

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

Artikel: Klärschlammpasteurisierung in der Abwasserreinigungsanlage
Altenrhein = Essai sur la pasteurisation des boues d'épuration dans la
station d'épuration d'Altenrhein
Autor: Keller, Urs
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-941372>

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>

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 aérobique, 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-pasteurisierungsanlage 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,

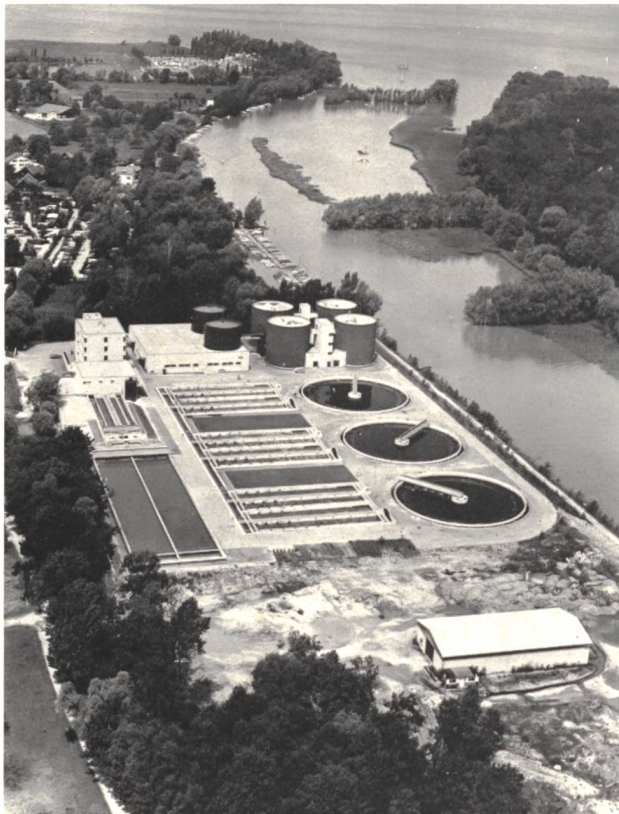


Bild 1. Die Abwasserreinigungsanlage Altenrhein, wo im zweistrassigen Schlammbehandlungstrakt die Parallelversuche «Vorpasteurisierung – normale Faulung» durchgeführt wurden. Flugaufnahme Comet

Figure 1. La station d'épuration d'Altenrhein où les essais parallèles à grande échelle de «prépasteurisation – digestion conventionnelle» étaient effectués.

1.2 Versuche zur Ermittlung und Verhinderung der Nachvermehrung von Krankheitserregern bei der Nachpasteurisierung

Pasteurisierungsanlage (Bilder 2 und 3)

Vorerst wurde versucht, die Ursachen der Nachvermehrung von Enterobacteriaceen durch ein stufenweises Ausschalten der möglichen Infektionsquellen während und nach dem Pasteurisierungsprozess zu ergründen. Durch entsprechende Massnahmen konnte erreicht werden, dass der anfänglich nach der Kühlung bereits stark kontaminierte Schlamm die Pastanlage keimfrei verlässt.

Transportleitung und Stapelbehälter

Als weitere Infektionsquelle stellten sich dann aber die Transportleitung Pastanlage–Stapelbehälter und der Stapelbehälter selbst heraus (Tabelle 2).

Tabelle 1. Beispiel einiger bakteriologischer Reihenuntersuchungen der Nachpasteurisationsanlage in der Abwasserreinigungsanlage Altenrhein.

	Enterobacteriaceen/g Schlamm				Salmonellen
	A	B	C	D	A–D
Faulschlamm	21 000	10 500	6 700	14 000	pos.
past. Schlamm nach Einwirkung	neg.	neg.	neg.	neg.	neg.
past. Schlamm nach Kühlung	440	480	210	1 g pos.	neg.
past. Schlamm aus Stapler (nach 1 bis 3 Tagen)	26 000 000	29 000 000	2 600 000	650 000	pos.

d'augmenter considérablement les bactéries pathogènes dans les boues traitées (tableau 1).

Tableau 1. Exemple de quelques analyses bactériologiques échelonnées dans l'installation de postpasteurisation de la station d'épuration d'Altenrhein.

	Teneur en entérobactériacées/g				Salmonelles
	A	B	C	D	A–D
Boues digérées	21 000	10 500	6 700	14 000	pos.
Boues pasteurisées après la pasteurisation	neg.	neg.	neg.	neg.	neg.
Boues pasteurisées après refroidissement	440	480	210	1 g pos.	neg.
Boues pasteurisées du réservoir de stockage (après 1 à 3 jours)	26 000 000	29 000 000	2 600 000	650 000	pos.

1.2 Essais pour déterminer et empêcher la prolifération d'agents pathogènes ultérieure à la postpasteurisation

Installation de pasteurisation (figures 2 et 3)

Pour commencer, nous avons cherché à approfondir les raisons de la prolifération ultérieure des entérobactériacées par une élimination successive des causes de contamination pendant et après le processus de pasteurisation. Grâce aux mesures correspondantes, il a été possible d'obtenir que les boues, au début fortement contaminées après le refroidissement, quittent l'installation de pasteurisation sans trace décelable d'agents pathogènes.

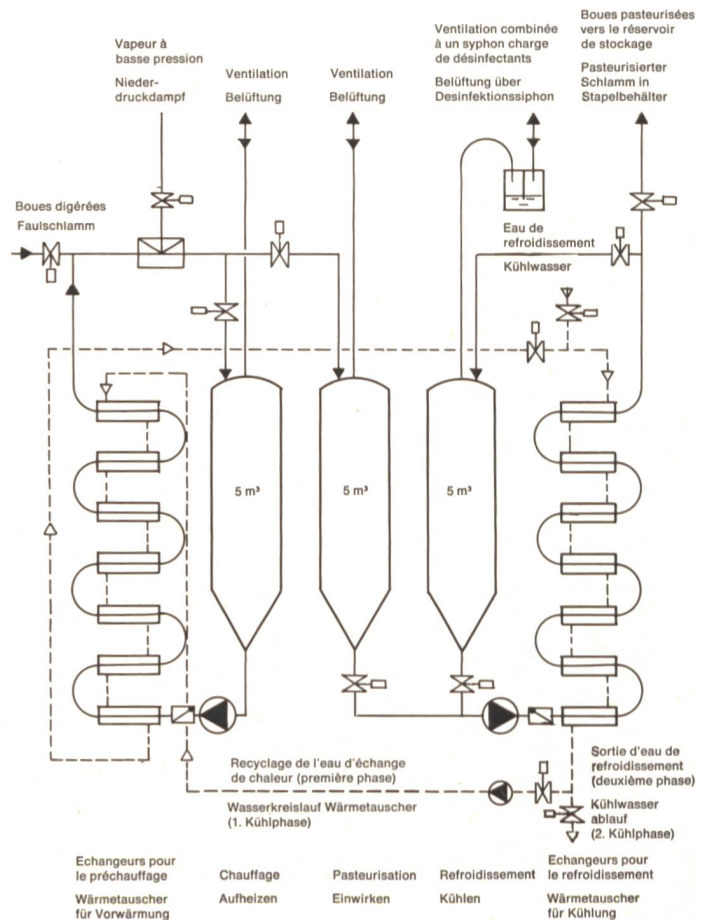


Figure 2. Représentation schématique de l'installation de pasteurisation dans la station d'épuration d'Altenrhein.

Bild 2. Schematische Darstellung der Pasteurisationsanlage in der Kläranlage Altenrhein.

Tabelle 2. Beispiel einer bakteriologischen Reihenuntersuchung nach der Desinfektion der Gesamtanlage und bei täglicher Beschickung von rund 50 m³ Pastschlamm.

	Enterobacteriaceen/g Schlamm			
	Pastanlage Ende Kühlung	Förderleitung unten	Förderleitung oben	Stapelbehälter
30. September 1977	neg.	1 g pos.	10 g pos.	10 g pos.
1. Oktober 1977	neg.	20	75	805
2. Oktober 1977	neg.	45	19 400	4 200
3. Oktober 1977	neg.	207 000	35 000 000	4 200

Durch ein täglich zweimaliges Beschicken mit ungekühltem, heissem Schlamm konnte die rasante Ausbreitung der Enterobacteriaceen wenigstens im unteren Teil der Förderleitung gestoppt werden.

6. Oktober 1977	neg.	neg.	670 000	69 000
7. Oktober 1977	neg.	neg.	2 040 000	670 000

Neukonzeption des Stapelbehälters

Aufgrund der Erfahrungen wurde eine neue Versuchsanordnung mit optimaler Leitungsführung und idealem Stapelbehälter konzipiert (Bild 4).

Für den Betrieb des Stapelbehälters und der Beschickungsleitung wurden folgende zusätzliche Massnahmen getroffen:

- Geschlossener Stapelbehälter mit Belüftung über Desinfektionssiphon
- Täglich wird die letzte Schlammcharge heiss beschickt, so dass die am Ende nach oben gekröpfte Leitung eine Hitzedesinfektion erfährt. Das horizontale Mündungsstück der Beschickungsleitung wird zudem jedesmal nach dem Schlammeintrag während etwa 20 Minuten mittels einer elektrischen Rohrheizung auf etwa 80 °C aufgeheizt.
- Die Trübwasser- und Schlammmentnahmestutzen werden vor und nach deren Benützung auf etwa 100 °C erhitzt.
- Vor Inbetriebnahme ist der Behälter durch eine vollständige Heisswasserfüllung (70 °C) desinfiziert worden.

