

# Sensorische Geruchbestimmung an Klärschlammproben

Autor(en): **Henseler, Georg**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria**

Band (Jahr): **71 (1979)**

Heft 5-6

PDF erstellt am: **12.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-941446>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# Sensorische Geruchbestimmung an Klärschlammproben

Georg Henseler

## Zusammenfassung

Die sensorische Geruchbestimmung dient der Beurteilung von Geruchproblemen im Rahmen der Klärschlamm-Behandlung und -Unterbringung. Die Geruchschwelle, ein objektives Mass zur Ermittlung der Geruchintensität, wird mittels Geruchtestapparatur (dynamisches Verfahren) bestimmt. Die Einsatzmöglichkeiten sowie die Wechselbeziehungen zwischen Geruchintensität und Glühverlustinhalt werden aufgrund praktischer Versuche diskutiert.

## Summary: Sensory odour determination of sewage sludge samples

Sensory odour determination serves to assess odour problems for purposes of sewage sludge treatment and disposal. The odour threshold, an objective measure capable of revealing odour intensity, is determined by the dynamic olfactometer. The range of applications and correlations between odour intensity and volatile substance are described by practical experiments.

## Résumé: Détermination sensorielle d'odeur d'échantillons de boues d'épuration

La détermination sensorielle d'odeur sert à évaluer les problèmes d'odeur lors du traitement et de l'épandage des boues d'épuration. Le seuil de perception de l'odeur, une mesure objective capable de révéler l'intensité de l'odeur, est déterminé par l'appareil olfactif (procédé dynamique). Le champ d'applications ainsi que les corrélations entre l'intensité de l'odeur et les matières volatiles sont illustrés par des essais pratiques.

## Veranlassung

Starke, insbesondere unangenehme Gerüche sind eine Beeinträchtigung des Wohlbefindens und somit der Gesundheit. Die Klärschlammbehandlung im speziellen ist mit Geruchrisiken verbunden. Es ist nun Aufgabe des Projektverfassers, Massnahmen zu treffen, die das Entstehen von Gerüchen oder zumindest deren Ausbreitung verhindern. Geruchintensive Immissionen führen zu *subjektiven Belästigungen*. Es fehlen jedoch weitgehend Methoden zur Analyse komplizierter Geruchzusammensetzungen, insbesondere deren Kennzeichnung hinsichtlich Geruchschwelle, Zumutbarkeit, Synergismen und Antagonismen.

## Zielsetzung

Die Erarbeitung *objektiver Kriterien* zur Beurteilung von Geruchproblemen im Rahmen der Klärschlamm-Behandlung und -Unterbringung ist Gegenstand unserer Untersuchungen. Als objektives Mass zur Bestimmung der Geruchintensität dient die Ermittlung der Geruchschwelle. Aus den heute gebräuchlichen Methoden wählten wir ein dynamisches Verfahren, mit dem sowohl die Intensität als auch die Qualität des von Flüssigkeiten ausgehenden Geruches beurteilt werden kann. Bild 1 zeigt die eigens dafür erarbeitete Geruchtestapparatur.

## Fragestellung

Im Rahmen der Untersuchung stehen folgende Fragestellungen im Vordergrund:

Sind Korrelationen zwischen sensorischen Bestimmungen und den herkömmlichen Kennwerten vorhanden?

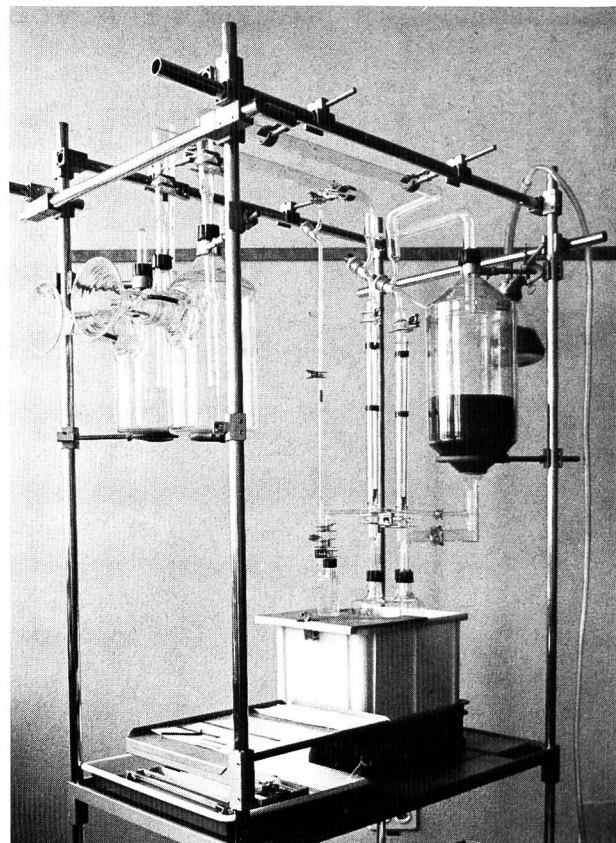
Kann mit Hilfe des Geruchschwellenwertes ein Kriterium für den Stabilisierungsgrad geschaffen werden?

