

Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 72 (1980)
Heft: 1-2

Artikel: Die Dringlichkeit der Klärschlamm-Hygienisierung und ihre Realisierung in der Praxis = L'urgence de "l'hygiénisation" de la boue d'épuration et sa réalisation dans la pratique
Autor: Hess, Emil
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-941368>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 15.01.2026

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

Die Dringlichkeit der Klärschlamm-Hygienisierung und ihre Realisierung in der Praxis

Emil Hess

Zurzeit sind in der Schweiz rund 700 Kläranlagen in Betrieb. Der anfallende Klärschlamm von etwa 2 Mio t wird zu ca. 70 % als Dünger in der Landwirtschaft verwertet. Das ist die kostensparendste Art der Beseitigung.

Von der Landwirtschaft wird nun aber Klärschlamm nicht mehr bedenkenlos akzeptiert. Man wendet ein, seine Zusammensetzung sei inkonstant, ausserdem sei er potentiell mit Schadstoffen wie Schwermetallen und vor allem mit Erregern von Zoonosen belastet.

Mit diesen sowohl menschen- als auch tierpathogenen Krankheitserregern hat sich der Veterinärhygieniker zu befassen. Im Vordergrund des Interesses stehen die Salmonellen (Bild 1). Daneben kann Klärschlamm auch andere pathogene Darmbakterien, Bandwurmeier und virale Krankheitserreger enthalten.

Die *Salmonellen* haben seit dem Zweiten Weltkrieg auch in den hochzivilisierten Ländern enorm zugenommen. So meldet das Bundesamt für Gesundheitswesen einen Anstieg von 23 Fällen im Jahre 1955 auf 899 im Jahre 1965 und 3629 im Jahre 1979 (Bild 2). Dabei wird allgemein angenommen, dass nur etwa 1 bis 10% aller individuellen Ausbrüche gemeldet werden.

Infolge dieser zunehmenden Verseuchungsdichte der Bevölkerung ist Klärschlamm als Konzentrat menschlicher Abwässer immer häufiger mit *Salmonellen* kontaminiert. Im Jahre 1976 hat das Institut für Veterinärhygiene der Universität Zürich 300 Schlämme aus 62 verschiedenen Abwasserreinigungsanlagen untersucht und in über 84 % der Proben *Salmonellen* nachgewiesen. *Wizigmann* [8] hat 1978 aus 128 Faulschlämmen 117mal, das heisst bei 91 % der Faulschlammproben, *Salmonellen* isoliert.

Die früher oft vorgebrachte Hypothese, wonach pathogene Keime – und demnach auch *Salmonellen* – durch anaerobes Ausfaulen oder aerobe Stabilisierung vernichtet werden, ist widerlegt.

Wir haben festgestellt, dass die durchschnittliche *Salmonellen*-belastung im Frischschlamm 10^5 , im aerob stabilisierten Schlamm 10^4 und im Faulschlamm immer noch 10^3 pro Liter beträgt (Bild 3). Dabei konnten wir auch aus Faulschlamm noch bis 10^6 *Salmonellen* pro Liter isolieren [5].

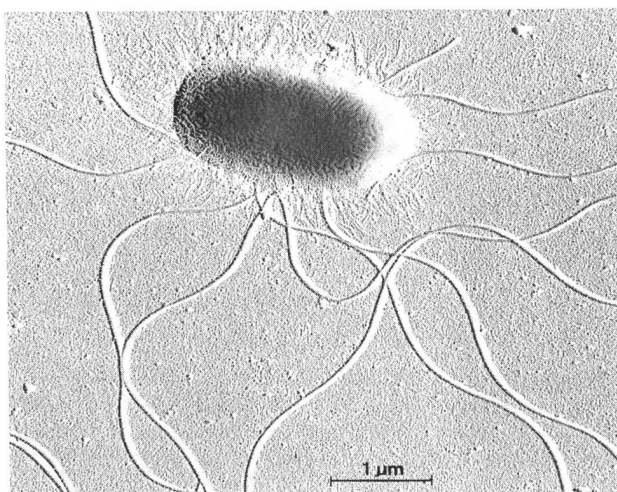


Bild 1. *Salmonella typhimurium* mit langen Geisseln, elektronenmikroskopische Aufnahme Dr. P. Wild, Veterinär-anatomisches Institut Zürich.

Figure 1. *Salmonella typhimurium*.

L'urgence de «l'hygiénisation» de la boue d'épuration et sa réalisation dans la pratique

Emil Hess

A l'heure actuelle, 700 stations d'épuration sont en service en Suisse. Environ 70 % des quelque 2 millions de tonnes de boue d'épuration qui y sont traitées annuellement sont utilisées dans l'agriculture comme engrais, représentant ainsi un moyen d'élimination fort peu coûteux.

Cependant, la boue d'épuration n'est plus acceptée sans autre par l'agriculteur. On lui reproche d'avoir une composition inconstante et d'être potentiellement dangereuse à cause d'éventuelles matières nuisibles comme des métaux lourds et surtout des agents transmetteurs de zoonoses qu'elle peut contenir.

