Sonderabdruck aus
SCHWEIZERISCHE ZEITSCHRIFT FÜR HYDROLOGIE
BIRKHÄUSER VERLAG BASEL
Vol. XIX 1957 Facs. 1

Die Methodik der Untersuchung häuslicher und industrieller Abwasser

Von H. KUISEL
Chef des Aussendienstes der EAWAG

Die Methodik der Untersuchung häuslicher und industrieller Abwasser

Von H. KUISEL

Chef des Aussendienstes der EAWAG

A

Es fehlt keineswegs an brauchbaren Methoden und Verfahren zur Untersuchung und Beurteilung von Abwasser. Im Gegenteil, die diesbezüglich zur Verfügung stehende Literatur ist so umfangreich geworden, dass es sogar für den Fachchemiker nicht leicht ist, sich darin zurechtzufinden. Wieviel schwieriger muss es da für den Ingenieur sein, das Verständnis für die Wahl der im einzelnen Fall anwendbaren Methode aufzubringen.

Eine rasche und zuverlässige Orientierung über das, *was* zu untersuchen ist und *wie* die Resultate und Befunde zustande gekommen sind, bedeutet für den im Abwasserfach tätigen Nichtchemiker die Ausmerzung einer der zahlreichen Schwierigkeiten, welche dem Gelingen eines Werkes im Wege stehen. Unsere Fortbildungskurse verfolgen als Hauptzweck, den ausgesprochenen Bedürfnissen der Praxis zu entsprechen; somit sind auch die nachfolgenden, naturgemäss zum Teil kursorischen Erläuterungen über die Methodik der Untersuchung von Abwasser in das Programm des diesjährigen Kurses aufgenommen worden.

B

Für den projektierenden Ingenieur ist es vor allem wichtig, einwandfreie Grundlagen und Voraussetzungen für sein Projekt zu haben. So benötigt er für die Durchführung einer Reinigung für *häusliches Abwasser*, zum Beispiel aus Siedelungen, Angaben über:

1. Menge des anfallenden Abwassers pro Einwohner und Tag.
2. Art und Menge der darin enthaltenen Sperr- und Schwimmstoffe.
3. Menge des anfallenden Sandfanggutes.
4. Menge der absetzbaren Stoffe.
5. Menge der biologisch abbaubaren Stoffe (BSB-Stoffe).

Für die Beschaffung der Grundlagen für die Reinigung *städtischer Abwasser* bzw. Abwasser aus grösseren Ortschaften, welche ein Gemisch von häuslichem und industriell-gewerblichem Abwasser zum Abfluss bringen, ist eine verfeinerte Untersuchungstechnik notwendig. In der Regel umfassen die auszuführenden Bestimmungen für städtisches Abwasser folgende Eigenschaften und Stoffe:

Abwassermenge

Temperatur

Reaktion (pH-Wert)

Säure- bzw. Laugenbindungsvermögen

Gehalt an Schwimmstoffen (Ölen und Fetten)

Gehalt an absetzbaren Stoffen	} unterschieden nach solchen anorganischer bzw. organischer Natur
Gehalt an Schwebestoffen	
Gehalt an Kolloiden	

Gehalt an biologisch abbaubaren (gärfähigen) Stoffen (BSB-Stoffe)

Gehalt an fäulnisfähigen Stoffen

Gehalt an biologisch schwer oder nicht abbaubaren Stoffen

Gehalt an Permanganat und Chlor verbrauchenden Stoffen

Gehalt und Art an Salzen, Lösungsmitteln und Gift- und Farbstoffen,
Gasen usw.

Gehalt an Stickstoff- und Phosphorverbindungen, C/N-Verhältnis.

Einen Teil dieser Angaben, wie Wassermengen, Sperr- und Schwimmstoffe, Sandfanggut und absetzbare Stoffe, kann oder wird sich der Ingenieur durch Bestimmung oder Berechnung selbst beschaffen, der andere Teil muss durch ein Fachlaboratorium ermittelt werden.

