

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

Artikel: Die Anwendung oder in Entwicklung begriffene Verfahren zur Hygienisierung von Klärschlamm = Les procédés de désinfection des boues en utilisation ou en développement
Autor: Mihalyfy, Ernest
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-941371>

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: 12.02.2026

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

Die in Anwendung oder in Entwicklung begriffenen Verfahren zur Hygienisierung von Klärschlamm

Ernest Mihalyfy

Allgemeines

Der wichtigste Faktor bei der Klärschlammhygienisierung ist neben der Zeit die Temperatur bzw. ihre Erhöhung. Wie sich aber in den letzten Jahren gezeigt hat, genügt diese Temperaturerhöhung allein nicht, denn durch die Hitzebehandlung wird die Struktur der Schlämme so verändert, dass bei einer Rekontamination die pathogenen Keime dort ein günstigeres Milieu finden als vor der Hitzebehandlung.

Da die Bedingungen auf einer Kläranlage es nicht erlauben, diese Rekontamination mit Sicherheit auszuschliessen, muss eine Barriere eingebaut werden, damit bei der Lagerung des behandelten Schlammes, aber auch nachher, keine Wiederverkeimung eintritt. Diese Barriere kann entweder chemisch oder biologisch hergestellt werden. Sie kann gleichzeitig zur Hitzebehandlung auftreten oder dieser folgen.

Die Bedingungen

Bei einer Klärschlammhygienisierungsanlage müssen die hygienischen Bedingungen, die Bedingungen bezüglich Energie und die technischen Bedingungen berücksichtigt werden.

Die *hygienischen Bedingungen* werden ausführlich behandelt von Prof. Hess in seinem Aufsatz: «Hygienische Bedingungen für Klärschlämme unter Berücksichtigung der Möglichkeiten zu ihrer Behandlung». Hier sei nur erwähnt, dass es nicht genügt, die Schlämme möglichst weitgehend von pathogenen Keimen zu befreien, vielmehr muss auch sichergestellt sein, dass im Falle einer Reinfektion die Zahl der pathogenen Keime eine abnehmende Tendenz aufweist. Die *energetischen Bedingungen* ergeben sich aus der heute aktuellen Situation. Das heisst, dass, wenn immer möglich, die gesamte Schlammbehandlung nicht mehr Energie brauchen sollte, nachdem eine Desinfektionsanlage angefügt worden ist, als dies vorher der Fall war. So steigt der Gasverbrauch der Faulraumheizung nur etwa um 10 %, wenn eine gut konzipierte Vorpasteurierungsanlage angefügt wird (Beispiel Stadt St. Gallen).

Die *technischen Bedingungen* sind im Grunde genommen immer dieselben und bereits bekannt von den anderen Ausrüstungen einer Kläranlage: Einfachheit, Robustheit, Dauerhaftigkeit, Zuverlässigkeit, geringer Wartungsaufwand usw. Dazu kommt nur eine neue Bedingung: die Zuverlässigkeit aus hygienischer Sicht.

Das bedeutet, dass eine mechanische oder elektrische Störung in der Anlage keine plötzliche Verschlechterung bei der Desinfektion hervorrufen sollte. Tritt beispielsweise im Heizsystem für die Pasteurierungsanlage ein Fehler auf und werden deshalb die Schlämme nur ungenügend hygienisiert, dann sollten diese nicht in den Faulraum gelangen können, sondern sie sollten rezykliert werden.

Beurteilung der Wirksamkeit von Hygienisierungsanlagen

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass ein Verfahren zur Desinfektion der Schlämme sich zusammensetzt aus einer thermischen Stufe und einer Barriere gegen die Reinfektion. Nun stellen sich aber folgende Fragen: Wie können wir im

Les procédés de désinfection des boues en utilisation ou en développement

Ernest Mihalyfy

Généralités

Le rôle prépondérant dans la désinfection des boues (le temps mis à part) est joué généralement par l'élévation de la température. Mais, comme il a été découvert ces dernières années lors des investigations entreprises par le professeur Hess et son institut, à la demande de l'Office fédéral de la protection de l'environnement, l'élévation de la température à elle seule ne suffit pas, car une intervention thermique (p. ex. la pasteurisation) modifie la structure des boues d'épuration de telle façon qu'en cas de recontamination, les germes pathogènes y trouvent un terrain plus favorable pour proliférer qu'avant le traitement thermique.

Comme les conditions d'une station d'épuration ne permettent pas d'éviter la recontamination de telles boues, c'est la prolifération lors du stockage et après qui doit être évitée à tout prix par un moyen sûr, une sorte de «barrière». Cette barrière peut être chimique ou biologique. Elle peut accompagner le traitement thermique ou lui succéder.

Les exigences

Les exigences formulées pour un procédé ou une installation de désinfection des boues sont hygiéniques, énergétiques et techniques.

Les *exigences hygiéniques* ont été traitées en détail par M. le professeur Hess dans son article «Exigences hygiéniques aux boues d'épuration en tenant compte des possibilités de leur traitement». Ici, on mentionnera seulement qu'il ne suffit pas que les boues soient largement démunies d'éléments pathogènes; il faut en plus qu'en cas de réinfection, le nombre des éléments pathogènes ait une tendance à diminuer au lieu d'augmenter.

L'*exigence énergétique* est dictée par la pénurie actuelle. Cela veut dire que dans la mesure du possible la chaleur nécessaire à la pasteurisation doit être largement récupérée. La consommation de gaz du chauffage des digesteurs par exemple n'augmente que de 10 % environ suite à l'installation d'une prépasteurisation bien conçue (ex. système MWB à St-Gall).