C'est avec ce problème des germes pathogènes pour l'homme et l'animal que le vétérinaire hygiéniste est confronté. La boue d'épuration peut contenir en premier lieu des salmonelles – problème qui nous intéresse tout spécialement – mais aussi d'autres bactéries fécales pathogènes ainsi que des agents de maladies parasitaires ou virales (figure 1).

Les salmonelloses ont énormément augmenté depuis la deuxième guerre mondiale, même dans les pays à niveau de vie élevé. Elles occupent chez nous la seconde place dans le rang des maladies dont la déclaration est obligatoire. Les statistiques de l'Office fédéral de la santé publique nous indiquent que les cas de salmonellose ont passé de 23 en 1955 à 899 en 1965 et à 3629 en 1979 (figure 2). Ces valeurs devraient être en fait beaucoup plus élevées, puisqu'on estime que seulement 1 à 10 % des cas individuels sont déclarés.

Il est de ce fait clair que la boue d'épuration, qui représente un concentré des eaux résiduelles de l'homme, soit toujours

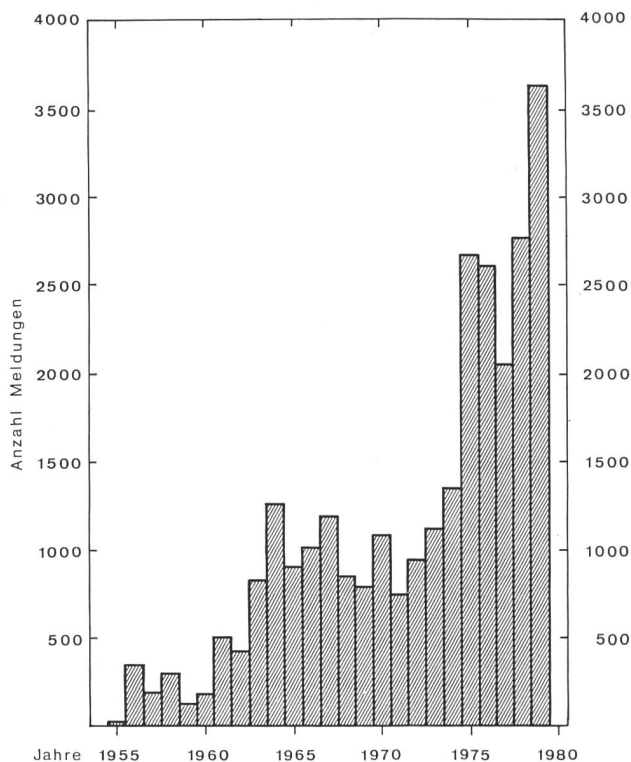


Figure 2. Nombre de cas de salmonelloses chez l'homme (selon l'Office fédéral de la santé publique).

Bild 2. Salmonellosen beim Menschen (nach Meldung des Bundesamtes für Gesundheitswesen).

Die völlig unzureichende Keimreduktion haben wir anhand des Fäkal-Indikatorkeimes *E. coli* eindeutig bestätigt (Bild 4). *Coli*-Keime besitzen eine den Salmonellen vergleichbare Tenazität. Sie sind im Klärschlamm massenhaft vertreten. Ihre Zahl sank von durchschnittlich 10^9 pro Liter Frischschlamm auf 10^8 beim aeroben Stabilisieren und nur auf 10^7 beim Ausfäulen.

Durch die konventionellen Behandlungsverfahren wird also der Schlamm nicht hygienisiert.

Klärschlamm ist denn auch seit längerer Zeit als Ursprung interner Salmonellenzyklen bekannt. Die epidemiologischen Zusammenhänge haben *Edel, van Schothorst* und *Kampelmacher* einwandfrei nachgewiesen [3]. Sie konnten im geschlossenen Biotop der Insel Walcheren in Holland nicht nur analoge Serotypen, sondern sogar identische Phagentypen von *S. typhimurium* und *S. panama* isolieren aus Abwasser, bei Schlachttieren, in Metzgereien sowie bei menschlichen Patienten und Dauerausscheidern (Bild 5).

Analoge Feststellungen haben wir in der Schweiz gemacht. In einer Milchviehherde erkrankten 4 Wochen nach Klärschlammaustrag 9 Tiere an fieberhaftem Durchfall mit abruptem Milchversiegen. Wir isolierten *S. tokoin* aus dem Darminhalt aller 9 Patienten. 7 Wochen nach Klärschlammdüngung gelang uns der Nachweis von *S. tokoin* auch noch aus der Grasnarbe der betreffenden Weide. Der ursächliche Zusammenhang zwischen Klärschlamm Düngung und Bestandes-Enzootie ist in diesem Fall offensichtlich, weil *S. tokoin* vorher in der Schweiz noch nie nachgewiesen worden war.