Eignet sich der Schwellenwert der aus Flüssigkeiten ausgehenden Gerüche zur Quantifizierung der Belästigung durch Schlammbehandlungsanlagen, respektive zur Beurteilung von Entgeruchungsmassnahmen?

## Definitionen

Die Klärschlammstabilisierung bezweckt eine Verminderung des Geruches und des Geruchrisikos. Als Mass für das Geruchpotential wird häufig der Anteil der biologisch abgebauten organischen Substanz, gemessen als Glühverlust, herangezogen. Massgebend für die Charakterisierung eines Geruches ist die Intensität und die Geruchqualität. Messeinheit für die Intensität ist zum Beispiel die Verdünnungszahl, die zur Geruchschwelle führt. Die Geruchschwelle bedeutet dabei die Konzentrationsgrenze, bei der luftfremde Substanzen, die mit den Geruch-Rezeptoren in den Schleimhäuten reagieren können, gerade noch nasal wahrgenommen werden. Die Intensität ist somit individuell und mit der Konzentration des Geruchstoffes in einem gewissen Bereich steigend. Eine Zuordnung zwischen Wahrnehmungsintensität und Konzentration ist somit nur statisch möglich. Psychische Einflüsse, Lebensgewohnheiten und Training verschieben die Wahrnehmungsintensität. Das menschliche Geruchvermögen ist nicht in der Lage,

Bild 1. Geruchstestapparatur zur Ermittlung der Geruchschwelle. Mit dem vorliegenden dynamischen Verfahren kann die Intensität sowie die Qualität des von Flüssigkeiten ausgehenden Geruches beurteilt werden.



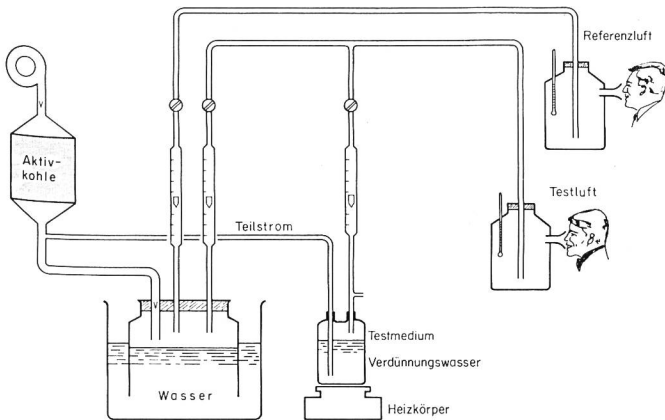


Bild 2. Schema der Geruchstestapparatur. Das Mischverhältnis (Gas/Luft) im Testluftstrom wird durch Veränderung des Gasstromes reguliert. Als Vergleichsbasis für die Testpersonen dient der Referenzluftstrom.

komplizierte Gerüche zu differenzieren. Die Geruchqualität wird hier deshalb nur bezüglich «angenehm — unangenehm» charakterisiert.

### Methodik

Die Ermittlung der Geruchschwelle erfolgt mittels Geruchstestapparatur gemäss Schema Bild 2. Durch Aktivkohle gereinigte Pressluft wird befeuchtet und in zwei Luftströmen, die über Rotameter auf gleiche und konstante Mengen (60 l/min) einreguliert werden, in Mischgefässe geleitet, an welchen trichterförmige Ausgänge angebracht sind. Die Austrittsgeschwindigkeit wird unter 1 m/s gehalten. Der eine Strom dient der Testperson als Referenzluft. Der andere Strom, der Teststrom, erhält eine einstellbare Zumischung von geruchbeladener Luft. Diese Anreicherung erfolgt beim Durchperlen eines Teilstromes (3 bis 500 ml/min) durch die Probe. Da diese Zumischung zum Teststrom sehr gering ist, kann die Austrittsgeschwindigkeit an den beiden Ausblastrichtern gleich gross und konstant gehalten werden. Die Veränderung des Mischverhältnisses (Gas/Luft) erfolgt daher nur durch die Regulierung des Gasstromes. Zur Verminderung von Adsorptionerscheinungen ist die Geruchstestapparatur aus Glas aufgebaut.