Les *exigences techniques* sont celles qui ont toujours été formulées pour les équipements des stations d'épuration: simplicité, robustesse, durabilité, fiabilité, peu d'entretien, peu ou pas de soins, etc. Il n'y a qu'une exigence nouvelle: la fiabilité hygiénique.

Ceci signifie qu'un mauvais fonctionnement mécanique ou électrique ne doit pas entraîner la dégradation de la désinfection. En cas de défaut dans le système de chauffage du pasteurisateur par exemple, les boues ne devront pas pouvoir passer au digesteur, elles devraient être recyclées.

Evaluation de l'efficacité des installations de désinfection

Les investigations ont donc montré qu'un procédé de désinfection des boues doit se composer d'une phase thermique et d'une barrière contre la réinfection. Mais alors logiquement les questions suivantes se posent: Comment pouvons-nous savoir dans un cas concret qu'un procédé ou une installation correspond aux normes ou non? Et encore: Qui peut le dire?

Si des instruments existaient pour indiquer le nombre des germes pathogènes ou des œufs de parasites intestinaux,

konkreten Fall wissen, ob ein Verfahren bzw. eine Anlage den Bedingungen entspricht oder nicht? Und dann: Wer soll das überhaupt sagen können?

Das wäre wohl einfach zu sagen, wenn entsprechende Instrumente vorlägen, um pathogene Keime oder Wurmeier schnell und auf einfacher Weise aufzuzeigen, wie das mit anderen Grössen wie z. B. mit der Temperatur möglich ist. Aber leider gibt es solche Instrumente nicht, und die entsprechenden Untersuchungen brauchen heute noch eine ganze Woche. Dementsprechend muss *die Pasteurisierung derart konzipiert sein, dass die nicht messbare hygienische Qualität durch messbare Grössen wie Durchlaufmenge, Zeit und Temperatur garantiert ist.*

Daraus folgt, dass die zur Hygienisierung von Klärschlamm benützten Verfahren die geforderte hygienische Qualität durch die Sicherheit des Systems selbst gewährleisten müssen. Deshalb muss zur Beurteilung einer Anlage sowohl die hygienische Kontrolle als auch die technische Kontrolle gehören. Da die Wirksamkeit einer Anlage nicht nur vom gewählten Verfahren abhängt, sondern auch von der Qualität des Materials, müssen sich die Prüfungen auch auf die Einrichtungen erstrecken (Kanton, Bundesamt für Umweltschutz).

Da die Hygienisierung ja immer im Hinblick auf die landwirtschaftliche Verwertung des Schlammes geschieht, muss man sich bei jedem Verfahren immer wieder die Frage stellen, wie es um die Veränderung des Nährstoffgehalts im Schlamm steht (Eidg. Forschungsanstalt für Agrikulturchemie und Umwelthygiene, Liebefeld-Bern).

Die provisorischen Verfahren

Die provisorischen Verfahren erlauben den Besitzern von Nachpasteurierungsanlagen, die Klärschlammhygienisierung ohne grosse Investitionen sehr rasch wieder in Betrieb zu nehmen. Diese provisorischen Verfahren sind selbstverständlich in ihrer Anwendung zeitlich begrenzt und auf bestehende Anlagen beschränkt. Neuanlagen sollten nicht damit ausgerüstet werden.

Das aussichtsreichste provisorische Verfahren scheint die Zugabe von gelöschtem Kalk zu sein. Man gibt ihn in den Reaktor, bevor man den Schlamm aufwärmt (pH-Wert = 9,5). Die Kosten für den Kalk dürften bei 1 bis 1.50 Fr./m³ Schlamm liegen; dazu kommen noch die Bedienungskosten.

Definitive Verfahren

Die definitiven Verfahren sollten vor allem auf lange Sicht wirtschaftlicher sein als die provisorischen Verfahren. Die definitiven Verfahren sind dadurch charakterisiert, dass der Schlamm während des ganzen Jahres hygienisiert wird.

Entsprechend den technischen Möglichkeiten zur Schlammbehandlung kann man die definitiven Verfahren folgendermassen einteilen:

- chemisch-physikalische Hygienisierungsverfahren (z. B. Beta- oder Gammastrahlen;
- thermische Verfahren auf anaerober Basis bzw. gemischte Verfahren;
- thermische Verfahren auf aerober Basis;
- Entwässerung;
- Trocknung.

Chemisch-physikalische Hygienisierungsverfahren

Sie können beim heutigen Entwicklungsstand nicht in die nähere Erwägung gezogen werden. Die Gründe sind entweder ökonomischer Art, die mangelnde hygienische Stabilität, technische Schwierigkeiten oder die Verschlechter-

comme il y en a pour indiquer la température, il serait facile de dire qu'une installation de désinfection était ou non dans les normes. Mais hélas! des instruments de ce genre n'existent pas encore et les déterminations en laboratoires demandent au moins une semaine. Par conséquent l'équipement de la pasteurisation doit être conçu de telle façon que des paramètres mesurables comme le débit, le temps et la température puissent garantir la qualité hygiénique qui, elle, n'est pas mesurable.

Il s'ensuit que les procédés utilisés pour la désinfection des boues doivent garantir la qualité hygiénique requise de par la fiabilité du procédé même. D'où la nécessité que l'examen hygiénique soit accompagné d'un examen technique. Par ailleurs, comme l'efficacité d'une installation ne dépend pas seulement du procédé utilisé, mais aussi de la qualité du matériel, il faut étendre les examens des procédés également aux installations (canton, Office fédéral de la protection de l'environnement).

Il ne faut pas oublier cependant que la désinfection des boues se fait uniquement en vue de leur utilisation dans l'agriculture et comme toute intervention peut modifier leurs qualités fertilisantes, les examens doivent être étendus aussi sur les valeurs fertilisantes des boues, selon les systèmes de traitement appliqués (Station fédérale de recherche en chimie agricole et sur l'hygiène de l'environnement, Liebefeld-Berne).