In einem Mastbestand von Jungrindern, die ebenfalls an akuter Salmonellose erkrankt waren, gelang die Isolierung von *S. dublin* aus dem Darminhalt der Tiere und aus Gras. Die betreffende Grünfläche war im Hochsommer mit Klärschlamm gedüngt worden.

plus fréquemment contaminée par des salmonelles. Ainsi en 1976, nous avons isolé à partir de 300 échantillons de boue provenant de 62 stations d'épuration, des salmonelles dans 84 % des cas. En 1978, *Wizigmann* [8] a isolé à Munich à partir de 128 échantillons de boue d'épuration des salmonelles dans 91 % des cas.

L'hypothèse autrefois souvent avancée, selon laquelle les germes pathogènes – salmonelles y compris – seraient détruits par une digestion ou une stabilisation aérobie est ainsi réfutée.

Nous avons trouvé que la quantité moyenne de salmonelles par litre passait de 10^5 pour la boue fraîche à 10^4 pour la boue stabilisée et à 10^3 pour la boue digérée (figure 3). Pour la boue digérée nous avons même trouvé des valeurs limites atteignant 10^6 salmonelles par litre [5].

Nous avons prouvé de manière indubitable que la réduction des germes était insuffisante en employant comme indicateur *E. coli* (figure 4), dont la ténacité est comparable à celle des salmonelles et que l'on rencontre en masse dans la boue d'épuration. Le nombre moyen de *E. coli* par litre est de 10^9 pour la boue fraîche, de 10^8 pour la boue stabilisée par voie aérobie et de 10^7 pour la boue digérée.

Nous considérons donc comme prouvé que les méthodes conventionnelles d'épuration n'assurent pas «l'hygiénisation» de la boue.

Il est connu depuis fort longtemps que la boue d'épuration est à l'origine de cycles internes d'infections à salmonelles dont les imbrications épidémiologiques ont été démontrées par *Edel, van Schothorst* et *Kampelmacher* [3]. Dans l'île de Walcheren en Hollande, dont le biotope est totalement à l'écart du monde extérieur, ils ont pu isoler à partir d'eaux résiduelles, de bétail d'abattage, de boucheries ainsi que de personnes souffrant de diarrhée à salmonelles ou d'excréteurs permanents non seulement les mêmes sérotypes mais

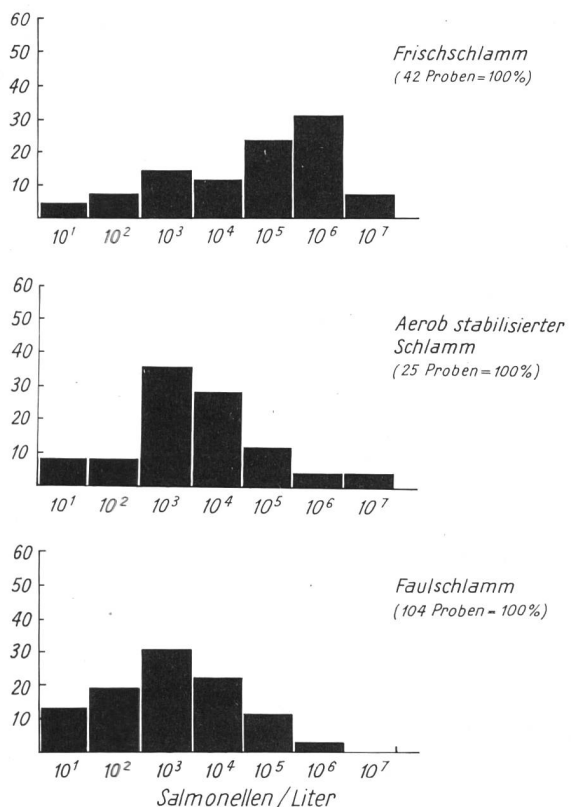


Bild 3. Prozentuale Verteilung der Proben nach Salmonellengehalt pro Liter (aus dem Institut für Veterinärhygiene der Universität Zürich).

Figure 3. Répartition en pour-cent des échantillons selon la quantité de salmonelles mesurées par litre (Institut d'hygiène vétérinaire de l'Université de Zurich).

