Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 107/108 (1936)
Heft: 6

Artikel: Das "Z-Verfahren" als neuer Beitrag zur Abwasser-Reinigung
Autor: Zigerli, Paul
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-48345

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: 08.08.2025

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

Bemerkenswert ist ferner, dass beim vorliegenden Problem ein Knicken im plastischen Bereich im üblichen Sinne nicht existiert, da ja die Knicklast nur eine ideelle, keine Druckspannungen erzeugende Kraft ist.

Die Knicklast ${}_2N_{kr}$ besitzt noch eine weitere Bedeutung: sie erlaubt für die Anordnung halbseitiger Nutzlast eine bemerkenswert genaue Abschätzung des grössten Biegungsmomentes M aus dem entsprechenden Wert nach der Elastizitätstheorie, M_{el}, d. h. der Formänderungseinflüsse, durch die Beziehung

$$M = M_{el} \cdot \frac{1}{1 - \frac{H}{{}_2N_{kr}}}. \quad (13)$$ [6]

Für die praktische Bemessung wird wohl immer dieser Belastungsfall ausschlaggebend sein, die Knickgefahr des Tragwerks unter voller Verkehrslast wird dagegen an Bedeutung zurücktreten. [6] [7]

[6] *F. Stüssi:* «Aktuelle baustatische Probleme der Konstruktionspraxis (Knicklast und Grundschwingungszahl von Bogenträgern). «SBZ» Bd. 106, Seite 132, 21. September 1935.

[7] S. auch: *E. Chwalla:* «Die Tragfähigkeit stählerner Dreigelenkbogen», «Stahlbau» 1935).

Das „Z-Verfahren" als neuer Beitrag zur Abwasser-Reinigung.

Von Ing. PAUL ZIGERLI, Zürich.

Allgemeine Abwasserfragen.

Während sich das Ausland seit Jahrzehnten intensiv mit der Abwasser-Reinigung beschäftigt (England, Deutschland und die U. S. A. sind diesbezgl. führend), ist dieses Problem in der Schweiz — ausser in grösseren Städten und einzelnen Industrien — erst in letzter Zeit aktuell geworden. Allerdings wird es nun energisch angepackt; die Errichtung der «Beratungsstelle der E. T. H. für Abwasserreinigung und Trinkwasserversorgung» legt hierfür Zeugnis ab. — Ganz allgemein orientieren über den heutigen Stand der Abwasserfrage u. a. Aufsätze von F. Langbein[1]), sowie von M. Wegenstein[2]), die beide aufschlussreich sind. Es sei insbesondere auch auf die Arbeiten von Ing. J. Müller über die Kläranlage der Stadt Zürich[3]), sowie von Dr. Husmann über die Versuchsanlagen der Stadt Zürich zur biologischen Reinigung der Abwässer[4]) verwiesen.

Die Zusammensetzung der Fremdstoffe in einem normal verschmutzten Abwasser zeigt Abb. 1.

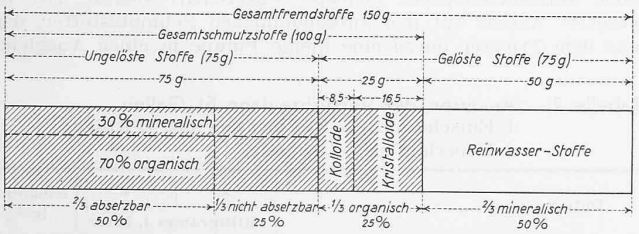

Abb. 1. Zusammensetzung der Fremdstoffe im Abwasser nach Strell.

Es ist scharf zu unterscheiden zwischen «Klärung» und «Reinigung» von Abwässern, worin immer wieder eine gewisse Begriffsverwirrung anzutreffen ist.

Unter «*Klärung*» ist zu verstehen die Entfernung der absetzbaren Schwebestoffe (Sinkstoffe) aus dem Abwasser in mechanischen Kläranlagen wie Emscherbrunnen, Travisbecken usw., worüber die kleine Schrift von Dr. O. Mohr[5]) orientiert. Was in diesem Zusammenhang über Hauskläranlagen zu erwähnen ist, behandelten vor kurzem ausführlich H. F. Kuisel, G. Lüthi und J. Müller[6]). Allgemein ist zu sagen, dass der Ablauf aus solchen Klär- oder Absitzbecken in keinem Fall ein «gereinigtes» Abwasser darstellt, indem darin noch die nicht absetzbaren Schwebestoffe organischer und anorganischer Natur, die Kolloide (Fett, Stärke, Eiweiss usw.) und die echt gelösten Stoffe (Kristalloide: Harnstoff, Zucker, organische Säuren) enthalten sind. Dieser Abfluss ist trotz der vorangegangenen Klärung in den weitaus meisten Fällen noch fäulnisfähig, und die daraus entstehende Verschmutzung des Vorfluters zeitigt dann als sekundäre Verunreinigung das massenhafte Auftreten der bekannten grauen, stinkenden Zotteln von Abwasserpilzen (Sphaerotilus) in unseren Bächen und Flüssen unterhalb der Ausmündungen von Absitzbecken und Kanalisationen.