Procédés provisoires

Les procédés provisoires permettent aux propriétaires des installations existantes de postpasteurisation de recommencer la désinfection des boues sans tarder et pratiquement sans investissement.

Ces procédés provisoires sont réservés aux installations existantes et ne sont pas admis pour des installations neuves.

Le procédé provisoire le plus prometteur paraît être l'addition de chaux éteinte dans le réacteur de postpasteurisation, avant le chauffage des boues (pH 9,5). Les frais d'exploitation approximatifs vont de 1 à 1,5 frs/m³ de boues non compris la main d'œuvre pour la manutention.

Procédés définitifs

Les procédés définitifs doivent être, à long terme, plus économiques que les procédés provisoires. Ils sont caractérisés par le fait que les boues sont désinfectées toute l'année.

Selon les moyens en jeu dans le traitement des boues, on peut diviser les procédés définitifs comme suit:

- procédés de désinfection physico-chimiques (p. ex. rayons β ou γ)
- procédés de traitement thermique anaérobie ou mixte
- procédés de traitement thermique aérobie
- déshydratation
- séchage.

Procédés de désinfection physico-chimiques

Les procédés de désinfection physico-chimiques ne peuvent pas être pris en considération pour la désinfection des boues dans l'état actuel de leur développement. Les raisons en sont soit économiques, soit leur insuffisance de stabilité hygiénique, soit des difficultés techniques ou encore la détérioration de la valeur agricole des boues traitées.

Procédés de traitement anaérobie ou mixte

La plupart des installations de désinfection des boues d'épuration ont été construites en Suisse, il y a quelques années, pour traiter les boues déjà digérées selon un procédé

rung der Düngereigenschaften der so behandelten Schlämme.

Anaerobe oder gemischte Verfahren

Die meisten Hygienisierungsanlagen wurden in der Schweiz vor einigen Jahren für Faulschlamm gebaut. Man spricht denn auch von der sogenannten Nachpasteurisierung. Wegen der Rekontamination und des Wiederaufkommens der pathogenen Keime nach der Pasteurisierung, vor allem beim Abkühlen und beim Stapeln muss das Nachpasteurisieren verlassen werden. Nur die Pasteurisation vor dem Ausfaulen besitzt Erfolgchancen.

Bei der Vorpasteurisierung wird die Ausfaulung der Pasteurisierung nachgeordnet; sie dient als Barriere gegen jene Keime, die den Hitzeprozess ohne Schaden durchlaufen oder nach dieser Behandlung wieder in den Schlamm gelangt sind.

Als man auf den Versuchsanlagen begann, die Faulräume mit vorpasteurisiertem Schlamm zu beschicken, waren sie noch mit unhygienisiertem Schlamm gefüllt. Trotzdem nahm die Zahl der Enterobacteriaceen in den Faulräumen und sogar beim Abgaberohr nach und nach ab.

Nach Versuchen bei derartig strengen Bedingungen hat die Vorpasteurisierung ihre Bewährungsprobe bestanden.

Eine Vorpasteurierungsanlage mit Faulraum setzt sich aus den folgenden Elementen zusammen:

- einem Feststoffabscheider oder -zerkleinerer
- einem Eindicker (meist vorhanden)
- einem Wärmeaustauscher zum Vorwärmen der Schlämme unter Benützung der Abwärme
- einem Element zum Aufwärmen der Schlämme bis zur Pasteurisierungstemperatur von 70°C
- einem Pasteurisierungsreaktor, wo die Schlämme mindestens während einer halben Stunde verweilen
- einem zweiten Wärmeaustauscher, der die behandelten Schlämme abkühlt und erlaubt, die so gewonnene Energie für das Aufwärmen der Schlämme auszunützen
- den Faulräumen
- und den entsprechenden Pumpen (vergleiche Bild 1).

Es gibt diskontinuierliche, halbkontinuierliche und Durchlaufverfahren. Das letztgenannte Verfahren ist das geeignetste sowohl mechanisch als auch in hygienischer Hinsicht.

Auf den Kläranlagen Altenrhein und St. Gallen-Au wurde der Klärschlamm während etwa eines Jahres mit Erfolg diskontinuierlich pasteurisiert. Näheres darüber findet man in den folgenden Aufsätzen: «Versuchsbericht über die Klärschlammpasteurisierung in der ARA Altenrhein» von U. Keller, und «Betriebserfahrungen mit einer Vorpasteurierungsanlage» von R. Friedl. Da diese Aufsätze sehr ausführlich sind, wird auf die weitere Behandlung der Fremdwärme-Vorpasteurisierung hier verzichtet, obwohl sie zurzeit unter allen Verfahren die grösste Bedeutung hat.

Die Pasteurisierung mit Fremdwärme vor der Faulung darf als geeignetes Verfahren gelten. Trotzdem kann man versuchen, es noch besser zu machen, indem man eine grundlegende Verbesserung der Faulung vornimmt und damit gleichzeitig die Desinfektion erhält, ohne sie zu suchen. Bei dieser gemischten Vorpasteurisierung wird der Schlamm zuerst aerob behandelt und nachher anaerob. Dabei wird die Eigenwärme des Schlammes benützt. Das Verfahren verspricht eine erhöhte Prozessstabilität der Faulung und eine wesentlich erhöhte Kapazität der Faulräume bis gegen das Zweifache.

Für die erste Stufe braucht es einen gut isolierten Reaktor, der etwa einen bis zwei Tage Aufenthaltszeit garantiert, und der mit einem Belüftungs- bzw. Mischaggregat ausgerüstet

anaerobie. On appelle brièvement ce principe: «postpasteurisation».