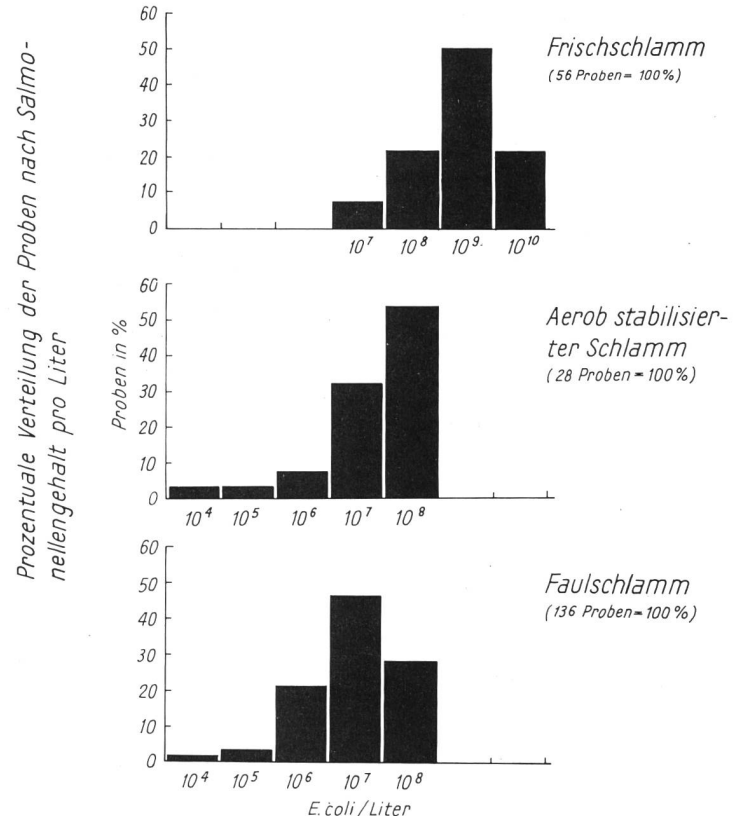


Figure 4. Répartition en pour-cent des échantillons selon la quantité d'*E. coli* par litre.

Bild 4. Prozentuale Verteilung der Proben nach *E. coli*-Gehalt pro Liter.

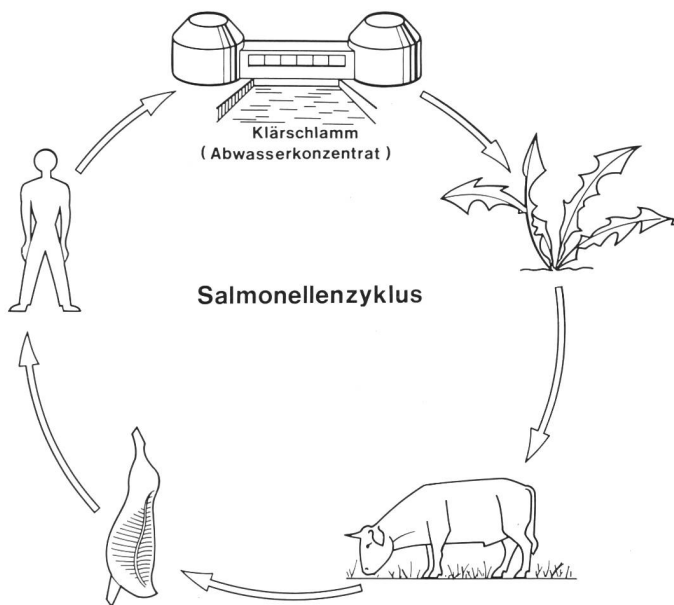


Bild 5. Der Salmonellenzyklus.

Figure 5. Le cycle des salmonelles.

Ungleich häufiger als die erwähnten, klinisch manifesten Ausbrüche sind stumme Infektionen. Diesen verborgenen Keimträgern kommt heute eine wesentliche fleischhygienische Bedeutung zu. Sie entgehen sowohl der Lebenduntersuchung der Schlachttiere wie der Fleischbeschau. Bei der modernen Massenverarbeitung von Fleisch und Fleischwaren kann ein lokalisierter Infektionsherd eines Einzeltieres zur Salmonellenkontamination grosser Chargen führen.

Noch vor 4 bis 5 Jahren haben wir in bündnerischen Regionen ohne Klärschlamm-Anfall keine Salmonellen-Träger festgestellt.

Im allgemeinen aber ist die Infektionsrate innerhalb der letzten 14 Jahre um das 7-bis 8fache angestiegen. Neuerdings haben wir bei 2,5 % von 2500 klinisch normalen Schlachtrindern und -kühen Salmonellen isoliert.

Dass in Gebieten mit Klärschlamm-Düngung die Verseuchungsdichte während der Grünfütterungsperiode jeweils signifikant ansteigt, haben wir an einem Untersuchungsmaterial von über 20 000 Proben bewiesen. Der Prozentsatz infizierter Schlachttiere kulminierte in den Monaten August und September (Bild 6). Die hochsommerliche Spitze führen wir auf den zeitlich massierten Austrag von unhygienisiertem Klärschlamm im Anschluss an die Heuernte zurück, und vor allem auf das besonders kurze Intervall zwischen Düngung und Weidegang beziehungsweise Grasschnitt zur Zeit der intensivsten Wachstumsperiode. Bezeichnend ist, dass wir bei unseren Mastschweinen mit permanenter Stallhaltung keine saisonale Häufung der Salmonellen-Infektionen feststellen.