Diese weitgehenden Massnahmen ermöglichten einen absolut keimfreien Betrieb der Stapelung während zweimal 14 Tagen. Dabei wurden täglich 20 bis 30 m³ nachpasteurisierter Faulschlamm nachgefüllt und entsprechend Trübwasser und Schlamm entnommen. Bereits die Stilllegung der elektrischen Heizung der Beschickungsleitung brachte trotz keimfreier Schlammbeschickung aus der Pastanlage eine erneute Kontamination mit anschliessender Nachvermehrung im Stapler.



Bild 3, links. Teilansicht der Chargen-Pasteurisierungsanlage in der Kläranlage Altenrhein.

Foto Hädener, Rorschach

Figure 3, à gauche. Partie de l'installation de pasteurisation par charges dans la station d'épuration d'Altenrhein.

Bild 4, rechts. Die Versuchsanordnung, Leitungsführung und Stapelbehälter für den nachpasteurisierten Faulschlamm in der Anlage Altenrhein.

1 nachpasteurisierter Faulschlamm, täglich jede letzte Charge heiss beschickt, 2 beheiztes Rohrmündungsstück, 3 60 m³-Stapler, 4 beheizter Schlammablass, 5 beheizter Trübwasserablass, 6 Desinfektionssiphon, 7 Belüftung.

Figure 4, à droite. La conception de l'installation de stockage, tracé des tuyauteries et réservoir de stockage pour boues postpasteurisées.

1 boues pasteurisées, tous les jours la dernière charge a été envoyée chaude (sans refroidissement), 2 tronçon du tuyau d'alimentation (chauffé), 3 réservoir de stockage de 60 m³, 4 sortie chauffée des boues, 5 sortie chauffée des eaux troubles, 6 siphon de désinfection de l'air, 7 ventilation.

Tuyauterie de transport et réservoir de stockage

Une autre source d'infection se manifesta également dans la tuyauterie d'alimentation du réservoir de stockage et dans le réservoir lui-même (tableau 2).

Tableau 2. Exemple des analyses bactériologiques échelonnées après désinfection de l'installation complète et lors de l'alimentation journalière des boues pasteurisées à raison de 50 m³ par fois.

	Teneur en entérobactériacées/g de boue			
	Installation de pasteurisation fin du refroidissement	Conduite de transport bas	Conduite de transport haut	Réservoir de stockage
30 septembre 1977	nég.	1 g pos.	10 g pos.	10 g pos.
1 octobre 1977	nég.	20	75	805
2 octobre 1977	nég.	45	19 400	4 200
3 octobre 1977	nég.	207 000	35 000 000	4 200

Grâce à l'alimentation comprenant deux charges journalières de boues chaudes non refroidies, on parvint à arrêter la prolifération fulgurante des entérobactériacées, du moins dans la partie inférieure de la conduite de transport.

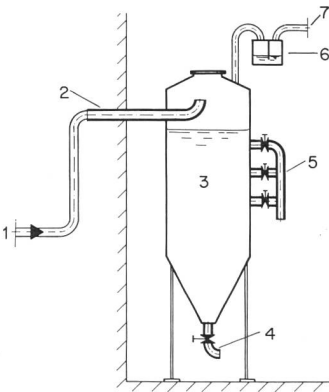
6 octobre 1977	nég.	nég.	670 000	69 000
7 octobre 1977	nég.	nég.	2 040 000	670 000

Conception nouvelle du récipient de stockage

Sur la base des connaissances acquises, nous avons conçu une nouvelle installation de stockage avec un tracé optimal des tuyauteries et un réservoir de stockage idéal (figure 4).

Les mesures complémentaires suivantes furent adoptées pour l'exploitation du réservoir de stockage et de la tuyauterie d'alimentation:

- Réservoir fermé avec aération par intermédiaire d'un siphon de désinfection.
- La dernière charge de boues est envoyée dans le réservoir chaque jour sans refroidissement, de sorte que le bout du tuyau d'alimentation dont le coude est tourné vers le haut subit une désinfection par la chaleur. De plus, ce même bout de tuyau est chaque fois chauffé pendant environ 20 minutes après l'alimentation des boues au moyen d'un chauffage par résistance électrique à une température d'environ 80 °C.
- Les robinets de vidange des eaux troubles et des boues sont chauffés avant et après leur utilisation à environ 100 °C.
- Avant la mise en service, le réservoir de stockage a été



Schlussfolgerungen für den weiteren Einsatz der Nachpasteurisierung

Aufgrund der genannten Erfahrungen gelangte man zur Einsicht, dass derart weitgehende Massnahmen im praktischen Kläranlagenbetrieb niemals lückenlos durchzuführen sind. Die Nachpasteurisierung von Klärschlamm ist deshalb in dieser Form ungeeignet.

2. Vorpasteurisierung und normale Faulung im Grossparallelversuch

2.1 Konzept der Versuchsanordnung

Aus einem parallel zu den Nachpasteurisierungsversuchen betriebenen Pilotversuch war bekannt, dass das Pasteurisieren von Frischschlamm (Vorpasteurisation) mit anschliessender Faulung die Nachvermehrung von Krankheitserregern unterbindet. Um diese Beobachtung im praxisgerechten Massstab über längere Zeit zu überprüfen, wurde ein Grossparallelversuch vorbereitet, bei welchem die eine Hälfte des in der Kläranlage Altenrhein anfallenden Schlammes in der bestehenden *Chargen-Pastanlage* vorpasteurisiert und anschliessend ausgefault, die zweite Hälfte nur ausgefault werden sollte. Neben den bakteriologischen Verhältnissen und den praktischen Betriebserfahrungen interessierten als Grundlage für spätere Entscheidungen auch viele Vergleichswerte wie etwa Menge und Qualität der Gasproduktion und Trübwasserausscheidung, Faulungsintensität, Nährstoffe, Energiebilanz usw. Dank den 4 gleichartigen Faulräumen (je 2 Vor- und Nachfaulräume zu 1800 m³) konnten 2 völlig getrennte Faulstrassen eingerichtet werden (Bild 5).

désinfecté par remplissage intégral d'eau chaude (70 °C). Ces larges mesures ont permis d'obtenir une exploitation du réservoir de stockage absolument exempte de bactéries pathogènes pendant deux fois 15 jours. Chaque jour, 20 à 30 m³ de boues digérées postpasteurisées étaient rajoutés et l'on retirait les quantités correspondantes d'eau trouble et de boue. Il a suffi d'arrêter le chauffage électrique sur le bout du tuyau d'alimentation pour qu'une nouvelle recontamination se produise avec prolifération consécutive des bactéries pathogènes dans le réservoir de stockage; pourtant, selon les analyses, la boue qui alimentait le réservoir restait exempte de bactéries pathogènes.

Conclusions concernant l'application future de la postpasteurisation

Sur la base des expériences précitées, on est arrivé à la conclusion que des mesures si rigoureuses ne pourraient jamais être mises en pratique sans faille, dans les conditions que l'on rencontre dans les stations d'épuration. C'est pourquoi la postpasteurisation des boues d'épuration doit être considérée comme inadéquate sous cette forme.

2. Prépasteurisation et digestion conventionnelle dans l'essai parallèle à grande échelle

2.1 Description de l'installation d'essai

A la suite d'un essai pilote effectué parallèlement aux essais de postpasteurisation, nous savions que la pasteurisation des boues fraîches (prépasteurisation), suivie de la

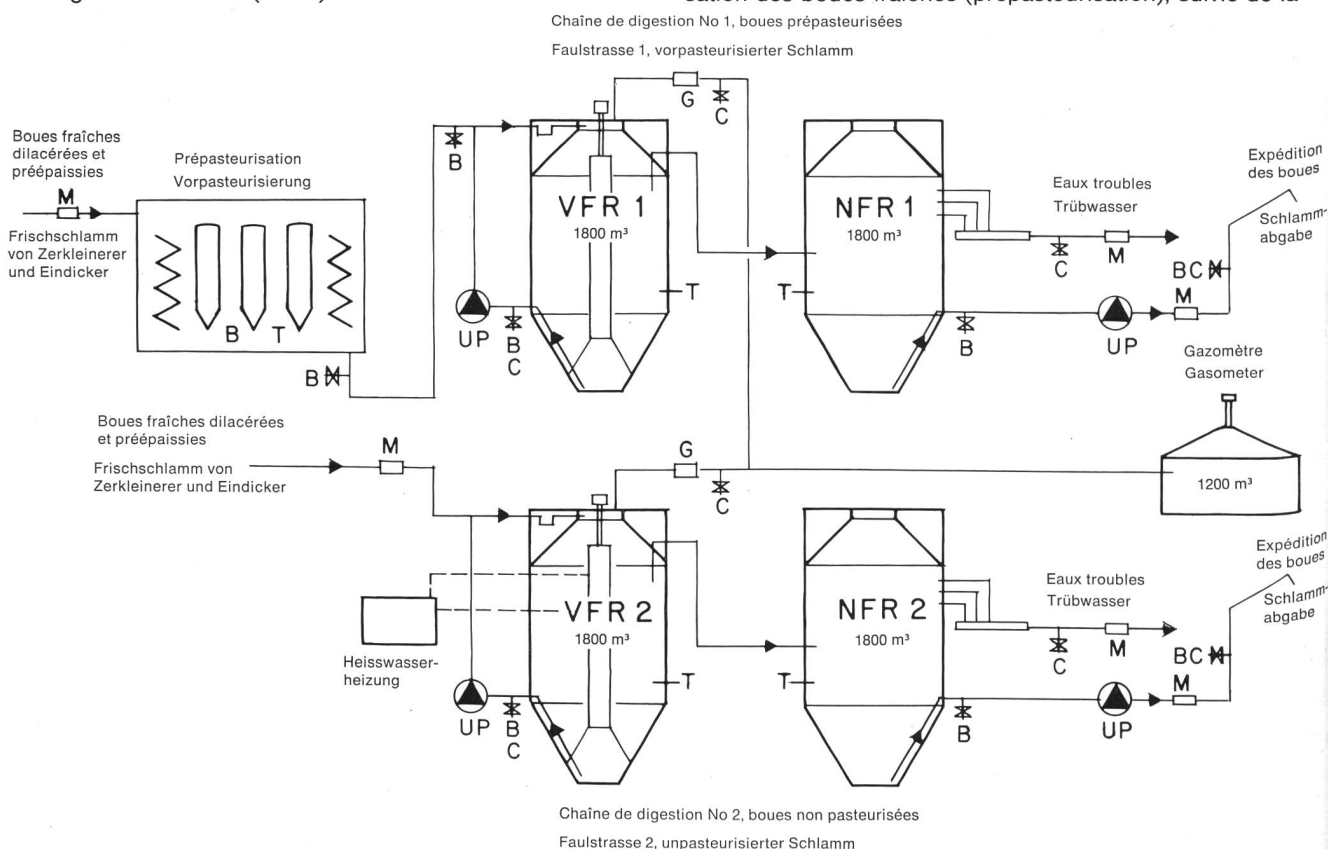


Bild 5. Schematische Darstellung des Grossparallelversuches in der Abwasserreinigungsanlage Altenrhein.