A l'époque, le problème de la recontamination et de la prolifération des germes pathogènes après la pasteurisation, surtout lors du refroidissement et du stockage des boues, n'était pas connu. Cette découverte et la découverte que l'inclinaison des boues pasteurisées à la recontamination est très grande, nous oblige à abandonner la «postpasteurisation» pour la pasteurisation avant la digestion ou «prépasteurisation».

A la prépasteurisation, la digestion est placée après la pasteurisation comme barrière pour éliminer les germes éventuellement échappés de la pasteurisation ou réintroduits pendant ou après la pasteurisation.

Lors des essais de prépasteurisation les digesteurs étaient en plein fonctionnement, remplis de boues infectées, quand on a commencé leur alimentation avec des boues prépasteurisées. De plus, les installations de pasteurisation étaient défectueuses dans les deux stations d'essais pendant très longtemps. Malgré ces inconvénients, les entérobactéries disparurent petit à petit des digesteurs et même du tuyau d'expédition.

Après de pareils tests, on peut vraiment dire que le principe de la prépasteurisation a fait ses preuves.

La chaîne de traitement d'une installation de prépasteurisation anaérobie se compose d'un séparateur ou désintégrateur des salissures solides, d'un épaisseur-homogénéiseur (souvent existant), d'un échangeur de chaleur pour le préchauffage des boues avec de la chaleur récupérée, d'un moyen de chauffage pour emmener les boues à la température de la pasteurisation ou 70 °C, d'un réacteur de pasteurisation où les boues séjournent au moins une demi-heure, d'un deuxième échangeur qui refroidit les boues tout en récupérant la chaleur nécessaire au préchauffage, du digesteur et des pompes correspondantes (figure 1).

Il y a des procédés discontinus, semi-continus et continus. C'est ce dernier système qui est le plus fiable aussi bien mécaniquement qu'hygiéniquement. La prépasteurisation discontinue, ou autrement dit par charges, a été testée en Suisse aux stations d'épuration d'Altenrhein (SG) et de St. Gall/Au pendant presque un an avec succès. On trouve des détails sur ces tests dans les articles: U. Keller «Rapport d'essai sur la pasteurisation des boues d'épuration dans la station d'épuration d'Altenrhein» et R. Friedl «Expériences acquises lors de l'exploitation d'une installation de prépasteurisation».

La prépasteurisation anaérobie par chauffage des boues avant la digestion à l'aide d'un apport extérieur de chaleur paraît être une chose acquise. Mais on peut espérer encore faire mieux soit en une amélioration fondamentale apportée au processus même de la digestion qui implique la désinfection sans la chercher. Il s'agit de la prépasteurisation mixte aérobie – anaérobie. Ce nouveau type de pasteurisation emprunte la chaleur nécessaire à l'élévation de la température requise pour la pasteurisation et pour le chauffage du digesteur, du carbone organique oxydable et de l'hydrogène contenus dans les boues mêmes. Ce système promet une amélioration de la stabilité du processus biologique de la digestion anaérobie et une augmentation de la capacité des digesteurs jusqu'à la doubler.

Pour la première étape, il faut avoir un réacteur bien calorifugé, d'environ un à deux jours de capacité, muni d'un agitateur aérateur. Sous l'effet de l'oxygène introduit dans les boues, un processus biologique exotherme prend naissance, élevant la température des boues à 50–60°C. A cette température, les bactéries qui sont à l'origine du processus décomposent les substances organiques en

ist. Der eingetragene Sauerstoff führt zu einem biologischen Prozess, der exotherm verläuft. Er erhöht die Schlammtemperatur auf 50 bis 60°C. Bei dieser Temperatur wird gleichzeitig organische Substanz abgebaut, und der Schlamm wird hygienisiert (vielleicht durch Abbau der pathogenen Keime selber).

Die zweite Stufe, die eigentliche Faulung, folgt der ersten Stufe unmittelbar, indem der Schlamm in einem Faulraum bekannter Art verweilt. Dort bleibt er aber nur etwa 8 Tage. Dieses gemischte System vermindert also die Aufenthaltszeit von bisher 16 bis 20 Tagen für die Faulung auf insgesamt 9 bis 10 Tage. Das scheint besonders interessant für überlastete Faulräume zu sein und erlaubt unter Umständen sogar die Anwendung der thermophilen Faulung.

Die erste grössere Anlage dieser Art wurde kürzlich durch die amerikanische Firma Union Carbide in Betrieb gesetzt. Man benützt dort Reinsauerstoff. Das gleiche soll nun mit Luft versucht werden, und Ing. U. Keller wird auf der Kläranlage Altenrhein in nächster Zeit die entsprechenden Versuche durchführen.

Umbau bestehender Anlagen

Wichtige Entscheidungskriterien sind: Die geforderte Leistung der neuen im Vergleich zur alten Anlage, die Energiebilanz und die Betriebssicherheit. Ein Kostenvergleich wird immer die Installations- und Betriebskosten berücksichtigen.

Die bis zu den Sommerferien 1979 durchgeführten Untersuchungen für den Umbau von Anlagen haben gezeigt, dass wohl immer ein guter Feststoffabscheider, oft gewisse Anlagen fürs Aufheizen und Wärmerückgewinnen und manchmal der Reaktor neu gekauft werden müssen.

Aerobe Verfahren

Es ist seit langem bekannt, dass der aerobe biologische Abbauprozess exotherm und bis zur Selbstentzündung führen kann. Man denke an die Feuer in fermentierenden Heuhäufen. Es ist auch bekannt, dass dieser Prozess eine desinfizierende Wirkung ausübt, und zwar bereits bei Temperaturen von etwa 50°C.

acides organiques et désinfectent simultanément les boues (peut-être par décomposition des bactéries pathogènes elles-mêmes).

