRANSSEN, W.A. HUNNEMANN, A.C.A. VAN EXSEL u. M.J.M. TIELEN (1999a):

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 DER WOLF P.J., W.B. WOLBERS, A.R.W. ELBERS, F.W. VAN SCHIE, W.A. HUNNEMANN u. M.J.M. TIELEN (1999b):

Results of a longitudinal study of Salmonella enterica infections in 5 sero-positive and 5 sero-negative finishing swine herds in The Netherlands. (SALINPORK workpackage 1 task 5).
in: 3rd Int. Symp. on Epidemiology and Control of Salmonella in Pork, Washington 1999, Proc., 175-179

VAN WINSEN, R.L., H.A.P. URLINGS u. J.M.A. SNIJDERS (1997):

Feed as a vehiculum of Salmonella in pigs.

in: 2nd Int. Symp. on Epidemiology and Control of Salmonella in Pork, Copenhagen 1997, Proc., 157-159

WALDMANN, K.-H. u. H. PLONAIT (1997):

Erkrankung der Verdauungsorgane und des Abdomens.

IN: PLONAIT, H. u. K. Bickardt (Hrsg.): Lehrbuch der Schweinekrankheiten.

2. Aufl., Paul Parey Verlag, Berlin Hamburg, 307-386

WASYL, D. u. A. HOSZOWSKI (2001):

Antibiotic susceptibility in Salmonella swine isolates.

in: 4th Int. Symp. on Epidemiology and Control of Salmonella and other Foodborne Pathogens in Pork, Leipzig, Proc., 432-434

WIEMER, F. (1999):

Untersuchungen zur Salmonellenprävalenz in Ferkelerzeugerbetrieben sowie erste Ergebnisse der Behandlung porziner Salmonelleninfektionen mit Lactulose.

Hannover, Tierärztliche Hochschule, Diss.

WIERUP, M. (1997):

Principles for integrated surveillance and control of salmonella in swine production.

in: 2nd Int. Symp. on Epidemiology and Control of Salmonella in Pork, Copenhagen 1997, Proc., 42-49

WILCOCK, B.P., C. ARMSTRONG u. H. OLANDER (1976):

The significance of serotype in the clinical and pathologic features of naturally occurring porcine salmonellosis.

Can. J. Comp. Med. Sci. 40, 80-88

WINGSTRAND, A., J. DAHL, L.K. THOMSEN, L. JOERGENSEN u. B.B. JENSEN (1997):

Influence of dietary administration of organic acids and increased feed structure on Salmonella Typhimurium infection in pigs.

in: 2nd Int. Symp. on Epidemiology and Control of Salmonella in Pork, Copenhagen 1997, Proc., 170-172

WINGSTRAND, A., J. DAHL u. D.M.A. LO FO WONG (1999):

Salmonella-prevalences in Danish organic, free-range, conventional and breeding herds.

in: 3rd Int. Symp. on Epidemiology and Control of Salmonella in Pork, Washington 1999, Proc., 186-189

WOOD, R.L., A. POSBISCHIL u. R. ROSE (1998):

Distribution of persistent Salmonella typhimurium infection in internal organs of swine.

Am. J. Vet. Res. 50, 1015-1021

WRAY C.W. u. W.J. SOJKA (1977):

Reviews of the progress of dairy science: bovine salmonellosis.

J. Dairy. Sci. 44, 383-425

Verordnungen

Verordnung (EWG) Nr. 2092/91 (EG-Öko-Verordnung) des Rates vom 24. Juni 1991 über den ökologischen Landbau/die biologische Landwirtschaft und die entsprechende Kennzeichnung der landwirtschaftlichen Erzeugnisse und Lebensmittel

ABI. Nr. L198 vom 22.07.1991, S.1

zuletzt geändert am 5. Februar 2003

10 Anhang

10.1 Fragebogen für die Erhebung epidemiologischer Daten

Besitzer:

Name: _____

Straße: _____

PLZ, Wohnort: _____

1. Angaben zum Betrieb:

konventionelle Haltung Freilandhaltung ökologische Haltung

Ferkelerzeugerbetrieb

Kombinierte Ferkelerzeugung und Mast

Reiner Mastbetrieb

2.1 Ferkelerzeugerbetrieb / Kombiniertes Betrieb

Sind Mast- und Sauenstall gebäudemäßig voneinander getrennt? Ja Nein

Anzahl gebäudemäßig getrennter Sauenställe: _____

Anzahl der Sauen in den einzelnen Ställen |__|__|__|

Wird mit eigener Nachzucht gearbeitet? Ja Nein

Werden Sauen zugekauft? Ja wieviel? _____ woher? _____

Nein

2.2 Mast

Anzahl gebäudemäßig getrennter Mastställe _____

Anzahl der Mastplätze in den einzelnen Ställen |__|__|__|

Herkunft der Ferkel in den letzten 12 Monaten:

- Aus dem eigenen Ferkelerzeugerbetrieb
- Direktlieferung aus 1-3 festen Ferkelerzeugerbetrieben
- Direktlieferung aus wechselnden, bekannten Herkünften
- Gemischte, unbekannte Herkunft von Erzeugergemeinschaften oder Händlern

- Zukauf aus: - 1 Ferkelaufzuchtbetrieb
 - verschiedenen Ferkelaufzuchtbetriebe

Einstellungssystem im Mastbereich:

- Kontinuierliche Belegung
- Stallweise Belegung nach „Rein-Raus“
- Abteil- oder Buchtenweise „Rein-Raus“
- Bestandsweise „Rein-Raus“

3. Betriebsmanagement

3.1. Böden

	D	W	A	F	K	M
Vollspalten						
Teilspalten						
Planbefestigt						
Material						
Zustand						
Sauberkeit						

3.2 Einstreu

		D	W	A	F	K	M
ohne							
Material	Stroh						
	sonstiges						

Herkunft: eigene fremde

Lagerung: innen außen _____

Wildkontakt: Ja Nein _____

3.3 Buchtenabtrennung

3.4. Gülle, Jauche, Festmist

Lagerung: innen außen

Lagerstätte: betonierte Platte Behälter Lagune
sonstige _____

Entleerung der Güllekanäle: nach dem Ausstallen
während der Haltung

3.5. Wasserversorgung und Tränkesystem

Stadtwasser

Eigener Brunnen

Säurezugabe Ja Nein

	D	W	A	F	K	M
Nippeltränke						
Napftränke						
Trog						

Reinigung: regelmäßig gelegentlich nie

3.6. Futter/Fütterung

		D	W	A	F	K	M
Technik	Trog						
	Automatenfütterung						
	Flüssigfütterung						
	Breiautomaten						
	sonstiges						
Futter	Mehl						
	Granulat						
	Pellets						
	CCM						
	Speisereste/Abfälle						
	Säurezugabe						

Herkunft: betriebseigen zugekauft _____

10 Anhang

- Lagerung:
- innen außen
 - offen geschlossen (Silo)
 - Wildzugang
 - Nagerzugang

Reinigung der Lager: regelmäßig gelegentlich nie
Reinigung der Leitungen/Behälter: regelmäßig gelegentlich nie

3.7. Reinigung der Ställe

Buchten/ Spalten regelmäßig gelegentlich nie
Rampe/Treibgänge regelmäßig gelegentlich nie
Decke/ Wände regelmäßig gelegentlich nie
Lüftung regelmäßig gelegentlich nie

Desinfektion der Stalleinrichtungen: regelmäßig gelegentlich nie

3.8. Schadnager

Besatz: gering mittel hoch
Bekämpfung: nach Plan regelmäßig gelegentlich nie

4. Gesundheitsstatus

Sind Bestandsprobleme bekannt?

Ja welche? _____
Nein

Liegen Untersuchungsergebnisse zu vorhandenen Bestandsproblemen vor?