B Probenahmestelle für bakteriologische Analysen, C Probenahmestelle für chemische Analysen, G Balgengasmesser, M Mengemessung, T Temperaturmessung, UP Umwälz- und Förderpumpen, VFR 1 und 2 Vorfaulraum 1 und 2, NFR 1 und 2 Nachfaulraum 1 und 2.

Figure 5. Représentation schématique de l'essai parallèle dans la station d'épuration d'Altenrhein.

B point de prise d'échantillon pour les analyses bactériologiques, C point de prise d'échantillon pour les analyses chimiques, G débitmètre de gaz à soufflet, M débitmètre pour les boues, T mesure de la température, UP pompes de recyclage et de transport, VFR 1 et 2 prédigesteurs 1 et 2, NFR 1 et 2 postdigesteurs 1 et 2.

Monat	Jahr	Vorpasteurisierung → VFR → NFR															
		Mengen		Betr.-Zeit/Charge		Schlammtemperatur				Wassertemp.				Energie			
		Vorpasteurisierter Frischschlamm	Anzahl Chargen	Mittlere Menge pro Charge excl. Dampfkondensat	Wärmetauschen	Restkühlung	Restheizung auf 70°C	Total pro Charge	Vorwärmen Frischschlamm	Rest- heizung	Rück- kühlung	Rest- kühlung	Vorwärmen u. Kühlen im Wärmer	Rest- kühlung	Heizöl- verbrauch	Gas- verbrauch	
		m³	Stk	m³	min	min	min	min	°C	°C	°C	°C	°C	°C	Liter	pro m³ Frischschlamm	pro m³ Frischschlamm
April 1978	Total	2142	461														
	Tagesmittel	71.4	15.4	4.65	28	17	32/41	61.8	14	33.8	70	64.1	55.4	48.6	13655	8.6	14.3
Mai 1978	Total	2305	504														
	Tagesmittel	74.4	16.3	4.57	28	17/23	32/35	61.1	14.6	33.6	70	63.1	56.1	48.9	10988	8.7	14.3
Juni 1978	Total	2493	527														
	Tagesmittel	83.1	17.6	4.73	28	17	32/33	61	16.9	35.9	70	62	55.0	45.4	6133	7.5	12.6
Juli 1978	Total	2387	515														
	Tagesmittel	77.0	16.6	4.64	28	17/22	32/33	62	17.7	37.4	70.7	63.4	56.3	47.6	6602	7.6	13.4
Aug 1978	Total	2251	487														
	Tagesmittel	72.6	15.7	4.62	28	17/22	33/52	72.8	18.6	38.3	70	63.9	56.0	46.8	9167	7.9	13.6
Sept 1978	Total	2413	534														
	Tagesmittel	80.4	17.8	4.52	28	22	31/52	63.4	18.5	38.3	70	62.6	53.6	39.8	8629	8.2	13.7
Zwischentot April-Sept	Tagesmittel	13991	3028												55174	97591	
		76.5	16.5	4.62											8.16	13.49	
Okt 1978	Total	2612	578														
	Tagesmittel	84.3	18.6	4.51	28	17	31/35	61.0	16.4	37.5	70	61.2	54.6	47.6	7210	8.2	14.1
Nov 1978	Total	2970	685														
	Tagesmittel	99.0	22.8	4.39	28	17	30/36	61.1	15.5	35.5	70	62.2	55.4	49.0	8282	8.0	13.7
Dez 1978	Total	2632	610														
	Tagesmittel	84.9	19.7	4.31	28	17	32/45	64.7	12.3	33.0	70	63.5	55.2	49.3	14759	9.1	15.6
Zwischentot Okt.-Dez	Tagesmittel	8214	1873												30251	66522	
		89.3	20.4	4.39											8.57	14.20	
Gesamttotal	Apr.-Dez.	22205	4901												85425	164113	
	Tagesmittel	80.7	17.8	4.53											8.30	13.77	

*durch Wärmetauschung und Vermischung mit heissem Restschlamm

Frischschlammmenge					
n. Pastanlage zur Vorpasteurisierung		nach VFR 2 zur Faulung		Gesamttotal Frischschlamm	
Schlamm	Trockensubstanz	Schlamm	Trockensubstanz	Schlamm	Trockensubstanz
m³	kg	m³	kg	m³	kg
2142	99'603	2149	99'928	4291	199'531
71.4	3320	71.6	3330	143	6650
2305	113'867	2311	114'163	4614	228'030
74.4	3673	74.5	3683	148.9	7356
2493	132'628	2555	135'926	5048	268'554
83.1	4421	85.2	4531	168.3	8952
2387	118'395	2393	118'693	4780	237'088
77.0	3819	77.2	3829	154.2	7648
2251	111'875	2391	118'833	4642	230'708
72.6	3609	77.1	3833	149.7	7442
2413	120'167	2414	120'217	4827	240'384
80.4	4006	80.5	4007	160.9	8013
13991	696'535	14'213	70'7760	28'204	140'4295
76.5	3806	77.7	3868	154.2	7674
2612	127'988	2601	127'449	5213	255'437
84.3	4129	83.9	4111	168.2	8240
2970	166'617	2973	166'785	5943	333'402
99.0	5554	99.1	5560	198.1	11'114
2632	114'229	2654	115'184	5286	229'413
84.9	3685	85.6	3716	170.5	7401
8214	408'834	8228	409'418	16'442	818'252
89.3	4444	89.4	4450	178.7	8894
22'205	1'105'369	22'441	1'117'178	44'646	2'222'547
80.7	4020	81.6	4062	162.3	8082

Monat	Jahr		Vorfaulraum 1 Vorpast Schlamm						Vorfaulraum 2 Faulschlamm						Nachfaulraum 1 Vorpast Schlamm			Nachfaulraum 2 Faulschlamm						
			Temp.		Umwälzung		Gasproduktion		Temp.		Umwälzung		Gasproduktion		Temp.	Trübwasser	Schlammabfuhr	Temp.	Trübwasser	Schlammabfuhr				
			Mitte	Schraubenschaufler	Umwälzpumpe	Menge Total	Menge pro m ³ Frischschlamm	Menge pro kg Trockensubstanz	ungefährer Heizwert im Mittel	Mitte	Schraubenschaufler	Umwälzpumpe	Menge Total	Menge pro m ³ Frischschlamm	Menge pro kg Trockensubstanz	ungefährer Heizwert im Mittel	Mitte	Menge Total excl. Kondensat	Menge pro m ³ Frischschlamm excl. Kondensat	Menge Total	Mitte	Menge Total	Menge pro m ³ Frischschlamm	Menge Total
			°C	Std	Std	m ³	m ³	m ³	kcal/m ³ FS	°C	Std	Std	m ³	m ³	m ³	kcal/m ³ FS	°C	m ³	m ³	m	°C	m ³	m ³	m ³
April 1978	Total				34'336			209 Gcal				35'845			205 Gcal				943			890		1555
	Tagesmittel	31.5	12.9	3.9	1144	16.03	0.34	6087	32.1	12.9	4.1	1195	16.68	0.36	5732	28.3		0.44	979	29.1		890		1555
Mai 1978	Total				36'136			225 Gcal				37'922			228 Gcal				1355			1365		922
	Tagesmittel	35.4	12.8	4.1	1166	15.68	0.32	6233	34.6	13.3	4.3	1223	16.41	0.33	6007	31.9		0.59	763	32.1		1365		922
Juni 1978	Total				37'853			233 Gcal				40'379			243 Gcal				799			760		1944
	Tagesmittel	35.7	13.1	4.3	1261	15.18	0.29	6152	36.2	13.6	4.6	1345	15.80	0.30	6011	33.6		0.32	1627	33.9		760		1944
Juli 1978	Total				37'735			235 Gcal				38'244			230 Gcal				1320			1340		950
	Tagesmittel	34.6	13.1	3.3	1217	15.81	0.32	6216	37.2	13.5	3.6	1234	15.98	0.32	6017	32.5		0.55	1195	34.7		1340		950
Aug 1978	Total				34'181			219 Gcal				35'305			227 Gcal				1296			1220		1008
	Tagesmittel	35.8	13.0	3.7	1103	15.18	0.31	6413	35.1	13.0	3.9	1139	14.77	0.30	6420	33.4		0.58	994	34.0		1220		1008
Sept 1978	Total				35'225			209 Gcal				34'802			203 Gcal				1451			1180		979
	Tagesmittel	33.6	13.5	4.4	1174	14.60	0.29	5927	33.5	13.5	4.6	1160	14.42	0.29	5831	32.2		0.60	907	32.4		1180		979
Zwischentot April-Sept	Tagesmittel	34.4	13.1	4.0	1177	15.40	0.31		34.8	13.3	4.2	1216	15.65	0.31		32.0		0.51	6465	32.7		6755		7358
Okt 1978	Total				41'199			245 Gcal				37'891			219 Gcal				1535			1340		1224
	Tagesmittel	32.1	14.1	4.8	1329	15.77	0.32	5945	29.4	14.3	5.0	1222	14.56	0.30	5786	30.2		0.59	1066	28.7		1340		1224
Nov 1978	Total				45'910			263 Gcal				42'744			248 Gcal				1610			1390		1238
	Tagesmittel	35.2	19.0	8.0	1530	15.45	0.28	5732	27.6	19.9	8.1	1425	14.38	0.26	5796	32.2		0.54	1224	26.3		1390		1238
Dez 1978	Total				43'961			256 Gcal				40'780			233 Gcal				1881			1835		979
	Tagesmittel	37.1	23.9	6.7	1418	16.70	0.38	5831	28.5	23.9	6.8	1315	15.36	0.35	5705	33.3		0.71	1138	26.1		1835		979
Zwischentot Okt.-Dez	Tagesmittel	34.8	19.0	6.5	131'070			764 Gcal	28.5	19.4	6.6	121'415			700 Gcal				5026			4565		3441
					1425	15.96	0.32					1320	14.76	0.30		31.9		0.61	3428	27.0		4565		3441
Gesamttotal	Apr.-Dez				346'536			2094 Gcal				343'912			2036 Gcal				12'190			11'320		10'799
	Tagesmittel	34.6	15.0	4.8	1260	15.61	0.31		32.7	15.3	5.0	1251	15.33	0.31		32.0		0.55	9893	30.8		11'320		10'799