La deuxième étape, la digestion anaérobie proprement dite, succède immédiatement à la première dans des digesteurs classiques, mais avec un temps de séjour réduit à environ 8 jours. Le système mixte ramène donc le temps total nécessaire à la digestion des boues de 20 à 10 jours. Ceci est très intéressant pour les digesteurs surchargés et permet, paraît-il, même la digestion en thermophilie.

La première installation de digestion mixte à l'échelle industrielle avec de l'oxygène pure a été mise récemment en route par la société américaine Union Carbide. Pour l'air, le système sera testé d'ici peu à la station d'épuration de l'Association d'eaux usées d'Altenrhein, sous la direction de M. U. Keller.

Conversion d'installations existantes

Critères pour le projet de conversion: l'installation convertie doit fonctionner sans arrêt et longtemps; elle doit être économique du point de vue exploitation. On donnera à la réutilisation seulement le second rang.

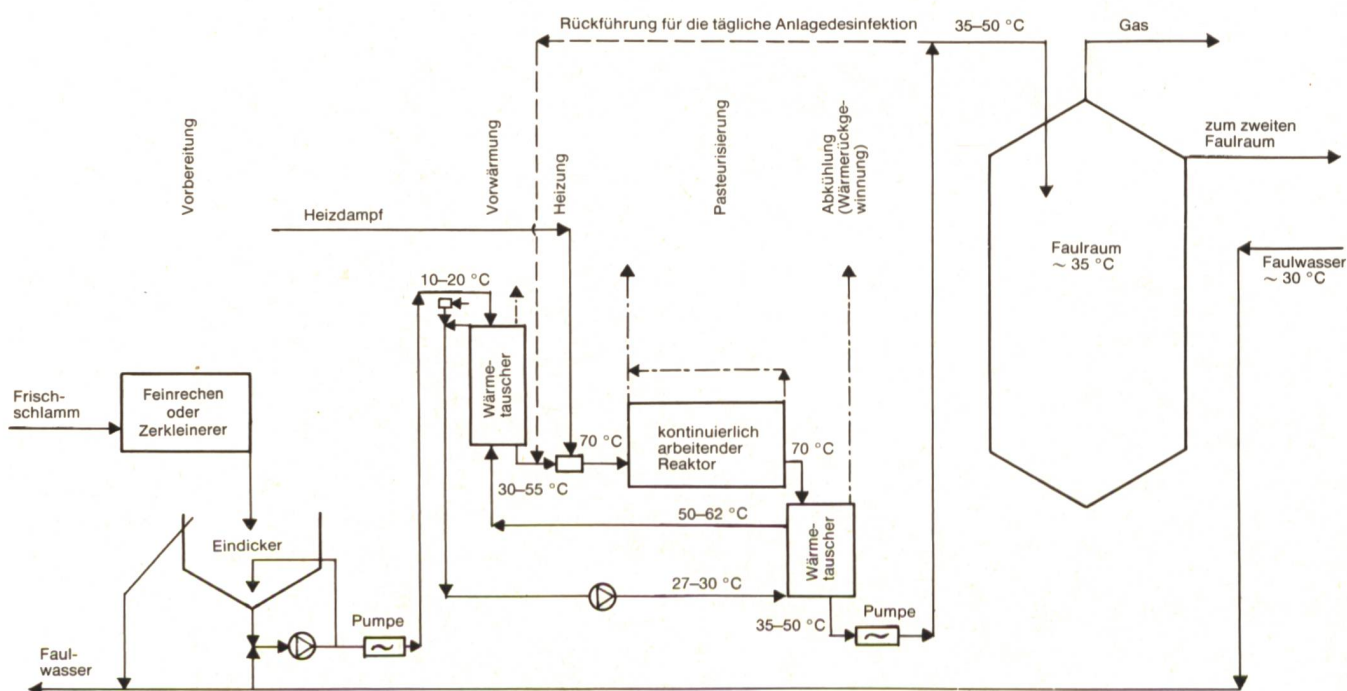
Les conversions à l'étude ou en exécution ont montré qu'il faut acheter en général le séparateur de salissures, le jeu d'échangeurs nécessaires au préchauffage et à la récupération de la chaleur, et éventuellement un réacteur.

Procédés de traitement aérobique

Du fait qu'il est exothermique, le processus biologique aérobique est capable de fournir une telle quantité de chaleur que la matière organique peut arriver au point d'auto-ignition, ce qui est depuis longtemps prouvé par les feux de foin en fermentation. Il est connu aussi que ce processus a un effet désinfectant déjà à partir d'environ 50°C.

Les procédés aérobies basés sur ce principe sont par conséquent thermophiles. Ils en sont encore au début de leur développement; c'est pourquoi une certaine prudence s'impose dans le choix de ces procédés. Un de leur désavantage est par ex. que lors de la déshydratation des

Bild 1. Verfahrensschema der kontinuierlichen Vorpasteurisierung mit Faulung für Anlagen aller Grössen.



Die auf diesem Prinzip beruhenden aeroben Verfahren sind somit thermophil. Ihre Entwicklung steht noch am Anfang. Verschiedene aerobe Verfahren benötigen eine Entwässerung, die den Nachteil mit sich bringt, dass ein wesentlicher Anteil des gelösten Stickstoffes in die ARA zurückfließt und von da zum Teil in den Vorfluter.

Da diese Verfahren biologisch abbaubares, organisches Material brauchen, um die zur Desinfektion der Schlämme nötige Wärme zu entwickeln, bedürfen einige unter ihnen der Zufuhr äusserer Kohlenstoffquellen, was den Prozess verteuert. Aus Gründen der Zuverlässigkeit bezüglich Hygiene sollten kontinuierlich oder halbkontinuierlich arbeitende Verfahren gewählt werden (Probleme beim Ingangsetzen).

