

<b>Zeitschrift:</b>	Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
<b>Herausgeber:</b>	Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
<b>Band:</b>	72 (1980)
<b>Heft:</b>	10
<b>Artikel:</b>	Stabile Hygienisierung von Klärschlamm durch Aktivierung und Nutzung des Antagonismus
<b>Autor:</b>	Nebiker, Hans
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-941417">https://doi.org/10.5169/seals-941417</a>

### **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:** 16.01.2026

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

# **Stabile Hygienisierung von Klärschlamm durch Aktivierung und Nutzung des Antagonismus**

Hans Nebiker

## **Zusammenfassung**

In der Klärtechnik ist eine stabile Hygienisierung des Schlamms, das heisst die dauerhafte Vernichtung von Krankheitserregern vordringlich. Aus praktischen Versuchen resultiert, dass Klärschlamm bei Stapelung und Austrag hygienisch stabil gehalten werden kann, wenn die Hygienisierung durch biologische Selbstreinigung statt durch Pasteurisation erfolgt, was durch gezielte Aktivierung und Nutzung des natürlichen Antagonismus, sowohl im anaeroben (ohne Luft) als auch im aeroben (mit Luft) Milieu vorzugsweise bei biogenen Temperaturen zwischen 30 und 50 °C möglich ist. Diese antagonistischen Wirkungen als Voraussetzung der stabilen Hygienisierung von Klärschlamm werden anhand von sieben Verfahren demonstriert.

## **Une sanitation stable de la vase purifiée par l'activation et l'utilisation d'antagonismes**

Une élimination constante des agents pathogènes est de haute importance dans la technologie de la sanitation stable des matériaux vaseux. Les expériences montrent que la vase peut aussi être hygiéniquement stabilisée par l'auto-purification biologique et non pas seulement par le processus de pasteurisation. Ceci est possible par l'activation et l'utilisation programmées d'antagonismes naturels dans un milieu anaérobie comme dans un milieu aérobie à des températures biogénétiques optimales entre 30 et 50 °C. Les effets antagoniques, condition pour la sanitation stable de la vase, sont montrés en sept méthodes différentes.

The process of a stable sludge sanitation through activation and utilization of antagonism

A constant elimination of pathogenic agents is most important in sludge material's stable sanitation. Experiments show, that sludge can also be kept hygienically stable through biological self-purification and not only through the process of pasteurization. This is possible through programmed activation and utilization of natural antagonism in an anaerobic as well as in an aerobic environment at biogenetic temperatures between 30 and 50 °C. These antagonistic effects, which are the prerequisite for a stable sludge sanitation, are demonstrated in seven different methods.

In der Mikrobiologie wird die gegenseitige Wachstums-hemmung von Mikroorganismen als Antagonismus bezeichnet. Dieser Antagonismus kann bei geeigneter Steuerung zur Unterdrückung von pathogenen Keimen im Klärschlamm ausgenutzt werden (biologische Selbstreinigung). Die antagonistischen Wirkungen von Mikroben erfolgen durch Konkurrenz, durch Nährstoffentzug, und durch spezifische Abwehrstoffe, die Aktinomyceten, seltene Pilze und Bakterien, produzieren können (Antibiotika usw.).

Wesentlich ist nun, dass der hygienische Zustand bis zur Verwendung in der Landwirtschaft erhalten bleibt, der Klärschlamm also stabil hygienisiert ist. Das ist dann der Fall, wenn sich neue Infektionen mit pathogenen Keimen während der Stapelung und des Schlammaustrages nicht

auswirken können. Diese Stabilität kann durch die antagonistischen Wirkungen von Mikroben bei aerober Schlamm-rotte besser erreicht werden als bei anaerober Schlammfaulung.

Antagonistische Wirkungen sind in der Klärtechnik bekannt; sie werden beim anaeroben Gärprozess der Schlammfaulung festgestellt. Die biogene Selbstreinigung vollzieht sich dabei langsam. Das ist wohl mit ein Grund, dass in der Klärtechnik einer gezielten Aktivierung und Nutzung des natürlichen Antagonismus keine spezielle Beachtung geschenkt wurde.

