

Zeitschrift: Schweizer Archiv für Tierheilkunde SAT : die Fachzeitschrift für Tierärztinnen und Tierärzte = Archives Suisses de Médecine Vétérinaire
ASMV : la revue professionnelle des vétérinaires

Herausgeber: Gesellschaft Schweizer Tierärztinnen und Tierärzte

Band: 110 (1968)

Heft: 5

Artikel: Untersuchungen über Vorkommen, Tenazität, Wachstum und Desinfektion von Salmonellen in Abwasser von Landwirtschaftsbetrieben

Autor: Blum, J.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-591363>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 22.05.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Aus dem Veterinär-bakteriologischen Institut der Universität Bern
Direktor: Prof. Dr. H. Fey

Untersuchungen über Vorkommen, Tenazität, Wachstum und Desinfektion von Salmonellen in Abwasser von Landwirtschaftsbetrieben¹

Von J. Blum, Bern

Einleitung

Das Auftreten von Salmonellen ist nie als Einzelfall zu bagatellisieren, sondern immer als epidemiologischer Komplex zu betrachten. Bei jeder Epi- oder Endemie wird die Unterbrechung der Infektkette angestrebt. Bei Stallinfektionen gelangen die Salmonellen mit Kot und Harn letzten Endes auf den Mist oder ins Gülleloch. Werden sie dort nicht abgetötet, so geht die Verbreitung in vielen Variablen weiter. Es kann die Grundlage für eine langdauernde Persistenz in Form einer Enzootie geschaffen werden.

Die Salmonellabiologie von städtischem Abwasser ist recht gut untersucht, während erstaunlicherweise über die Verhältnisse in landwirtschaftlichen Abwässern bis jetzt nur wenige Untersuchungen vorliegen. Sie sind im Rahmen des ganzen Abwasserproblems zu sehen, wobei den landwirtschaftlichen Abwässern ganz spezifische Eigenschaften zukommen. Letzten Endes sind sie in den Komplex der Freilandbiologie, wie sie von Steiniger konzipiert wurde, einzuordnen, der die Fähigkeit der Salmonellen, sich außerhalb des tierischen Organismus zu entwickeln und zu halten, untersuchte.

Literaturübersicht

Faulschlamm und andere Abfallstoffe werden als Dünger der Landwirtschaft abgegeben (Vogel 1966). Es sei deshalb eine Zusammenfassung vor allem über den Sektor städtisches Abwasser mit Bezug auf die Salmonellaepidemiologie gemacht.

I. Die Bedeutung von Abwasser für die Salmonellaepidemiologie

a) Salmonellahaltiges Abwasser sowie Fäzes werden gefährlich, wenn sie mit Nahrungsmitteln in Berührung kommen. Die Salmonellen müssen sich in diesen vermehren können, da es für die klinische Manifestation einer gewissen Salmonellakonzentration bedarf. Geringe Salmonellamengen führen meist nur zu passagerer Ausscheidung (Ausnahme *S. typhi*), was epidemiologisch aber unter Umständen gefährlicher ist.

b) Durch Abwasser werden Trinkwasser und Pflanzen als wichtigste Nahrungsmittel des Tieres kontaminiert, der Boden verseucht. Rudolfs und Mitarb. (1950) haben die Resultate verschiedener Autoren zusammengestellt, Strauch (1964) hat die Angaben erweitert. Es läßt sich heute etwa folgendes sagen:

¹ Auszug aus der gleichnamigen Dissertation, Bern 1967 (steht Interessenten zur Verfügung). Arbeit mit Unterstützung der Eidgenössischen Stiftung zur Förderung Schweizerischer Volkswirtschaft durch wissenschaftliche Forschung.

Salmonellen dringen nur durch beschädigte *Pflanzenteile* ein, können dort aber lange überleben. Auf der Oberfläche pflanzlicher Lebensmittel überleben Salmonellen verschieden lang (unter Umständen während Monaten), je nach Temperatur, Salmonella-spezies, Pflanzenart (Felsenfield und Young 1945, Piening 1955, Popp zit. Harmsen 1958, Müller 1954). Abspülen mit Wasser und damit auch Regen vermag die Salmonellen nicht zu entfernen. Nach Steiniger (zit. Lütje 1957) ist Salmonellenvermehrung in zerfallenden, nicht aber auf frischen Pflanzen möglich.

Die Lebensdauer im *Boden* ist verschieden (1 Tag in Torfmull bis 2 Jahre in gefrorenem und feuchtem Boden), wobei mehr Feuchtigkeit (im Gegensatz zu den Verhältnissen im Kot) und niedrige Temperaturen die Lebensdauer zu erhöhen scheinen, niedriges pH und Bodenbakterien als Antagonisten aber die Tenazität herabsetzen. Ob diffuses Licht oder Sonnenlicht letal wirken, ist nicht sicher. Jedenfalls überleben Salmonellen auf der Bodenoberfläche weniger lang als in der Tiefe. Je nach Bodenart und Salmonellaspezies (Glathe und Mitarb. 1963) ist die Überlebenszeit verschieden. Überlebenshemmend wirken auch Bodeninhibitorstoffe und geringer Nährgehalt (Slavkov 1960). Salmonellen können sich durch Wanderung (und Vermehrung?) stark verbreiten, wie Kendziorra (zit. Meeser 1960) und Steiniger (zit. Lütje 1955) experimentell feststellten. Grundwasserverseuchungen bis zu 2 m Tiefe sind bekannt (Lütje 1955). Firth und Horrocks (zit. Rudolfs und Mitarb. 1950) haben dagegen keine Anhaltspunkte für eine Vermehrung im Boden.

c) Auf direkten Kontakt Abwasser-Pflanze sind verschiedene Salmonellaausbrüche beim Menschen zurückgeführt worden (Anon zit. Rudolfs und Mitarb. 1950, Felsenfield und Young 1945, Harmsen 1954, Marchoux zit. Pohl 1955). Beim Tier sind Fälle bekannt geworden durch Beller (zit. Pohl 1955), Piening (1955), Müller (1965), Lütje (1955), Hoflund (zit. Gibson 1965), Strauch und Münker (1956), Münker (zit. Hahn 1965), Strauch und Knoll (1965).

Abwasser dürfte in der Salmonellaepidemiologie jedenfalls in der Schweiz nicht die zentrale Rolle spielen, jedoch eine mögliche und zum Teil übersehene Quelle darstellen.

Tierischen Stämmen ist eine steigende Bedeutung für die menschliche Salmonellose beizumessen (Fey 1964). Die Salmonellaquelle für den Menschen liegt in vielen Fällen letztendlich beim Tier (Newell zit. Fey 1964). Deshalb sind die epidemiologischen Verhältnisse in Landwirtschaftsbetrieben von zentraler Bedeutung. Infektionen sind möglich über Fleisch, Milch (Milch ist praktisch immer sekundär kontaminiert), direkten Kontakt. Bederke und Lundt (zit. Pohl 1955) haben bei einem *S. paratyphi B*-Ausbruch besonders komplexe Verhältnisse gefunden: nach dem Weidegang auf salmonellahaltigem Boden trugen die Kühe Salmonellen auf dem Haarkleid, von wo diese beim Melken in die Milch gelangten. Bei unterbrochener Kühlkette bietet Milch ideale Vermehrungsmöglichkeiten für Salmonellen.

II. Vorkommen von Salmonellen in städtischem Abwasser und Faulschlamm

Zwei Ansichten stehen sich prinzipiell gegenüber: erstens Steinigers Behauptung (1956), daß Salmonellen in unverdünntem Abwasser praktisch nie vorhanden sind wegen dessen toxischen Eigenschaften, dagegen in Gewässern als Saprophyten vorkommen. Zweitens die Konzeption von Brök und Mom (1954), wonach für Salmonellen in Abwässern und Gewässern keine primäre Ubiquität bestehe. Nach Untersuchungen von Müller (1955 und 1965) und Pohl (1955) können Salmonellen praktisch in allen städtischen Abwässern mehr oder weniger häufig nachgewiesen werden, womit ein direkter Zusammenhang zur Salmonellaausscheidung in Harn und Kot hergestellt ist. *S. paratyphi B* scheint dem städtischen Abwasser am besten angepaßt zu sein, allerdings bestehen regional begrenzte Ausnahmen (Czernozubov und Mitarb. zit. Pohl 1955). Seltene Salmonellaspezies werden in den letzten Jahren häufig aus städtischem Abwasser isoliert (Richter 1956, Dunlop 1951). Die Salmonellaverseuchung von Schlachthofabwasser ist sehr verschieden (Vallette 1961, Glathe zit.

Meeser 1960, Schaal und Wagemann zit. Strauch 1964). Interessant ist, daß *S. dublin* wie auch andere Salmonellen primärer tierischer Salmonellosen in Abwasser nur selten gefunden werden, wahrscheinlich auf Grund ungenügender Adaptation (Schaal 1961).

III. Tenazität und Vermehrung von Salmonellen in städtischen Abwässern, Schlamm und Abfallstoffen. Praktische Konsequenzen

Langes Überleben von Salmonellen außerhalb des tierischen und menschlichen Organismus ist seit langem bekannt. Da eine große Zahl von Faktoren das Überleben fördern oder hemmen kann, sind die Überlebenszeiten entsprechend variabel (Brök und Mom 1954, Kröger 1954, Gärtner 1915, Russel und Fuller 1905, Meinck und Anthze zit. Liebmann 1960, Götze 1965, Schaal 1961).