Unter «*Reinigung*» dagegen versteht man die Befreiung des Abwassers von den organischen Stoffen bis zur praktischen Fäulnisunfähigkeit durch Weiterbehandlung des Abwassers aus den vorgenannten Absitzbecken. Es soll so dem Vorfluter ein für ihn unschädliches Wasser zugeführt werden. Dies geschieht heute durch sog. biologische Anlagen, die wir hier nicht näher zu behandeln brauchen; immerhin sei nachstehend die Erklärung des Vorganges z. B. beim Belebtschlamm-Verfahren nach Buswell und Long[7]) angegeben: «Die Flocken des aktivierten Schlammes bestehen aus einem schleimigen Grundstoff, worin Fadenbakterien und einzelne Bakterien eingebettet sind und worauf verschiedene Arten von Protozoen und Metazoen leben. Die Reinigung des Abwassers geht dadurch vor sich, dass seine organischen Stoffe von den Lebewesen aufgenommen und in lebende Masse der Flocken verwandelt werden. Durch diesen Vorgang werden die organischen Stoffe des Abwassers aus der gelösten und kolloidalen Form in eine körperliche Form übergeführt, sodass sie durch Absetzen aus dem Abwasser beseitigt werden können.»

Die Belastungsmöglichkeit des Vorfluters[8]) ist nicht nur abhängig von seiner Wassermenge, sondern in hohem Masse auch von der Zusammensetzung des Abwassers. Diese ist nicht nur von Ort zu Ort ganz verschieden, sondern ändert auch fortwährend innerhalb der Tages- und Nachtstunden, der Werk- und Feiertage, der Jahreszeiten usw.; es sei dabei auch auf die Verschiedenartigkeit der Industriezweige in den einzelnen Ortschaften hingewiesen. Das klassische «Taschenbuch der Stadt-Entwässerung» von Imhoff gibt hierüber erschöpfend Auskunft.

Sierp[9]) schrieb schon vor fünf Jahren: «Bei der Entscheidung der Frage des Einflusses des Abwassers auf den Vorfluter spielt die Veränderung der biologischen Vorgänge, die bei der Vermischung des Abwassers im Vorflutwasser auftreten, eine entscheidende Rolle.» Aber nicht nur der Verdünnungsgrad[10]) des Abwassers im Vorfluter ist wichtig, sondern auch die Temperatur und sogar der Barometerstand, wie Sierp im gleichen Aufsatz ausführt: «Bei niedriger Temperatur werden grössere Sauerstoffmengen aufgenommen als bei höherer, dagegen spielen sich die biologischen Vorgänge bei höherer Temperatur viel schneller als bei niedriger ab. — Plötzliche Schwankungen des Barometerstandes, wie sie bei Gewittern usw. auftreten, haben schon oft den Sauerstoffgehalt des Vorfluters so weit herabgesetzt, dass Fischsterben auftreten konnte.»

Die vorstehenden Ausführungen zeigen deutlich, dass niemals schematisch ein bestimmtes Klärsystem angewendet werden kann, weil nirgends die gleichen Verhältnisse anzutreffen sind. Vorgängig jeder Projektierung einer Abwasser-Reinigungsanlage sind daher unter allen Umständen folgende Untersuchungen vorzunehmen: 1. Genaue Untersuchung und Studium der Vorfluterverhältnisse. 2. Chemische und biologische Untersuchung des Abwassers; beide in qualitativer wie quantitativer Hinsicht. Diese Studien bedingen eine enge Zusammenarbeit des projektierenden Ingenieurs mit den kantonalen und städtischen Laboratorien, die sich immer mehr auf dieses wichtige Gebiet einstellen, oder mit der oben erwähnten Beratungsstelle der E. T. H., speziell mit deren chemisch-biologischer Abteilung.

In der Schweiz herrschen zwei Systeme der Abwasserbehandlung vor: a) mechanische Kläranlagen, b) biologische Reinigungsanlagen.

Die ersten genügen in den weitaus meisten Fällen nicht, weil, wie oben ausgeführt, der Ablauf daraus fäulnisfähig bleibt; sie stellen lediglich eine Vorstufe der Abwasserreinigung dar. Die biologischen Reinigungsanlagen anderseits sind meist sehr kostspielig in Erstellung und Betrieb und werden daher, ausser für grössere Städte, stets nur für bestimmte industrielle Betriebe in Frage kommen. Dazu kommt, dass sie im Winter ohne Heizung nicht betriebsfähig sind, weil die Kleinlebewesen

[1]) «Der Bauingenieur», Heft 13 und 14, 29. März 1935.