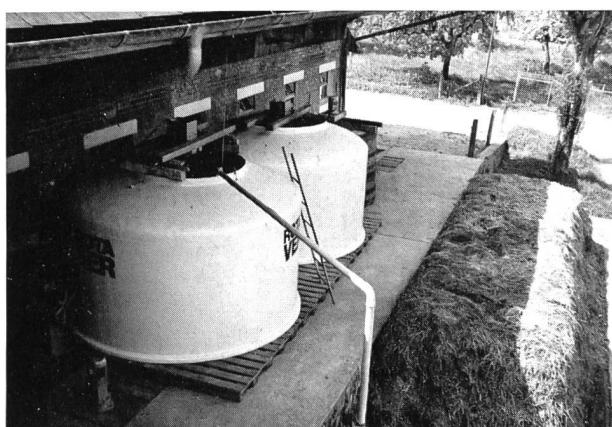
In der Natur ist die aerobe Rotte weiter verbreitet als die aerobe Gärung. Auf dem Antagonismus beruht zum Beispiel die natürlich biologische Selbstreinigung von Exkrementen und anderen organischen Reststoffen im Boden und bei der Kompostierung (Feuchttrotte).

Im aeroben Milieu, also durch geeignete Belüftung und Mischung, können auch im Klärschlamm die antagonistischen Wirkungen stark beschleunigt werden. Die Belüftung löst ein intensives Keimwachstum aus. Dieses bewirkt eine biogene Selbsterwärmung des Klärschlammes und interessanterweise eine Vernichtung der pathogenen Keime, die in Klärschlämmen vorkommen. Innert Stunden lassen sich bei Temperaturen zwischen 30 und 50 °C die Grenzwerte der Keimzahlen für Enterobacteriaceen, die bei der Hygienisierung von Klärschlamm vorgeschrieben werden, unterschreiten (siehe Bild 1).

Neben dieser wirkungsvollen Hygienisierung von Klärschlamm im aeroben Milieu durch Ausnutzung der antagonistischen Wirkungen konnte nun in zahlreichen Versuchen nachgewiesen werden, dass es gelingt, den hygienischen Zustand von Klärschlamm zu stabilisieren, im Gegensatz zur Pasteurisation; Klärschlamm, der in einem aeroben Verfahren biologisch hygienisiert worden ist (Flüssigrotte-Verfahren), bleibt bei der fortgesetzten aeroben Lagerung hygienisch. Die antagonistischen Wirkungen zur Abtötung und Wachstumshemmung von pathogenen Keimen bleiben über Tage und Wochen bestehen. Diese Beobachtung ist außerordentlich interessant und wichtig für die Verwertung von Klärschlamm als Dünger und besonders als Eiweißzusatzfutter.

Bei der bis vor wenigen Jahren üblichen Nachpasteurisation von Faulschlamm konnte wohl im Moment der Pasteurisation ein hygienisch einwandfreies Substrat erreicht werden. Der keimfreie Zustand hielt aber nicht an. Die geringste Infektion, mit der in Kläranlagen immer zu rechnen ist, führt zu einer starken Vermehrung der Enterobacteriaceen, so dass pasteurisierte Klärschlämme innert kürze-

Bild 1. Hygienisierungsversuche nach dem Verfahren «Flüssigrotte» bei kontinuierlichem Durchlauf. Versuchsanlage 1974 auf einem Bauernhof zur Hygienisierung von Klärschlamm und Gülle durch Antagonismus. Tagesdurchlauf von 6 m<sup>3</sup> bei 50 m<sup>3</sup> Reaktoreninhalt.



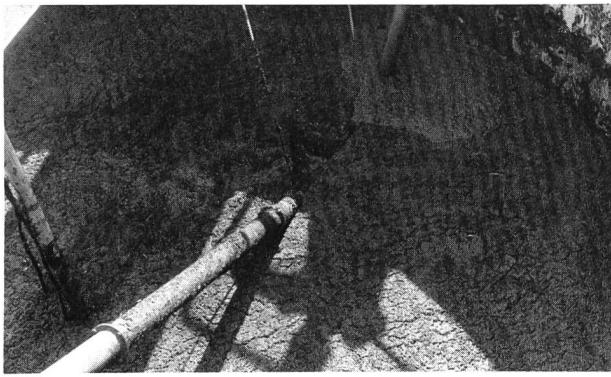


Bild 2. Versuche mit Flüssigrotte zur selbsttätigen Entwässerung durch Flotation. Flotation ist die Voraussetzung des Überganges von der Flüssigrotte in die Feuchtrotte. Die Risse im Flotat des Hygienisierungsreaktors (helle Fläche) zeigen den Trocknungsvorgang in der Stufe der Flüssigrotte an. Diese einfache Art der selbsttätigen Entwässerung kann bei der Flüssigrotte durch richtige Steuerung erreicht werden.

ster Zeit nicht mehr den hygienischen Anforderungen entsprechen. Offenbar werden durch die Pasteurisation auch diejenigen Mikroorganismen vernichtet, die durch ihren Antagonismus das Wachstum pathogener Keime hätten hemmen können.