Tabelle 3. Grossparallelversuch «Vorpasteurisierung – normale Faulung» in der Kläranlage Altenrhein. Zusammenstellung der Monats- und Tagesmittelwerte.

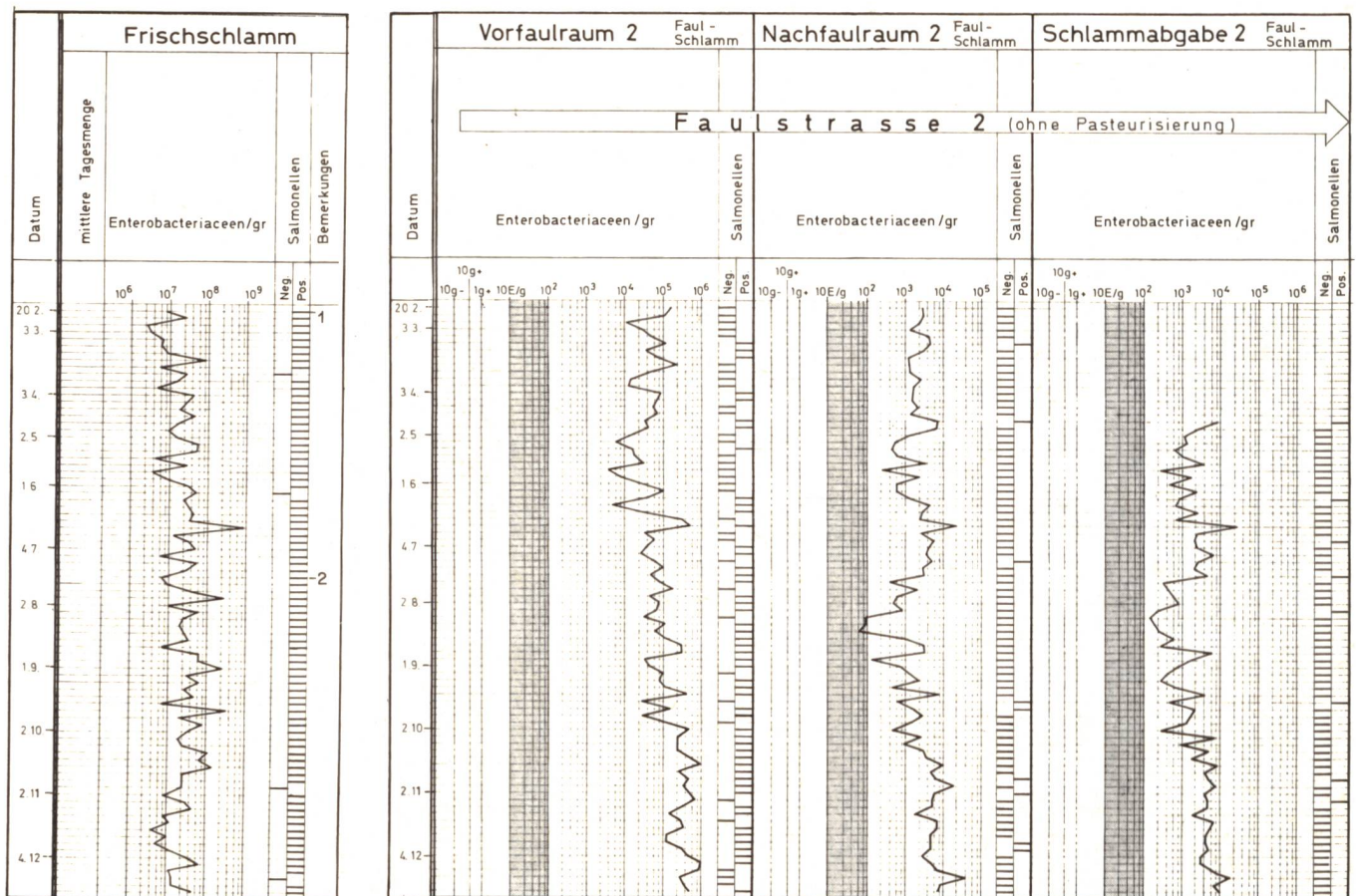


Bild 6. Grossparallelversuch «Vorpasteurisierung – normale Faulung» auf der Kläranlage Altenrhein. Verlauf der bakteriologischen Werte.

Figure 6. Essai parallèle à grande échelle de «prépasteurisation – digestion conventionnelle» à la station d'épuration d'Altenrhein, les valeurs bactériologiques.

1 Beginn des Grossparallelversuches.

2 Inbetriebnahme des Frischschlammzerkleinerers.

Um Verstopfungen in den Umwälzpumpen, Rückschlagklappen und Wärmetauschern entgegenzuwirken, musste die gesamte Frischschlammmenge vor dem Eindicker über einen Schlammzerkleinerer (Mazerator) geführt werden. Weitergehende Massnahmen ermöglichten einen genauen Vergleich zwischen der anaeroben Schlammfäulung mit und ohne vorherige Frischschlammpasteurisierung.

2.2 Verlauf der bakteriologischen Werte und Schlussfolgerungen für den Betrieb

Viele Ideen und die fachtechnische Begleitung der Versuche in bakteriologischer Hinsicht waren Prof. Dr. E. Hess und Dr. C. Breer, Veterinär-bakteriologisches Institut der Universität Zürich, zu verdanken.

Dennoch seien aus der Sicht der versuchsführenden Betriebsleitung einige Bemerkungen zu den vergleichenden Diagrammen über die Entwicklung der Enterobacteriaceen und Salmonellen (Bild 6) erlaubt:

Die Parallelversuche wurden ohne vorherige Entleerung oder Desinfektion der Faulräume begonnen.

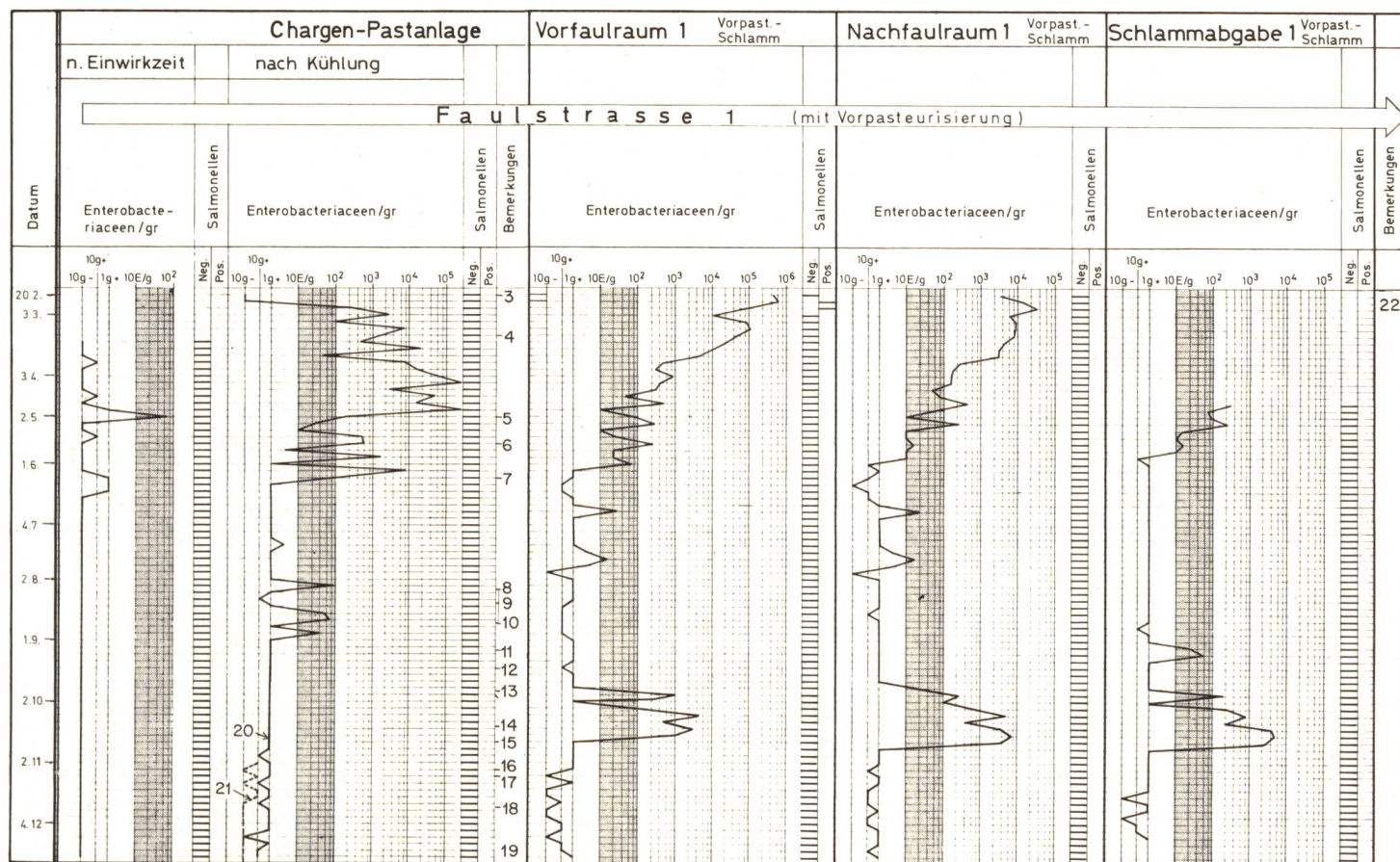
Durch die Beschickung der Faulstrasse 1 mit vorpasteurisiertem Frischschlamm sank der Enterobacteriaceengehalt im Vor- und Nachfaulraum innert 2 Monaten bis unter 10^2 E/g und 1 Monat später sogar unter 10 E/g. Salmonellen waren nach 14 Tagen keine mehr nachzuweisen. In der vergleichenden Faulstrasse 2 bewegten sich die Enterobacteriaceen zwischen 10^4 bis 10^6 E/g im Vorfaulraum und von 10^2 bis über 10^4 im Nachfaulraum. Salmonellen waren im Vorfaulraum in 60 % und im Nachfaulraum in 11 % der Proben nachzuweisen.