[2]) «Wasser- und Energiewirtschaft», 1936, Heft 4 und 5.

[3]) «SBZ», Bd. 107, Nr. 18 und 19, Mai 1936.

[4]) «SBZ», Bd. 107, Nr. 20, Mai 1936.

[5]) «Mechan. Kläranlagen für Städte und Gemeinden», von Dr. Ing. O. Mohr, Verlag Oldenbourg, 1931.

[6]) Ueber Hauskläranlagen, in «Schweiz. Zeitschrift für Strassenwesen», Nr. 8 und 9, 1936 (Zusammenfassung in «SBZ», Bd. 108, S. 20).

[7]) Buswell und Long: Microbiology and Theory of activated sludge, in «Eng. News Rec.» 90, Nr. 3 (18. I. 1923), aus «Vom Wasser», S. 143/144, Berlin, 1927.

[8]) Vergl. Mahr: Die zulässige Belastung eines Gewässers durch Abwasser, in «Techn. Gemeindeblatt», Nr. 15, 1930.

[9]) Dr. Sierp und F. Fränsemeier, Ruhrverband Essen: Fortschritte in der Kenntnis des biochemischen Sauerstoffbedarfs, in «Techn. Gemeindeblatt», Heft 17 und 18, 1931.

[10]) Vergl. Csensny, «Vom Wasser», 1935, S. 34.

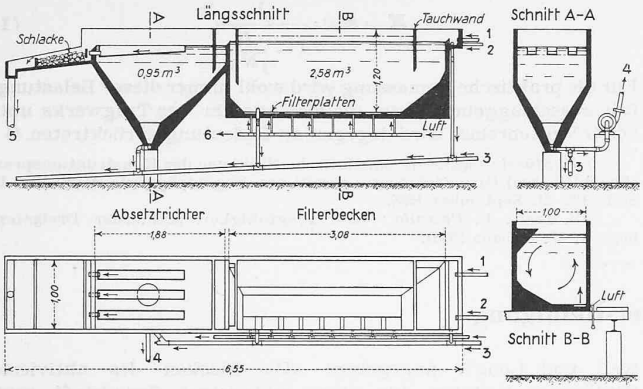

Abb. 2. Z-Versuchsanlage in St. Gallen. Grundriss und Schnitte 1 : 100.

bei einer Wassertemperatur von unter + 6° C ihre Tätigkeit einstellen. Es besteht somit zwischen diesen beiden Hauptsystemen eine grosse Lücke, die bis heute nicht ausgefüllt werden konnte.

Ueber den hier einzuschlagenden Weg berichtet Dr. Mahr[11]) und sagt u. a.: «Es wurde nach einem Verfahren gesucht, das man zwischen die Absetz- und eine Belebt-Schlammanlage schalten kann, um die Feinreinigung zu entlasten. Das Abwasserfilter würde die Lücke zwischen Absetzanlagen und Belebtschlammanlagen gut ausfüllen.» Im Wuppertal ergab sich u. a. durch Nachbehandlung von gefiltertem Abwasser in einer Belebtschlamm-Versuchsanlage eine Herabsetzung der Belüftungszeit auf die Hälfte. — Erwähnt sei in diesem Zusammenhang auch der Aufsatz von Dr. Schimrigk über das «Haftkörper-Verfahren»[12]).

Das «Z-Verfahren».

Ohne Kenntnis der ermutigenden Erfolge Mahrs in der Abwasserfiltrierung wurde durch den Verfasser seit anderthalb Jahren ein etwas anderer Weg beschritten, der zu sehr erfolgversprechenden Ergebnissen führte. Das Prinzip ist kurz skizziert folgendes: Die an sich wenig bekannte grosse aktive Oberfläche von aufgeflocktem Asbest wird als Schwebefilter für Abwasserstoffe ausgenützt. Dieses Material ist bis jetzt für die Reinigung von Abwässern nie verwendet worden; Versuche mit einem künstlichen Material wie Glas- oder Schlackenwolle führten zu negaviten Ergebnissen. Das vorher von den absetzbaren Stoffen befreite Abwasser wird in geeigneter Vorrichtung mit den Asbestflocken innig gemischt. In kontinuierlicher Arbeitsweise werden durch die Asbestfasern dem Abwasser die Schwebestoffe entzogen. Die künstliche Belüftung dient sowohl zur Bewegung des Gemisches als auch zur Sauerstoffzufuhr.

Fortgesetzte Modellversuche führten schliesslich zur Erstellung einer *Versuchsanlage* in St. Gallen, die seit mehreren Monaten im Betrieb ist.