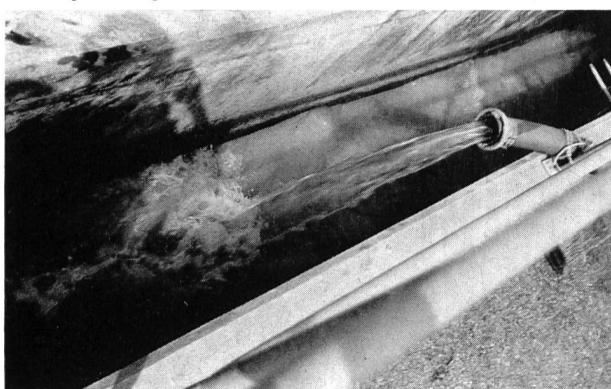
Bei *Pasteurisation von Frischschlamm (Vorpasteurisation)* erhalten wir zunächst ebenfalls wie bei der Nachpasteurisation von Faulschlamm ein Substrat, das wohl frei von pathogenen Keimen, aber hygienisch nicht stabil ist, was darauf zurückzuführen ist, dass Pasteurisation allein, ob Vor- oder Nachpasteurisation, nicht zum Antagonismus führt.

Neuinfektionen des pasteurisierten Frischschlamms können vermieden oder behoben werden, indem durch Aufbau des Antagonismus in anschliessender anaerober Faulung (Methangärung) hygienische Stabilität des Faulschlamms erreicht wird. Daraus folgt, dass Pasteurisation nur dann sinnvoll ist, wenn sie einer anaeroben oder aeroben Verfahrensstufe mit antagonistischen Wirkungen vorangeht.

#### Beispiel

In einer Abwasserreinigungsanlage mit 100 000 Einwohnergleichwerten läuft seit sechs Monaten (Mai bis Oktober 1980) ein technischer Versuch mit Hygienisierung durch Flüssigrotte und anschliessende Methangärung. Im Hygienisierungsreaktor von 160 m<sup>3</sup> Inhalt wurden während der bisherigen Versuchsperiode von sechs Monaten pro Tag 18 m<sup>3</sup> vom anfallenden Frisch- und Belebtschlamm im Teil-

Bild 3. Versuche mit Flüssigrotte zur selbsttätigen Entwässerung durch Flotation. Trübwater, das aus dem Hygienisierungsreaktor von 70 m<sup>3</sup> Inhalt unter der Schwimmdecke (unter dem porigen Flotat) entnommen und zurück in das Belebungsbecken geleitet wird.



austauschverfahren hygienisiert. Die Enterobacteriaceenzahl blieb in den beiden Reaktoren (Flüssigrotte und Methangärung) und im Stapelbehälter immer weit unter 100 Keimen pro Gramm, dem im Entwurf zur Klärschlammverordnung des Eidgenössischen Departementes des Innern genannten Grenzwert.

#### Kombinationen von Verfahrensstufen zum Aufbau und Fortbestand des natürlichen Antagonismus

Diese Feststellungen über die antagonistischen Wirkungen können in der Klärtechnik durch Kombination von verschiedenen Verfahrensstufen ausgenützt werden. In jedem Falle kann nur bei Einbezug des natürlichen Antagonismus in den Verfahrensablauf ein stabiles, hygienisches Endprodukt erzielt werden.

#### Verfahren I: «Flüssigrotte»

Der Klärschlamm wird durch die aerobe Flüssigrotte hygienisiert. Der so behandelte Rotteschlamm ist durch antagonistische Wirkungen hygienisch stabil. Er kann unmittelbar in der Landwirtschaft verwendet werden. Die Flüssigrotte begünstigt auch eine *selbsttätige Entwässerung durch Flotation* (Bilder 2 und 3), was bei jeder Verfahrenskombination mit der Prozessstufe Flüssigrotte zutrifft. Die Überführung der Flüssigrotte in Feuchtrotte (Kompost) ist verfahrenstechnisch auf natürlichem Wege durch Flotation möglich.

#### Verfahren II: «Pasteurisation – Flüssigrotte»

Der durch die (Vor-)Pasteurisation hygienische, aber nicht stabile Klärschlamm kann durch eine aerobe Flüssigrotte in einen hygienisch stabilen Zustand überführt werden. Auch dabei werden die antagonistischen Wirkungen ausgenützt, man erhält einen hygienisch stabilen Rotteschlamm.