Die Intensität der Beladung hängt ab vom Diffusionsverhalten des Geruchstoffes beim Austritt aus wässriger Lösung — ein Kriterium, das neben der Art der Geruchstoffe offenbar entscheidend ist für die Lästigkeit von Geruchemissionen aus Klärschlamm. Zur Simulation gross technischer Verhältnisse können Flüssigkeitstemperatur und Taupunkt den tatsächlich vorkommenden Werten angepasst werden. Nach den bisherigen Feststellungen genügt es, den Verflüchtigungsvorgang unter Raumluftbedingungen durchzuführen, das heisst ohne Erwärmung oder Kühlung der Probe. Genau genommen ist weder die Temperatur der Probe noch diejenige der Testluft konstant. Erstere wird bestimmt durch den Entzug von Verdampfungswärme und die Aufheizung von aussen. Da die Reinfluft vorbefeuchtet und vorgewärmt ist, liegt der theoretische Taupunkt bei  $\sim 15^\circ\text{C}$ . Die gute Ankopplung der Testflasche an das Raumklima und die geringe Verdampfungsleistung (10 bis 20 mg/h) bewirken jedoch eine Erhöhung der Probetemperatur. Bei den praktisch relevanten Mischverhältnissen (Schwellwerten) über 1:1000 wird der Testluftstrom gegenüber dem Referenzluftstrom nicht messbar gekühlt. Beide besitzen nach einer Verweilzeit von wenigen Sekunden in der Apparatur die gleiche Austrittstemperatur von ca.  $18^\circ\text{C}$ .

Unsere Überlegung geht dahin, dass unter diesen Umstän-

den zwar nicht die ungünstigsten Sommerverhältnisse simuliert werden, aber doch ein während der warmen Jahreszeit häufig auftretendes Klima.

Eine Verbesserung der Aussagekraft des Verfahrens kann in der Angleichung der Probetemperatur an die grosstechnisch auftretende Schlammtemperatur bestehen. Diese ist nicht selten merklich höher als die Umgebungstemperatur infolge Energieeintrag (Tiefenbelüftung, autogene Wärme) und kann dabei sowohl den Geruchcharakter wie auch den Schwellenwert verändern.

Mit der vorliegenden Testapparatur können zumindest näherungsweise die tatsächlichen Gegebenheiten — wie Erwärmung oder Schlammverdünnung — mitberücksichtigt werden und damit der aktuellen Fragestellung angeglichen werden.

### Wahl der Bestimmungsgrössen

Für den Geruch des Klärschlammes sind — abgesehen von Fällen spezifischer industrieller Einleitungen — die Stoffwechselprodukte massgebend. Im Geruchkörper sind vorwiegend die N- und S-haltigen organischen Verbindungen zu erwähnen. Als Näherungswert für die abzubauen organische Substanz wird der Glühverlust (GV) verwendet, der zuverlässig bestimmt werden kann ( $550^\circ\text{C}$ , 1 h), aber neben der zur Stabilisierung abzubauenen auch die schwer und die überhaupt nicht abbaubaren Stoffe umfasst. Die Ermittlung des GV (% TR) dient der Bestimmung der Abbauraten und der Definition der erreichbaren Stabilität.

Die sensorische Geruchbestimmung verlangt eine Reihe von Auflagen bezüglichkeit Örtlichkeit, Testraum und Auswahl der Testpersonen. Die Geruchempfindungen variieren stark von Mensch zu Mensch und hängen ab von der Motivation, der physiologischen Sensibilität und den psychologischen Einflüssen. Um diesen Faktoren genügend Rechnung zu tragen, wird im Rahmen unserer Untersuchungen als Geruchschwelle jene Konzentration bezeichnet, bei der 50 % des Testpanels einen Geruch nicht mehr wahrnimmt ( $GS_{50}$ ).