Auch wenn ihre Zahl reduziert wird (Bruns und Sierp 1927 und Müller 1955), so überleben Salmonellen fast stets in mesophil arbeitenden Abwasserkläranlagen, was durch verschiedene Autoren bestätigt wird: Ahrens (1956/57), Brunner (1952), Liebmann und Poch (zit. Scheffer und Mitarb. 1955), McLachan (zit. Strauch 1964), Stokes und Mitarb. (zit. Brunner 1952), Müller (1957). In thermophil arbeitenden Faulräumen sterben Salmonellen innerhalb eines Monats ab, doch enthält der Abfaßschlamm noch Salmonellen (Müller 1967). Bei Schlammfäulung werden Salmonellen schneller reduziert als bei Schlamm-trocknung (Brunner 1952, Stokes zit. Strauch 1964). Salmonellen überleben in Schlamm länger als in klarem Ablaufwasser. Eine recht hohe Abtötungsrate von 84 bis 92% durch anärobe Ausfäulung fanden McKinney und Mitarb. (zit. Strauch 1964), was durch Untersuchungen von Stewart und Chosal sowie Green und Beard (zit. Rudolfs und Mitarb. 1950) bestätigt wird. Eine schnelle Salmonellenreduktion bringt die Schlammbelebung durch Einblasen von Luft (Bruns und Sierp 1927 und Edward zit. Liebmann 1960) und die Anwendung hoher Temperaturen: bei 52 °C waren *S. typhi* und *S. paratyphi* B in 5 Tagen abgestorben (Poch zit. Scheffer und Mitarb. 1955). Rödiger (zit. Strauch 1964) schlägt als einziges Mittel für die radikale Vernichtung vegetativer Zellen die Pasteurisierung oder Kompostierung vor, denn auch bei Belüftung überlebt, trotz heftigem primärem Keimzahlsturz, noch ein großer Teil der Salmonellen.

Die Kompostierungsverfahren prüfte besonders Strauch (1964). Da Eiweiß die Nährgrundlage der Salmonellen ist, kommt der chemischen Eiweißfällung eine große Bedeutung zu (Schaal 1961). Die chemische Desinfektion hat nur unterstützenden Wert. Vollständige Hygienisierung wird erreicht durch Sterilisierung des Klärschlammes (Braun 1966). Pasteurierungsanlagen müssen auch für kleine Anlagen gefordert werden. Wenn der Klärschlamm nicht sterilisiert ist, so darf er nur während der Vegetationsruhe oder in ausgefaultem Zustand auf Futterflächen ausgebracht werden (Schweiz. Milchkommission 1966).

Abfallstoffe: Nach Kister (1928) und Hilgermann (1908) lassen sich *S. typhi* und *S. paratyphi* B in Küchenabfällen und Stubenkehricht wochen- und unter Umständen monatelang nachweisen.

IV. Tenazität von Salmonellen in Kot und Mist

a) Salmonellahaltiger Kot bildet eine langdauernde Infektionsquelle und ist deshalb ein Problem, das im Rahmen des ganzen Abwasserkomplexes gesehen werden muß. In *Kuhkot* konnte *S. dublin* 1000 Tage überleben (Field zit. Koller 1950). Gibson (1965) stellte *S. dublin* in Kot, der auf Gras, Steinen und in Leitungswasser deponiert war, nach 150, 163 und 307 Tagen fest. In *Kälberkot* war die Tenazität geringer. Ebenfalls recht lange Überlebenszeiten in Kot von Ausscheidertieren wies *S. typhi* murium in eigenen Untersuchungen auf: 23, 64, 85 Tage. *S. thompson* und *S. paratyphi* B konnten bei einer Anfangskonzentration von 10^5 g über 60 Tage nachgewiesen werden (Müller 1965). Da Salmonellen in trockenem Kot länger überleben (Smith 1955), ist Gibsons

Annahme (1965), Salmonellen würden in Kotspritzern an Wänden in der Größenordnung von 10 Monaten überleben, kaum abwegig und muß bei Stallsanierungen beachtet werden.

In Kot von künstlich infizierten *Schweinen* (Meeser 1960) überlebte *S. derby* 35 bis 69 Tage. Die Kotproben in der Bucht waren etwa dreimal länger positiv als die Analabstriche der Schweine selber. Im künstlich kontaminierten Schweinekot überlebten *S. paratyphi B* und *S. thompson* 60 Tage (Müller 1965). In Kot von zwei Dauerausscheidern, aufbewahrt in Glasgefäßen, konnte ich *S. typhi murium* nur 6 und 16 Tage lang nachweisen.

In *Pferdekot* überlebte *S. paratyphi B* bei einer Einimpfung von 10^5 Salmonellen pro Gramm mehr als 60 Tage (Müller 1965). Bei Kot von zwei Dauerausscheidern, aufbewahrt in Glasgefäßen, konnte ich eine Tenazität von 72 und 45 Tagen für *S. typhi murium* feststellen.

In trockenem *Hühnerkot* überlebten 5 verschiedene *S. gallinarum*-Stämme 6 bis 59 Tage, in nassem Hühnerkot 2 bis 7 Tage.

b) Bei thermophiler Gärung von Kompost und Mist scheinen Salmonellen schnell zu sterben, nicht aber bei mesophilem Abbau: in Schweinemisthaufen mit einer Temperaturentwicklung von 53°C starben *S. enteritidis* und *S. pullorum* in 3 Tagen, in einer Mischung von Kuh- und Geflügelmist bei 20°C Außentemperatur nach 6 und 9 Tagen. Bei tiefer Außentemperatur ist eine längere Liegezeit bis zur Salmonellenvernichtung nötig (Fryba zit. Meeser 1960). In Schweinestapelmist und kompostiertem Schweinekot überlebten verschiedene Salmonellaspezies verschieden lang. In Versuchen von Knorr (zit. Strauch 1964) starben Salmonellen nur im Kern von kompostiertem Müll ab. Strauch (1964) berichtet von zahlreichen Versuchen über das Verhalten der Salmonellen bei der Kompostierung: da mesophil gegärter Faulschlamm fast stets salmonellahaltig ist, muß er zusammen mit Müll kompostiert werden. Es werden vier Verfahren beschrieben. Außer beim Kaltgärverfahren (Temperaturentwicklung 30°C) sterben Salmonellen im Verlaufe der Rottezeit.

V. Überleben und Wachstum von Salmonellen in Harn und Harnprodukten

Die Angaben hierüber sind spärlich und widersprechend. Jahn (zit. Meeser 1960) stellte Salmonellenwachstum in alkalischem Harn fest, saurer Harn wirkte hemmend. Bei Kendziorra (zit. Meeser 1960) überlebten *S. enteritidis* und *S. paratyphi B* unter natürlichen Bedingungen 119 Tage. Meeser (1960) selber fand, daß bei 18°C in frischem Schweineharn *S. typhi murium* 12 Tage überlebte, während *S. dublin*, *S. cholerae suis*, *S. typhi suis* und *S. derby* schon vor dem 3. Tag abstarben.

In 51 Tage altem, also gegorenem Schweineharn (pH 9,4) konnten schon nach einem Tag keine Salmonellen mehr festgestellt werden. Zeller (1948) studierte unter anderem die Salmonellenvermehrung in Abhängigkeit von der Harnkonzentration.

VI. Zusammensetzung und Eigenschaften landwirtschaftlicher Abwässer

Es wird unterschieden zwischen Harngülle (Jauche), kotarmer Gülle ($\frac{1}{3}$ Gülle), kotreicher Gülle ($\frac{2}{3}$ Gülle), Vollgülle und Mistwasser. Die Schwemmpausmistung bedingt die Herstellung von Vollgülle, welche Gullenart heute aus wirtschaftlichen Gründen angestrebt wird. Auf die Lagerung in Form von Stallmist wird immer mehr verzichtet. Der Wasserzusatz wird möglichst tief gehalten (sogenannter Fließmist). Harngülle ist ein einseitiger Stickstoff-Kali-Dünger mit hohem Ammoniakanteil des Gesamt-Stickstoffs. Mit steigendem Kotzusatz nimmt der Gesamt-N mäßig, der $\text{NH}_3\text{-N}$ und der Kaligehalt stark ab. Dagegen nimmt der Gehalt an Phosphorsäure mit steigendem Kotzusatz zu. Je mehr Kotzusatz, desto günstiger ist das P:N:K-Verhältnis, Schweinegülle ist besonders phosphorreich. Je kotreicher eine Gülle ist und je mehr ihr Wasser zugesetzt wurde, desto geringer ist der NH_3 -Verlust. Die Zusammensetzung der Gülle hängt wesentlich von der Tierfütterung ab und schwankt selbst im gleichen Bestand

deutlich (Gisiger 1956/57, 1959, 1960, 1962, 1965, Gisiger und Schleiniger 1951, Künzli 1965). Eigene Messungen an 80 Güllen zeigten eine pH-Schwankungsbreite von 6,8 bis 9,4; pH-Werte über 9,1 sind charakteristisch für gegorenen Harn und Harngülle, alle Güllen mit Kotzusatz haben ein pH unter 9,1. In den einzelnen Betrieben kam es bei Entnahme zu verschiedenen Zeitpunkten zu Schwankungen von max. 1 pH-Einheit. Unter Laborverhältnissen nahm das pH bei praktisch allen Proben zu.

Eigene Untersuchungen

I. Vorkommen und Überlebenszeit von Salmonellen in natürlich kontaminierten landwirtschaftlichen Abwässern

Material und Technik

Aus 26 Betrieben wurden 32 Abwässer untersucht, nachdem bei Mensch oder Tier eine Salmonellose feststand, also meist nach klinischer Erkrankung. Zufälligerweise konnten bei Umgebungsuntersuchungen auch infizierte Milchviehbestände eruiert werden, in denen klinische Erkrankungen unbekannt waren. Die bei den Tieren isolierte Salmonellaspezies konnte auch im Abwasser festgestellt werden, welche Tatsache vom hygienischen Standpunkt aus besonders bedenklich ist.