Der Arbeitsvorgang in der Versuchsanlage (Abb. 2) ist folgender: Das Rohwasser-Asbestgemisch wird im Filterbecken umgewälzt und dabei durch Pressluft künstlich belüftet. Das Gemisch fliesst in den Absetztrichter, wo sich der Asbest absetzt, während das gereinigte Wasser über ein Schlackenbett und eventuell einen kleinen Sandfilter (zum Zurückhalten etwa noch mitschwimmender kleinster Fäserchen) abläuft. Der abgesetzte Asbest mit den aufgenommenen Schmutzstoffen wird aus dem Trichter durch eine kleine Pumpe in einen Ausgleich-

[11]) Dr. Ing. Mahr und Ing. Lerner, Wupperverband: Versuche mit Abwasserfiltern auf der Kläranlage Wuppertal-Buchenhofen, in «Gesundheits-Ingenieur», Nr. 1, 1936.

[12]) «Gesundheits-Ingenieur», Nr. 4, 1933.

Tabelle 1. Abwasser-Analyse der Anlage in Velbert (Rheinld.)

Datum: 5. Juni 1934.	Emscherbrunnen Zulauf	Emscherbrunnen Ablauf	Abnahme	Ablauf Belebungsanlage	Abnahme
Kolonne	1	2	3	4	5
pH Wert	7,03	6,84		6,89	
	mg/l	mg/l	%	mg/l	%
Schwebestoff: gesamt.	684	180	74	36	92
mineral.	169	54	68	7	96
organ.	515	126	76	29	94
$KMnO_4$-Verbrauch .	335	307	8	135	60
Chlor	164	168		156	
Natriumchlorid . . .	270	277		257	
Ammoniak	67,2	58,3	13,2	51,8	23
NH_3-Stickstoff . . .	55,3	47,8	13,5	42,7	23
Org. Stickstoff . . .	16,5	20,8		10,8	34,5
Gesamt-Stickstoff . .	71,8	68,6	4,4	53,5	25
Sulfate	279,0	202,0	28	163,0	42
Eisen: gesamt . . .	582	34,1	41,4	3,8	93,4
gelöst . . .	200	24,5		2,9	85,5
ungelöst . . .	382	9,6	74,8	0,9	97,4
Bsb. unmittelbar . .	387	285	36,4	61,0	
auf die gelösten Stoffe entfallen	186	200		56,0	72
auf die ungelösten Stoffe entfallen	201	85	65	5,0	98

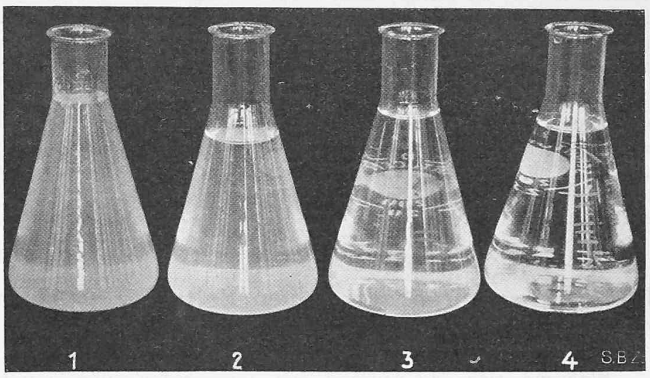

Abb. 3. Kleinversuch im Z-Verfahren. 1 Geklärtes Rohwasser, 2 Zwischenstadium, 3 Endstadium des Abwassers 1 nach dem Z-Verfahren, 4 Trinkwasser als Vergleich.

Tabelle 2. Analysen der Versuchsanlage St. Gallen.
1 Emscherabfluss (Rohwasser der Z-Anlage)
2 Ueberlauf der Z-Anlage.

Datum		1	2	Abnahme in %
		Milligramm i. Liter		
28. April 1936	Trockenrückstand .	526	459	
	Glührückstand . .	280	276	
	Glühverlust	246	183	
	Chloride	44	47	
	Gesamtstickstoff . .	52,50	21,91	58,3
	Ammoniak,			
	als N berechnet	27,65	16,24	41,3
	als NH_3 berechnet	33,58	19,72	41,2
	Salpetrigsaure Salze	0	0	
	Salpetersaure Salze .	0	0	
	Organ. Stickstoff .	24,85	5,67	77
	Permanganatzahl .	231,2	92,4	60
3. Juni	Permanganatzahl .	254,5	74,3	71
	dito, nach Ausfällg. der Kolloide	61,9	41,7	32,5
	Schwebestoffe:			
	a) gesamt	94,8	8,0	92
	b) organisch	70,4	4,8	93
5. Juni	Permanganatzahl	123,3	34,8	71,5
	dito, nach Ausfällg. der Kolloide	37,3	14,5	61
	Schwebestoffe:			
	a) gesamt	42,0	0	100
	b) organisch	16,8	0	100
8. Juni	Permanganatzahl	104,3	36,4	65,5
	dito, nach Ausfällg. der Kolloide	27,2	10,1	63
	Schwebestoffe:			
	a) gesamt	64,8	2,8	96
	b) organisch	30,4	0	100