### Verfahrensabhängigkeit

Aufgrund unserer Fragestellung ist die Geruchentwicklung bei Stabilisierungsprozessen zu verfolgen. Geruchemissionen durch Erhitzen von Frisch- oder Faulschlamm werden hier nicht einbezogen, da es sich nicht um biochemische Vorgänge handelt und sie mit Stabilisierung nichts zu tun haben. Von sekundärer Bedeutung sind die Geruchrisiken bei der anaeroben Stabilisierung zu bewerten. Geruchprobleme treten vorwiegend dann auf, wenn der Faulprozess vor Erreichen einer Mindeststabilität beendet wird. Als zusätzliche, ungünstige Nebenerscheinung sind in diesem Fall auch die schlechten Absetz- und Entwässerungseigenschaften solcher Schlämme zu erwähnen.

Im Gegensatz zur Faulung, die eine dauernde Entgeruchung anstrebt, kann die aerobe Stabilisierung (Belüftung) jederzeit abgebrochen werden, sofern nur eine vorübergehende Entgeruchung (Frischhaltung) erforderlich ist. Sowohl die Belüftungsphase wie auch ein teilstabilisierter Schlamm sind mit grossen Geruchrisiken verbunden. Diese Risikoabschätzung führte dazu, dass Geruchbestimmungen im Zusammenhang mit Schlammbelüftung untersucht wurden.

### Ergebnisse

Die erste Versuchsphase umfasste Belüftungsversuche mit Frischschlamm im Labormassstab. Diese herkömmlichen

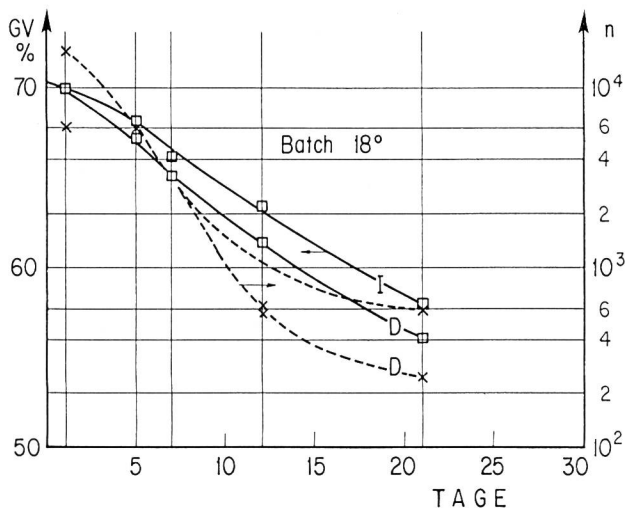


Bild 3. Auswirkungen dauernder und intermittierender Frischschlamm-belüftung bezüglich Abbauraten und Geruchverhalten. Es sind keine signifikanten Unterschiede feststellbar, wenn die Belüftung bis 50 % der Zeit unterbrochen wurde.

Abbauversuche in 2-l-Messzylindern mit Presslufteintrag im Batchbetrieb konnten bei konstanter Austrittstemperatur (18°C) und pro Versuch konstantem Lufteintrag (20 respektive 40 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> h) durchgeführt werden. Zudem erlauben die Laborversuche eine annähernd repräsentative Probenahme. Zur Ermittlung der Abbauraten und des Geruchspotentials wurden in Intervallen von drei bis sieben Tagen Proben entnommen und bezüglich GV sowie GS<sub>50</sub> untersucht. Zur Abklärung des Einflusses intermittierender Belüftung bezüglich Abbauraten und Geruchverhalten wurden später zwei Batchbelüfter betrieben, einer mit Dauerbelüftung, der andere mit verschiedenen, pro Batch jedoch konstanten Einschaltverhältnissen. Die konstanten Bedingungen der Laborversuche, die als Vorversuche angelegt waren, bezweckten die Optimierung der Testapparatur sowie die Ermittlung der Geruchtendenz. Es zeigte sich, dass der Probenahmeintervall in den ersten zehn Tagen auf drei Tage vermindert werden musste. Eine Reihe von Versuchen (als Beispiel siehe Bild 3) zeigte, dass nach ungefähr sieben Tagen eine erste Veränderung des Geruchcharakters eintritt. Der penetrante Fäkaligeruch wird durch einen Abwassergeruch abgelöst. Erst nach zwölf bis achtzehn Tagen erfolgte eine Veränderung des Geruchcharakters, der als angenehm empfunden wurde. Es zeigte sich, dass eine isolierte Betrachtung der Geruchintensität (GS<sub>50</sub>) unzulänglich ist. Gleichzeitig ist eine Aussage bezüglich Geruchcharakter erforderlich. Stabilität im vorerwähnten Sinn trat ein, wenn der Schwellenwert (GS<sub>50</sub>) unter 1:1000 sank und gleichzeitig der Restglühverlust ≤ 80 % betrug. Diese Richtwerte lassen schließen, dass unangenehme Gerüche sensorisch besser erfasst werden als angenehme und der Anteil der leicht abbaubaren Substanz am gesamten Glühverlust bei etwa 20 % liegt.