Zwischen Infektion, klinischer Erkrankung, bakterieller Untersuchung des Menschen oder Tieres und Entnahme der Abwasserprobe verstrichen in den meisten Fällen Tage, unter Umständen Wochen. Zum Teil waren die Tiere bei der Materialeinsendung bakteriologisch schon wieder negativ. Der Zeitpunkt der ersten Erkrankung war oft nicht feststellbar. Wegen der geringen Keimzahl und dem oft schnellen Absterben der Salmonellen waren deshalb negative Resultate häufig. Diese und andere Faktoren müssen bei der Beurteilung der Feldresultate berücksichtigt werden.

Resultate

1. Salmonellen sind noch aus Gülle isolierbar, auch wenn keine Ausscheidertiere mehr vorhanden sind.

2. Ein Ausscheidertier genügt, um Abwasser während Wochen zu verseuchen.

3. Trotz vielen Ausscheidern kann andererseits das Abwasser frei von Salmonellen sein.

4. Bei reinen Kälbersalmonellosen konnten nur einmal und anscheinend in sehr geringer Menge Salmonellen isoliert werden. Diese Feststellung ist beruhigend, da die meisten Salmonellen beim Kalb und nicht beim adulten Tier festgestellt werden.

5. Eine Voraussage über die Dauer der Abwasserverseuchung ist unmöglich, da die Tenazität von zu vielen Faktoren abhängig ist. Jeder Fall muß somit für sich allein abgeklärt werden. In einem Schweinebestand wurden während 156 Tagen Salmonellen (total 3 Spezies) isoliert. Im allgemeinen konnten Salmonellen nur während einigen Tagen bis wenigen Wochen isoliert werden.

6. Die Salmonellenzahl in den Abwässern ist bei der großen durch die Tiere ausgeschiedenen Menge erstaunlich niedrig, was durch Verdünnung und rasches Absterben unter Umständen zu erklären ist. So konnten nur in einem einzigen Fall Salmonellen in Direktkultur nachgewiesen werden (14 000 Salmonellen/ml), sonst mußten die Salmonellen über die Anreicherung isoliert werden. In den meisten Fällen dürften nicht mehr als 100 Salmonellen/ml vorhanden sein. Bei einer durchschnittlichen Austragungsmenge von 2½ Liter Gülle pro m² Grünfläche ergeben sich allerdings immer noch respektable Keimzahlen.

7. In 6 von 32 Fällen wurde die Gülle vor dem Ausbringen desinfiziert. In vielen Fällen kann auf Grund unserer Befunde die Autosterilisation abgewartet werden, sofern Raum vorhanden ist für die genügend lange Lagerung der Gülle. In mehreren Fällen wurde trotz Abraten salmonellahaltige Gülle ausgetragen. Danach brach nirgends eine klinische Salmonellose aus, was allerdings das Vorhandensein von symptomlosen Ausscheidern nicht ausschließt, da Kontrollen fehlen.

8. In mehreren Beständen wurde gemeinsames Vorkommen von Salmonellen bei Mensch und Tier beobachtet. Da verbotenerweise häusliches Abwasser auch der Hofgülle beigefügt wird, kann der Mensch auch über diesen Weg zur Verseuchung beitragen.

II. Laborversuche mit künstlich kontaminierter Gülle

a) *Technisches*

Parallel zu den Untersuchungen in praxi wurden im Labor Versuche durchgeführt, um Erklärungen für die sehr variablen Praxisresultate zu erhalten. Gegenüber Laborbefunden müssen insofern Vorbehalte gemacht werden, als die ökologischen Verhältnisse von den natürlichen stark abweichen. Besonders fehlt die ständige Erneuerung durch neu zufließendes Material, weshalb Jordan und Mitarb. (1905) die Tenazität von *S. typhi* in semipermeablen Gefäßen untersucht haben. Alle Versuche wurden in halbverschlossenen 1-Liter-Gefäßen durchgeführt.

Die Kontamination erfolgte mit in phys. NaCl verdünnten Bouillonkulturen. Die Reisolierung erfolgte auf Brillantgrünagar, zur Zeit meiner ersten Untersuchungen auch auf Salmonella-Shigellaagar. *S. typhi* wurde auf Bromthymolblauagar, McConkey- oder Salmonella-Shigellaagar gezüchtet. Für die Anreicherung wurde Na-Tetrathionat (für *S. typhi* Selenit-F) verwendet im Verhältnis 1 Teil Abwasser : 10 Teile Anreicherungsmedium. Die Umzüchtung erfolgte auf Brillantgrün- und Salmonella-Shigellaagar.

Die Salmonellendifferenzierung wurde mit dem polyvalenten Salmonella-Phag 0-1 (Fey und Mitarb. 1960) serologisch und biochemisch durchgeführt.

Die Keimzählung wurde durchgeführt durch Ausspateln direkt auf Brillantgrünplatten, ausnahmsweise mittels der Most-Probable-Number-Methode (Sierp 1951, Hänel 1956), zu Beginn mittels Petroff-Hauser-Kammer.

b) *Einfluß der Zusammensetzung des Abwassers auf Tenazität und Wachstum der Salmonellen in landwirtschaftlichen Abwässern*

1. Tenazität und Wachstum in Harn und Harngülle

1.1. Vergleich der Tenazität in anfänglich frischem Kuh-, Pferde- und Schweineharn

Es wurden anfänglich frischer Pferde-, Kuh- und Schweineharn mit *S. typhi* murium kontaminiert. In Pferdeharn (nicht in Kuh- und Schweineharn) zeigte sich (bei 20 °C)

bis zum 3. oder 4. Tag eine massive Salmonellenvermehrung, gefolgt von einem plötzlichen Keimabfall. Die Salmonellen überlebten in Pferdeharn weniger lang als in Kuh- und Schweineharn (5–7 Tage gegenüber 12–14 und 9–9 Tagen).

Im gleichen, aber 17 Tage alten, also gegorenen Harn konnte der gleiche Salmonellastamm dagegen nicht einmal 24 Stunden nachgewiesen werden, gleich kurz wie in Harngülle.

1.2. Einfluß der Temperatur von Pferdeharn auf das Wachstum und die Überlebenszeit von Salmonellen

Frischer, nicht steriler, unverdünnter Pferdeharn wurde bei 10 °, 23 ° und 37 °C kontaminiert. Die Salmonellen (*S. typhi murium*) vermehrten sich am 1. und 2. (maximal bis zum 4.) Tag bei 23 ° und 37 °C, nicht aber bei 10 °C. Die höchste Keimzahl betrug 615 700 Salmonellen/0,01 ml. Bei 10 °C starben die Salmonellen allmählich ab, bei 23 ° und 37 °C folgte das Absterben sogleich auf die Vermehrung und sehr rasant (bei 37 °C schneller als bei 23 °C). Die Überlebenszeit betrug in zwei Versuchen bei 10 °C = 14 und 18 Tage, bei 23 °C = 6 und 9 Tage, bei 37 °C = 2 und 4 Tage. Höhere Temperaturen verkürzen also die Überlebenszeit.

1.3. Tenazität in gegorenem Harn und Harngülle

Bei verschiedener Temperatur konnte in $\frac{1}{2}$ bis $\frac{3}{4}$ Jahre alter Harngülle *S. typhi murium* bei einer Kontaminationsmenge von 864 bis 1031 Salmonellen/0,01 ml bei 10 °C nach 46 Stunden, bei 23 °C nach 12 Stunden, bei 37 °C nach 6 Stunden nicht mehr nachgewiesen werden. Auch hier überleben somit Salmonellen bei tiefen Temperaturen länger als bei hohen.

In konzentriertem, etwa 2 Monate altem Schweine-, Kuh- und Pferdeharn sowie in frisch entnommener und $\frac{1}{2}$ bis $\frac{3}{4}$ Jahre alter Harngülle starben Salmonellen (*S. typhi murium*) nach 8 Stunden ab. Pferdeharn, in dem sich im frischen Zustand der gleiche Salmonellastamm bei 23 °C und 37 °C auf 55 bis 61 Mio. pro ml vermehren konnte, war am meisten bakterizid (184 000 Salmonellen/ml nach 1 Stunde abgetötet).

Die Konzentration der Harngülle spielt eine wesentliche Rolle: konzentrierte Harngülle war am stärksten bakterizid, 100mal verdünnte Harngülle war stärker bakterizid als 10mal verdünnte Harngülle. Die Absterbeschwindigkeit selbst in verdünnter Harngülle ist jedoch so groß, daß keine Desinfektion nötig ist, was auf sehr bakterizide Substanzen schließen läßt, die in kothaltiger Gülle bei gleichem pH nicht zur Auswirkung gelangen.

Mehrmalige Kontamination derselben Harngülle ergab keinen Bakterizidieverlust. Verschiedene Salmonellaspezies (*S. typhi murium*, *S. paratyphi B*, *S. enteritidis*, *S. dublin*, *S. tennessee*) starben in Harngülle innerhalb der gleichen Zeit (6 Stunden) ab.

2. Einfluß von verschiedenem Harn- und Kotzusatz auf das Überleben der Salmonellen

2.1. In 1-Liter-Gefäßen mit genau bekanntem Verhältnis von Kuhkot: Kuhharn: Wasser (Harn und Kot frisch entnommen) wurde bei 20 °C *S. typhi murium* eingepflegt.