Von Abwasser-Fachleuten wird das Infektionsrisiko des Klärschlammes immer wieder demjenigen der Hofgülle gleichgesetzt. Deshalb haben wir Gülle aus 444 Rinderbeständen ohne Klärschlammverwertung untersucht. Wir isolierten Salmonellen nur aus 3 Gülleproben. In einem der 3 Fälle stammten die Salmonellen zudem mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit vom Menschen. Der Inhalt der betreffenden Güllengrube bestand nämlich zum grössten Teil aus Abwasser der WC-Anlagen einer gut frequentierten Gaststätte. Einschliesslich dieser Probe enthielten die 444 Hofgüllen Salmonellen nur in 0,7 %. Demgegenüber isolierten wir Salmonellen aus Güllengruben 8 Tage nach Klärschlammbeimischung in über 50 % und später noch in knapp 40 % der Fälle.

Nach Hahn [4] überleben Salmonellen in der Rindergülle bis

encore les mêmes lysotypes de *S. typhimurium* et de *S. panama* (figure 5).

Nous avons fait des observations analogues en Suisse. Dans un troupeau de vaches laitières, 9 animaux furent atteints d'une diarrhée fébrile accompagnée d'une brusque réduction de la production laitière après avoir mangé de l'herbe d'un pré qui avait été fumé à la boue d'épuration 4 semaines auparavant. Nous avons isolé *S. tokoin* à partir des fèces des 9 patients. Le même type de salmonelles a pu être isolé à partir de l'herbe du pré encore 7 semaines après la fumure. Cette enzootie d'exploitation démontre clairement la relation directe entre l'infection à salmonelles et la fumure du pré à la boue d'épuration puisque *S. tokoin* n'avait encore jamais été isolée en Suisse.

Dans une exploitation d'engraissement de veaux où une salmonellose aiguë s'était déclarée, nous avons isolé *S. dublin* aussi bien des fèces des animaux que de l'herbe provenant d'un pré qui avait été fumé à la boue d'épuration durant l'été.

Les infections inapparentes à salmonelles sont beaucoup plus fréquentes que les infections cliniquement manifestes. On attribue aujourd'hui à ces porteurs de germes qui passent inaperçus tant du vivant de l'animal qu'à l'inspection des viandes une grande importance du point de vue de l'hygiène des viandes. En effet dans le cadre d'une exploitation moderne de fabrication de viande et de préparations de viande, un foyer d'infection d'un seul animal peut conduire à une contamination par des salmonelles d'une charge de fabrication entière.

Il y a 4 ou 5 ans, nous n'avons décelé aucun porteur de salmonelles dans certaines régions des Grisons qui ne fumaient pas leurs prés à la boue d'épuration.

Au cours des 14 dernières années, nous avons enregistré une augmentation générale de l'incidence des infections à salmonelles, qui a atteint des valeurs de 7 à 8 fois élevées qu'au cours des années précédentes. Un de nos derniers résultats portant sur 2500 bovins d'abattage cliniquement sains indique que 2,5 % des animaux testés étaient porteurs de salmonelles.

Dans une autre étude portant sur plus de 20 000 bovins d'abattage, nous avons prouvé que, dans les régions fumées à la boue d'épuration, le nombre des isolations de salmonelles croît de manière significative pendant la période du fourrage vert et atteint son point culminant en août et septembre (figure 6). Nous pensons que ceci est dû non seulement à l'épandage massif de boue d'épuration non «hygiénisée» après la fauchaison, mais surtout à l'intervalle de temps extrêmement court entre la fumure et le pâturage ou respectivement le fauchage du regain qui survient pendant la période de croissance végétale la plus intensive.

Il est significatif que nous n'observons pas d'augmentation saisonnière des infections à salmonelles dans nos exploitations d'engraissement de porcs qui restent en permanence à l'intérieur.

Les experts en épuration se sont toujours accordés à penser que les risques d'infections provenant du purin ou de la boue d'épuration étaient les mêmes. Nous avons voulu contrôler cette affirmation en analysant des échantillons de purin provenant de 444 fermes de gros bétail, dont les prés n'étaient pas fumés à la boue d'épuration. Nous n'avons isolé des salmonelles que dans 0,7 % des cas. Il s'agissait de trois échantillons, dont l'un était constitué en grande partie par des eaux résiduelles provenant des WC d'un restaurant très fréquenté: de ce fait, il est quasi certain que les salmonelles isolées de cet échantillon provenaient de personnes et non des animaux de la ferme. En revanche, après avoir contaminé le purin avec de la boue d'épuration, nous

zu einem Jahr. *Blum* [1] schreibt in seiner Dissertation aus der veterinärmedizinischen Fakultät der Universität Bern: «Unter günstigen Bedingungen können Salmonellen so lange überleben, dass sie bei der in der Schweiz üblichen Düng Praxis in oft grosser Menge auf Futterpflanzen und Erde gebracht werden, wo sie erwiesenermassen ebenfalls sehr lange überleben und Ursache plötzlicher Salmonella-Infektionen werden können.»

Nach eigenen Untersuchungen [6] überleben Salmonellen an der gedüngten Grasnarbe bis 61 Wochen und in der obersten Humusschicht bis 57 Wochen.