Ja welche? _____
Nein

Erfolgt eine Antibiotikagabe bei neugeborenen Ferkeln? Ja Nein

Sonstige regelmäßigen Antibiotikagaben (Absetzen, Aufstallen zur Mast)? _____

Werden Tiere zur Zeit antibiotisch behandelt?

Ja Einzeltiere Bestand
Nein

5. Seuchenhygienische Aspekte

Haben die Tiere Weideauslauf? Ja Nein

Wenn ja, • wie ist die Bodenbeschaffenheit? Planbefestigt Erdboden sonstiges _____
• ist der Auslauf überdacht? Ja, _____ Nein
• wie sieht die Abzäunung aus? Stacheldraht Elektrozaun Maschendraht
• ist der Auslauf zeitlich begrenzt? Ja, _____ Nein

Ist ein Quarantänestall für Tierzukäufe vorhanden? Ja Nein

Werden noch andere Nutztiere auf dem Betrieb gehalten?

Ja welche? _____
Nein

- Sind die Stallgebäude voneinander getrennt? Ja Nein
- Wird die Kleidung beim Betreten der verschiedenen Stallungen gewechselt?
 regelmäßig gelegentlich nie

Werden Haustiere auf dem Betrieb gehalten?

Ja welche? _____
Haben diese Tiere Zugang zu den Stallgebäuden? Ja Nein
Nein

Besteht oder bestand eine Salmonellenproblematik bei anderen auf dem Betrieb lebenden Tieren?

Ja Nein

Wieviel Personen haben Zutritt zu dem Bestand? _____

Werden von diesen Personen noch andere Tierhaltungen betreut? Ja Nein

Ist oder war eine auf dem Betrieb lebende o. arbeitende Person bereits an Salmonellose erkrankt?

Ja Nein Unbekannt

Stehen Overalls und Stiefel für bestandsfremde Personen zur Verfügung? Ja Nein

Werden sie konsequent genutzt? Ja Nein

Ist eine Personenschleuse oder ein Äquivalent vorhanden? Ja Nein

Sonstige Schutzvorkehrungen gegen Fremdkontakte (incl. Wild)

- Umzäunung der Anlage Ja Nein
- Vergitterung der Fenster Ja Nein
- Stiefelreinigung/-desinfektion Ja Nein
- Ladezone mit Schwarz-Weiß-Bereich Ja Nein
- Sonstige? _____

Erfolgt die Kadaveraufbewahrung in einem geschlossenen Behältnis? Ja Nein

Muß das Fahrzeug der Tierkörperbeseitigungsanstalt den Hof befahren? Ja Nein

Liegen im Umkreis von 2 km Radius

- andere Tierbestände Ja Nein
- Kläranlagen Ja Nein
- Mülldeponien Ja Nein
- Schlacht- oder Verarbeitungsbetriebe Ja Nein
- Tierkörperbeseitigungsanstalt Ja Nein

Wo verbleiben Problemtiere, kranke Tiere und Kümmerer?

- In der Bucht Ja Nein
- In einer Krankenbucht Ja Nein
- In einem gesonderten Krankenstall Ja Nein
- Tierkörperbeseitigungsanstalt Ja Nein

Zusatz-Freilandhaltung

Wie häufig erfolgt ein Platzwechsel? _____

Werden die Hütten regelmäßig gereinigt und desinfiziert? Ja Nein

Wie sieht der Wildbestand in der Umgebung aus?