Zur Abklärung der Frage, ob ein hinreichend belüfteter Schlamm stabil bleibt, wurden Proben während einer Lagerzeit von 1 Monat bezüglich GS<sub>50</sub> untersucht. Die Geruchsschwelle erhöhte sich dabei nicht.

Die Auswirkungen der zusätzlichen Fragestellung, dauernd oder intermittierend belüften, kann nicht abschliessend beantwortet werden. Die vorliegenden Testversuche mit Frischschlamm aus einer Abwasserreinigungsanlage zeigen, dass der Abbau im Batchbetrieb bei 18°C nach einer unterschiedlichen Anlaufzeit, jedoch nach wenig variablen

Gradienten abläuft. Bezüglich Abbaugeschwindigkeit und Geruchintensität sind keine signifikanten Unterschiede feststellbar, wenn die Belüftung um 50 % oder 75 % der Zeit unterbrochen wurde. Auch Unterbrüche bis 12 Stunden Dauer machten sich langfristig nicht bemerkbar. Die damit zusammenhängenden Optimierungsfragen und Absetzprobleme sind separat zu behandeln.

In einer zweiten Versuchsphase galt es, die gewonnenen Ergebnisse im grosstechnischen Versuch zu verifizieren. Eine Übertragung von Laborresultaten auf einen praxisnahen Betrieb ist nur unter Vorbehalt möglich. Einerseits ist der Stabilisierungsprozess temperaturabhängig, andererseits treten die bekannten Schwierigkeiten einer repräsentativen Probenahme auf. Zusätzliche Messfehler können durch Schaumentwicklung mit Substanzverlust und Sedimentbildungen entstehen. Für die Versuche stand uns ein Stapelbehälter (Nutzvolumen 90 m<sup>3</sup>) mit bodennah montierten Vibrir-Elementen zur Verfügung.

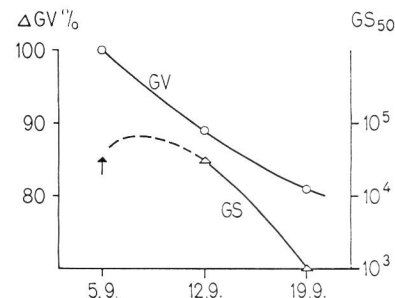
In Bild 4 sind die Abbauraten sowie die entsprechenden Geruchsschwellenwerte aufgezeigt. Versuche 1 und 2 waren Batchversuche. Bei Versuch 3 erfolgten ab dem 7. Tag tägliche Abzüge und Neubeschickungen von 9 m<sup>3</sup>.

In Batchversuchen (Labor- und grosstechnischer Versuch) ist eine kritische Periode zu beobachten, die sich durch starke Schaumbildung und erhöhte Geruchbildung kennzeichnet. Grundsätzlich bestätigten sich jedoch die Laborresultate im grosstechnischen Versuch. Die Abbaugeschwindigkeiten sind zum Teil auf die Temperatureinflüsse zurückzuführen.