C

Unsere Anstalt hat vor einiger Zeit zur Erleichterung des Einblickes in die Abwasserverhältnisse einer Ortschaft einen Fragebogen ausgearbeitet, welcher an sämtliche dort domizilierten industriell-gewerblichen, insbesondere an die dem Fabrikgesetz unterstellten Betriebe verschickt wird. Ein Begleitbrief der zuständigen Behörde gibt Erläuterungen über das Vorhaben. Gegebenenfalls ist auch die Einladung der Betriebsinhaber zu einer aufklärenden Versammlung am Platz. Eine erste Sichtung der von den Abwasserlieferanten ausgefüllten Fragebogen erfolgt nach drei Gesichtspunkten, nämlich:

- a) in Betriebe, welche kein oder in Art und Menge nur unbedeutende Abwasser zum Abfluss bringen;

- b) in Fabriken und Gewerbe, welche die Fragebogen ungenügend ausfüllten, so dass eine Kontrolle an Ort und Stelle notwendig ist;
 c) in Werke mit grossem Anfall an schädlichem Abwasser.

Hier müssen in jedem Fall Abwasseruntersuchungen zur definitiven Abklärung der Verhältnisse vorgenommen werden.

Nach erfolgter Kontrolle und Abwasseruntersuchung erfolgt eine zweite Auswertung der Antworten. Die in Tabellenform gebrachte Zusammenstellung der ergänzten Fragebogen gibt dem mit der Projektierung beauftragten Ingenieur und den Behörden Auskunft über die aus Industrie und Gewerbe anfallenden Wassermengen, die Einwohnergleichwerte und die gegebenenfalls bei den einzelnen Firmen selbst zu treffenden Massnahmen zur Beseitigung schädlicher Stoffe im Abwasser.

Gemeinde:

Kanton:

Fragebogen

betreffend den Anfall industriell-gewerblicher Abwasser

1. *Name und Adresse der Firma* (Stempel):

2. *Art des Betriebes*:

3. *Anzahl der im Betrieb (inkl. Büro) beschäftigten Personen*:

Im Maximum Personen, im Minimum Personen,
 davon wohnhaft in der Gemeinde Personen, auswärts Personen.

4. <i>Anzahl der Beschäftigten pro Betriebsabteilung</i> :	<i>Abteilung</i> :	<i>Anzahl</i> :
.....		
.....		
.....		

5. *Wasserverbrauch des gesamten Betriebes*:

- a) Jahresmittel m³,
 b) Tagesmaximum m³,
 c) Arbeitsstunden pro Tag Stunden.

Kann der maximale Wasserverbrauch pro Tag oder Stunde für die einzelnen Betriebsabteilungen angegeben oder geschätzt werden?

Betriebsabteilung:

Wasserverbrauch in:

.....

6. Wird das Wasser aus der Gemeindeversorgung bezogen?

Ja nein teilweise

7. Verfügt der Betrieb über eine eigene Wasserversorgung? Ja nein

8. Wenn Eigenversorgung, welche Wassermenge steht im Maximum zur Verfügung?

..... l/Minute oder m³/Tag.

9. Wenn zusätzlich Gemeindeanschluss, welche Wassermenge wird von der Gemeinde bezogen?

..... l/Minute, m³/Tag oder m³/Jahr.

10. Welcher Anteil des Gesamtwasserverbrauches wird als Kühlwasser (für Eismaschinen, Kompressoren, Kondensatoren usw.) verbraucht?

.....

11. Kommen im Betrieb Chemikalien, Benzin, Lösungsmittel, Mineralöle und dergleichen zur Verwendung? Welcher Art sind diese, und wie gross ist der maximale Verbrauch an solchen pro Jahr?

Art:

Verbrauch pro Jahr:

.....

.....

.....

12. Gelangen von diesen Chemikalien und sonstigen Stoffen Reste ins Abwasser? Wenn ja, in welchen Abteilungen und in welchen Mengen?

Abteilung:

Art:

*Menge in Gewicht oder
Volumen pro Jahr:*

.....

.....

13. Besitzt der Betrieb eine sogenannte Wasserenthärtungsanlage?

Wie gross ist deren Leistung zwischen zwei Regenerationen?

Wie oft pro Woche wird regeneriert?

14. Erfolgt der Abfluss der industriell-gewerblichen Abwasser kontinuierlich (Spülwasser und dergleichen) oder stossweise (Badentleerungen)?.....
15. Ist der Betrieb an die öffentliche Kanalisation oder an eine Drainageleitung angeschlossen? Ja nein
16. Erfolgt der Abfluss der Abwasser direkt in einen Bach, Fluss oder See?
Ja nein. Wenn ja, in welchen?.....
17. Ist auf dem Areal oder in der Umgebung des Betriebes eine Abwasserversickerungsstelle (Senkloch, Versenkgrube) vorhanden?.....
Wenn ja, was und wieviel wird dort versickert?
.....
18. Erfolgt die Ableitung der industriell-gewerblichen mit dem häuslichen Abwasser (WC., Fontänen, Douchen usw.) gemeinsam? Ja nein
19. Werden die industriell-gewerblichen Abwasser im Betrieb durch Abwasseranlagen, wie Klärgruben, Rechen, Sandfänge, Fett- oder Ölabscheider, Neutralisierungs- oder Entgiftungsanlagen, geleitet? Ja nein. Wenn ja, in welchen?
.....
20. Sind Kanalisationspläne und Pläne eventueller Abwasseranlagen von Ihrem Betrieb vorhanden? Ja nein
Wenn ja, bitte Pläne beilegen.
21. Ist in absehbarer Zeit eine Vergrösserung des Betriebes oder einzelner Betriebsabteilungen vorgesehen? Ja nein
22. Bemerkungen:
.....
.....
.....