Vögel _____

Wild _____

D = Deckzentrum W = Wartebereich A = Abferkelbereich
F = Ferkelaufzucht K = Krankenstall M = Maststall

10.2 Serologische Untersuchungsergebnisse

Tab. 26: Intraherdenprävalenzen der Betriebe unterteilt nach Haltungssystem und Produktionsstufe (OD% > 40)

Betrieb Nr.	Anzahl Tiere/Betrieb n	Probenanzahl n	Prävalenz (%)	95 %-KI
konventionelle Zuchtbetriebe				
3	85	27	0	
56	250	30	16,7	3,3 – 30,0
28	200	30	70,0	53,6 – 86,4
konventionelle Aufzuchtbetriebe				
58	1000	57	1,8	0,0 – 5,2
53	1220	59	5,1	0,0 – 10,7
konventionelle Ferkelerzeugerbetriebe				
2	70	24	0	
12	90	24	0	
16	100	25	0	
38	80	25	0	
39	200	30	0	
41	500	33	0	
46	300	31	0	
59	500	32	3,1	0,0 – 9,2
52	340	31	3,2	0,0 – 9,5
68	300	31	3,2	0,0 – 3,0
8	250	30	3,3	0,0 – 9,8
6	170	26	3,9	0,0 – 11,2
50	90	26	3,9	0,0 – 11,2
9	100	23	4,4	0,0 – 12,7
19	84	23	4,4	0,0 – 12,7
1	30	16	6,3	0,0 – 18,1
87	400	32	6,3	0,0 – 14,6
20	160	29	6,9	0,0 – 16,1
10	119	27	7,4	0,0 – 17,3
29	100	26	7,7	0,0 – 17,9
14	144	26	11,5	0,0 – 23,8
67	77	23	13,0	0,0 – 26,8
15	350	32	15,6	3,0 – 28,2
62	70	23	17,4	1,9 – 32,9
4	100	26	19,2	4,1 – 34,4
26	107	24	20,8	4,6 – 37,1
24	150	28	21,4	6,2 – 36,6
70	100	26	34,6	16,3 – 52,9
90	160	28	53,6	35,1 – 72,0

Tab. 26: Fortsetzung

Betrieb Nr.	Anzahl Tiere/Betrieb n	Probenanzahl n	Prävalenz (%)	95 %-KI
11	300	30	63,3	46,1 – 80,6
konventionelle Kombibetriebe (Ferkelproduktion)				
44	200	24	0	
48	120	21	0	
63	100	20	0	
77	300	25	0	
60	90	24	8,3	0,0 – 19,4
49	50	16	18,8	0,0 – 37,9
55	100	20	20,0	2,5 – 37,5
66	200	24	29,2	11,0 – 47,4
30	90	25	68,0	49,7 – 86,3
Freilandbetriebe				
40	34	19	0	
94	270	27	11,1	0,0 – 23,0
32	350	19	15,8	0,0 – 32,2
37	500	22	18,2	2,1 – 34,3
92	135	25	20,0	4,3 – 35,7
61	130	27	22,2	6,5 – 37,9
54	160	26	30,8	13,0 – 48,5
93	400	30	33,3	16,5 – 50,2
43	400	32	37,5	20,7 – 54,3
81	300	32	46,9	29,6 – 64,2
36	150	26	57,7	38,7 – 76,7
17	200	30	66,7	49,8 – 83,5
88	400	30	66,7	49,8 – 83,5
ökologische Ferkelerzeugerbetriebe				
98	45	20	0	
101	60	22	0	
107	40	16	0	
89	32	16	12,5	0,0 – 28,7
103	50	19	26,3	6,5 – 46,1
ökologische Kombibetriebe (Ferkelproduktion)				
97	20	10	0	
99	60	17	0	
95	35	18	11,1	0,0 – 25,6
42	8	6	33,3	0,0 – 71,1
konventionelle Mastbetriebe				
22	700	57	0	
31	410	56	0	
47	600	57	0	
69	1000	58	0	
76	1200	58	0	