digestion, jugulait la prolifération des germes pathogènes. Afin de vérifier ces observations sur une échelle proche de la pratique et durant une assez longue période, nous avons organisé un grand essai parallèle, au cours duquel la moitié des boues provenant de la station d'épuration d'Altenrhein devait être prépasteurisée dans l'installation de pasteurisation par charges, puis digérée, respectivement seulement digérée pour la seconde moitié. En plus des conditions bactériologiques et des expériences pratiques d'exploitation, il nous intéressait également d'obtenir comme base de décision ultérieure de nombreuses valeurs comparatives, telles la valeur et la qualité de la production de gaz et la séparation des eaux troubles, l'intensité de la digestion, les substances nutritives, le bilan énergétique, etc. Grâce aux 4 chambres de digestion identiques dont nous disposions (2 chambres de prépasteurisation et 2 chambres de postpasteurisation de chacune 1800 m^3), il fut possible d'installer deux chaînes de digestion entièrement séparées (figure 5).

Afin d'éviter des bouchages dans les pompes de recirculation, clapets de retenue et échangeurs de chaleur, il a fallu faire passer la totalité des boues fraîches avant l'épaississeur par un désintégrateur (dilacérateur). Des mesures bien étudiées assurèrent la comparaison exacte entre les deux chaînes.

2.2 Analyse des valeurs bactériologiques et conclusions pour l'exploitant

De nombreuses idées ainsi que l'assistance technique des essais provenaient de MM. le prof. Dr E. Hess et du



- 3 Vor Versuchsbeginn wurde die Pasteurierungsanlage heiss desinfiziert.
- 4 Fülleitung von Oberkant Vorfaulraum 1 nach Mitte Vorfaulraum 1 gewechselt.
- 5 Beginn täglich letzte Charge heiss ohne Kühlung.
- 6 Inbetriebnahme neuer Desinfektionssiphon für Zu- und Abluft des Kühlbehälters.
- 7 Schieber der Ableitung des Desinfektionssiphons zu, so dass ein Rückstau unmöglich wird. Beginn mit wöchentlicher Leerung und Nachfüllung des Siphons.
- 8, 9 und 10 Desinfektion der Pasteurierungsanlage mit je 3 Chargen ungekühltem Heisschlamm 80 °C.
- 10 Inbetriebnahme der Trinkwasserkühlung.
- 11 Ableitung Desinfektionssiphon statt über das Dach neu in Raum. Siphon heiss desinfiziert. 7 Chargen 80 °C ungekühlt.
- 12 3 Chargen 80 °C ungekühlt, dann 3 Chargen mit Einwirkzeit von 1 Stunde.

- 13 Unfallsimulation 5 m³ unpasteurisierten Frischschlamm in Vorfaulraum 1. Erstmals Formalin in Desinfektionssiphon. Wechsel 2 Mal pro Woche.
- 14 Drosselung der Beschickungsleitung Vorfaulraum 1, Füllzeit 2 Minuten 25 Sekunden.
- 15 Umstellung Kühlwasser von Trink- auf Betriebswasser.
- 16 Entleerungsleitung nach Pasteurierungsanlage.
- 17 Wieder Tegofectol in Desinfektionsfilter. Wechsel zweimal pro Woche.
- 18 Einbau eines Luwa-Ultra-Filter in die Luftansaugleitung.
- 19 Heissdesinfektion, 2 Tage mit Pasteurisierung 75 °C und 55 Minuten Einwirkzeit, anschliessend Kühlung.
- 20 Ende des Grossparallelversuchs.
- 21 Vorfaulraum 1 und Nachfaulraum 1 mit unpasteurisiertem Faulschlamm gefüllt. Ohne Entleerung mit vorpasteurisiertem Schlamm nachgefüllt.
- 22 Vorfaulraum 1 und Nachfaulraum 1 mit unpasteurisiertem Faulschlamm gefüllt. Ohne Entleerung mit vorpasteurisiertem Schlamm nachgefüllt.

Obwohl in den ersten 3½ Versuchsmonaten der vorpasteurisierte Frischschlamm nach der Kühlphase immer wieder stark reinfiziert wurde, vermochte die anschliessende Faulung die Enterobacteriaceen dennoch unter 10² E/g abzubauen. Da aber bei einer nicht einwandfrei arbeitenden Pasteurierungsanlage die Gefahr einer unkontrollierbaren, gewaltigen Nachvermehrung sehr gross ist, sollten Vorpasteurierungsanlagen dennoch bis zum Prozessende vollständig keimfrei arbeiten.

Das keimfreie Pasteurisieren scheint mit Frischschlamm bedeutend schwieriger zu sein als mit Faulschlamm. Bei Beginn des Vorpasteurierungsversuchs waren die Verbesserungen an der Pasteurierungsanlage, welche bei der Faulschlammpasteurisierung schliesslich zur keimfreien Hygienisierung geführt haben, immer noch in Anwendung. Dennoch waren verschiedene weitergehende Massnahmen notwendig, um die hartnäckigen Kontaminationen bei der Schlammkühlung zu eliminieren. Als wichtigste zum Erfolg führende Zusatzmassnahmen stellten sich dabei heraus:

- Einwandfreies Desinfizieren der Zuluft zum Kühlbehälter.
- Täglich die letzte Charge ungekühlt mit rund 70 °C in den Faulraum geben.

Dr C. Breer de l'Institut bactériologique vétérinaire de l'Université de Zurich.

Ceci dit, la direction technique des essais se permet néanmoins de faire quelques remarques à propos des diagrammes à comparer sur l'évolution du taux des entérobactériacées et des salmonelles (figure 6).

Les essais parallèles commencèrent sans vidange préalable ou désinfection des digesteurs.

Grâce à l'alimentation de la chaîne de digestion 1 avec des boues fraîches prépasteurisées, la teneur en entérobactériacées diminua en l'espace de 2 mois dans la chambre de prédigestion et de postdigestion en dessous de 10² e/g et un mois plus tard, même en dessous de 10 e/g. Après 15 jours, on ne trouvait plus trace de salmonelles. En ce qui concerne la chaîne comparative 2, le nombre d'entérobactériacées se situait entre 10⁴ et 10⁶ e/g dans le prédigester et entre 10² jusqu'à plus de 10⁴ dans le postdigester. Dans le prédigester, des salmonelles étaient décelées dans 60 % et dans le postdigester dans 11 % des échantillons.