Gestützt auf alle diese Feststellungen haben wir die Hygienisierung des zur Grünlanddüngung vorgesehenen Klärschlammes gefordert. Sie wurde in Artikel 7 des Schweizerischen Milchlieferungsregulativs vom 1. Januar 1973 vorgeschrieben.

1977 erhielten wir vom Bundesamt für Umweltschutz den Auftrag, die bestehenden Pasteurisationsanlagen zu überprüfen. Die bakteriologischen Stufenkontrollen deckten gravierende bauliche und betriebstechnische Mängel auf, zum Beispiel:

- wechselweise Beschickung von Leitungen, Pumpen und Stapelbehältern mit Rohschlamm und pasteurisiertem Schlamm,
- tote Rohrleitungsabschnitte und undichte Schieber,
- willkürliche Unterbrechung des Pasteurisierungs-Ablaufes,
- Fehler des Temperaturschreibers,
- Fehlen einer praktikablen Reinigungs- und thermischen Desinfektionsmöglichkeit,
- Verwendung von Brauchwasser zur Reinigung der Pasteurisationsanlage,
- Aerosol-Übertragung in offene Stapelbehälter aus einem angrenzenden Belüftungsbecken.

Alles in allem wurden Prinzipien missachtet, die in der grosstechnischen Lebensmittelpasteurisation seit langem selbstverständlich sind. Wir haben deshalb empfohlen, die Hygienisierung von Klärschlamm ad interim zu unterbrechen.

Neu war die von uns gewonnene Erkenntnis, wonach frisch pasteurisierter Faulschlamm ein relativ günstiges Nährmedium für Enterobacteriaceen und damit auch für Salmonellen darstellt. In Modellversuchen haben wir nachgewiesen, dass durch die Wärmebehandlung Nährstoffe aufgeschlossen werden, die einer Keimvermehrung Vorschub leisten. Wenn also dem ausgefaulten Schlamm nach dem Erhitzen wieder Salmonellen zugeführt werden, so können sie sich anreichern.

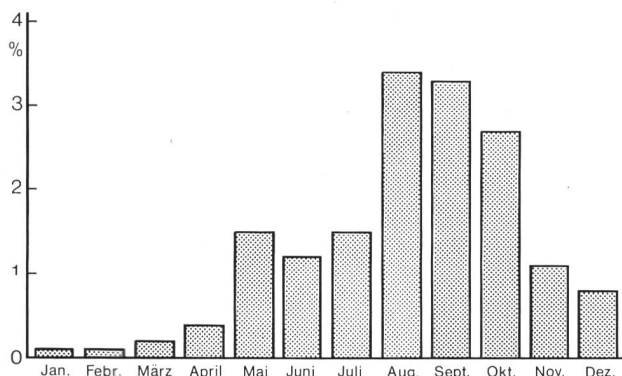


Bild 6. Jahreszeitliche Verteilung der Salmonellenisolierungen beim erwachsenen Rind, 1969 bis 1976 (20 373 Proben).

Figure 6. Répartition saisonnière de cas de salmonelloses isolés chez le bœuf adulte entre 1969 et 1976 (20 373 échantillons).

avons isolé des salmonelles 8 jours plus tard dans 50 % des exploitations testées et après coup encore dans presque 40 % des cas.

D'après *Hahn* [4], les salmonelles peuvent survivre dans le purin de bovin jusqu'à une année. Dans sa thèse de doctorat, effectué à la Faculté de médecine vétérinaire de l'Université de Berne, *Blum* [1] écrit: «Dans des conditions favorables, les salmonelles peuvent survivre très longtemps dans le purin. Comme il est de coutume dans nos régions d'employer le purin pour la fumure des prés, il arrive que les salmonelles contaminent souvent très massivement aussi bien l'herbe que le sol, où il est prouvé qu'elles survivent également longtemps et peuvent être de ce fait à l'origine d'infections soudaines.» Selon nos propres recherches [6], les salmonelles provenant de purin contaminé survivent jusqu'à 61 semaines sur la tige de l'herbe et jusqu'à 57 semaines dans les couches supérieures du sol.

Avec toutes ces preuves à l'appui, nous avons exigé l'«hygiénisation» de la boue d'épuration destinée à la fumure des prés. Ceci a été prescrit dans l'article 7 du Règlement de la livraison du lait du 1. 1. 1973. En 1977, nous avons été chargés par l'Office fédéral de la protection de l'environnement de contrôler les installations de pasteurisation existantes. L'analyse bactériologique de différents prélèvements a fait apparaître de graves lacunes aussi bien au niveau de la conception que du fonctionnement de l'installation. En voici quelques exemples:

- utilisation alternative des mêmes conduits, pompes et réservoirs pour la boue non traitée et la boue pasteurisée,
- conduits se terminant en cul-de-sac et vannes non étanches,
- interruption délibérée du processus de pasteurisation,
- mauvais fonctionnement de l'enregistreur de température,
- impossibilité de nettoyage approprié et de désinfection thermique de l'installation,
- utilisation d'eau épurée pour le nettoyage des installations de pasteurisation,
- contamination des réservoirs ouverts par des aérosols provenant des bassins d'aération voisins.