Wachstum: In allen Zusammensetzungen kam es zu einer mäßigen Vermehrung der Salmonellen in den ersten Tagen, gefolgt von einer starken Keimabnahme. In Harn ohne und Harn mit wenig Kotzusatz war die Vermehrung am stärksten. Je größer der Kotzusatz, desto geringer war die

Vermehrungsrate. In Kotgemischen ohne Harnzusatz erfolgte nur eine geringe Keimzunahme.

Absterben und Tenazität: Die Keimabnahme erfolgte um so rascher, je größer der relative Harnanteil war. Kotzusatz verhinderte gewissermaßen ein schnelles Absterben. Die Überlebenszeit in den Kotverdünnungen ohne Harnzusatz war zum Teil 3- bis 4mal länger als in Zusammensetzungen, die Harn enthielten.

2.2. In die gleichen Güllen (wie 2.1.), die aber etwa 2 Monate alt waren und somit gegoren hatten, wurde der gleiche Salmonellastamm unter gleichen Außenbedingungen eingepft. Wachstum konnte in keiner Zusammensetzung festgestellt werden. In Harn verschiedener Konzentration und Harn mit wenig Kotzusatz kam es zu einer mäßig starken Herabsetzung der Tenazität. Durch steigenden Kotanteil wurde die Überlebenszeit erhöht. In den verschiedenen Kotverdünnungen ohne Harnzusatz war die Tenazität am größten.

Der Abbau- bzw. Gärzustand des Abwassers scheint ein wesentlicher Faktor für die Vermehrung der Salmonellen zu sein. Im Gegensatz zu Befunden von Schaal (1961) wurde auch die Überlebenszeit je nach Abwasserzusammensetzung deutlich beeinflusst.

3. Tenazität in mit Wasser verdünnter Vollgülle

Vollgülle wurde 10-, 100- und 1000mal mit Wasser verdünnt und mit *S. typhi* murium beimpft. Der Einfluß war deutlich: am längsten überlebten Salmonellen in 100mal verdünnter Gülle (135 und 146 Tage), in der sich anfänglich eine leichte Vermehrung feststellen ließ, während in 1000mal verdünnter Gülle die Salmonellen recht schnell abstarben (10 und 10 Tage). Schon bei 10fach verdünnter Gülle war die Überlebenszeit verglichen mit konzentrierter Gülle verlängert (125 und 111 Tage gegenüber 38 und 31 Tagen). Die nicht unwidersprochene Ansicht von Steiniger (1956), Salmonellen könnten in konzentriertem Abwasser nur kurze Zeit überleben, erhält somit eine gewisse Stütze.

4. Tenazität in künstlich kontaminierten Abwässern aus verschiedenen Landwirtschaftsbetrieben

Es wurden total 30 verschiedene, frisch entnommene Güllen kontaminiert. Es ergab sich in bezug auf die Überlebenszeit eine große Heterogenität. In keiner Probe kam es zu einer Vermehrung der Salmonellen, sondern stets zu einer mehr oder weniger schnellen Keimabnahme, was erklärlich ist durch die Tatsache, daß die Abwässer, obschon frisch entnommen, sich stets im Abbauzustand befanden, ein Prozeß, der nach Gisiger (1962) in 2 bis 5 Tagen stattfindet. Die Arbeiten von Schaal (1961) und eigene Untersuchungen haben gezeigt, daß in abgebautem Abwasser eine Salmonellenvermehrung unmöglich ist.

Zwischen Anfangs-pH und Überlebenszeit besteht keine Korrelation,

außer wenn das pH 9,1 oder höher ist: es handelt sich dabei um Harngülle, in denen Salmonellen schon nach 1 Tag nicht mehr nachgewiesen werden können.

c) Einfluß der Wasserstoffionenkonzentration auf die Tenazität der Salmonellen

Jeder lange gegorene Harn und jede Harngülle entwickeln ein pH über 9,1 (bis 9,4). In solchen Abwässern sterben Salmonellen sehr rasch ab. Der Einfluß des pH auf das Überleben (Müller 1965, Schaal 1961, Cohen 1922, Scott und McClure zit. Rudolfs und Mitarb. 1960, Hahn 1967) und die Vermehrung (Cluzat und Mitarb. sowie Esche und Handloser zit. Müller 1965, Schaal 1961) sind von Milieu zu Milieu verschieden.

Wenn das pH entscheidend ist für das schnelle Absterben der Salmonellen in Harngülle, so muß gewöhnliche Gülle, mit NaOH auf über pH 9,1 eingestellt, ebenfalls ein sehr rasches Absterben ergeben. Es wurde deshalb das Absterben von *S. typhi murium* verfolgt in Harngülle mit pH 9,4 und gewöhnlicher Gülle, deren pH auf 9,4 heraufgesetzt wurde. Es ergab sich, daß das pH nicht der entscheidende Faktor für das schnelle Absterben in Harngülle sein kann, da in gewöhnlicher Gülle die Salmonellen viel schneller abstarben als in der Harngülle mit dem gleichen pH. Dennoch ist das pH ein entscheidendes Merkmal stark salmonellabakterizider Güllen, die somit nicht desinfiziert werden müssen.

Wird das pH auf 10 oder höher eingestellt, so sterben die Salmonellen ungeachtet der Temperatur, der Güllenart und der Salmonellaspezies innerhalb von 24 Stunden ab. Daraus ergibt sich die Desinfektionsmöglichkeit mit NaOH. Die Laborergebnisse lassen bessere Resultate auch in praxi als mit Chlorkalk erwarten.

d) Einfluß der Temperatur auf die Tenazität der Salmonellen

Hohe Temperaturen senken im allgemeinen die Überlebenszeiten von Salmonellen (Hinds und Houston zit. Rudolfs und Mitarb. 1950, Scheffer und Mitarb. 1955, Schaal 1961), obschon Ausnahmen bestehen (Ballantyne 1930). Die Güllentemperatur schwankt mit der Außentemperatur: eigene Messungen ergaben Extremwerte von 2 und 22 °C. Zur Abklärung des Temperaturfaktors wurden Güllen auf 5, 10, 15, 18, 22 und 37 °C eingestellt und mit *S. typhi murium* kontaminiert.

In zwei Versuchen ergab sich eine Abnahme der Tenazität mit steigenden Temperaturen. Die maximale in Gülle je festgestellte Überlebenszeit betrug 225 Tage bei 5 °C.

Überleben der Salmonellen (Tage), Nachweis mit Anreicherung.

Temp.	Versuch 1		Versuch 2	
	a	b	a	b
5	100	110	185	225
10	90	89	152	165
15	26	34	33	51
22	22	22	5	6

e) *Abhängigkeit der Tenazität der Salmonellen von der Spezieszugehörigkeit und den Stammeseigenschaften der Salmonellen*

1. Eigenschaften der Salmonellaspezies

Die einzelnen Spezies zeigen verschiedene Adaptation an Abwasser (Pohl 1955, Schaal 1961, Gibson 1965, Reber 1963, Brunner 1952, Meeser 1960, Buttiaux und Leurs 1953, Hahn 1967).

Eigene Tenazitätsuntersuchungen in Kuhgülle bei zwei Versuchen zeigten ein sehr kurzes Überleben von *S. typhi* und *S. paratyphi* A. Im Gegensatz zu städtischem Abwasser (langes Überleben) konnte *S. paratyphi* B nur relativ kurze Zeit nachgewiesen werden. Auch *S. cholerae* suis, deren Nachweis allerdings nicht durch Anreicherungsmedien verbessert werden kann, überlebte nur kurze Zeit, ebenso *S. dublin*. *S. albany* wies die höchste Tenazität auf.

2. Abhängigkeit der Tenazität vom Salmonellastamm

Auch bei den einzelnen Salmonellaspezies muß mit einer gewissen Heterogenität gerechnet werden (Smith 1955, Allen zit. Müller 1965). In zwei Versuchen mit zwei verschiedenen Abwässern und total 23 *S. typhi* murium-Stämmen überlebten die Salmonellen verschieden lang: 53 bzw. 70 Tage. Speziell in Gülle resistente Stämme konnten nicht nachgewiesen werden. Besonders lange Überlebenszeiten können eventuell zurückgeführt werden auf gerade günstige ökologische Verhältnisse für einen bestimmten Stamm.

f) *Die Bedeutung der Anfangskeimzahl der Salmonellen für die Überlebensdauer*

Die Anfangskeimzahl ist entscheidend für das Überleben, wenn keine Vermehrung erfolgt. Jordan und Mitarb. (1904) fanden für das Überleben die absolute Zahl von *S. typhi* wichtiger als das Zahlenverhältnis zu andern Begleitbakterien. Bei Vermehrung geben größere Anfangskonzentrationen eine etwas größere Endkonzentration (Schaal 1961).

Eigene Versuche zeigten bei hohen Kontaminationsmengen eine längere Überlebenszeit als tiefe Einsaatmengen. Die Keimreduktion erfolgte bei den verschiedenen Proben parallel.

g) *Als weitere Faktoren, die nicht selber untersucht wurden, kommen in Frage:*

Einfluß anderer Organismen durch Phagozytose, Lyse, Absonderung toxischer Substanzen, Nahrungsmittelkonkurrenz (Meeser 1960, Smith 1955, Jordan 1904, Wheeler 1906, Allen und Brooks 1952, Bahr 1954, Kyriasides zit. Rudolfs 1950, Lenk 1966).