Tab. 26: Fortsetzung

Betrieb Nr.	Anzahl Tiere/Betrieb n	Probenanzahl n	Prävalenz (%)	95 %-KI
84	1200	58	0	
83	1400	59	1,7	0,0 – 5,0
72	1000	58	1,7	0,0 – 5,1
78	1400	58	1,7	0,0 – 5,1
33	450	55	1,8	0,0 – 5,4
75	1100	58	5,2	0,0 – 10,9
45	700	57	5,3	0,0 – 11,1
91	700	57	5,3	0,0 – 11,1
34	400	55	5,5	0,0 – 11,5
79	1000	58	6,9	0,4 – 13,4
64	800	57	8,8	1,4 – 16,1
86	1650	60	10,0	2,4 – 17,6
25	830	58	10,3	2,5 – 18,2
35	300	52	11,5	2,9 – 20,2
73	1080	58	12,1	3,7 – 20,5
21	2400	60	13,3	4,7 – 21,9
27	930	60	15,0	6,0 – 24,0
51	840	58	15,2	6,2 – 24,0
57	1000	58	15,2	6,2 – 24,8
85	2810	65	16,9	7,8 – 26,0
82	1220	58	20,7	10,3 – 31,1
5	800	56	21,4	10,7 – 32,2
23	800	56	25,0	13,7 – 36,3
65	1200	59	27,1	15,8 – 38,5
71	272	50	32,0	19,1 – 44,9
18	1400	58	34,5	22,2 – 46,7
13	1000	58	36,2	23,8 – 48,6
80	400	54	44,4	31,2 – 57,7
7	550	55	47,3	34,1 – 60,5
konventionelle Kombibetriebe (Mast)				
44	500	33	0	
60	600	34	0	
63	300	36	0	
48	520	39	2,6	0,0 – 7,5
77	1600	35	2,9	2,7 – 8,4
55	200	36	13,9	2,6 – 25,2
49	400	40	25,0	11,6 – 38,4
66	750	38	26,3	12,3 – 40,3
30	250	30	33,3	16,5 – 50,2
ökologische Mastbetriebe				
96	47	19	0	
100	220	40	0	

Tab. 26: Fortsetzung

Betrieb Nr.	Anzahl Tiere/Betrieb n	Probenanzahl n	Prävalenz (%)	95 %-KI
102	100	30	0	
106	150	39	0	
75	68	33	3,0	0,0 – 8,9
108	125	32	6,3	0,0 – 14,6
ökologische Kombibetriebe (Mast)				
95	300	32	0	
99	150	25	0	
104	200	38	0	
105	300	35	2,9	0,0 – 8,4
97	200	37	5,4	0,0 – 12,7
42	35	12	8,3	0,0 – 24,0

10.3 Resistenzmuster der aus Sammelkotproben isolierten Salmonella-Serovare

Tab. 27: Resistenzmuster der aus Sammelkotproben isolierten Salmonella-Serovare

Betrieb Nr.	Herkunft	Serovar	Erythromycin	Tylosin	Lincomycin	Penicillin G	Oxacillin	Ampicillin	Amoxicillin	Tetracyclin	Enrofloxacin	Co-Trimoxazol	Gentamicin	Neomycin	Spectinomycin	Apramycin	Colisistinsulfat	Ceftiofur
			R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	S	S	I	S	R	S
4	Ferkel	S. Typhimurium var Cop.	R	R	R	R	R	R	R	R	S	S	I	S	R	S	S	S
17	Ferkel	S. Derby	R	R	R	R	R	S	S	S	S	S	I	S	R	S	S	S
36	Ferkel	S. Typhimurium var Cop.	R	R	R	R	R	R	R	R	S	S	I	S	R	S	S	S
		S. Typhimurium	R	R	R	R	R	R	R	R	S	S	I	R	R	S	S	S
		S. Typhimurium	R	R	R	R	R	S	S	S	S	S	I	S	R	S	S	S
		S. Typhimurium	R	R	R	R	R	R	R	R	S	S	I	S	R	S	S	S
44	Ferkel	S. Typhimurium	R	R	R	R	R	R	R	S	S	I	S	R	S	S	S	
68	Ferkel	S. Typhimurium	R	R	R	R	R	R	R	S	R	I	R	R	S	S	I	
87	Ferkel	S. Typhimurium	R	R	R	R	R	R	R	R	S	R	I	R	R	S	S	I
		S. Typhimurium	R	R	R	R	R	R	R	R	S	R	I	R	R	S	S	I
		S. Typhimurium	R	R	R	R	R	R	R	R	S	R	I	R	R	S	S	I
		S. Typhimurium	R	R	R	R	R	R	R	R	S	R	I	R	R	S	S	I
88	Ferkel	S. Derby	R	R	R	R	R	S	S	S	S	S	I	R	R	S	S	S
		S. Derby	R	R	R	R	R	S	S	S	S	S	I	R	R	S	S	S
90	Ferkel	S. Typhimurium	R	R	R	R	R	R	R	S	S	I	S	R	S	S	S	
7	Mast	S. Typhimurium var Cop.	R	R	R	R	R	R	R	R	S	S	I	S	R	S	S	S
23	Mast	S. Typhimurium var Cop.	R	R	R	R	R	R	R	I	S	S	I	S	R	S	S	S