#### Versuch 1

5.9.78 - 19.9.78  
Batch

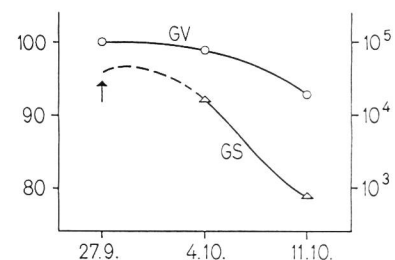
TR<sub>0</sub> = 4.13 %  
TR<sub>E</sub> = 3.50 %



#### Versuch 2

27.9.78 - 11.10.78  
Batch

TR<sub>0</sub> = 3.04 %  
TR<sub>E</sub> = 1.60 %



#### Versuch 3

25.10.78 - 22.11.78  
Durchlauf ab 1.11.78

TR<sub>0</sub> = 2.52 %  
TR<sub>E</sub> = 2.15 %

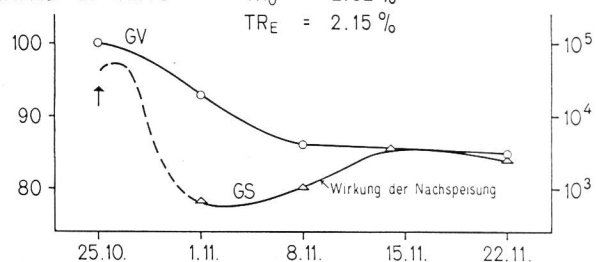


Bild 4. Abbauraten und Geruchsschwellenwerte grosstechnischer Belüftungsversuche. Die Unterschiede sind neben anderen Einflüssen auf die Temperatureinflüsse sowie auf die Schwierigkeiten einer repräsentativen Probenahme zurückzuführen.

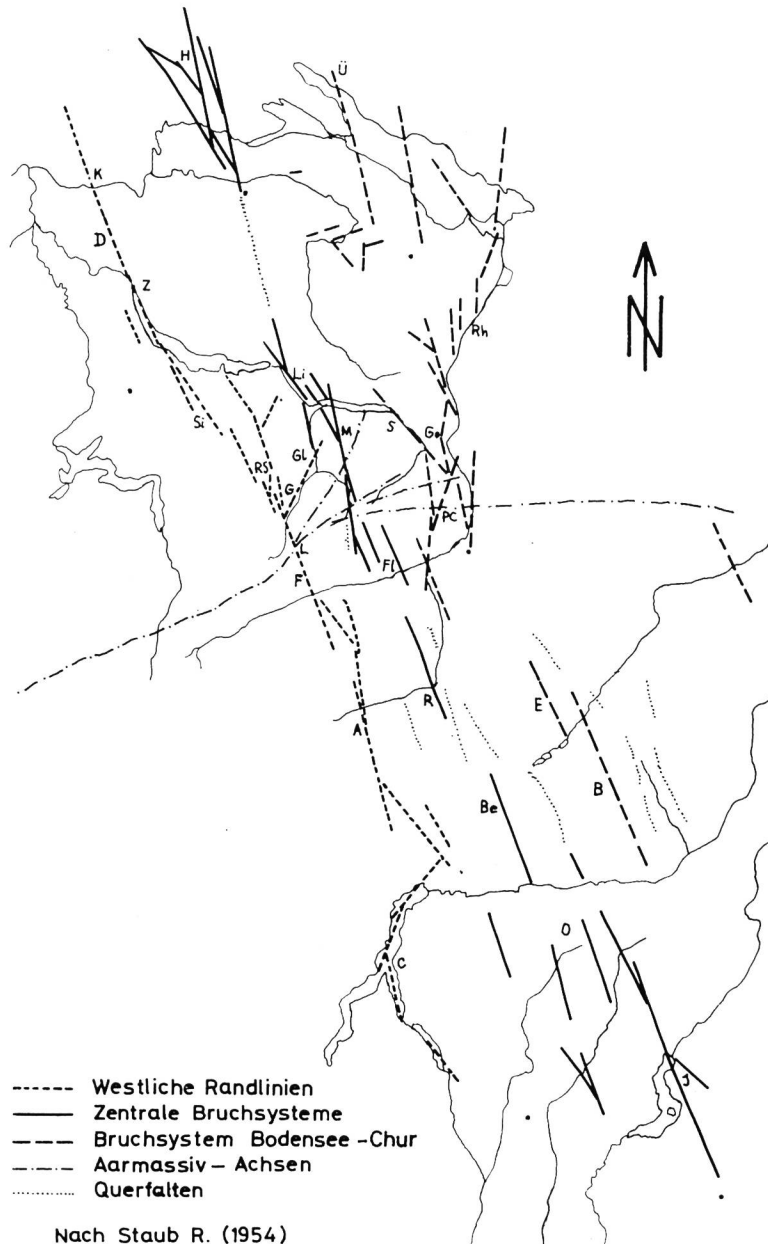


Bild 1. Die alpine Quersenke Bodensee-Brescia

Das obenstehende Bild 1 gehört zum Kapitel 2 auf die Seite 99. Der Hinweis auf Bild 1 sollte zu Beginn des zweiten Abschnittes stehen, also **Bild 1** und nicht Bild 2.1.