Die chemische Zusammensetzung des Abwassers dürfte ebenfalls wesentlich die Tenazität beeinflussen (Müller 1965, Ballantyne 1930, Schaal 1961, Scheffer und Mitarb. 1955, Crone 1951, Strauch 1964). Obschon Harngülle einen wesentlich höheren Ammoniakgehalt aufweist als Normalgülle (Gisiger 1962), konnte in einem eigenen Versuch keine eindeutige Relation zwischen Absterbegeschwindigkeit in Harngülle und NH_3 -Konzentration gemacht werden. Nach Schaal (1961) setzt der Salmonellenkeimzahlsturz vor dem Erreichen der maximalen Ammoniakkonzentration (NH_3 entsteht beim Eiweißabbau) ein.

Desinfektion von Salmonellen in landwirtschaftlichen Abwässern

Es wurde untersucht, ob sich Chlorpräparate zur Salmonellendesinfektion eignen.

I. Arten von Chlorpräparaten

a) Hypochlorite

Neben Na-Hypochlorid (Eau de Javelle) mit 13 bis 16% Aktivchlorgehalt (nach Sykes 1965 bis 20%) ist Chlorkalk (*Calcaria chlorata*) der wichtigste Vertreter dieser Gruppe. Neben dem wirksamen Bestandteil $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ enthält er die obligatorischen, unwirksamen Reaktionsprodukte $\text{Ca}(\text{OH})_2$ und CaCl_2 und nebenbei verschieden verunreinigende Substanzen (zum Beispiel CaCO_3) sowie hygroskopisch gebundenes Wasser.

Die Desinfektionswirkung ist verschieden: nach Milton und Hoskins (zit. Holluta 1949) sind elektrolytisch hergestellte Hypochloritlaugen viel wirksamer. Das Ausgangsmaterial ist entscheidend für die Qualität. Die Stabilität hängt von vielen Faktoren ab: Zusammensetzung (aus Mg-Beimischungen bildet sich MgCl_2 , das hygroskopisch ist und zu Verklumpung führt), Lagerungstemperatur (hohe Temperatur führt zu Chloratbildung. Ab 50 °C findet eine rückläufige Reaktion unter direkter Cl_2 -Abgabe statt), Sonneneinstrahlung (wirkt katalytisch auf O_2 -Abgabe und Chloratbildung), pH (nach Holluta 1949 sind Hypochloritlaugen sehr stabil. CO_2 kann die Alkalität herabsetzen, Zufügen von Lauge wirkt stabilisierend), Art des Chlorpräparates (das «tropical bleaching powder» ist noch bei 100 °C stabil und enthält nur noch 0,5% Wasser, hat aber viel mehr nicht umgesetztes $\text{Ca}[\text{OH}]_2$).

Entscheidend sind die Löslichkeit und die Lösbarkeit: nach Holluta (1949) lösen sich in 1 Liter Wasser maximal 8 g Chlorgas. Da Abwasser Chlor stark zehrt, ist die Möglichkeit einer Übersättigung an Cl_2 kaum je gegeben. Nach Först (1954) löst sich das nicht chlorierte $\text{Ca}(\text{OH})_2$ nicht und sinkt ab. Das eigentlich wirksame $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ löst sich weniger schnell und vollständig als CaCl_2 . Nur langes Rühren kann $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ in Lösung bringen. Selbst in der gleichen Charge bestehen große Unterschiede in bezug auf die Löslichkeit und damit den Nachweis von Aktivchlor, wie ein eigener Versuch zeigte.

Das entscheidende Merkmal ist der Aktivchlorgehalt. Nach *Pharmakopoea Helvetica V* (1941) sind minimal 30% Cl_2 vorgeschrieben. Frische Chlorkalkchargen der Elektrochemie AG Turgi, die ich für meine Versuche verwendete, entsprachen stets dieser Forderung. In Apotheken erhält man aber oft Präparate, die weit weniger Aktivchlor enthalten, da sie schlecht und lange gelagert wurden. Im Institut aufbewahrte Chargen wiesen nach 1 Jahr zum Beispiel einen Verlust von $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{3}$ auf. Först (1954) stellte ähnliche Abnahmen fest. Spezialchlorkalkpräparate (zum Beispiel Rohkaporit-BAYER-Werke) enthalten unter Umständen viel mehr Chlor (bis 80%), sind aber sehr teuer.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß Chlorkalk ein sehr inkonstantes Produkt ist, bei dem die Bestimmung des Aktivchlorgehaltes nicht alles über die Wirkung aussagt. Eine hohe Variabilität des Desinfektionserfolges ist demnach zu erwarten. Für die Laborversuche wurde, um vergleichbare Werte zu erhalten, Chlorkalk gleicher Chargen vorgelöst verwendet.

Es ist zu unterscheiden zwischen präformiertem Chloramin (zum Beispiel Rohchloramin Heyden) und Chloraminen, die sich in Gegenwart von N-Substanzen des zu desinfizierenden Systems aus Hypochloriten bilden. Letztere spielen bei Abwasserdesinfektionen eine zentrale Rolle.

II. Vergleich zwischen Hypochloriten und Chloraminen in bezug auf die Wirkung

Bei Abwasserchlorung mit Chlorkalk treten Hypochlorite und Chloramine als wirksame Substanzen auf. Chloramine sind stabiler, werden nur langsam hydrolysiert, wirken deshalb länger, aber nicht so rasant wie Hypochlorite, können aber den von Popp (1954) beschriebenen primären Keimzahlsturz nicht hervorrufen. Streeler (zit. Allen und Brooks 1952) beobachtete eine 20- bis 30mal, Butterfield und Wattie (1944) eine 60- bis 144mal längere Abtötungszeit für *E. Coli* bei Verwendung

von Chloramin im Vergleich zu äquivalenten HOCl-Mengen. Für *S. typhi* betrug der Zeitfaktor 15. Um den gleichen Abtötungseffekt zu erhalten, braucht es nach Butterfield und Wattie (1944) für *E. Coli* 25mal, bei *S. typhi* 15mal mehr Chloramin als HOCl. Ortenzio und Stuart (1959) beobachteten einen geringeren pH-Einfluß auf Chloramine als Hypochlorite. Anthraxbazillen werden nach Heicken (1956) besser durch Chloramine desinfiziert als durch HOCl. Aus den erwähnten Gründen sollte auf die Verwendung präformierter Chloramine bei Abwasserdesinfektionen verzichtet werden.

III. Messung von Chlor

Es gibt im Prinzip 1) kolorimetrische, 2) elektrochemische und 3) oxydimetrische Chlormessung. In Gülle war nur die oxydimetrische Messung (als Jodometrie) möglich. Für die Praxis ist sie ungeeignet, die Aussagekraft ist beschränkt.

IV. Technisches zur Prüfung von Chlorpräparaten

Da Chlordesinfektionsmittel rasant und in kleinsten Spuren wirken, waren ausgedehnte Vorversuche nötig, um das Chlor im Moment der Probeentnahme zu neutralisieren. Bei Direktkeimzählungen wurde 0,1n $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ verwendet, welche Substanz in genügender Konzentration auch in der gewöhnlichen Na-Tetrathionat-Broth-Base enthalten ist und ohne Selektivitätsverlust das Chlor sofort neutralisiert.

Die Kontaminationsmenge betrug 10 000 bis 90 000 Salmonellen/ml Abwasser, so daß eine Eigenzehrung durch die Bakterien nicht in Frage kam (sie beginnt nach Popp 1954 erst ab 10^6 bis 10^8 Bakterien/ml).

Die Reisolierung und Differenzierung der Salmonellen erfolgte nach den oben angegebenen Prinzipien.

Um den Desinfektionsablauf zu bremsen und damit über den Verlauf bessere Aussagen zu bekommen, wurden die mit Keimzählung verbundenen Desinfektionen bei 4 bis 7 °C durchgeführt.

V. Reaktionen des Chlors

Chlor ist ein sehr aktives Element und reagiert mit vielen, aber nicht allen Substanzen unter Bakterizidieverlust. Die Kenntnis dieser Reaktionen ist wichtig zur Erklärung der Chlorzehrung: es findet praktisch keine Reaktion statt mit Kohlehydraten und Alkoholen (Guiteras und Schmelkes zit. Allen 1950). Sulfide und Eisensalze vernichten jegliche Desinfektionswirkung von Chlor (Allen 1950), Cyanide erhöhen sie (Allen und Brooks 1952). Entscheidend ist die Reaktion mit N-Substanzen unter Bildung von Chloraminen, die selber mehr oder weniger bakterizid sind:

Mit NH_3 (selber ständig im Abwasser vorhanden) können sich Mono-, Di- und Trichloramine bilden, wobei sich bestimmte Gesetzmäßigkeiten ergeben (siehe Abb.).

1. Die Zunahme des Restchlors erfolgt nicht kontinuierlich mit der Dosiserhöhung: es ergibt sich eine Brechpunktkurve. Beim Brechpunkt kommt es zur Zersetzung der Mono- und Dichloramine, da diese gegenüber freiem Chlor unbeständig sind. Nach dem Brechpunkt liegt praktisch nur noch freie HOCl vor und in Spuren NCl_3 .