Ort und Datum:

Unterschrift:

D

Die Untersuchung der Abwasser muss sich über mindestens einen Tag, besser mehrere verschiedene Tage bzw. über die ganze Arbeitszeit in den Betrieben erstrecken. Das Erheben der Abwasserproben erfolgt in Abhängigkeit der abfließenden Abwassermenge und nach einem zeitlich fixierten Rhythmus (zum Beispiel alle 10 Minuten). Die Auswahl der Probenahmestellen ist entscheidend für die spätere Untersuchung. Eventuell ist eine vorherige Trennung der Abwasser nach untersuchungstechnischen Gesichtspunkten durchzuführen. Die so geschöpften Proben werden in einem Gefäß gesammelt und gelangen als sogenannte Sammelprobe über einen Zeitabschnitt von einer bis mehreren Stunden zur Untersuchung. Einzelproben, zum Teil im Betrieb selbst entnommen, helfen das Bild vervollständigen.

Je nach der Technologie des Betriebes erfolgt eine Untersuchung der gewerblich-industriellen Abwasser nach verschiedenen Methoden. Die spezifischen Eigenschaften der anfallenden Abwässer müssen immer eindeutig und klar erfasst werden. Oft lässt die Analyse allein dieses Ziel nicht erreichen, und erst die eingehende Orientierung über Betriebsführung, die Rohstoffe sowie die erzeugten Produkte, ferner Besprechungen mit der Betriebsleitung, ergeben das gewünschte Resultat. Jede Untersuchung soll die Antwort auf eine bestimmte Frage sein oder mindestens einen Beitrag zu ihrer Beantwortung liefern.

E

Eine üblicherweise durchgeführte Abwasseruntersuchung benötigt rund 2 l Abwasser, eine eingehendere bis zu 5 l. Daneben können Spezialproben in der Größenordnung von 0,1 bis 1 l zur Bestimmung von Sauerstoff, Fäulnisfähigkeit (Redoxpotential), Giftstoffen, Schlamm usw. notwendig sein. Eventuell erhalten die Proben Zusätze zur Hintanhaltung von Fäulnisvorgängen (Konservierungsmittel) sowie zur Fixierung von veränderlichen Stoffen (Chlor, Schwefelwasserstoff, schweflige Säure usw.).

Die Untersuchung selbst ist in einem aus Abwasseruntersuchungen spezialisierten Laboratorium oder im Fabriklaboratorium durch einen mit der Methodik der Abwasseruntersuchung hinlänglich vertrauten Chemiker vorzunehmen. Die Ergebnisse sind immer unter Nennung der verwendeten Bestimmungsmethoden am besten in gut leserlicher Tabellenform niederzulegen. Doppelbestimmungen mit derselben Methode bilden die Regel, die gleichzeitige Bestimmung von sogenannten Standard- und Blindproben

soll so oft als angängig angestrebt werden. Die Speziallaboratorien mit gut eingearbeitetem Personal verfügen neben den Routinemethoden auch über die Erfahrung, welche zur Bestimmung selten vorkommender Eigenschaften und Stoffe nötig ist.

Die einwandfreie Beurteilung der Untersuchungsergebnisse und die Weitergabe der entsprechenden Folgerungen an den Ingenieur muss in sorgfältiger und verständlicher Form erfolgen. Auch die Umstände, unter welchen die Ergebnisse der Untersuchung gewonnen wurden, sind klar und eindeutig darzulegen, damit Missverständnisse und Alternativen ausgeschlossen sind.