Korrigenda

Der Text zu Bild 6.5.1. auf Seite 130 wurde mit dem Text zu Bild 6.5.2. auf Seite 132 verwechselt.



## Folgerungen

Die Wahl von Klärschlammbehandlungsverfahren im Hinblick auf eine Weiterbehandlung oder die Endlagerung wird eingeschränkt durch die Art des Geruchrisikos. Mit der Schaffung eines neuen Klärschlammkennwertes «Geruch» liegt die Möglichkeit vor, Klärschlämme objektiv zu kennzeichnen und Verfahren zu bewerten. Beim Aufbau der Geruchtestapparatur sowie bei der Festsetzung des Messvorganges durften wir die Erfahrungen der EMPA, Abteilung Luftfremdstoffe, und des Institutes für Hygiene und Arbeitsphysiologie, ETHZ, beanspruchen, wofür wir sehr dankbar sind. Die bisherigen Untersuchungsergebnisse erlauben eine vorläufige Beantwortung der eingangs gestellten Fragen:

1. Sind Korrelationen zwischen sensorischen Bestimmungen und herkömmlichen Kennwerten vorhanden? Als Bezugswert wählten wir den Anteil der organischen Substanz, gemessen als Glühverlust. Darin enthalten sind die abbaufähigen und geruchbildenden biogenen Inhaltstoffe. Die Versuche zeigten, dass der Anteil der zumindest leicht abbaubaren Stoffe nicht in direkter Wechselwirkung zur Geruchintensität ( $GS_{50}$ ) steht. Weder der für den Geruch verantwortliche noch der abbaufähige Anteil müssen identisch sein, da dafür verschiedenartige Ursachen in Frage kommen. Zudem ist die Aussagekraft des Schwellenwertes gering und erfordert zusätzlich die Bestimmung des Geruchcharakters, der jedoch mathematisch nicht ausgedrückt werden kann. Die bisherigen Erfahrungen zeigen, dass zwischen der sensorischen Geruchbestimmung und dem Glühverlust keine Korrelationen vorliegen.

2. Kann mit Hilfe des Geruchsschwellenwertes ein Kriterium für den Stabilisierungsgrad geschaffen werden? Betrachten wir die Geruchsschwelle allein, unter Ausschluss des Geruchcharakters, so muss auch diese Frage verneint werden. Im Zusammenhang mit der Stabilisierung zeichnen sich jedoch Zusammenhänge zwischen GV-Inhalt und Geruchbestimmung ab. Die kombinierte Betrachtung dieser Messwerte ergibt ein brauchbares Kriterium für die Stabilität eines Schlammes. Dabei zeichnen sich die in Tabelle 1 angegebenen Tendenzen ab: Geruchentwicklung und Abbauraten bei Belüftungsversuchen mit Frischschlamm.

Geruchentwicklung und Abbauraten bei Belüftungsversuchen mit Frischschlamm — Tendenzen Tabelle 1

1. Woche	2. Woche	3. Woche
$\Delta$ GV in % 100 bis 90	$\Delta$ GV in % 90 bis 80	$\Delta$ GV in % $\leq$ 80
$GS_{50}$ > 1:20 000	$GS_{50}$ ~ 1:10 000	$GS_{50}$ 1:1000
Geruchcharakter: unangenehmer Fäkaligeruch	Geruchcharakter: unangenehmer Abwas- sergeruch	Geruchcharakter: angenehmer Lau- gengeruch
Geruchrisiko: gross; z. T. zunehmen- de Geruchbildung	Geruchrisiko: vermindert; vorüberge- hende Entgeruchung	Geruchrisiko: klein dauernde Entgeruchung

3. Eignet sich der Geruchsschwellenwert als Beurteilungskriterium von Geruchproblemen? Die sensorische Geruchbestimmung kann für eine Erfolgskontrolle von Stabilisierungsmassnahmen herangezogen werden unter Berücksichtigung der Temperatureinflüsse und einer repräsentativen Probenahme. Die Beurteilung von Geruchproblemen und die damit verbundenen subjektiven Belästigungen erfordern objektive Beurteilungskriterien. Die sensorische Geruchbestimmung leistet einen aussagekräftigen Beitrag zum Begriff Stabilität und Geruchbildung.