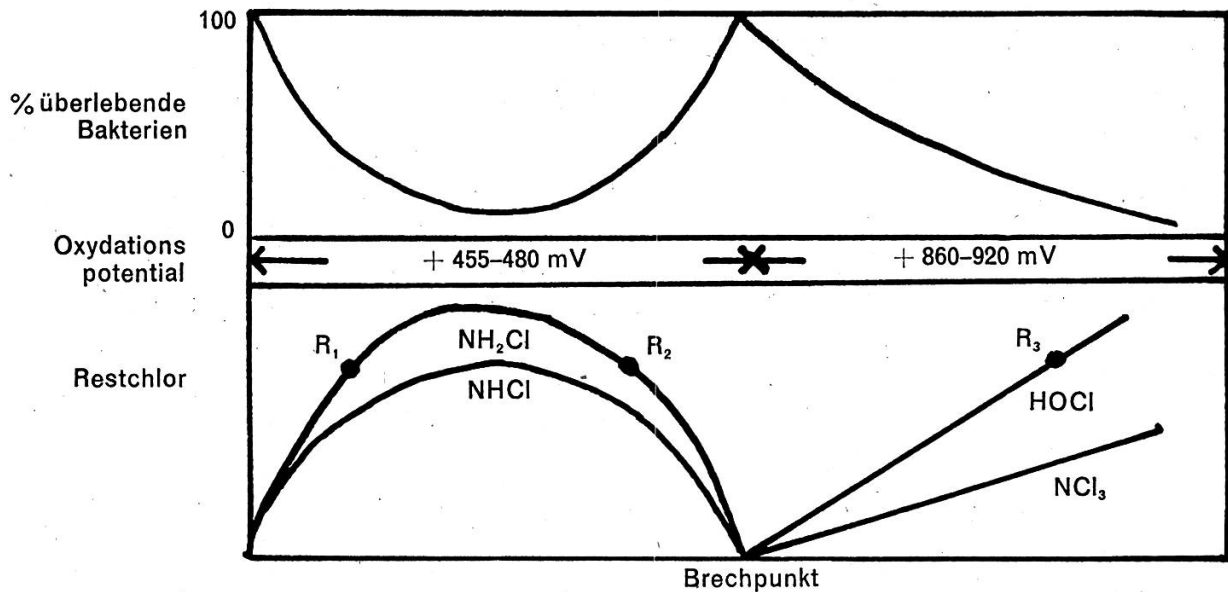
2. Verschiedene Chlordosen ergeben den gleichen Restchlorgehalt (R_1, R_2, R_3).

3. Die einzelnen Chlorverbindungen sind verschieden bakterizid. Nach Allen und Brooks (1952) betragen die Abtötungszeiten bei $R_1 = 83$ Min., $R_2 = 88$ Min., $R_3 = 2,7$ Min. für *B. metiens*-Sporen.

4. Am Brechpunkt findet keine Desinfektion statt.

5. Das Oxydationspotential der Verbindungen vor dem Brechpunkt ist nur etwa $\frac{1}{2}$ mal so hoch wie nach dem Brechpunkt.

Die Reaktion mit Aminosäuren und Proteinen ist im Prinzip gleich, aber komplexer. Brechpunktkurven werden stets erhalten, ihre Form ist aber verschieden. Nach Gad und Manthey (1953) kommt es im Brechpunkt nicht zu einem so schnellen Zerfall der Chloramine, der Restchlorgehalt fällt nicht unbedingt auf Null ab, der Übergang chloraminfreie HOCl kann fließend sein.



Aus Erfahrung (Butterfield und Wattie 1946) kommt es zu einer Bildung des Brechpunktes bei einem Verhältnis von $\text{Cl}_2:\text{N} = 6$ bis $25:1$, theoretisch (Heicken 1956) bei $6,4:1$. Nach Milroy (zit. Allen 1950) führt die partielle Chlorierung verschiedener Aminosäuren zu totalem Verlust der Desinfektionswirkung.

Nach Dakin und Langheld (zit. Allen 1950) reagiert HOCl schnell mit NH_3 und Aminosäuren, langsamer mit Peptonen, Proteinen und Urea, nicht mit Hippursäure. Diese Feststellung ist insofern wichtig, als nicht gebundene HOCl sehr rasant wirkt.

Nach allgemeiner Ansicht lohnt es sich nicht, über den Brechpunkt hinaus zu dosieren (sogenannte Hochchlorung).

Brechpunktchlorung ist ausnahmsweise auch in Gülle möglich, eine Desinfektionsdosis unter dem Brechpunkt ist aber wirksamer.

VI. Zum Desinfektionsverlauf in Abwasser bei Verwendung von Chlorkalk

Wird Chlorkalk zu Abwasser gegeben, so reagiert HOCl verschieden rasch mit den diversen N-Substanzen unter Chloraminbildung. HOCl liegt zuerst noch frei vor und bewirkt wegen höherem Oxidationspotential während kurzer Zeit eine sehr schnelle Desinfektion (sogenannter prim. Keimzahlsturz). Nach gewisser Zeit liegt alle HOCl als Chloramin vor, das weniger aktiv und für die sekundäre Keimzahlabnahme verantwortlich ist. Diese Verhältnisse konnten zum Teil auch bei Güllendesinfektionen beobachtet werden.

VII. Chlorbedarf, Chlorzehrung und Chlorüberschuß

Der Chlorbedarf eines zu desinfizierenden Mediums setzt sich zusammen aus a) dem Chloranteil, der von den oxydierbaren Substanzen verbraucht wird und dadurch für die Desinfektion verloren geht (Chlorzehrung) und b) dem Chloranteil, der als Chlorüberschuß oder sogenannter Restchlor vorhanden sein muß, bis der zu desinfizierende Erreger tot ist.

a) Chlorzehrung

Die Zehrung erfolgt in den ersten Minuten mit großer, später mit geringer Geschwindigkeit, nimmt mit zunehmender Chlordosierung zu, erreicht im Brechpunkt das Maximum und kommt nie zum Stillstand (Heicken 1956). Die Stabilität der Chlorsubstitutionsprodukte und damit die Geschwindigkeit der langsamen Zehrungsphase nimmt ab in der Reihenfolge NH_3 , Aminosäure, Protein (Taras 1953). Die Zehrung ist sehr variabel je nach Zusammensetzung des Abwassers. Der Brechpunkt tritt dementsprechend bei verschiedenen Chlordosen auf. Die Chlorzehrung ist erhöht bei Fäulnis-

erscheinungen (Tyler und Mitarb. 1950, Viehl 1951). Chlorzehrung und Keimzahl-abnahme gehen nicht parallel (Popp 1954). Freie HOCl wird in stark verdünntem Abwasser schneller gezehrt als Chloramin (Popp 1958). 10^6 bis 10^8 Keime/ml wirken selber zehrend (Popp 1954), Bakterien zehren Chlor mit der gleichen Geschwindigkeit wie Schmutzstoffe (Heicken 1956). Die Chlorzehrung erweist sich damit als von vielen Faktoren abhängig, die niemals bei jeder Desinfektion in Rechnung gezogen werden können.

Da zuverlässige Chlormessungsmethoden zur Bestimmung der Chlorzehrung in Gülle fehlen, wurde zu einer indirekten Methode gegriffen: da Salmonellen als sehr chloempfindlich bekannt sind, kann ihr Verschwinden in einem Milieu direkt als Hinweis für noch vorhandenes Chlor dienen, sofern keine andern toxischen Substanzen vorhanden sind. Bleibt ihre Zahl gleich, so kann daraus geschlossen werden, daß kein Chlor mehr vorhanden ist. Auf dieser Basis durchgeführte Versuche zeigten eine von der Chlordosis abhängige recht schnelle Zehrung. Schwach wirksame Chlorspuren können allerdings noch nach Stunden vorhanden sein.

b) Chlorüberschuß

Heicken stellt zusammenfassend eine hohe Variabilität der Auffassungen über Chlordosierung von Abwässern fest. Er fordert in seinen Richtlinien neben Unterscheidung von vorgeklärtem, mechanisch und biologisch geklärtem Abwasser, der Verweildauer des Chlors im Reaktionsbecken auch Berücksichtigung von pH, Temperatur, Erregerart und Residualchlorgehalt. Er bemerkt jedoch, daß viele Faktoren unter Laboratoriumsbedingungen nicht erfaßt werden und daß jede Abwasserdesinfektion eine individuelle Behandlung benötigt. Nach Liebmann (1950) sollten am Ende der Desinfektion noch 0,2 bis 0,5 mg Cl_2 pro Liter gemessen werden können, nach anderen Autoren werden höhere Gehalte gefordert.

Verschiedene Autoren beobachteten eine gute Desinfektion auch bei Dosierung unter dem Chlorbedarf, beruhend auf Chlorreaktionsprodukten, die als solche chemisch nicht mehr nachgewiesen werden können (Beardley und Rudolfs zit. Viehl 1951). Nach Allen und Brooks (1949) ist bei Dosierung unter dem Chlorverlangen die Initialdosis das entscheidende, weniger das abgesättigte Chlor. Bei Dosierung unter dem Chlorverlangen verläuft die Desinfektion allerdings langsamer. Wichtig ist die Feststellung von Popp (1958), daß bei Erhöhung des Chlorzusatzes der Chlorrest nicht additiv vergrößert wird. Die Resistenz eines Erregers ist entscheidend: Heicken (1956) findet im Gesamtergebnis seiner Untersuchungen *S. enteritidis* weniger chlorresistent als *E. coli* und Staphylokokken. Stärker resistent waren *M. tuberculosis* und Anthraxsporen. Diese Unterschiede sind bei Experimenten mit freiem Chlor weit ausgeprägter als bei Verwendung von Chloraminen. Wichtig ist auch das pH (Butterfield und Mitarb. 1943/44).