Es gibt Verfahren, die mit flüssigem Klärschlamm (zwischen 4 und 12 % TS) und bei Temperaturen von 50 bis 70°C arbeiten. Diese bedürfen einer verhältnismässig geringen Sauerstoffzufuhr, einer guten Durchmischung und einer Aufenthaltszeit von 1 bis 7 Tagen in einem gut isolierten Reaktor.

Bei den mit flüssigem Klärschlamm arbeitenden aeroben Verfahren stellen sich Rekontaminationsprobleme bei der Stapelung. Dagegen scheint es, dass die Lagerung des Schlammes keine Schwierigkeiten bereitet, wenn er nach der Entwässerung kompostiert wird. Ausserdem kann der aerob hygienisierte Schlamm aneorob auch in flüssigem Zustand hygienisch einwandfrei gestapelt werden.

Die mit Klärschlamm in fester Phase arbeitenden Verfahren stammen von der Kehrriechkompostierung ab. Sie sind stark mechanisiert. Deshalb muss bei ihnen der Korrosions- und Abrasionsschutz stark beachtet werden (Entstehung feuchter Luft). Damit die Gefahr von schlechten Gerüchen klein gehalten werden kann, muss darauf geachtet werden, dass keine anaeroben Zonen entstehen. Eine deutsche landwirtschaftliche Forschungsanstalt fand hier Abhilfe, indem der entwässerte Schlamm vor der Kompostierung zu Hohl-Pellets gepresst wird. Das Geruchsproblem ist auch zu beachten, wenn vor der Kompostierung der Schlamm frisch gelagert werden muss.

boues, une importante partie de l'azote dissout retourne à la station d'épuration et de là partiellement dans les eaux.

Comme ces procédés ont besoin des composés biodégradables de carbone organique pour la production de la chaleur nécessaire à la stabilisation et à la désinfection des boues, quelques-uns d'entre eux recourent à un apport extérieur de carbone ce qui augmente le coût d'investissement et le coût d'exploitation.

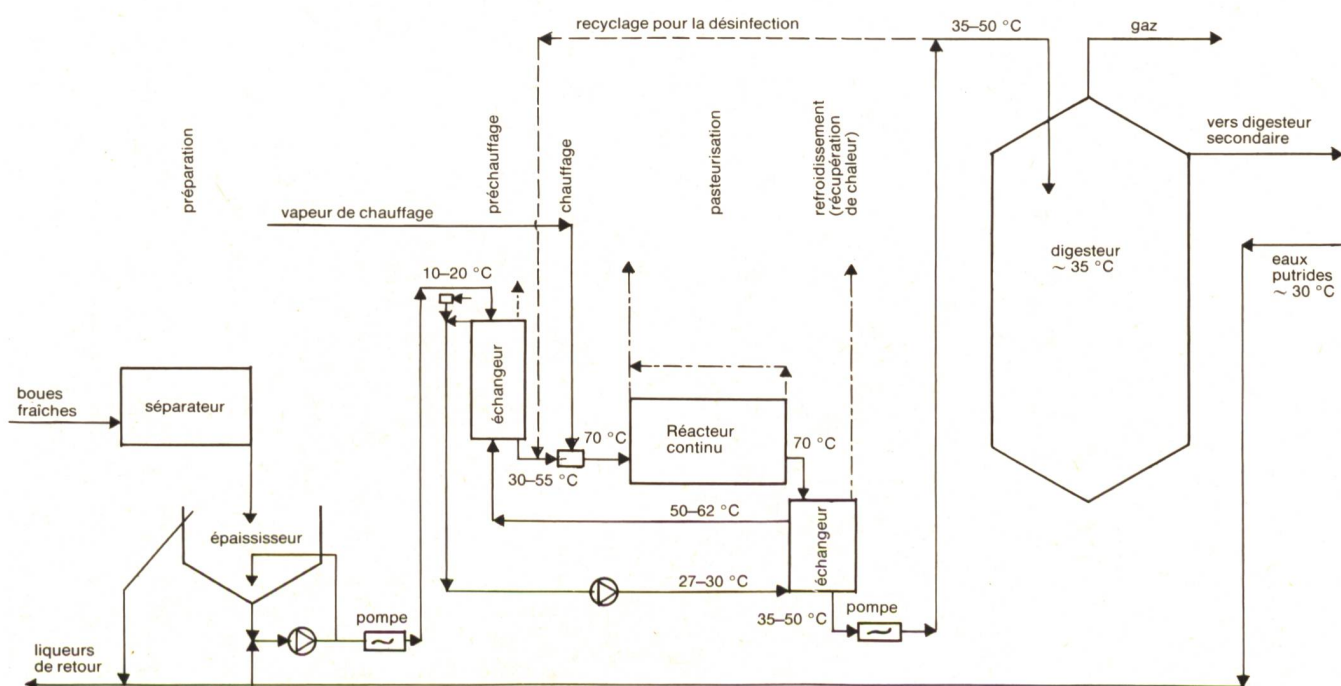
Comme l'hygiène exige une bonne fiabilité, il paraît être préférable de choisir des procédés continus ou semi-continus, car on ne les fait démarrer que très rarement.

Ceci dit, il y a des procédés qui font la désinfection en phase liquide entre 4 et 12 % de MS et entre 50 et 70°C de température en introduisant des quantités relativement faibles d'air avec un bon brassage pendant 1 à 7 jours dans un réacteur bien isolé.

Le stockage aérobique en phase liquide de ces boues désinfectées par voie aérobie a des difficultés avec la recontamination. Des considérations théoriques laissent supposer que le stockage hygiénique n'est pas réalisable en phase aérobie. Par contre le stockage s'est prouvé d'être hygiénique en phase anaérobie.