## Literatur

- Arsovic, H. M.: Identifizierung und Messung von Gerüchen. «IWL-Forum», 15, Heft 1 (1978).
- Bradke, H.-J.: Massnahmen zur Vermeidung von Geruchentstehung und -ausbreitung «IWL-Forum» 15, Heft 1 (1978).
- Dravnieks, A. und Prokop, H. W.: Source Emission Odor Measurement by a Dynamic Forced-Choice Triangle Olfactometer. «Journal of the Air Pollution Control Association», January 1975, Vol. 25, No 1.
- Eikum, A. S. und Paulsrud, B.: Methods for Measuring the Degree of Stability of Aerobic Stabilized Sludges. «Water Research», 763—770 (1977).
- Hangartner, M.: Sensorische Geruchsmessmethoden. Literaturbericht (1977).
- Hangartner, M.: Geruchanalysen bei Abwasserreinigungsanlagen. Diss. ETHZ Nr. 5996 (1977).
- Jutzi, W.: Prüfung von Verfahren zur Reduktion von Geruchemissionen. «Zeitschrift für Präventivmedizin» 14, 305—306 (1969).
- Mannebeck, H.: Zur Problematik der Olfaktometrie und ihre Anwendung zur Bestimmung von Geruchemissionen. «Gesundheits-Ingenieur» 98, H. 11 (1977).
- Rains, B.A. et al.: Odors emitted from Raw and Digested Sewage Sludge. EPA-Report 670/2-73-098, December 1973.
- Schürer, H. U.: Chemische und physikalische Mechanismen der Geruchbildung. «IWL-Forum», 15, Heft 1 (1978).
- Wuhrmann, K. A.: Verfahrenstechnik Klärschlamm, Monographie (1978).

Adresse des Verfassers: Georg Henseler, EAWAG, Eidg. Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz, Ueberlandstrasse 133, 8600 Dübendorf.

## Altes und Neues über die Ausnützung der Limmat-Wasserkraft bei Höngg

Zusammenfassung eines Vortrages von *Guy Peter*, dipl. Bauingenieur ETH, Oberingenieur des Ingenieurbüros für bauliche Anlagen der Industriellen Betriebe der Stadt Zürich, vom 27. März 1979 vor dem Linth-Limmatverband in Zürich<sup>1)</sup>.

Die Wasserkraft der Limmat im Gebiet der Werdinsel bei Höngg ist bereits im 13. Jahrhundert nachweisbar genutzt worden. Damals wurde an einem kleinen Seitenarm der Limmat, dem sog. Höngger Mühlegiessen über ein Wasserrad eine Getreidemühle angetrieben. Später wurde am selben Mühlegiessen etwas unterhalb des heutigen Kraftwerkes eine Pulvermühle erbaut.

Ende des 19. Jahrhunderts brach ein allgemeines Mühlensterben aus. An Stelle vieler Wasserräder traten grosse elektrische Wasserkraftanlagen. So auch am Höngger Mühlegiessen. Das Wasserrecht für die Höngger Mühle wurde 1893 erweitert. An Stelle des Mühlegiessen traten der Ober- und Unterwasserkanal des Kraftwerkes Wasser. In diesem Kraftwerk wurde mit zwei Jonvalturbinen und einer Franzisturbine während rund 80 Jahren elektrische Energie produziert. Mit dieser Energie wurde vorwiegend die Werdmühle Altstetten und ein privates Teilnetz in Altstetten beliefert.

Anfangs der 70er Jahre ist das Kraftwerk samt Konzession an die Stadt Zürich übergegangen. Das zu diesem Kraftwerk gehörende Stauwehr unterhalb der Europabrücke muss wegen seines schlechten Zustandes abgebrochen werden. Da die Limmat zum Zwecke der Grundwasseranreicherung für das Grundwasserpumpwerk Hardhof gestaut bleiben muss, wird gegenwärtig ein neues Wehr erstellt.

<sup>1)</sup> Eine überarbeitete, ausführliche Fassung dieses Vortrages wurde in der Zeitschrift «Industriearchäologie» (Postfach 16, 5200 Brugg) Heft 2/1979 veröffentlicht.