R = resistent, I = intermediär, S = sensibel

Lebenslauf

Persönliche Daten

Name: Christiane Meyer
Geburtsdatum: 23.08.1975
Geburtsort: Walsrode
Staatsangehörigkeit: deutsch
Familienstand: ledig

Schulbildung

1982 – 1986 Grundschule, Benefeld
1986 – 1988 Orientierungsstufe, Bomlitz
1988 – 1995 Gymnasium Walsrode, Walsrode
17.05.1995 Erlangen der Allgemeinen Hochschulreife am Gymnasium Walsrode

Studium

1995 – 2000 Studium der Tiermedizin an der Tierärztlichen Hochschule Hannover
03.11.2000 3. Abschnitt der Tierärztlichen Prüfung an der Tierärztlichen Hochschule Hannover

Beruf

01/2001 – 06/2001 Projektgestaltung im Rahmen der Arbeitsgruppe für Lebensmittelqualität und –sicherheit der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
06/2001 – 03/2004 wissenschaftliche Mitarbeit am Institut für Tierzucht und Tierhaltung der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Danksagung

Ich danke Herrn Prof. Dr. Joachim Krieter vom Institut für Tierzucht und Tierhaltung der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel für die Überlassung des Themas sowie für die Unterstützung bei der Abfassung der Arbeit.

Frau Priv. Doz. Dr. Elisabeth große Beilage von der Außenstelle für Epidemiologie der Tierärztlichen Hochschule Hannover möchte ich für die Annahme der Dissertation und die hilfreiche Beratung danken.

Der Vermarktungsgesellschaft für Zucht- und Nutztvieh e.G., der NFZ Zucht- und Nutztvieh GmbH, der Schweinevermarktungsgesellschaft Schleswig-Holstein m.b.H. sowie Bioland Schleswig-Holstein und Niedersachsen danke ich für die hilfreiche Unterstützung bei der Auswahl der Betriebe.

Allen Landwirten möchte ich für die Teilnahme an der Untersuchung danken.

Torben Brandt danke ich für das Fangen fast aller Schweine.

Meinen Kollegen danke ich für die freundliche Aufnahme in den „Kreis der Dipl. Ing agr.´s“ und die allzeit gute Atmosphäre am Institut. Mein besonderer Dank gilt meinen Bürokollegen Gunnar Springer und Susanne Petersen für die angenehme Zusammenarbeit und das freundschaftliche Verhältnis. Birte Harder danke ich für die allzeit gewährte Unterstützung und die zahlreichen Abende bei einem Glas Wein.

Für die ständige Hilfsbereitschaft und die Unterstützung bei den statistischen Auswertungen danke ich Dr. Karl-Heinz Tölle.

Bei Steffen möchte ich mich für die oft geleistete Aufbauarbeit und seinen Optimismus bedanken sowie bei Sabine, Thomas und meinen Eltern für ihre Unterstützung.

Abschließend danke ich der Arbeitsgruppe für Lebensmittelqualität und Sicherheit der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel für die finanzielle Unterstützung dieser Arbeit.