#### Verfahren III: «Pasteurisation – Methangärung»

Die (Vor-)Pasteurisierung von Frischschlamm gewährleistet eine Hygienisierung, die jedoch nicht stabil ist. Die stabile Hygienisierung kann durch eine anschliessende Methangärung erreicht werden. Dabei werden die antagonistischen Wirkungen bei der anaeroben Methangärung ausgenützt. Das Endprodukt ist hygienisch stabiler Faulschlamm. Die Pasteurisation als Vorstufe der Methangärung ist der Flüssigrotte punkto Homogenität und Entwässerbarkeit des Substrates unterlegen.

#### Verfahren IV: «Flüssigrotte – Methangärung»

Der durch die Flüssigrotte hygienisierte Klärschlamm kann in einer anschliessenden Methangärung zur Energiegewinnung verwendet werden. Die antagonistische Wirkung wird bei der Flüssigrotte und bei der anaeroben Methangärung ausgenützt, so dass ein hygienisch stabiler Faulschlamm abgegeben werden kann. Die Vorstufe Flüssigrotte ist der Methangärung förderlich.

#### Verfahren V: «Methangärung – Flüssigrotte»

Die Methangärung allein gewährleistet innert nützlicher Frist keine sichere Hygienisierung. Diese wird durch antagonistische Wirkungen in der anschliessenden Flüssigrotte erreicht. Als Endprodukt erhält man einen stabilen, hygienischen Rotteschlamm.

#### Verfahren VI: «Pasteurisation – Methangärung – Flüssigrotte bzw. Feuchtrotte

Mit der Zielsetzung, als Endprodukt statt Faulschlamm einen ebenfalls hygienisch stabilen Rotteschlamm bzw.

Kompost zu erhalten, wird der Stufe «Methangärung» die Flüssigrotte bzw. Feuchtrotte nachgeschaltet. Die Zugabe eines Kohlenstoffträgers, zum Beispiel Sägemehl, Baumrinde, gereinigter Kehricht, Strohmehl, fördert den Übergang in die Feuchtrotte.

#### *Verfahren VII: «Flüssigrotte – Methangärung – Flüssigrotte bzw. Feuchtrotte»*

Bei dieser Verfahrenskombination ist die Methangärung zwischen die Vor- und Nachstufe «Flüssigrotte» geschaltet. Die Vorstufe «Flüssigrotte» begünstigt die anschliessende Verfahrensstufe Methangärung punkto Homogenität und Entwässerbarkeit des Substrats. Die Zugabe eines Kohlenstoffträgers, zum Beispiel Sägemehl, Baumrinde, gereinigter Kehricht, Strohmehl, fördert den Übergang in die Feuchtrotte. Das Endprodukt ist ein hygienisch stabiler Rotteschlamm bzw. Kompost.

*Bei jedem Verfahrensablauf (I – VII) erweist sich, dass die antagonistischen Wirkungen, die bei Flüssigrotte und Methangärung stattfinden, zur stabilen Schlamphygienisierung unerlässlich sind.*

*Der Klärtechnik stehen somit insgesamt sieben Verfahrenskombinationen zur stabilen Schlamphygienisierung auf Grundlage der biologischen Selbsterneuerung durch natürlichen Antagonismus zur Verfügung.*

Soll das hygienisch stabile Endprodukt auch düngungsphysiologisch und ökologisch optimal sein, so bedingt dies die Flüssigrotte oder Feuchtrotte als abschliessende Verfahrensstufe, was bei den Verfahren I, II sowie V, VI und VII der Fall ist.

Aufgrund unseres heutigen Wissenstandes über die stabile Schlamphygienisierung durch gezielte Aktivierung und Nutzung des natürlichen Antagonismus bietet sich für Kläranlagen ohne Schlammpulpa bzw. ohne Methangärung das Verfahren I «Flüssigrotte» mit dem *hygienisch stabilen Endprodukt Rotteschlamm oder Kompost* an, für Kläranlagen mit Faulung bzw. mit Methangärung das Verfahren IV «Flüssigrotte – Methangärung» mit dem *hygienisch stabilen Endprodukt Faulschlamm*, oder das Verfahren VII «Flüssigrotte – Methangärung – Flüssigrotte bzw. Feuchtrotte mit dem *hygienisch stabilen Endprodukt Rotteschlamm bzw. Kompost*.

Der Literaturnachweis ist auf Anfrage beim Verfasser erhältlich.

Adresse des Verfassers: Hans Nebiker, dipl. Ing. agr. ETH, 4450 Sissach.