Les systèmes qui travaillent en phase solide sont issus du compostage des ordures ménagères. Très mécanisés et exposés aux effets très corrosifs de l'air humide et à l'abrasion, ils sont sujets à avoir des pannes et également des zones accidentellement anaérobies qui causent des problèmes de mauvaises odeurs. Un institut allemand de recherche agronomique a réussi à éliminer les zones anaérobies en transformant les gâteaux de boues déshydratées avant le compostage en gros granulés creux. De plus, ils nécessitent un pré-stockage des boues fraîches où il y a aussi une source de mauvaises odeurs. Après le pré-stockage, les boues sont déshydratées sur centrifugeuses ou bandes pressantes, mélangées avec des produits déjà compostés et recyclés ou, le cas échéant, aussi avec des substances servant de source de carbone, puis compostées en phase solide de 60 à 70°C pendant 1 à 2

Figure 1. Schéma type de la prépasteurisation anaérobie en continu pour des installations de toutes tailles.



Bezeichnung	Vorbehandeln	Reaktion im Zustand	Entwässern	Nachbehandeln	Stapeln und Austragen im Zustand	Bemerkungen
BSK (CH)	Konzentrieren	flüssig	bis ~40 % TS	Kompostieren	fest	im Betrieb
HKS (BRD)	–	fest	bis ~22 % TS vor der Reaktion	–	fest	Entwicklung unterbrochen?
Kneer Weiss (BRD) oder BAV	Vorstapeln oder Vorfaulen	fest	bis ~25 % TS vor der Reaktion	Nachkompostieren auf Mieten	fest	viele Anlagen im Betrieb
Nebiker (CH)	Kohlenstoffträger begeben	flüssig	nur Schaum abscheiden	Flottieren	fest oder evtl. flüssig	in Entwicklung
Fermenttechnik (Roediger BRD)	Vorbelüften	fest	bis >25 % TS vor dem Kompostieren	Trocknen	trocken (fest)	erste Anlage im Betrieb
Rotabega (BRD)	–	flüssig	–	–	flüssig	in Entwicklung
Sulzer (CH)	Vorwärmen	flüssig	–	–	flüssig	Stapeln in Entwicklung

Tabelle 1. Aerobe Systeme zur Hygienisierung und Stabilisierung von flüssigem Schlamm.

Désignation	Prétraitement	Réaction en phase	Déshydratation	Posttraitement	Stockage et épandage en phase	Observations
BSK (CH)	concentration	liquide	à ~40 % MS	compostage solide	solide	en exploitation
HKS (RFA)	–	solide	à ~22 % MS avant la réaction	–	solide	développement abandonné?
Kneer Weiss (RFA) ou BAV	préstockage ou digestion anaérobie	solide	à ~25 % MS avant la réaction	postcompostage en tas	solide	beaucoup d'installations en marche
Nebiker (CH)	rajout de source de carbone	liquide	seulement séparation de la mousse	flottation (de la mousse)	solide ou evtl. liquide	en développement
Fermenttechnik (Roediger RFA)	préaération	solide	à >25 % MS avant le compostage	séchage	sec (solide)	première installation en exploitation
Rotabega (RFA)	–	liquide	–	–	liquide	en développement
Sulzer (CH)	préchauffage	liquide	–	–	liquide	stockage en développement

Table 1. Systèmes aérobies pour la désinfection et stabilisation des boues liquides.

Nach dem Vorstapeln werden die Schlämme entwässert (Zentrifugen, Siebandpressen), gemischt mit rückgeführtem Kompost und allenfalls einer äusseren Kohlenstoffquelle, dann in fester Phase bei 60 bis 70°C während zwei Wochen in einem belüfteten Reaktor kompostiert. Das feste Endprodukt wird auf Mieten nachkompostiert. In Bild 1 sind die zurzeit bekannten aeroben Verfahren zusammengestellt. Weitere Einzelheiten über je ein Flüssig- und Feststoffverfahren finden sich in *W. Obrist: Untersuchungen von Schlammrotteverfahren*.

Entwässerte Schlämme

Wenn man ausgefaulte entwässerte Schlämme in einen hygienischen Zustand bringen will, hat man dazu verschiedene Möglichkeiten:

- die Nachpasteurisierung mit Kalk und Entwässerung
- die Vorpasteurisierung mit Entwässerung
- die Schlämme nach der Entwässerung mit ungelöschtem Kalk mischen (BRD)
- Schlammkompostierung nach der Entwässerung, eventuell unter Zugabe eines Kohlenstoffträgers.

Bei all diesen Möglichkeiten ist zu berücksichtigen, dass entwässerter Schlamm nicht einfach zu handhaben ist.

Schlamm Trocknung

Der gestapelte Trockenschlamm ist hygienisch befriedigend, wenn kein Wasser dazu kommt. Wo die Schlamm-

semaines dans un réacteur aéré. Le produit final solide est postcomposté en tas ou séché.

Le schéma et le tableau figurant à la page ci-dessus présentent les procédés aérobies que nous connaissons actuellement.

Les procédés aérobies sont traités plus en détail dans l'article «Examen de procédés de compostage des boues» par M. W. Obrist.

Boues déshydratées

Si l'on a besoin de boues digérées déshydratées, mais hygiéniques, il y a plusieurs possibilités d'y arriver:

- postpasteuriser les boues avec de la chaux avant la déshydratation;
- prépasteuriser les boues avant la déshydratation;
- mélanger les boues après la déshydratation avec de la chaux vive en poudre.
- composter les boues déshydratées éventuellement à l'aide d'un apport de carbone organique.

Ce qui manque, indépendamment de la désinfection, le plus pour la déshydratation des boues à présent, c'est un équipement qui fournisse des boues déshydratées faciles à manutentionner et à stocker.