VIII. Chlordosierung in landwirtschaftlichen Abwässern

Die Angaben sind dürftig und beruhen scheinbar nicht auf systematischen Untersuchungen. Nach Hussel (1960) soll auf 100 Raumteile Jauche 1 Teil Chlorkalk gegeben werden. Reber (1963) stellt folgende Daten auf: Fäzes sind mit doppelter Menge 20%iger Kalkmilch oder 4% Chloramin bei 6 Stunden Einwirkung zu desinfizieren. Bei ebenfalls sechsstündiger Einwirkung genügt für Urin 3% Chloramin, für Abortanlagen 1% Chloramin.

a) Salmonellendesinfektion in natürlich kontaminierten Abwässern

Die Resultate stammen aus Praxisfällen. Nachdem eine natürliche Kontamination von Gülle festgestellt worden war, wurde vom Besitzer eine gewisse Chlorkalkmenge

zugefügt, nach 24 Stunden eine Probe entnommen und an das Labor eingesandt. Dasselbst Kontrolle auf Salmonellen. Resultate:

Erfolgreiche Chlorkalkdosen in kg/m ³	Nicht erfolgreiche Chlorkalkdosen in kg/m ³
2 und 2	2
4	2
	2
	6,5 und 6,5

Die Desinfektionsergebnisse halten sich im Rahmen der Resultate, die im Labor gefunden wurden:

b) Salmonellendesinfektionen unter Laborverhältnissen bei verschiedenen landwirtschaftlichen Abwässern

39 Güllen wurden je mit gleichen Salmonellamengen kontaminiert, in 1-Liter-Gefäßen aufsteigende Chlorkalkdosen zugegeben und nach 24 oder mehr Stunden Proben entnommen. Die Salmonellaisolierung erfolgte durch Anreicherung, zum Teil direkt auf Brillantgrünplatten. Versuche mit *S. typhi murium*, Temperatur 20 °C.

Resultate:

1. Bei Konzentrationen von 60 bis 90 000 Salmonellen/ml Gülle konnten mit 5 kg Chlorkalk pro m³ Abwasser 75% der Güllen desinfiziert werden, mit 8 kg/m³ 90% der Güllen. 2mal mußten 12 kg/m³ gegeben werden, 1mal erfolgte keine Desinfektion mit 15 kg/m³.

2. Bei Konzentrationen von 2 000 Salmonellen/ml Gülle konnten mit 4 kg Chlorkalk 77% der Güllen desinfiziert werden. 2mal erfolgte eine Desinfektion erst mit 15 kg/m³, 1mal konnte keine Desinfektion selbst mit 25 kg/m³ Gülle erreicht werden.

c) Obschon noch Salmonellen nachgewiesen werden können mit Anreicherungsmedien, so zeigen Direktkeimzählungen doch Keimreduktionen, die mit steigenden Chlordosen zunehmen.

d) Die Desinfektion dürfte im allgemeinen nach 24 Stunden abgeschlossen sein.

e) Dosierungsanleitung für Desinfektionen in praxi

Erster Desinfektionsversuch mit 5 kg Chlorkalk/m³. Abwasser einsenden 24 Stunden nach Chlorzugabe. Abwarten des bakteriologischen Resultates. Wenn nach erster Desinfektion noch Salmonellen nachzuweisen sind, nochmalige Desinfektion mit 10 bis 15 kg Chlorkalk pro m³.

IX. Chlorwirkung und Wasserstoffionenkonzentration

Bei Chlordesinfektionen ist das pH der wichtigste zu berücksichtigende Faktor, denn nur die nicht dissoziierte HOCl ist wirksam (Sykes 1965). Die Dissoziation hängt vom pH ab. Nach Ridge und Little (zit. Allen 1950) befindet sich das Maximum an undissoziierter HOCl bei pH 5, nämlich 99,7%. Unter pH 5 nimmt die Konzentration an Cl₂-Gas zu, über pH 5 die Konzentration an dissoziierter OCl⁻. Das pH landwirtschaftlicher Abwässer schwankte bei 80 Messungen zwischen 6,8 bis 9,3. Die Tenazitäts-

versuche zeigten, daß Salmonellen in Gülle mit pH über 9,1 in wenigen Stunden absterben. Eine Desinfektion hat also zu erfolgen zwischen pH 6,8 bis 9,0. Aus den Angaben von Ridge und Little (zit. Allen 1950) ist zu entnehmen, daß kleinste pH-Verschiebungen gerade in diesem Bereich den Gehalt an nicht dissoziierter, also allein wirksamer HOCl maximal ändern können: eine Verschiebung von pH 6,8 auf 9,1 ergibt einen Verlust von fast 70% der wirksamen Substanz. Es muß daher mit einer hohen Variabilität der Desinfektionswirkung gerechnet werden. Auf diesen chemischen Grundlagen baut sich die Desinfektionswirkung auf: Marks und Mitarb. (1945) finden eine lineare Beziehung zwischen Abtötungszeit und Konzentration an undissoziierter HOCl bei verschiedenen pH-Werten. Der pH-Einfluß gilt im Prinzip auch für Chloramine und für alle N-Cl-Produkte im Abwasser, denn sie alle werden zu HOCl hydrolysiert (Sykes 1965). Nach Ortensio und Stuart (1959) schwankt allerdings dieser Einfluß von Chloraminpräparat zu Chloraminpräparat, was die Sache weiter kompliziert. Der theoretisch beste pH-Bereich für die Desinfektion, nämlich pH 5 mit entsprechend maximaler Konzentration an undissoziierter HOCl, gilt scheinbar nicht durchwegs: Tilley und Chapin (1930) finden pH 4 optimaler für Anthraxsporentötung als pH 5. Marks und Mitarb. (1945) stellten ein Desinfektionsoptimum bei pH 7 fest für die Präparate Halazone und Dichloramin-T. Aus diesen Angaben, die leicht zu erweitern wären, ist zu schließen: die Desinfektion folgt nicht absolut und regelmäßig den chemischen Grundgesetzen, die eine der maximalen HOCl-Konzentration entsprechende optimale Desinfektionswirkung bei pH 5 erfordern würden. Allgemein gilt nur, daß bei pH-Erhöhung die Verminderung der Desinfektionswirkung progressiv und markant ist. Heicken (1956) hat die pH-Verschiebung durch das Chlorpräparat (in Form von Chlorkalk) selber untersucht bei gleichzeitiger Feststellung der Desinfektionswirkung. Da durch zunehmende Dosis das pH steigt, vermindert sich die Desinfektionswirkung oder wird ganz aufgehoben.

Aus den erwähnten Gründen war eine grundsätzliche Untersuchung des Pufferungsvermögens von Abwasser gegenüber Chlorkalk nötig. Es ergab sich eine große pH-Stabilisierung von landwirtschaftlichem Abwasser gegenüber Chlorkalk. Nur bei großen Chlorkalkdosen ist sowohl pH-Anstieg als auch pH-Senkung beobachtet worden. Der pH-Anstieg erfolgt schnell, und Salmonellen würden durch die hohe Konzentration an OH-Ionen absterben. Die Desinfektionsdosis lag aber in nur wenigen Fällen im Bereich des pH-Anstieges. Im allgemeinen bleibt das pH konstant oder senkt sich noch im Verlaufe der Desinfektion. Durch pH-Senkung wird das System in einen für die Chlorwirkung optimaleren Bereich gesteuert (Autokatalyse). Bei genügender Chlordosierung bleibt der pH-Einfluß gering. Die Verhältnisse bei Tuberkulose- und Milzbranddesinfektionen müssen näher studiert werden.

X. Einfluß der Temperatur auf die Desinfektionswirkung von Chlorkalk

Die Desinfektionen mit chemischen Mitteln sind temperaturabhängige Prozesse mit einem Q_{10} von 2 oder mehr. Holluta und Unger (1954) haben für Chlor eine Geschwindigkeitskonstante von 1,7 gefunden. Nach Sykes (1965) und Butterfield und Wattie (1944) variiert die Desinfektionsrate bei den verschiedenen Chlorpräparaten und ist stärker bei Chloraminen und hohem pH.

Die extremsten in Gülle gemessenen Temperaturen betragen 2 und 22 °. Eine Abklärung des Temperaturfaktors war also nötig. Es ergab sich, daß die Temperatur entscheidend ist für die Keimtötungsgeschwindigkeit, nicht aber für das Endresultat, das heißt die 24-Stunden-Desinfektion. Da der Zeitfaktor

beim nicht fließenden landwirtschaftlichen Abwasser nicht berücksichtigt werden muß, kann der Temperaturfaktor vernachlässigt werden.

XI. Unterschied in der Wirkung bei Verwendung von vorgelöstem Chlorkalk und Chlorkalk in Pulverform.

$\text{Ca}(\text{OCl})_2$ wird nach Först (1954) nur unvollständig und langsam gelöst. Vorlösung muß also einen Einfluß auf die Desinfektion haben. Die Durchdringung des zu desinfizierenden Systems ist bei verdünnten Chlorlösungen zudem besser (Popp 1958). Tyler und Mitarb. (1950) finden allerdings Chlorverdünnungen weniger ökonomisch als Chlorkonzentrate.

Ein eigener Versuch ergab: 1. Vorgelöster Chlorkalk wirkt schneller als Chlorkalk in Pulverform, allerdings nur zu Beginn. 2. Mit der Zeit kommt eine Angleichung zustande, da der nicht vorgelöste Chlorkalk in Lösung geht. 3. Die Form der Verabreichung von Chlorkalk spielt für die praktische Güllendesinfektion keine Rolle.

XII. Keimabnahme oder Keimzunahme nach der Desinfektion?

Allen und Brooks (1949), Heuklekian (1951), Rudolfs und Gehm (zit. Tyler und Mitarb. 1950) und Tyler und Mitarb. (1950) haben ein Nachwachsen coliformer Bakterien nach der Chlorierung festgestellt. In eigenen Versuchen konnte kein Wiederanwachsen von Salmonellen festgestellt werden.

XIII. Einfluß des Chlorkalks auf die Düngerwirkung der Gülle

Da schon Normalgülle brennt, war zu erwarten, daß der der Gülle zugesetzte Chlorkalk diese Brennwirkung verstärkt. Es ergab sich jedoch, daß eine Brennwirkung bis zu 5 kg Chlorkalk/m³ selbst unter optimalen Brennbedingungen nicht zu erwarten ist. Die Chlorzehrung setzt die Gefahr weiter herab.