Toutes ces lacunes ont été dues à la non-observation de certains principes qui vont de soi depuis longtemps dans les exploitations industrielles de pasteurisation des denrées alimentaires. C'est pourquoi nous avons suggéré d'interrompre pour le moment l'«hygiénisation» de la boue d'épuration.

Nous avons été les premiers à découvrir que la boue de digestion pasteurisée constitue un milieu de propagation favorable aux entérobactéries, salmonelles y compris. Dans des expériences modèles, nous avons prouvé que les substances nutritives libérées au cours du traitement thermique favorisent la multiplication des germes. Ceci veut dire que, si les salmonelles contaminent la boue de digestion pasteurisée, elles peuvent s'y concentrer en grande quantité. Pour parer au développement de tels recontaminants, nous avons mis au point deux procédés:

1. *Remplacement de la postpasteurisation par une prépasteurisation*, c'est-à-dire par le traitement thermique de la boue fraîche avant la digestion. *Breer, Hess et Keller* [2] ont démontré que ce procédé permet de maîtriser avec certitude le développement ultérieur des entérobactéries.

2. *Alcalinisation à faible dose de la boue de digestion pasteurisée*. On peut prévenir la concentration des entérobactéries en élevant la valeur du pH de la boue jusqu'à au moins 9,5. Après une recontamination massive, une élévation du pH à des valeurs comprises entre 9,5 et 9,75 n'empêche cependant pas la persistance plus ou moins, longue des

Um die Vermehrung derartiger Rekontaminanten in den Griff zu bekommen, haben wir zwei Wege beschritten:

1. *Umstellung der Nachpasteurisation auf Vorpasteurisation, das heisst Hitzebehandlung des Frischschlammes mit nachgeschalteter Ausfäulung:*

Breer, Hess und Keller [2] haben belegt, dass mit diesem Verfahren die nachträgliche Vermehrung von Enterobacteriaceen einwandfrei zu beherrschen ist.

2. *Dosierte Alkalisierung des pasteurisierten Faulschlammes:*

Durch Erhöhung des pH-Wertes auf mindestens 9,5 wird die Anreicherung von Enterobacteriaceen verhindert. Hingegen können massive Rekontaminationen im pH-Bereich von 9,5 bis 9,75 mehr oder weniger lang persistieren. Gravierende bauliche und betriebstechnische Hygienemängel müssen also behoben werden.

Im Labormodell und im grosstechnischen Stapelversuch haben wir nachgewiesen, dass es mit Hilfe dieser mässigen pH-Verschiebung möglich ist, pasteurisierten Faulschlamm hygienisch einwandfrei zu stapeln.

Die erforderliche Alkaleszenz haben wir erzielt durch Beigabe von gebranntem beziehungsweise gelöschtem Kalk – der sich wesentlich leichter löst – oder Natronlauge. Die Zugabe von Alkalien muss unmittelbar nach Pasteurisation erfolgen, um eventuelle Rekontaminationen von allem Anfang an zu beherrschen.

Bei Eintarieren des pH-Wertes von 9,5 bis höchstens 10,0 ist zu berücksichtigen, dass Kalk – insbesondere gebrannter Kalk – sich erst im Verlauf eines Tages vollständig löst.

Im Gegensatz zu ausländischen Empfehlungen ersetzen wir die Pasteurisation nicht durch eine chemische Desinfektion mit einem Überschuss von Kalk bis zu extremen pH-Werten von 12 bis 13 [7]. Derartiger Klärschlamm könnte nicht unmittelbar zur Grünlanddüngung verwendet werden.

Erste Feldversuche haben gezeigt, dass der mit unseren minimalen Kalkmengen stabilisierte, pasteurisierte Klärschlamm von den Futterpflanzen bei normalen Witterungsbedingungen ohne Schaden vertragen wird. Ob bei extremen Witterungsverhältnissen (intensive Sonnenbestrahlung, anhaltend trockenes Wetter nach dem Austrag) keine Verbrennungen auftreten, müsste durch weitere Feldversuche in Erfahrung gebracht werden.

Die dosierte Alkalisierung von pasteurisiertem Faulschlamm betrachten wir als mögliche Übergangslösung bis zur Inbetriebnahme der Vorpasteurisation.

Zusammenfassung

Nachdem Klärschlamm als Ursprung von Infektketten Futterpflanze–Nutztier–Fleisch erkannt ist, müssen wir seine Hygienisierung fordern, sofern er als Grünlanddünger an die Landwirtschaft abgegeben wird. Von der Verpflichtung zur Hygienisierung können Abwasserreinigungsanlagen, die ihren Schlamm ausschliesslich auf offene Ackerflächen ausbringen lassen, dispensiert werden.