Séchage des boues

Le séchage des boues est un procédé onéreux, qui ne peut être compétitif qu'en séchant des boues fraîches et

trocknung eingesetzt ist, geschieht dies nie, nur um den Hygieneanforderungen zu genügen; dazu wäre sie wohl ein zu aufwendiges Verfahren. Immerhin sind auch da in letzter Zeit Fortschritte erzielt worden (z. B. von Roll), so dass insbesondere die Frischschlamm-trocknung in grossen Anlagen unter bestimmten Bedingungen in Betracht gezogen werden kann.

Schlussfolgerung

Für die Hygienisierung von Schlamm in Anlagen mit Faulung haben die zweijährigen Untersuchungen genügend Hinweise gegeben, um nun entsprechende Anlagen zu bauen und sicher betreiben zu können.

Bei Anlagen mit aerober Stabilisierung ist die Entwicklung etwas weniger weit fortgeschritten. Immerhin sollten auch hier nun Anlagen gebaut werden, um Erfahrungen zu sammeln.

Bibliographie

Der Text ist ein Auszug mit einigen Änderungen aus einem gleichzeitig durch das Bundesamt für Umweltschutz publizierten Dokument mit dem Titel «Hinweise zum Bau oder Umbau von Anlagen zur Hygienisierung von Klärschlamm».

Adresse des Verfassers: Ernest Mihalyfy, dipl. Ing., Sektion Abfall- und Verfahrenstechnik beim Bundesamt für Umweltschutz, 3003 Bern.

en grandes quantités. Le stockage hygiénique ne pose pas de problèmes si les boues sèches sont protégées de l'humidité. Les installations de séchage ne peuvent pas être conçues sans la collaboration des marchands de fertilisants chimiques, car les boues sèches leur feraient concurrence. Le développement en cours est en train de baisser les coûts du séchage des boues.

Conclusion

Pour les boues digérées par système anaérobie, ce qui est le plus répandu, deux ans d'investigations ont fourni assez de renseignements pour permettre de construire et de faire marcher des installations de désinfection qui donneront entière satisfaction. Il n'y a donc plus de raison d'attendre avec la conversion des installations existantes et la construction des installations de désinfection neuves.

Pour les boues traitées sur la base du principe aérobie, on n'en est qu'au début du développement. Néanmoins, il est temps de faire construire des stations prototypes pour acquérir de l'expérience et encourager le développement.

Bibliographie

Ce texte est un extrait d'un document publié simultanément par l'Office fédéral pour la protection de l'environnement ayant pour titre «Considérations sur la construction ou la transformation des installations d'hygiénisation des boues d'épuration».

Adresse de l'auteur: Ernest Mihalyfy, ing. dipl., Section procédés techniques de l'Office fédéral de la protection de l'environnement, 3003 Berne.

Klärschlammpasteurisierung in der Abwasserreinigungsanlage Altenrhein

Urs Keller

1. Nachpasteurisierung in der bestehenden Chargenpastanlage

1.1 Nachvermehrung von Krankheitserregern im nachpasteurisierten Schlamm

Die Kläranlage Altenrhein (Bild 1), ausgebaut für 110 000 hydraulische EGW und 185 000 biologische EGW, steht seit 1975 in Betrieb. Von Anfang an wurde eine Schlamm-pasteurierungsanlage eingebaut und 1976 in Betrieb genommen. Die Triplex-Anlage, System Roediger, arbeitet im Chargenverfahren und mittels Niederdruck-Dampfeintrag. Zur Rückkühlung des pasteurisierten Schlammes erfolgt in einer ersten Stufe ein Wärmetausch an den unpasteurisierten Schlamm und in der zweiten Stufe die Restkühlung durch Betriebswasser.

Im ersten Betriebsjahr ist die Anlage als Faulschlamm-pasteurisierung (Nachpasteurisierung) betrieben worden. Bakteriologische Stufenkontrollen durch das Institut für Veterinärhygiene der Universität Zürich Anfang 1977 zeigten aber unmissverständlich, dass sich der pasteurisierte Faulschlamm rekontaminierte. Die gewaltige Nachvermehrung der Krankheitserreger im pasteurisierten Faulschlamm führte im Vergleich zum anaerob ausgefaulten Schlamm innert weniger Tage zu einem bakteriologisch vielfach höher belasteten Schlamm (Tabelle 1).

Essai sur la pasteurisation des boues d'épuration dans la station d'épuration d'Altenrhein

Urs Keller

1. Postpasteurisation dans l'installation existante de pasteurisation par charges

1.1 Prolifération d'agents pathogènes dans les boues postpasteurisées

La station d'épuration d'Altenrhein (figure 1), construite pour 110 000 EH hydr. et 185 000 EH biolog., est en activité depuis 1975. Dès le début, on y a construit une installation de pasteurisation des boues et à partir de 1976, son exploitation a pu commencer. L'installation Triplex, système Roediger, travaille par charges et par injection de vapeur à basse pression dans le circuit de chauffage des boues. Le refroidissement des boues pasteurisées s'effectue dans une première phase par un transfert de la chaleur dans les boues non pasteurisées (d'où récupération), et dans une deuxième phase, au moyen d'eau usée épurée. Durant sa première année d'activité, l'installation servait à la pasteurisation des boues digérées (postpasteurisation). Mais des contrôles bactériologiques échelonnés, effectués au début 1977 par l'Institut de bactériologie vétérinaire de l'Université de Zurich, ont démontré que les boues pasteurisées et digérées se recontaminaient. L'extraordinaire reproductibilité des agents pathogènes dans les boues digérées et pasteurisées a eu pour conséquence, contrairement aux boues digérées non pasteurisées,