Bien que dans les premiers 3½ mois d'essais les boues fraîches prépasteurisées se réinfectaient de manière considérable, la digestion qui suivit permit de réduire les entérobactériacées en dessous de 10² e/g. Néanmoins,

1978	Frischschlamm					Vorfaulraum 1					Vorpast-Schlamm		Vorfaulraum 2					Faul-Schlamm		Nachfaulraum 1		Nachfaulraum 2		Schlammabgabe 1					Vorpast-Schlamm		Schlammabgabe 2					Faul-Schlamm							
						Schlamm			Gas		Schlamm			Gas										Schlamm			Nährstoffe		Schlamm			Nährstoffe											
	Temperatur	pH	Trockenrückstand	Glührückstand	Org. Gehalt	Temperatur	pH	Trockenrückstand	Glührückstand	Org. Gehalt	Org. Säure	Kohlendioxid CO ₂	Methan CH ₄	Heizwert	Temperatur	pH	Trockenrückstand	Glührückstand	Org. Gehalt	Org. Säure	Kohlendioxid CO ₂	Methan CH ₄	Heizwert	Absetzvolumen	Schwebestoffe	Absetzvolumen	Schwebestoffe	Temperatur	pH	Trockenrückstand	Glührückstand	Org. Gehalt	Gesamtschlackstoff N	Ammoniumstickstoff NH ₄ -N	Phosphat P ₂ O ₅	Temperatur	pH	Trockenrückstand	Glührückstand	Org. Gehalt	Gesamtschlackstoff N	Ammoniumstickstoff NH ₄ -N	Phosphat P ₂ O ₅
	°C	%	%	%	%	°C	%	%	%	%	mg/l	Vol.%	Vol.%	KJ/m ³	°C	%	%	%	%	mg/l	Vol.%	Vol.%	KJ/m ³	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	°C	%	%	%	%	kg/t TS	kg/t TS	kg/t TS	°C	%	%	%	%	kg/t TS	kg/t TS	
März	12.4	6.2	4.95	2.93	2.02	30.8	6.9	3.58	1.59	1.99	24.2	28.4	66.8	6221	31.0	6.9	3.69	1.65	2.04	23.2	29.6	66.4	5682	26.5	1.02	47.5	5.37	23.2	6.8	6.02	2.68	3.34	29.0	11.8	73.8	24.2	6.8	5.70	2.56	3.14	26.4	11.5	75.0
April	14.0	6.4	4.65	2.91	1.74	31.5	7.3	3.74	1.67	2.07	24.9	29.6	66.4	6087	32.1	7.3	3.56	1.60	1.96	24.8	30.2	65.8	5732	11.1	0.58	17.5	0.71	23.5	7.1	6.42	2.80	3.62	28.8	10.8	93.3	24.3	7.2	6.09	2.66	3.43	37.5	14.3	83.9
Mai	14.6	6.1	4.94	2.93	2.01	35.4	7.0	3.68	1.64	2.04	22.7	29.0	67.0	6233	34.6	7.0	3.73	1.66	2.07	22.5	28.5	67.5	6007	12.8	0.87	27.3	0.96	25.3	6.8	7.06	3.10	3.96	33.3	11.3	88.9	27.0	6.9	6.04	2.66	3.38	36.6	13.6	86.5
Juni	16.9	6.1	5.32	3.10	2.22	35.7	7.3	3.78	1.62	2.16	25.0	29.4	66.6	6152	36.2	7.3	3.87	1.69	2.21	24.9	30.0	66.0	6011	11.9	0.93	37.8	1.27	27.2	7.1	7.60	3.16	4.44	30.6	13.0	77.5	27.3	7.2	6.34	2.63	3.71	33.3	15.1	76.4
Juli	17.7	6.3	4.96	2.88	2.08	34.8	7.5	3.78	1.61	2.17	25.9	28.0	68.0	6216	37.2	7.5	3.79	1.63	2.16	30.2	29.5	66.5	6017	7.5	0.69	32.4	1.34	33.2	7.4	6.80	2.85	3.95	29.8	11.6	63.1	27.4	7.4	6.47	2.71	3.76	34.3	13.4	70.1
Aug.	18.6	6.4	4.97	2.91	2.06	35.8	7.4	3.20	1.29	1.91	20.0	26.0	70.0	6413	35.1	7.3	3.41	1.40	2.01	21.1	26.0	70.0	6420	10.3	0.71	16.9	0.72	31.0	7.2	7.08	2.83	4.25	35.0	12.8	78.4	28.3	7.2	7.47	2.91	4.56	-	-	-
Sept.	18.5	6.3	4.98	2.92	2.07	33.6	7.2	3.45	1.38	2.07	23.3	29.1	66.9	5927	33.5	7.2	3.70	1.49	2.21	23.1	29.0	67.0	5831	6.6	0.77	24.8	1.01	27.8	7.1	7.27	2.90	4.37	27.7	11.3	70.1	27.5	7.1	7.49	2.91	4.59	33.2	18.8	69.2
Mittel III-XII	16.1	6.3	4.96	2.94	2.02	33.9	7.2	3.60	1.54	2.06	23.7	28.5	67.4	6178	34.2	7.2	3.68	1.59	2.08	24.3	28.7	67.0	5957	12.4	0.92	29.2	1.63	27.9	7.1	6.89	2.90	3.99	30.6	11.8	77.9	26.6	7.1	6.51	2.72	3.80	33.6	14.5	76.9
Okt.	16.4	6.2	4.90	3.07	1.83	32.1	7.1	3.36	1.52	1.84	22.4	30.4	65.5	5945	29.4	7.1	3.63	1.64	1.98	23.1	30.9	65.1	5786	11.0	0.73	40.0	1.48	25.7	7.0	7.98	3.46	4.52	24.2	7.9	64.7	24.6	7.1	6.91	2.93	3.98	24.4	7.6	51.5
Nov.	15.5	5.8	5.61	3.61	1.99	35.2	7.1	3.52	1.71	1.81	22.2	29.0	67.0	5732	27.6	7.0	3.58	1.78	1.80	24.6	30.0	66.0	5796	16.0	3.76	89.0	13.13	22.4	7.0	7.26	3.40	3.85	27.0	9.0	73.0	22.0	7.0	5.79	2.76	3.03	22.0	8.0	74.0
Dez.	12.3	6.3	4.34	2.67	1.67	37.1	7.1	3.78	1.83	1.94	22.3	29.8	66.2	5831	28.5	7.0	3.76	1.85	1.90	25.3	30.6	65.3	5705	15.3	1.01	437.0	9.32	21.2	7.0	7.40	3.55	3.84	-	-	-	21.0	6.9	5.92	3.06	2.85	-	-	-
Mittel I-XII	14.7	6.1	4.95	3.11	1.83	34.8	7.1	3.55	1.69	1.86	22.3	27.7	66.2	5836	28.5	7.0	3.66	1.76	1.89	24.3	30.5	65.5	5762	63.8	1.83	455.7	7.98	23.1	7.0	7.55	3.47	4.07	25.6	8.5	68.9	22.5	7.0	6.21	2.92	3.29	23.2	7.8	62.8
Mittel III-XII	15.6	6.2	4.96	2.99	1.97	34.2	7.2	3.59	1.59	2.00	23.3	28.9	67.0	6076	32.5	7.2	3.67	1.64	2.04	24.3	29.2	66.6	5899	27.8	1.19	157.1	3.53	26.1	7.1	7.09	3.07	4.01	29.5	11.1	75.9	25.4	7.1	6.42	2.78	4.64	30.9	12.8	73.3

Tabelle 4. Grossparallelversuch «Vorpasteurisierung – normale Faulung» in der Kläranlage Altenrhein. Zusammenstellung der Analysen-Monatsmittelwerte.

– Zur Vermeidung einer Zusammenballung von Faserstoffen und zur Vorbeugung gegen Verstopfungen muss der Pasteurisation ein Frischschlammzerkleinerer vorgeschaltet werden.

Durch eine Unfallsimulation wurde bewiesen, dass der nach der Vorpasteurisation im Faulraum gebildete Antagonismus auch grössere Frachten von Krankheitserregern verhältnismässig kurzzeitig abzubauen vermag. Nach der Zugabe von 5000 l unpasteurisiertem Frischschlamm konnte der im Faulraum vorübergehend um 10⁴ angestiegene Enterobacteriaceengehalt innert 3 Wochen ohne Zusatzmassnahmen auf den ursprünglichen Wert von 1 g pos. reduziert werden.

Schlussfolgerungen in bakteriologischer Hinsicht

Der Langzeitversuch mit den unvorhergesehenen, aber auch bewusst eingebauten Betriebsstörungen hat bestätigt, dass die Vorpasteurisation mit grosser Sicherheit unkontrollierbare Nachvermehrungen von Krankheitserregern in der nachfolgenden Schlammfäulung und Stapelung zu unterdrücken vermag. Es kann somit die Vorpasteurisation, im Gegensatz zur Nachpasteurisation, in bakteriologischer Hinsicht als ein für die Praxis zuverlässiges Verfahren beurteilt werden.

2.3 Physikalische und biologische Vergleiche zwischen der anaeroben Faulung mit und ohne Vorpasteurisierung

Wie bereits früher erwähnt, erlaubte das Konzept der Versuchsanordnung zwischen der Faulstrasse 1 (Vorpasteurisierung mit anschliessender Faulung) und Faulstrasse 2 (nur Faulung) für verschiedene Parameter einen präzisen Vergleich. Die entsprechenden, aus Tagesmessungen ermittelten Monatswerte sind in den Tabellen 3 und 4 vergleichend eingetragen.

In einer normal belasteten Faulung kann durch die Vorpasteurisierung keine zusätzliche Gasenergie erzeugt werden.

Durch die Vorpasteurisierung wird die anschliessende Faulung intensiviert beziehungsweise die Faulzeit verkürzt. Dadurch können zu kleine und überbelastete Faul-

comme le risque que la prolifération incontrôlée de germes dépasse les limites est très grand dans une installation de pasteurisation ne travaillant pas de manière impeccable, il faudrait que les installations de prépasteurisation fonctionnent sans germes jusqu'à la sortie du système de pasteurisation.

La pasteurisation exempte de germes semble être nettement plus difficile à obtenir avec des boues fraîches qu'avec des boues digérées. Au début de l'essai de prépasteurisation, les améliorations portées à l'installation de pasteurisation, qui conduisirent finalement lors de la pasteurisation des boues digérées à une hygiénisation exempte de germes pathogènes, étaient encore toujours en place. Diverses autres mesures complémentaires s'avérèrent cependant indispensables pour parvenir à éliminer les contaminations tenaces lors du refroidissement des boues fraîches pasteurisées. Mentionnons parmi les plus importantes mesures complémentaires qui nous ont amené finalement le succès:

- La parfaite désinfection de l'amenée d'air au récipient de refroidissement.
- Acheminer chaque jour la dernière charge non refroidie dans le digesteur à une température d'au moins 70 °C.
- Pour éviter que des matières fibreuses s'agglutinent et pour prévenir tout bouchage, il convient de placer devant la pasteurisation un désintégateur de boues fraîches.