Die *Mittel* aus den drei letzten Analysen sind:

Permanganatzahl	69,3 %
Gesamtschwebestoffe	96,0 %
Organ. Schwebestoffe	97,6 %

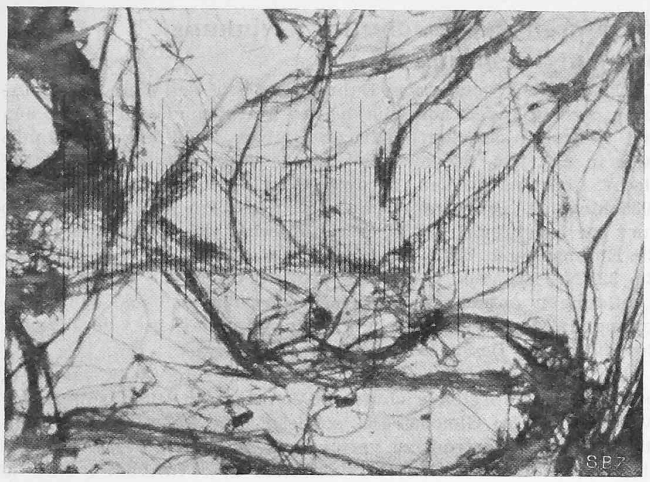

Abb. 4. Unbelasteter Asbest, 40-fach vergrössert.

Abb. 5. Mit Schmutzstoffen vollbelasteter Asbest, 40-fach vergrössert.

behälter zurückbefördert und fliesst im Kreislauf wieder dem Filterkasten zu, zusammen mit dem kontinuierlich zufliessenden unbehandelten Rohwasser aus den Emscherbrunnen. Alles übrige ist aus der Zeichnung ersichtlich.

Im Folgenden sind die *Ergebnisse* aus dieser Versuchsanlage bekannt gegeben.

Zu Vergleichszwecken sei dazu der ausführliche Aufsatz von Dr. H. Rohde[13]) über «Betriebsergebnisse der Belebtschlammanlage des Ruhrverbandes in Velbert (Rhld.)», die nach dem Kessener-Verfahren arbeitet, herangezogen. Auf Seite 498 sind dort die von Dr. Sierp, dem Leiter des chemischen Laboratoriums des Ruhrverbandes, am 5. Juni 1934 ermittelten Untersuchungsresultate bekanntgegeben, die auf einer achtstündigen Behandlungszeit des Abwassers beruhen (Tabelle 1).

In *Tabelle 2* seien diesen Zahlen die Resultate der Untersuchungen des kantonalen Laboratoriums St. Gallen, die auf nur einstündiger Behandlungszeit des Abwassers nach dem Z-Verfahren beruhen, gegenübergestellt.

Aus dem gleichen Gesamtbericht des kantonalen Laboratoriums St. Gallen vom 19. Juni 1936 über die ununterbrochene 24tägige Versuchsperiode vom 19. Mai bis 12. Juni 1936 ist ersichtlich, dass der Abbau der Kaliumpermanganat-verbrauchenden Stoffe durchschnittlich 66 % beträgt, wobei die Spitzen bis 76 % reichen, immer bei bloss einstündiger Behandlungszeit.

Es folge in *Tabelle 3* noch der Untersuchungsbericht des Hygien.-bakteriolog. Institutes der E. T. H. vom 10. Juli 1935 über Laborversuche mit ungeklärtem Rohwasser der städtischen Kanalisation St. Gallen (also nicht aus den Emscherbrunnen) vom 29. Juni 1935. Die Behandlungszeit des Abwassers dieser Probe nach dem Z-Verfahren betrug zehn Minuten. Dazu folgende *«Beurteilung:* Die behandelten Wasser erfahren vor allem eine starke Reduktion in den filtrierbaren Stoffen (Schwebestoffen). Die Reduktion beträgt gegen 95 %. Von den übrigen Stoffen werden in merkbaren Mengen zurückgehalten Schwefelwasserstoff, Permanganatzahl-bestimmende Stoffe und Chlorzahl-bestimmende Stoffe. Nicht oder wenig zurückgehalten werden die echt gelösten Stoffe, anorganischer oder organischer Natur. Wir beurteilen also die Behandlung des Abwassers nach Ihrer Methode als reine Filtration. Die Filtrationswirkung ist aber als sehr gross zu bezeichnen; es ist uns kein Verfahren bekannt, das eine so grosse mechanische Wirkung aufweist.»

Stellen wir nun die vorzitierten verschiedenen Untersuchungen zusammen, so erhalten wir *Tabelle 4*. Darin ist die erhöhte Abbau-Wirkung beim Z-Verfahren bei nur einstündiger Behandlungsdauer des Abwassers gegenüber der Velbert-Belebtschlammanlage bei achtstündiger Behandlung auffallend. Die Tatsache, dass die Konzentration des Velbert-Abwassers eine grössere ist als beim St. Galler-Abwasser, ändert an den angegebenen Zahlenwerten nichts, da erstens der prozentuale Abbau angegeben wird, und zweitens nach übereinstimmendem Befund der Untersuchungsstellen die Wirkung des Asbestfilters speziell hinsichtlich des $KMnO_4$-Verbrauchs mit höherer Konzentration des Abwassers steigt.