F

Wie liest nun der Ingenieur die ihm zur Verfügung gestellten Untersuchungsergebnisse? Vorerst wird er sich darüber orientieren, welche Stoffe im Abwasser einen wesentlichen Einfluss auf die Art, Anzahl und Grösse der zu erstellenden Bauwerke ausüben. So muss er wissen, dass unter normalen Verhältnissen bei der *mechanischen Reinigung* (Vorreinigung) folgende Grössen massgebend sind:

	Massgebender Faktor	Menge pro E/Tag (Mittelwert für Schweizer Städte)
<i>Sperrstoffe</i>	Stababstand des Rechens oder Lochgrösse der Siebtrommel bzw. Zerkleinerer	0,01 l
<i>Sandfanggut</i>	Fliessgeschwindigkeit im Sandfang (> 30 cm/s)	0,005–0,01 l
<i>Schwimmstoffe</i>	Oberfläche des Abscheiders (Belüftung: rund $0,5 \text{ m}^3$ Luft/ m^3 Abwasser)	5–10 g
<i>Absetzbare Stoffe</i>	Oberfläche der Absetzbecken ($0,5 \text{ m}^3$ Abwasser/ m^2 /Stunde)	1,5 l (95 % Wassergehalt)

Finden sich im Untersuchungsbericht gegenüber diesen Normalwerten abweichende Angaben, so wird der Ingenieur die bezüglichlichen Bauwerke entsprechend anordnen und dimensionieren.

Die sogenannten *Fällungsverfahren*, das heisst Reinigung durch Zusatz von Chemikalien ins Abwasser und Sedimentierung der dabei erzeugten Flocken, kommen für die Behandlung einzelner industriell-gewerblicher Abwasser in Frage. Neben den laboratoriumsmässig ermittelten Grund-

lagen sind in jedem Fall Versuchsanlagen in halbtechnischem Maßstab zu erstellen, um die massgebenden Faktoren besser kennenzulernen. Aus der Abwasseruntersuchung können folgende Kennzahlen für die Anwendung der Fällungsverfahren hervorgehen:

	Massgebender Faktor	Menge pro E/Tag (städtische Abwasser)
<i>Schwebestoffe</i>	pH-Wert	etwa 30 g
<i>Kolloidgelöste Stoffe</i>	Art der Fällungsmittel, die Reaktions- zeit, Grösse der Absetzbecken	etwa 15 g

Es sei ausdrücklich betont, dass das Fällungsverfahren nur bei Abwasser mit erhöhtem Gehalt an Schwebestoffen und Kolloiden zur Diskussion steht, da zum Beispiel die hier angegebenen Werte für städtisches Abwasser müheloser und vorteilhafter mit den biologischen Verfahren entfernt werden können.

Die *biologische Abwasserreinigung* wird vornehmlich auf Grund des Gehaltes an biologisch, das heisst durch Bakterien abbaubaren (BSB) Stoffen dimensioniert. Dabei ist aus dem Untersuchungsbericht zu entnehmen, ob die Bestimmung des biochemischen Sauerstoffbedarfes des betreffenden Abwassers in üblicher Art und Weise vorgenommen wurde. Es kann aber infolge Anwesenheit grösserer Anteile an biologisch schwer abbaubaren Stoffen eine Modifikation der Methode, zum Beispiel eine Impfung mit häuslichem Abwasser, notwendig sein.

Die Wahl der gängigen Bestimmungsmethode ist Sache des Untersuchers; er hat die Proben so zu verarbeiten, dass die gestellten Fragen schlüssig beantwortet werden können. Findet er in der Analyse zum Beispiel Giftstoffe oder Lösungsmittel, von welchen er weiss, dass sie die Bestimmung des BSB zu beeinflussen vermögen, so wird er diese zuerst aus dem Abwasser entfernen. Hohe Permanganatverbrauchswerte und Chlorzehrung neben relativ kleinen BSB-Zahlen deuten auf eine erhöhte Menge an schwer abbaufähigen Stoffen im Abwasser. Die Anwesenheit von stark reduzierend wirkenden (Fäulnis-)Produkten oder von Eisen-II-Salzen, Nitriten usw. vermögen im Gegensatz hierzu den BSB zu erhöhen. In dem Falle bestimmt man den sogenannten chemischen Sauerstoffbedarf (CSB).

Diese in konventionell auf eine Stunde beschränkte Sauerstoffzehrung wird ebenfalls in Milligramm Sauerstoff pro Liter ausgerechnet und von dem im selben Abwasser bestimmten (in fünf Tagen Bebrütungszeit erhaltenen) BSB-Wert in Abzug gebracht. Es bleibt der Diskussion zwischen Ingenieur und Chemiker überlassen, zu entscheiden, ob die in einem Abwasser enthaltenen CSB-Stoffe späterhin am Orte des Anfalles (im Betrieb) oder in einer Vorbelüftung auf der Sammelreinigungsanlage bzw. der eigentlichen biologischen Stufe der Abwasseranlage zu entfernen sind.