Il a été prouvé en simulant un accident que l'antagonisme qui s'est formé dans le digesteur après la prépasteurisation pouvait éliminer en peu de temps des charges importantes d'agents pathogènes. Après avoir introduit 5000 l de boues fraîches non pasteurisées, il fut possible de réduire en l'espace de 3 semaines la teneur en entérobactériacées qui était provisoirement montée à 10⁴ dans le digesteur, à sa valeur initiale de «positif en 1 g» sans mesures complémentaires.

Conclusions du point de vue bactériologique

L'essai de longue durée à l'échelle industrielle, parsemé de dérangements imprévus mais également intentionnels, a prouvé que la prépasteurisation pouvait réprimer avec une très grande sécurité les proliférations incontrôlées de

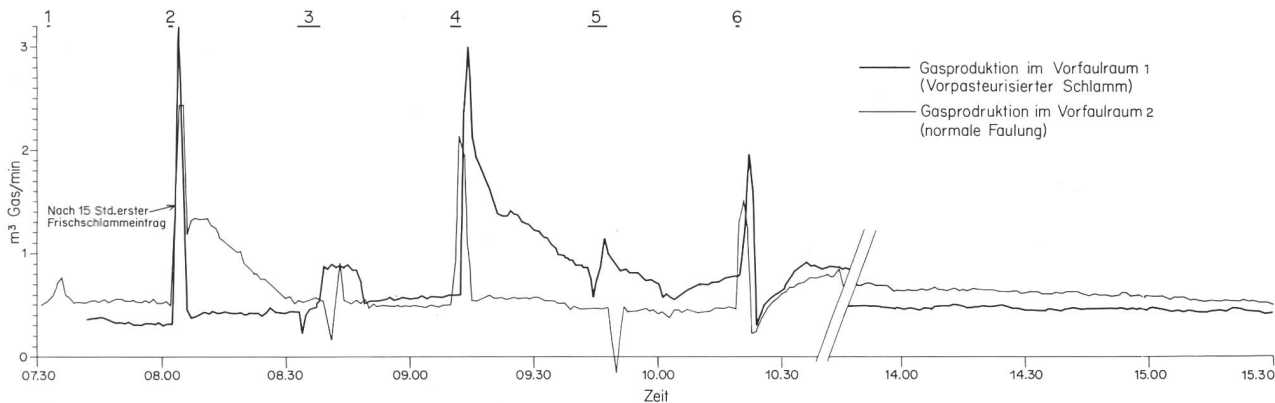


Bild 7. Grossparallelversuch «Vorpasteurisierung – normale Faulung», Intensitätsvergleich der Faulgasproduktion.

Die Gasproduktion wurde in beiden Vorfaulräumen parallel mit präziser Balgengasmessung im Minutenabstand erfasst.

1 Einschalten des Schraubenschauflers, Dauerbetrieb; 2 nach 15 Stunden erster Frischschlammeintrag je 4,5 m³ in 2 Minuten; 3 Einschalten der Umwälzpumpe; 4 Schlammereintrag je 4,5 m³ in 2 Minuten; 5 Einschalten der Umwälzpumpen; 6 Schlammereintrag je 4,5 m³ in 2 Minuten.

anlagen entlastet werden. Hierzu siehe Diagramm Bild 7 über einen Parallelversuch, bei welchem beide Vorfaulräume mit je dreimal 4,5 m³ pasteurisiertem respektive unpasteurisiertem Frischschlamm beschickt wurden.

Die mittlere Trübwasserabscheidung während der Versuchsperiode von 9 Monaten lag mit 0,55 zu 0,50 m³ pro m³ Frischschlamm bei der Faulstrasse 1 (mit Vorpasteurisation) um 10 % höher. Zudem war in dieser Strasse auch die Trübwasserqualität oder -reinheit merklich besser. Absatzvolumen des Trübwassers im Mittel der ersten 6 Monate:

12,4 mg/l mit Vorpasteurisation

29,2 mg/l ohne Vorpasteurisation

Schwebestoffe:

0,92 mg/l mit Vorpasteurisation

1,63 mg/l ohne Vorpasteurisation

Das zur Phosphatfällung eingesetzte Eisen-II-Sulfat hat gegenüber anderen Fällmitteln nachweislich eine wesentliche Steigerung der Trübwasserabscheidung bewirkt.

Der Stickstoffgehalt wurde durch die Hitzebehandlung in der Vorpasteurisierung in der Grössenordnung von 10 bis 20 % vermindert.

2.4 Energieaufwand für die Vorpasteurisierung

Aus der Tabelle 3 geht hervor, dass für die Vorpasteurisierung je nach Temperatur des anfallenden Frischschlammes zwischen 7,5 und 9,1 l Heizöl/m³ oder zwischen 12,6 und 15,6 m³ Faulgas/m³ Frischschlamm verbraucht wurden. Diese Werte beziehen sich auf die eingangs beschriebene Chargen-Pasteurierungsanlage mit Dampfeintrag und mit Wärmerückgewinnung. Die nachträglich eingebaute Wärmerückgewinnung hat einen schlechten Wirkungsgrad und brachte nur eine Energieeinsparung von 10 bis 18 % gemessen am Brennstoffverbrauch. Deshalb war eine Restkühlung mit wegfließendem Kühlwasser nötig.

3. Vergleich des Heizenergieaufwandes für die Nachpasteurisierung und für die Vorpasteurisierung in derselben Chargen-Pasteurierungsanlage

Bei vergleichbaren Verhältnissen in der Kläranlage Altenrhein, das heisst praktisch gleicher Frischschlammtemperatur, -qualität und -menge sowie Benützung der gleichen Chargen-Pasteurierungsanlage ohne Wärmerückgewinnung, erforderte das Vorpasteurisieren von Frischschlamm etwa 3,24 l/m³ oder 48 % mehr Heizöl als die Nachpasteurisierung inklusive Faulraumheizung.

bakterien pathogènes dans la digestion des boues et le stockage qui lui succède. Par conséquent la prépasteurisation peut être considérée sur le plan bactériologique, contrairement à la postpasteurisation, comme un procédé aussi fiable que l'exige la pratique.

2.3 Comparaisons biologiques et physiques de la digestion anaérobie avec et sans prépasteurisation

Comme mentionné ci-dessus, la disposition de l'installation d'essai a permis de tirer des comparaisons précises entre la chaîne de digestion 1 (prépasteurisation suivie de digestion) et la chaîne de digestion 2 (digestion seule) pour divers paramètres. Les valeurs mensuelles correspondantes, établies à partir de mesures journalières, figurent dans les tableaux 3 et 4 de telle façon que la comparaison en est facilitée.

Dans une digestion normalement chargée, on ne saurait produire davantage de gaz, soit d'énergie, à l'aide de la prépasteurisation.

La prépasteurisation permet cependant d'intensifier la digestion qui suit, respectivement de réduire le temps de digestion. Elle permet d'assainir des digesteurs trop petits ou surchargés. Voyez à ce sujet le diagramme (figure 7) relatif à un essai parallèle, au cours duquel les deux chambres de prépasteurisation ont été alimentées trois fois chacune avec 4,5 m³ de boues pasteurisées, respectivement de boues fraîches non pasteurisées.

La quantité spécifique moyenne d'eau trouble produite pendant la période d'essai de 9 mois fut de 10 % plus élevée dans la chaîne de digestion 1 (avec prépasteurisation), soit 0,55 m³ contre 0,50 m³ par m³ de boues fraîches. En outre, la qualité de l'eau trouble, et sa clarté était notablement meilleures dans cette chaîne. Volumes moyens des matières décantables pour les premiers 6 mois:

12,4 mg/l avec prépasteurisation

29,2 mg/l sans prépasteurisation

Matières en suspension:

0,92 mg/l avec prépasteurisation

1,63 mg/l sans prépasteurisation

Il convient à ce propos de faire remarquer que le précipitant sulfate ferreux la station est munie de déphosphatation a provoqué, par rapport à d'autres précipitants utilisés une sensible augmentation de la quantité spécifique des eaux troubles.

La teneur en azote a été réduite dans une proportion de 10 à 20 % par le traitement thermique au cours de la prépasteurisation.

Grundsätzlich könnte man die meisten der bestehenden Chargen-Nachpasteurisierungsanlagen ohne allzu grossen Aufwand in Vorpasteurisierungsanlagen umbauen. Durch das Mitpasteurisieren des Trübwassers würde aber bei verschiedenen bestehenden Anlagen die Kapazität nicht mehr ausreichen. Aus dem gleichen Grund liegen die Heizkosten für das Vorpasteurisieren in einer bestehenden konventionellen Chargen-Pasteurisierungsanlage gegenüber dem Faulen und Nachpasteurisieren in derselben Anlage um 40 bis 60 % höher. Somit ist das Vorpasteurisieren in einer bestehenden und auch modifizierten Chargen-Pasteurisierungsanlage für mittlere und grössere Kläranlagen uninteressant. Die vorgenannten Energieverbrauchszahlen, aber auch Mängel bei bestehenden Anlagen, sprechen eindeutig für die Weiterentwicklung neuer Vorpasteurisierungssysteme. Ein Wärmerückgewinnungssystem kann dann als optimal bezeichnet werden, wenn der Gesamtenergieaufwand für das Vorpasteurisieren nicht wesentlich (10 bis 15 %) über dem Energiebedarf einer vergleichbaren Faulraumheizung liegt.