Die Klärwirkung des Z-Verfahrens zeigt Abb. 3 aus einem Kleinversuch.

[13]) «Gesundheits-Ingenieur», Nr. 32, 1935.

Tabelle 3. Analysen des hygien.-bakteriolog. Institutes der E. T. H. Zürich.

1 Unbehandeltes Rohwasser der Kanalisation St. Gallen.
2 Nach dem Z-Verfahren behandeltes Wasser.
3 Abnahme in % (vom Verfasser errechnet).

Datum: 29. Juni 1935	1	2	3
pH	7,4	7,4	
Trockenrückstand mg/l (filtr.)	510	460	
Glühverlust mg/l (filtr.)	210	140	
Schwebestoffe, mg/l	406	23	94,5
davon organisch mg/l	306	12	96
Schwefelwasserstoff (qualitativ)	+++	+	
Methylenblauprobe nach 2 h	farblos	farblos	
nach 24 h	«	«	
am 7. Tag	«	«	
Nitroeffekt nach Bieling-Acklin			
nach 24 h	1,6	0	
nach 196 h	4,0	0,32	
am 7. Tag	20,0	0,4	
Chloride mg/l	76	75	
Permanganatzahl mg $KMnO_4$/l	343	116	66,2
Chlorzahl, Chlor mg/l	18,1	8,0	56
Stickstoffverbindungen:			
Gesamtstickstoff mg/l	89	60	32,6
Ammoniak mg/l	26	27	
Harnstoff mg/l	15	16	
Nitrate mg/l NO_3	0,5	0,5	
Nitrite mg/l NO_2	0	0	
Aminosäuren mg/l	10	2	80

Tabelle 4. Vergleichstabelle über die Abnahmen in Prozent in der Belebtschlammanlage nach Kessener in Velbert (Kol. 1 u. 3) und bei der Filtration nach Z-Verfahren (Kol. 2, 4 u. 5).

Art des Abwassers	Rohwasser		Emscherabfluss		
Ort	Velbert	Z-Labor	Velbert	Z-Versuchsanlage St. Gallen	
Datum d. Untersuchung	5. Juni 1934	29. Juni 1935	5. Juni 1934	23. April 1936	3. 5. 8 Juni 1936
Behandlungsdauer	11 Std.	10 Min.	8 Std.	1 Stunde	
Kolonne	1	2	3	4	5
Gesamtschwebestoffe	92	94,5	80	—	96
Organ. Schwebestoffe	94	96	77	—	97,6
Gesamtstickstoff	25	32,6	22	58,3	—
Organ. Stickstoff	34,5	—	48	77	—
Chlor	5	56	6	—	—
Ammoniak	23	—	11,2	41,3	—
NH_3-Stickstoff	—	—	10,7	41,2	—
Permanganat-Verbrauch $KMnO_4$	60	66,2	56	60	69,3

NB. zu Kol. 3: Um alle Zahlen auf gleiche Basis (Emscherabfluss) zu bringen, sind die Werte aus den Kol. 2 und 4 der Tabelle 1 verglichen.

Die Reinigung beim Z-Verfahren unterscheidet sich von den Belebtschlammverfahren dadurch, daß die letztgenannten infolge ihrer umfangreichern Biocönose auch die echt gelösten Stoffe angreifen. Es ist daher auch die Abnahme des biochemischen Sauerstoffbedarfs (Bsb) bei den Belebtschlammverfahren anscheinend etwas grösser als beim Z-Verfahren, obschon bei diesem die Abnahme mit 81% festgestellt wurde; weitere Untersuchungen sind im Gange.

Die frühere Ansicht, dass die Wirkung des Z-Verfahrens auf reiner Filtration beruhe, scheint aus folgenden Beobachtungen revidiert werden zu müssen: erstens ist die Belastungsfähigkeit des Asbestes rund zehnmal grösser, als rein physikalische Versuche ergeben haben; zweitens ist der Abbau an organischen Stoffen auffallend groß; drittens ist die Sauerstoffzehrung sehr hoch. Alle drei Erscheinungen lassen sich aber nur durch eine intensive Bakterientätigkeit erklären, die den Abbau fortlaufend besorgen. Es trifft hier wohl zu, was Sierp[9]) sagt: «Es handelt sich demnach bei der Selbstreinigung in erster Linie um biologische Vorgänge, doch können sich, wenn auch in untergeordnetem Masse, auch chemische Umsetzungen daran beteiligen.»