- die zunehmende Verunsicherung über die Wirkung der im Klärschlamm enthaltenen Schadstoffe,
- die erhöhten Anforderungen an die Schlammbehandlung und -verwertung von staatlicher Seite und
- mangelnder Dialog zwischen Wissenschaft, Behörden und Praxis.

#### *Die Entstehung des Klärschlammes*

Die positive Wirkung bezüglich Bodenverbesserung und Düngewert wird allgemein akzeptiert.

Die Reduktion der Schwermetallfrachten an der Quelle ist unerlässlich und erfordert seitens der Verursacher wie der Kontrollbehörden grösste Anstrengungen.

Absatzstockungen in den Ballungsgebieten und erhöhte Hofdünger Mengen der Landwirtschaft begrenzen die landwirtschaftliche Nutzung.

#### *Forderungen an die Behandlung*

Einzelne Landesvertreter stellten die bestehenden oder zukünftigen staatlichen Regelungen für die landwirtschaftliche Klärschlammverwertung vor. Der ebenfalls vorgelegte Verordnungsentwurf der Schweiz muss im Vergleich als streng bewertet werden. Alle Referenten waren sich in der Zielsetzung einig, jedoch gehen die dafür eingeschlagenen Wege auseinander. Die positive Wirkung der staatlichen Forderungen darf aber nicht verschwiegen werden. Sie führen nach intensivem Suchen zu neuen Wegen, die den heutigen Anforderungen gerecht werden. Es gilt jedoch in naher Zukunft, die dafür erforderlichen, zum Teil fehlenden Entscheidungsgrundlagen zu erarbeiten.

#### *Der Austrag*

Hier lag der Nutzen im Erfahrungsaustausch. Mit Beispielen aus der Praxis wurden die verschiedenen Austragsmöglichkeiten und Organisationen vorgestellt. Weitere Beiträge charakterisierten die Endprodukte der verschiedenen Verfahrensketten und ihre Eignung im Hinblick auf den Austrag. Betriebliche Gründe erfordern entweder flüssige oder feste Endprodukte, damit die Austragsaggregate nicht verkleben.

#### *Die Auswirkungen*

Der Nutzen ist nur bei einem art- und zeitgerechten Austrag gewährleistet. Eine kontinuierliche Kontrolle der Inhaltsstoffe ist notwendig.

Ein wesentliches Entscheidungskriterium für die Wahl oder Beurteilung eines Verfahrens bildet die Kenntnis der Auswirkungen der Schwermetallimmissionen. Wesentliche Fortschritte wurden erzielt bei der Ermittlung der Stoffkreisläufe. Eine Gesamtbeurteilung der Schadwirkungen hat alle übrigen diffusen Quellen mitzuberücksichtigen (wie Niederschlagsfrachten, Kunstdünger u. a.). Sowohl die Behörden, welche daraus gesicherte Grenzwerte ableiten haben, als auch die Abnehmer fordern eine baldige Schliessung der noch vorhandenen Wissenslücken.

Unterschiedlich wurde die Dringlichkeit der Klärschlamm-entseuchung beurteilt. Unter zwei Voraussetzungen wird jedoch die Entseuchung empfohlen, nämlich wenn Klärschlamm im Pflanzenbau angewandt wird und so in die direkte Nahrungskette (Rohverzehr pflanzen) gelangt sowie wenn es der Abnehmer (z. B. Kleinbezüger) erwartet.

Aus den vorgetragenen Referaten einen Kostenvergleich anzustellen scheitert, da die regionalen Unterschiede zu gross sind und keine einheitliche Kostenberechnung zugrunde liegt. Eine genaue Kostenbetrachtung zeigt aber, dass die landwirtschaftliche Klärschlammverwertung nicht mehr durch rein wirtschaftliche Überlegungen getragen wird.

Georg Henseler, EAWAG, Dübendorf

## *Landwirtschaftliche Verwertung von Abwasserschlämmen*

*Zum EAS-Seminar in Basel  
vom 24. bis 26. September 1980*

In den letzten Jahren hat sich die Erkenntnis durchgesetzt, die Klärschlammbehandlung bis zur Endlagerung sei in die Konzepte der Abwassersanierung vollständig zu integrieren. Die landwirtschaftliche Nutzung bildet dabei eine Möglichkeit der Entsorgung. Dieses vielschichtige Thema war Gegenstand des gutbesuchten Seminars des Europäischen Abwasser- und Abfall-Symposiums, EAS, welchem 11 Mitgliedstaaten angeschlossen sind. Viele Gründe bildeten den Anlass zu dieser Themenwahl, wie

- die grosse Bedeutung der landwirtschaftlichen Verwertung in den Mitgliedstaaten,