Schlußfolgerungen und Zusammenfassung

Vorkommen und Überleben: Abwasser kann während Monaten kontaminiert werden. Es muß daran gedacht werden, daß Abwasser noch nach Abklingen einer Bestandesinfektion verseucht sein kann, selbst wenn nur ein einziges Ausscheidertier vorhanden war. Es ist allerdings möglich, daß trotz vieler salmonellapositiver Tiere das Abwasser frei von Salmonellen sein kann. Besonders bei Kälbersalmonellosen ist das Abwasser mit geringer Wahrscheinlichkeit kontaminiert.

In Harngülle (pH über 9,1) sterben Salmonellen sehr schnell. In Güllen anderer Zusammensetzung ist keine Voraussage über die Tenazität möglich, da diese von zu vielen Faktoren (Temperatur, Kontaminationsmenge usw.) abhängt.

Auf alle Fälle können Salmonellen so lange überleben, daß sie in oft großer Menge auf Futterpflanzen und Erde gebracht werden, wo sie erwiesenermaßen sehr lange überleben und Ursache plötzlicher Salmonellaausbrüche werden können.

Wachstum findet nur in nicht gegorener Gülle und frischem Harn (vor allem Pferdeharn) statt und ist auf wenige Tage beschränkt. Wachstumsmöglichkeit besteht weniger in Güllengruben als vielmehr in Stallungen, also in unmittelbarer Umgebung des Tieres. Bei gedrängter Tierhaltung (Kälber, Schweine) kann dies ein wesentlicher Faktor für die Salmonellenübertragung sein.

Desinfektion: Die Desinfektion mit Chlorkalk ist möglich, jedoch umständlich, da stets das bakteriologische Resultat abgewartet werden muß. Obschon noch keine Praxiserfahrungen vorliegen, wird vorgeschlagen, mittels konz. NaOH das pH während 24 Stunden auf 10 bis 11 zu heben (das pH von Gülle schwankt zwischen 6,8 und 9,4. Güllen, die natürlicherweise ein pH von über 9,1 haben, brauchen nicht desinfiziert zu werden). Wegen Verbrennungen von Grünflächen sollte das pH vor dem Ausbringen mit Säure wieder auf etwa 8,5 gesenkt werden.

Résumé

Les purins peuvent rester contaminés pendant des mois. Il faut penser au fait que le purin peut être contaminé encore après l'éradication d'une infection de masse, même s'il ne subsiste qu'un seul porteur de germes. Il est cependant possible que le purin soit libre de salmonelles malgré la présence de plusieurs animaux porteurs de salmonelles. C'est spécialement pour la salmonellose des veaux que la probabilité est faible pour que le purin soit contaminé. Dans le purin avec un pH au dessus de 9,1 les salmonelles sont très rapidement tuées. Dans le purin dont la composition est différente, il n'est pas possible de faire une prévision quant à la ténacité, car celle-ci dépend de trop de facteurs (température, degré de contamination, etc.).

Dans tous les cas les salmonelles peuvent survivre longtemps, de sorte qu'elles peuvent parvenir en grande quantité sur les plantes fourragères et sur le sol où on sait que là aussi elles survivent longtemps et qu'elles peuvent être à l'origine de l'éclosion subite d'une salmonellose. La croissance n'a lieu que dans le purin qui n'a pas fermenté et dans l'urine fraîche (en particulier dans l'urine de cheval) et elle est limitée à une durée de quelques jours. Les possibilités de croissance sont plus faibles dans la fosse à purin que dans l'écurie, autrement dit à proximité immédiate de l'animal. Une grande densité d'animaux (veaux, porcs) représente un facteur important pour la diffusion des salmonelles. La désinfection au chlorure de chaux est possible, mais compliquée, car il faut continuellement attendre le résultat de l'analyse bactériologique. Quoique ne disposant pas d'une expérience pratique, l'auteur préconise d'élever le pH jusqu'à 10-11 pendant 24 heures au moyen d'une solution concentrée de soude caustique (le pH du purin varie entre 6,8 et 9,4. Les purins qui ont un pH naturel supérieur à 9,1 ne nécessitent pas de désinfection). Pour éviter les brûlures des surfaces cultivées, il y aurait lieu de ramener le pH du purin à environ 8,5 à l'aide d'un acide avant de l'épandre.

Riassunto

Acque di scolo possono esser contaminate per mesi. Si deve pensare che esse possono esser contaminate anche dopo l'estinzione dell'infezione, anche se nella stalla vi è un solo portatore. È possibile che le acque non siano contaminate anche se vi è un animale positivo. Specialmente nella salmonellosi dei vitelli le acque di scolo sono raramente contaminate. Nel colaticcio formato da orina (pH superiore a 9,1) le salmonelle muoiono presto. Per colaticcio di altra natura, non si può dare un giudizio, poichè le possibilità variano (temperatura, carica batterica, ecc.).

In ogni caso le salmonelle sopravvivono tanto da poter esser spesso portate sull'erba e sul terreno, dove possono restare a lungo ed esser causa di infezioni. La crescita delle salmonelle non avviene solamente in colaticcio fermentato ed in urina fresca (specialmente urina di cavallo) ed è limitata a pochi giorni. Possibilità di crescita sono meno facili nelle fosse del colaticcio che nelle stalle, ossia nelle immediate vicinanze dell'animale. Nelle stalle in cui si trovano molti animali (vitelli, maiali) questo fatto ha importanza per la trasmissione delle salmonelle. La disinfezione con cloruro di calcio è possibile, tuttavia non è facile, poichè dipende sempre dal controllo batterico. Sebbene non esista ancora un'esperienza in questo campo, si propone la disinfezione con soda caustica concentrata, per elevare il pH a 10-11, per 24 ore (pH del colaticcio 6,8-9,4. Il colaticcio con un pH superiore a 9,1 non deve necessariamente esser disinfettato). Per evitare danni a terreni il pH del colaticcio dovrebbe esser ridotto a 8,5 con l'aggiunta di acido.

Summary

Waste water may be contaminated for months. It must be remembered that waste water can be contaminated after a herd infection is over, even if only one single animal was an excreter. On the other hand it is also possible that waste water may be free of

salmonella in spite of many animals reacting positively to salmonella tests. Especially where there is salmonellosis among calves the probability of the waste water being contaminated is slight. In urine manure (pH more than 9.1) salmonellae die very quickly. In other liquid manure it is not possible to predict tenacity, because this depends on too many factors such as temperature, amount of contamination, etc.

In any case salmonellae are able to survive long enough to be brought, often in great quantities, on to fodder plants and soil, where it has been proved that they can survive for very long periods and then become the cause of sudden outbreaks of salmonellosis. Growth occurs only in unfermented manure and fresh urine (particularly horse stale) and is restricted to a few days. There is less possibility of growth in manure troughs than in stables, that is in the direct environment of the animal. Where the animals are too crowded (calves, pigs) this can be an essential factor for the spread of salmonellae. Disinfection with chloride of lime is possible, but complicated, as the results of bacteriological examination must be waited for. Although no practical experience is as yet available, it is suggested that concentrated NaOH should be used to raise the pH to 10–11 for a period of twenty-four hours (the pH of manure varies from 6.8 to 9.4; manure with a natural pH of over 9.1 does not need to be disinfected). To avoid the danger of scorching green plants, acid should be used to reduce the pH to about 8.5 before the manure is spread.

Das *Literaturverzeichnis* mit 123 Nummern steht Interessenten im Institut zur Verfügung.

Medizinische Betrachtungen zur Ornithosebekämpfung in der Geflügelwirtschaft. Von H. Grahneis. VEB Verlag Volk und Gesundheit, Berlin 1967. 102 Seiten, 12 Abbildungen, Halbleinen MDN 16.90.

Der Verfasser handelt in dem als Monographie bezeichneten Büchlein folgende Hauptkapitel ab: 1. Epidemiologie der Ornithose, 2. Hygiene der Geflügelzucht, Geflügelmast und Geflügelschlachtung, 3. Untersuchungen über das Auftreten von Ornithoseerkrankungen, 4. Bekämpfung der Ornithose als gemeinsame Aufgabe der Human- und Veterinärmedizin. Angeschlossen ist ein umfangreiches Literaturverzeichnis, das Veröffentlichungen bis zum Jahre 1964 berücksichtigt.

In den Kapiteln über Epidemiologie und Hygiene bespricht der Verfasser in Form einer Übersicht die wichtigsten Allgemeinfakten ohne in Details einzugehen. Den weitaus größten Umfang weist der Abschnitt «Untersuchungen über das Auftreten von Ornithoseerkrankungen» auf. Darin werden die während der Jahre 1958–1962 in der DDR aufgetretenen Fälle von Ornithose beim Menschen abgehandelt und nach verschiedenen Gesichtspunkten aufgeschlüsselt.

Der Schreibstil kann kaum begeistern. Unglücklich gewählte Ausdrücke (z.B. «Bekämpfungsmaßnahmen tierischer Infektionsquellen») und langatmige Sätze tragen dafür die Schuld.

Allen, die mit den Problemen der Ornithose und des Auf- und Ausbaues von Geflügelschlächtereien einigermaßen vertraut sind, vermittelt das Büchlein nichts Neues. Laien auf diesen Gebieten werden sowohl die Epidemiologie der Ornithose als auch die Zusammenhänge zwischen Hygiene der Geflügelhaltung und -schlachtung und Grad der Exposition der in solchen Betrieben beschäftigten Personen näher gebracht.

H. R. Ehram, Zürich