Vergleicht man hiezu den neuesten Aufsatz von Spitta[14]), wo er sagt: «Die Aufgabe der Selbstreinigung fällt vielmehr vornehmlich den Bakterien zu, die die organischen Verunreinigungen des Wassers, soweit sie überhaupt zersetzlich sind, unter Sauerstoffverbrauch und Kohlensäureausscheidung veratmen und sie auf diesem Wege vergasen und mineralisieren», so bestätigt sich unsere Annahme eines biologischen und biochemischen Vorganges beim Z-Verfahren, neben der reinen Filtration, trotzdem es sich nicht um eine Biocönose (= Lebensgemeinschaft, in diesem Fall im Abwasser) im landläufigen Sinn handelt, die bekanntlich auf dem Abbau von Stoffen durch höhere Lebewesen (Protozoen und Metazoen, wie Pantoffeltierchen, Glockentierchen usw.) beruht. Sofern die weiteren Untersuchungen die bisherigen Beobachtungen bestätigen sollten, darf das Z-Verfahren wohl als *biologisches Schwebefilter* bezeichnet werden. Da zudem die amtlichen und unter amtlicher Kontrolle durchgeführten Versuche ergeben haben, dass die volle Wirkung schon bei 20 Minuten Behandlung des Abwassers eintritt und auch bei längerer Durchflusszeit nicht mehr steigt, handelt es sich dabei fraglos auch um ein Schnellfilter.

Abb. 4 und 5 zeigen die vergrösserte Aufnahme von unbelastetem und von mit Abwasserstoffen belastetem Asbest.

Wirtschaftliches. Es liegt auf der Hand, dass die Z-Anlagen infolge ihrer schnellen Wirkungsweise innerhalb maximal einer Stunde gegenüber Belebtverfahren aller Art mit ihrer sechs- bis achtstündigen Arbeitszeit hinsichtlich Baukosten billiger sein müssen, da sie viel kleiner gehalten werden können als diese. Soweit bisher aus dem Betrieb der Versuchsanlage errechnet werden konnte, stellen sich die Betriebskosten nicht höher als bei einer Belebtschlammanlage, wohl aber stellen sich die Jahreskosten niedriger als bei dieser, sobald man Verzinsung und Amortisation der Anlage mitberücksichtigt. Die Betriebskosten einer Z-Anlage oder einer Belebtschlammanlage mit denen einer gewöhnlichen mechanisch wirkenden Kläranlage vergleichen zu wollen, ist selbstverständlich nicht angängig.

Schlussbemerkungen. Bestrebungen, aus Abwasser Trinkwasser machen zu wollen, sind sinnlos, und unwirtschaftlich ist es, die Reinigung von Abwässern weiter zu treiben, als notwendig ist. Man wird sich hüten müssen, von einem Extrem ins andere zu verfallen. Die Selbstreinigungskraft unserer Bäche und Flüsse darf und soll in vollem Umfange ausgenützt werden. Dr. Leiner[15]) sagt diesbezüglich mit Recht: «... denn ... eine Leistung der Reinigungsanlagen, die über das örtlich notwendige Mass hinausgeht, ist ganz nutzlos und nur zulässig, wenn sie keine Mehrkosten verursacht».

Wo also in unsern schweizerischen Verhältnissen das Selbstreinigungsvermögen der Vorfluter *sehr* groß ist, mag in Einzelfällen eine gewöhnliche Absitzanlage genügen, was aber selten der Fall sein wird. Wo stark konzentrierte Abwässer industrieller Betriebe (Gerbereien, Nahrungsmittelfabriken, Schlachthäuser usw.) relativ kleinen Gewässern zugewiesen werden müssen, ist die biologische Reinigung am Platze. In 90% der Fälle aber wird das Z-Verfahren als Mittelstufe zwischen Absitzbecken und biologischen Reinigungsanlagen wertvolle Dienste leisten können. Es ist auch geeignet, als weitgehende Vorreinigung für biologische Anlagen zu dienen und eine wesentliche Höherbelastung derselben zu ermöglichen.

[14]) Zur Entwicklung der Lehre von der Selbstreinigung der Gewässer, in «Gesundheits-Ingenieur», Heft 23 (6. Juni 1936).

[15]) Dr. Leiner: Belebtschlamm-Teilreinigung, in «Gesundheits-Ingenieur», 1934, S. 323.

Mutatoren zur Stromrückgewinnung bei Nutzbremsung.

Die ersten Gleichstrom-Bahnunterwerke der Welt mit Mutatoren zur Rekuperation, die beiden Mutatoranlagen Vanreenen und Colworth der South African Railway sind jetzt $1^1/_2$ Jahre lang in Betrieb. Die ausgezeichneten Betriebserfahrungen, auf die A. Leuthold in den «Brown Boveri-Mitteilungen» vom Juli 1935 hinweist, geben uns Gelegenheit, das Prinzip des Mutators kurz zu beschreiben. Wir folgen hierbei der Darstellung von Ch. Ehrensperger, Baden, in der «Revue Générale de l'Electricité» Bd. 32, Nr. 14, vom 8. Oktober 1932, der wir die beiden ersten Abbildungen entnehmen, während die übrigen aus den «Mitteilungen» der Erstellerin der genannten Anlage, der Brown Boveri & Cie., Baden, stammen.