G

Für die Dimensionierung der biologischen Stufe für Abwassersammelreinigungsanlagen ist es neuerdings üblich, den *Einwohnergleichwert* in Anwendung zu bringen. Ursprünglich hat man nur den biochemischen Sauerstoffbedarf in Einwohnergleichwerte umgerechnet. Es hat sich aber als praktisch erwiesen, dies auch für die Wassermenge und die absetzbaren Stoffe zu tun. Bei der Untersuchung einzelner Industrieabwasser ist es, aus schon genannten Gründen, oft schwierig, den BSB eindeutig zu bestimmen. Wenn feststeht, dass eine gemeinsame Behandlung häuslicher und industriell-gewerblicher Abwasser in Frage kommt und die organischen Anteile der industriell-gewerblichen Abwasser also durch Verdünnung und andere Vorgänge im Gemisch biologisch abbaufähig werden, so kann mit aller Vorsicht auch ein Einwohnergleichwert aus dem Permanganatverbrauch des industriellen Abwassers umgerechnet werden.

Es sei erlaubt, auf Grund dieser Ausführungen und Vorbehalte folgende Tabelle für Einwohnergleichwerte zur Diskussion zu stellen:

1 Einwohnergleichwert für schweizerisch-städtische Verhältnisse entspricht:

nach der Wassermenge:	0,01 l/s = $\sim$ 500 l/Tag;
nach dem biochemischen Sauerstoffbedarf in 5 Tagen:	55 g Sauerstoff im abgesetzten Abwasser; $\sim$ 80 g Sauerstoff im Rohwasser;
nach den absetzbaren Stoffen:	1,5–1,7 l (95% Wassergehalt);
nach dem totalen Schlammfall der mechanisch-biologischen Reinigung:	2,1–2,5 l (95% Wassergehalt) für Tropfkörperanlagen; 2,3–3,0 l (95% Wassergehalt) für Belebtschlamm-anlagen;
nach dem Permanganatverbrauch (unter Vorbehalt):	100 g als Kaliumpermanganat (KMnO_4) gerechnet.

Für die Anordnung und Dimensionierung der *biologischen Stufe* einer Abwasserreinigung wären demgemäss folgende Untersuchungswerte massgebend:

Massgebende Faktoren:

Für das <i>Belebtschlammverfahren</i> :	BSB- und CSB-Werte (20–70 Einwohnergleichwerte pro Kubikmeter Belüftungsraum und Tag). Günstiges Verhältnis für Stickstoff- und Kohlenstoffverbindungen und anderen Nährstoffen. Abwesenheit von Giftstoffen.
Für das <i>Tropfkörperverfahren</i> :	BSB- und CSB-Werte (10–20 Einwohnergleichwerte pro Kubikmeter Belüftungsraum und Tag). Günstiges Nährstoff- sowie Kohlenstoff-Stickstoff-Verhältnis, nicht zu grosse Mengen an Schwebestoffen (Verstopfungsgefahr). Abwesenheit von Giftstoffen.

H

Die Untersuchung der *industriell-gewerblichen Abwasser* für sich allein erfolgt prinzipiell nach den vorstehend gegebenen Richtlinien, muss sich aber der jeweiligen Technologie des Betriebes anpassen. Sie setzt entsprechend fundierte Kenntnisse voraus und verlangt oft eine über das übliche Mass hinausgehende Anzahl verschiedenster Bestimmungsverfahren. Die Aufzählung von Einzelheiten findet im Rahmen dieses Vortrages keinen Platz; es ist vorgesehen, in einem späteren Fortbildungskurs näher darauf einzugehen.

Aus einwandfreien Untersuchungsergebnissen kann bei richtiger Interpretation das prinzipielle Vorgehen bei der Reinigung dieser Abwasser herausgelesen werden. Die entsprechenden Vorschläge sind dem Ingenieur in möglichst eingehender und präziser Form zu übergeben. Wo die Verhältnisse mit der Untersuchung nicht klar genug erfasst werden können, ist die vermehrte Aufstellung von Versuchsanlagen im halbtechnischen Maßstab, speziell für industriell-gewerbliche Abwasser, vorzuschlagen und anzustreben. Damit ist man in jedem Fall in der Lage, die Probleme einer Lösung näherzuführen.