Die ganzjährige Hygienisierung ist unerlässlich:

- weil Salmonellen auf der Grasnarbe mehr als ein Jahr überleben können,
- weil bei jedem Unterbruch der Hygienisierung Leitungen und Stapelbehälter mit Enterobacteriaceen derart belastet werden, dass sie vor Wiederaufnahme der Nachpasteurisation gereinigt und entkeimt werden müssen,
- weil bei Vorpasteurisationsanlagen der Faulturm permanent mit frisch pasteurisiertem Schlamm beheizt werden muss.

Adresse des Verfassers: Prof. Dr. Emil Hess, Direktor des Instituts für Veterinärhygiene der Universität Zürich, Winterthurerstrasse 270, 8057 Zürich.

entérobactéries. Il est de ce fait nécessaire de parer à une telle recontamination en remédiant aux lacunes de conception et de fonctionnement des installations de pasteurisation.

Nous avons prouvé, tant en essais de laboratoire que sur le terrain, qu'il est possible par ce procédé de stocker de façon hygiénique la boue de digestion pasteurisée. L'alcalinisation a été réalisée par adjonction de chaux vive ou de chaux éteinte – qui se dissout beaucoup plus facilement – ou de soude caustique. L'adjonction des alcalins doit immédiatement suivre la pasteurisation, afin que l'on puisse, dès le début, contrôler les recontaminations éventuelles. Lors du réglage de la valeur du pH à 9,5 – 10,0 au maximum – il faut tenir compte du fait que la chaux, surtout la chaux vive, ne se dissout complètement qu'au bout de 24 heures. A l'encontre des recommandations ayant cours à l'étranger, nous ne remplaçons pas la pasteurisation par une désinfection chimique à la chaux, avec des pH pouvant atteindre des valeurs de 12 ou 13 (7). La boue d'épuration traitée de telle façon ne saurait être utilisée sans autre pour la fumure de surfaces vertes.

En revanche, la boue d'épuration pasteurisée et stabilisée par adjonction de quantités minimales de chaux ne semble provoquer aucun dommage au fourrage vert, comme le permettent de supposer les résultats d'essais préliminaires. Un dernier essai effectué par l'Institut de recherche de Liebefeld, qui n'a malheureusement débuté qu'en août 1979, a montré des brûlures légères à moyennes. La boue fut épanchée quelques heures seulement après avoir été chaulée et le pH était déjà voisin de 10,6. De plus, l'herbe avait déjà poussé d'environ 10 cm. Les conditions climatiques aussi étaient défavorables (soleil intense accompagné d'une bise desséchante pendant plusieurs jours). On put constater des brûlures même sur les parcelles de contrôle fumées avec du purin ou des boues non chaulées.

Résumé

Comme il est établi que la boue d'épuration est à la base de la chaîne d'infection fourrage vert-animaux de rente-viande, nous devons exiger son «hygiénisation» dans la mesure où cette boue est employée dans l'agriculture comme engrais pour surfaces vertes. Seules les stations d'épuration qui épandent leurs boues sur des champs labourés non exploités pour le fourrage peuvent être exemptées de cette contrainte. Dans tous les autres cas, l'hygiénisation sans interruption durant toute l'année est nécessaire pour les raisons suivantes:

- Les salmonelles peuvent survivre plus d'une année sur la tige de l'herbe.
- Chaque interruption de la postpasteurisation est suivie d'une concentration d'entérobactéries telle qu'il est nécessaire de nettoyer et de stériliser les conduits et les réservoirs avant de pouvoir reprendre le traitement.
- Dans les installations à prépasteurisation, le réservoir de digestion doit être chauffé en permanence par la boue pasteurisée.

Literaturverzeichnis – Littérature

- [1] Blum, J.: Vet. Med. Diss. Bern (1968)
 - [2] Breer, C., E. Hess und U. Keller: Gas, Wasser, Abwasser 59, 323 (1979)
 - [3] Edel, W., M. van Schothorst und E. H. Kampelmacher: Zbl. Bakt. Hyg., I. Abt. Orig. A. 235, 476 (1976)
 - [4] Hahn, G.: Vet. Med. Giessen (1967)
 - [5] Hess, E., G. Lott und C. Breer: Zbl. Bakt. Hyg., I. Abt. Orig. B. 158, 446 (1974)
 - [6] Hess, E. und C. Breer: Gas, Wasser, Abwasser 56, 385 (1976)
 - [7] Strauch, D.: Proc. 11. Seminar «Klärschlamm-Desinfektion» Fortbildungszentrum Gesundheits- und Umweltschutz Berlin (1979)
 - [8] Witzigmann, I.: Zbl. Bakt. Hyg., I. Abt. Orig. B. 167, 546 (1978)
- Littérature: voir texte allemand

Adresse de l'auteur: Prof. Dr. Emil Hess, directeur de l'Institut d'hygiène vétérinaire de l'Université de Zurich, Winterthurerstrasse 270, 8057 Zurich.