Mit der Einführung der Gittersteuerung[1]) ist aus dem Quecksilberdampfgleichrichter ein Ventil geworden, das nicht nur Wechselstrom in Gleichstrom, sondern umgekehrt auch Gleichstrom in Wechselstrom zu verwandeln gestattet, weshalb es den allgemeinen Namen «Mutator» erhalten hat. In Abb. 1 sind in Funktion der Zeit die EMK aufgezeichnet, die in aufeinanderfolgenden Phasen der Sekundärwicklung des Transformators induziert werden, an den der Mutator angeschlossen ist. Von den Spannungsabfällen abgesehen, ist die Spannung zwischen der Kathode des Mutators und dem Sternpunkt der Transformator-Sekundärwicklung immer gleich der EMK derjenigen Phase, die in dem betreffenden Augenblick gerade durch den Lichtbogen mit der Kathode in Verbindung steht. Im stationären Betrieb fliesst von der jeweiligen Anode ständig ein angenäherter Gleichstrom nach der Kathode. Zwischen der Kathode und jeder Anode befindet sich ein Gitter, von dessen Spannung gegenüber der Kathode die Möglichkeit des Stromdurchgangs abhängt. Ein im Takt der Primärspannung von einem Synchronmotor angetriebener Kontaktgeber (Abb. 3, 11) erteilt jedem Gitter abwechselnd Sperr- und Durchlasspotential, womit der «Zündpunkt», d. h. der Augenblick bestimmt ist, in dem der Lichtbogen von einer Anode auf die nächste springt. In der willkürlichen Wahl des Zündpunktes besteht die Gittersteuerung. Abb. 1 zeigt dick ausgezogen den Verlauf der gewellten Gleichspannung zwischen Kathode und Sternpunkt, der sich für drei verschiedene Zündwinkel ergibt. Wie ersichtlich, kann durch Verschiebung des Zündpunkts die mittlere Spannung E_g nicht nur in ihrem Betrag verändert werden (*b* gegenüber *a*), sondern auch in ihrem Vorzeichen (*c*).

In Wirklichkeit spielen die bei dieser elementaren Betrachtung vernachlässigten Spannungsabfälle eine nicht unerhebliche Rolle, weshalb die Gleichspannung Kathode-Sternpunkt bei gegebener Primärspannung und festem Zündwinkel mit wachsendem Gleichstrom sinkt, bei grösseren Strömen linear, Abb. 2. Soweit die Charakteristiken oberhalb der Abszissenaxe verlaufen, ist die vom Mutator abgegebene Gleichstromleistung positiv; er funktioniert als Gleichrichter. Für die unterhalb verlaufenden Charakteristiken hat, bei gleichbleibender Stromrichtung, die Spannung das umgekehrte Vorzeichen; der Mutator nimmt Gleichstrom-Energie auf und gibt Wechselstrom-Energie ab.

In jedem der beiden genannten Unterwerke sind gleichzeitig zwei Mutatoren an das Bahnnetz angeschlossen, von denen der

[1]) Deren Anwendung auf den Rundfunk hat in Bd. 104, Seite 164* (Nr. 15 vom 13. Oktober 1934) A. E. Danz geschildert.

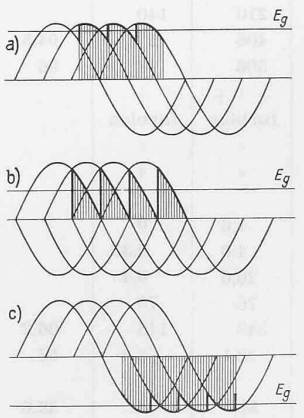

Abb. 1. Prinzip der Gittersteuerung. Dick ausgezogen: Zeitlicher Verlauf der Spannung Kathode-Sternpunkt (schematisch) bei verschiedener Wahl des Zündpunkts a) b) c).
Eg = mittlere Gleichspannung.

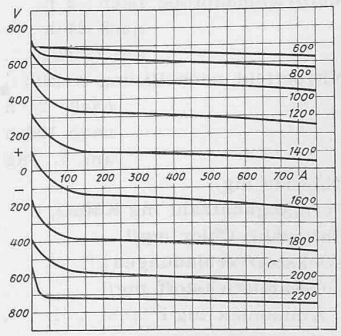

Abb. 2. Spannung Kathode-Sternpunkt in Funktion des von der Kathode nach dem Sternpunkt fliessenden Stroms für verschiedene Zündwinkel.