4. Zusammenfassung

Die für die Versuche verwendete Schlammpasteurisierungsanlage in der ARA Altenrhein ist eine Chargenanlage System Triplex-Roediger mit Niederdruck-Dampfeintrag. Eine 1. Versuchsserie hatte zum Ziel, die gewaltigen Rekontaminationen durch Krankheitserreger im *nachpasteurisierten Faulschlamm* zu ergründen und deren Ursachen sukzessive zu beheben. Das keimfreie Stapeln von pasteurisiertem Faulschlamm gelang erst nach verschiedenen Änderungen an der Pasteurisierungsanlage und nach Benützung eines neu konzipierten Hochsilo-Stapelbehälters, welcher mit weitgehenden baulichen und betriebstechnischen Massnahmen (Bild 2) ausgerüstet und betrieben wurde. Da auch unter diesen verbesserten Verhältnissen bereits eine kleine Unvorsichtigkeit im Betrieb oder das bewusste Weglassen einer Rohrleitungsheizung zu Kontaminationen mit anschliessender Nachvermehrung führte, muss das Nachpasteurisieren von Faulschlamm für den Kläranlagenbetrieb als ungeeignet bezeichnet werden. Gegen dieses Verfahren spricht auch, dass Kontaminationen durch Enterobacteriaceen im nachpasteurisierten Faulschlamm innert 1 bis 2 Tagen auf vielfach höhere Werte als in einem normalen Faulschlamm ansteigen können. Bakteriologische Stufenkontrollen sind zudem nur in spezialisierten Laboratorien möglich, wodurch eine kurzfristige Eigenkontrolle durch den Kläranlagenbetrieb unmöglich ist.

In der 2. Versuchsserie wurden während eines 9monatigen Grossversuchs die bakteriologischen, biologischen und physikalischen Auswirkungen der *Vorpasteurisation von Frischschlamm* überprüft. Durch die Anordnung einer parallelen Faulstrasse ohne Pasteurisierung, aber mit gleicher Beschickungs-Kapazität, war ein direkter Vergleich gegeben. Der Langzeitversuch wurde bewusst ohne vorherige Desinfektion und Entleerung der Faulraumanlagen eingefahren. Trotz dieser Erschwerung und trotz den unvorhergesehenen, aber auch bewusst eingebauten Betriebsstörungen hat es sich bestätigt, dass die Vorpasteurisation mit grosser Sicherheit unkontrollierbare Rekontaminationen durch Krankheitserreger in der nachfolgenden Schlammfäulung und Stapelung zu verhindern vermag.

In den beiden vergleichenden Faulstrassen brachte die *Gasausbeute* keine namhaften Unterschiede, hingegen hat die Vorpasteurisation die Intensität der Fäulung und die Gasproduktion beschleunigt. Durch die Vorpasteurisation erhöhte sich die Trübwasserabscheidung um etwa 10 %

2.4 Consommation d'énergie pour la prépasteurisation

Le tableau 3 montre qu'en fonction de la température des boues fraîches, la consommation d'énergie pour la prépasteurisation s'est élevée entre 7,5 et 9,1 l d'huile combustible/m³, ou entre 12,6 et 15,6 m³ de gaz de digestion par m³ de boues fraîches. Ces valeurs se réfèrent à l'installation de pasteurisation par charges mentionnée au début de cet article, avec injection de vapeur et *récupération de la chaleur*. Cette installation de récupération de chaleur, montée après-coup, n'a cependant permis d'économiser que 10 à 18 % de la consommation de combustible.

3. Comparaison de la consommation d'énergie pour la postpasteurisation et la prépasteurisation dans la même installation (par charges)

Pour des conditions identiques dans la station d'épuration d'Altenrhein, c'est-à-dire pratiquement les mêmes températures de boues fraîches, qualité et quantité ainsi qu'utilisation de la même installation de pasteurisation par charges sans récupération de chaleur, la pasteurisation des boues fraîches a nécessité quelque 3,24 l/m³ ou 48 % d'huile combustible de plus que la postpasteurisation, y compris le chauffage de digestion.

En principe, on pourrait transformer la majorité des installations de postpasteurisation par charges, sans coûts trop conséquents, en installations de prépasteurisation. Du fait que les eaux troubles sont pasteurisées en même temps que les boues (boues et eaux troubles n'étant pas encore séparées), la capacité de plusieurs installations existantes ne suffirait pas. Pour le même motif, les coûts de chauffage pour la prépasteurisation dans une installation existante et conventionnelle de pasteurisation par charges seraient de 40 à 60 % plus élevés que pour la digestion et la postdigestion dans la même installation. C'est pourquoi la prépasteurisation dans une installation de pasteurisation par charges, même convertie, serait dénuée d'intérêt pour des stations d'épuration de taille moyenne et grande. Les chiffres indiqués ci-dessus concernant la consommation d'énergie, mais également les défauts auprès d'installations existantes, parlent clairement en faveur du développement de nouveaux systèmes de prépasteurisation. Un système de récupération de chaleur pourra être désigné comme étant optimal si les coûts énergétiques globaux pour la prépasteurisation n'excèdent pas sensiblement (au maximum 10 à 15 %) la consommation d'énergie de chauffage du même digesteur.

4. Résumé

L'installation de pasteurisation des boues utilisée pour les essais dans la station d'épuration d'Altenrhein est une installation par charges système Roediger-Triplex avec injection de vapeur à basse pression. Une *première série d'essais* avait pour but d'étudier l'énorme recontamination de *boues postpasteurisées* par des bactéries pathogènes et d'éliminer successivement leurs causes. Il ne fut possible de stocker les boues digérées et pasteurisées qu'après avoir entrepris diverses modifications à l'équipement de pasteurisation et après le remplacement du réservoir de stockage par un réservoir du type silo, lequel fut équipé en conséquence et exploité au terme d'importantes mesures prises sur le plan de la construction et de la technique d'exploitation (voir figure 2).

Etant donné que même dans ces conditions améliorées, la moindre imprudence dans l'exploitation ou l'arrêt inter-



Bild 8. Die Mündung des Rheintaler Binnenkanals/Alter Rhein in den Bodensee. Zur Zeit der Aufnahme (1972) ist die Abwasserreinigungsanlage Altenrhein noch im Bau.

Figure 8. L'entrée du Rheintaler Binnenkanal/Alter Rhein dans le Lac de Constance. Cette photo date de 1972; la station d'épuration de Altenrhein était encore en construction.

Ebenso konnte eine grössere Reinheit des Trübwassers festgestellt werden.

Obwohl das Vorpasteurisieren in einer bestehenden Chargen-Pasteurisierungsanlage in vielen Fällen durch kleine Änderungen und Ergänzungen möglich wäre, wird dies für mittlere und grössere Anlagen vor allem aus energietechnischen Überlegungen uninteressant.

Energieverbrauchszahlen und Mängel bei bestehenden Anlagen sprechen eindeutig für die *Weiterentwicklung neuer Vorpasteurisierungssysteme* mit optimaler Wärmerückgewinnung und gesicherten Hygienisierungsverhältnissen.

Bemerkung

Dieser Text ist ein Auszug aus U. Keller: «Versuchsbericht über die Klärschlammpasteurisierung in der ARA Altenrhein». Dieser Bericht ist beim Bundesamt für Umweltschutz, Bibliothek, 3003 Bern, erhältlich.

Adresse des Verfassers: Urs Keller, Abwasserverband Altenrhein, 9423 Altenrhein.

tionnel d'une conduite a suffi pour qu'une recontamination suivie d'une prolifération se produise, il y a lieu de considérer la postpasteurisation des boues digérées comme inadéquate pour l'exploitation de stations d'épuration. Le fait que des contaminations par des entérobactériacées peuvent prendre des proportions telles que leur nombre devienne le multiple du nombre contenu dans les boues normalement digérées, ceci en l'espace de 1 à 2 jours, constitue un argument supplémentaire qui parle en défaveur de ce procédé. En outre, les contrôles bactériologiques échelonnés ne sont réalisables que dans des laboratoires spécialisés, ce qui rend un bref contrôle par la station d'épuration elle-même impossible.

La *deuxième série d'essais* a permis de contrôler les effets bactériologiques, biologiques et physiques de la *prépasteurisation des boues fraîches* lors d'un essai à grande échelle qui a duré 9 mois. Grâce à l'aménagement d'une chaîne de digestion parallèle sans pasteurisation, mais avec la même capacité d'alimentation, il a été possible d'établir une comparaison directe. L'essai de longue durée à échelle industrielle a démarré volontairement sans désinfection préalable et vidange des digesteurs. Malgré cette difficulté et les défauts d'exploitation imprévus, mais également intentionnelles, il s'est avéré que la prépasteurisation pouvait réprimer avec une grande sécurité les recontaminations incontrôlées par des agents pathogènes dans la digestion et le stockage qui lui succèdent.

Le *rendement de gaz* dans les deux chaînes de digestion comparatives n'a pas apporté de différences notables. Par contre, la prépasteurisation a eu pour effet d'augmenter l'intensité de la digestion, et donc d'accélérer la production de gaz. Par la prépasteurisation, la quantité d'eaux troubles produite s'est accrue d'environ 10 %. On a également constaté une amélioration de la qualité de ces eaux. Bien que la prépasteurisation dans une installation existante de pasteurisation par charges puisse être réalisée moyennant des modifications relativement petites, cela serait néanmoins dépourvu d'intérêt dans des installations moyennes et grandes pour des raisons énergétiques.

La consommation d'énergie et les diverses carences dans les installations existantes parlent clairement en faveur du *développement de nouveaux systèmes de prépasteurisation* avec récupération optimale de la chaleur et des conditions d'hygiénisation garanties.

Remarque

Ce texte est l'extrait du «rapport d'essai sur la pasteurisation des boues d'épuration dans la station d'épuration d'Altenrhein» de M. U. Keller. Le rapport est disponible à la bibliothèque de l'Office fédéral de la protection de l'environnement, 3003 Berne.

Adresse de l'auteur: Urs Keller, Abwasserverband Altenrhein, 9423 Altenrhein.