

Sonderformen im Tropfkörperbau

Hochschuldozent Dipl.-Ing. Dr. techn. R. Pönninger, Wien

1. Einleitung

Die Entwicklung des Tropfkörpers aus den Bodenfiltern über die Füllkörper, die Dunbar'schen Schalen bis zu unseren modernen Tropfkörperanlagen wird als bekannt vorausgesetzt. Eine ausführliche Darstellung dieser Entwicklung aus den ersten Anfängen gibt bereits Dunbar¹ und in neuerer Zeit Imhoff². Die neuzeitlichen Repräsentanten dieses Reinigungsverfahrens, nämlich den schwach belasteten Tropfkörper, den Spültropfkörper und als Zwischenstufe den normal oder vollbelasteten Tropfkörper³, ferner den in England entwickelten Wechseltropfkörper habe ich im Rahmen der Lehrgänge der Bundesanstalt bereits im Vorjahr behandelt⁴. Heute soll über Sonderformen berichtet werden, soweit sie Bedeutung erlangt haben, bzw. sollen auch solche Formen besprochen werden, welche Schiffbruch erlitten haben, weil sie Schiffbruch erleiden mußten.

2. Grundlegende Merkmale für richtig gebaute Tropfkörper

Eine biologische Reinigung von Abwasser kann nur dann auf die Dauer wirksam durchgehalten werden, wenn folgende drei Grundbedingungen erfüllt sind:

- a) Es muß die Siedlungsmöglichkeit für eine große Anzahl von geeigneten Bakterien im nassen Medium vorhanden sein.
- b) Das Abwasser muß ständig gleichmäßig über die Bakterien verteilt werden.
- c) Es muß für die der Menge der Bakterien entsprechende Luftzufuhr dauernd gesorgt sein.

Diese drei Bedingungen, die übrigens für jedes biologische Reinigungsverfahren grundlegend sind, werden beim Tropfkörper in idealer Weise erfüllt. Die Siedlungsmöglichkeit bietet die Oberfläche des Füllmaterials. Die idealste Verteilung des Abwassers über die Bakterien wird durch den Drehsprenger erfüllt. Die Luftzufuhr erfolgt beim richtig gebauten Tropfkörper in ausreichendem Maß durch den natürlichen Schornsteinzug, bzw. die lotrechte Luftbewegung, die durch die Temperaturdifferenz im Tropf-

körper und außerhalb des Tropfkörpers stets gegeben ist. Die neuere Tropfkörperforschung hat aber in den letzten Jahrzehnten noch weitere kennzeichnende Merkmale gefunden, die für die Leistungsfähigkeit eines Tropfkörpers wichtig sind. Auf diese will ich zunächst zu sprechen kommen.

3. Die Durchfluß- oder Kontaktzeit

In den Jahren 1935—1936 habe ich versucht, durch Zugabe von Salz und Farbstoffen die Durchflußzeit des Abwassers durch Tropfkörper — die ja mit der Kontaktzeit des Abwassers mit dem biologischen Rasen identisch sein muß — zu bestimmen. Das Ergebnis dieser Versuche war sehr aufschlußreich und bis dahin noch unbekannt. Die Deutung der Versuchsergebnisse⁶ konnte auch in einwandfreier Weise erfolgen. Die in der Zeiteinheit auf einen Tropfkörper aufgebrauchten Wassertropfen haben das Bestreben, der Schwere folgend so rasch wie möglich die Sohle des Tropfkörpers zu erreichen. Dem stellt sich jedoch der biologische Rasen an der Oberfläche des Füllmaterials hindernd entgegen. Durch einen Einzelversuch kann man sich leicht überzeugen, daß der Wassertropfen sich zunächst über die Oberfläche des Schlackenstückes ausbreitet und nicht sofort wieder abtropft. Erst wenn eine Reihe von Tropfen von dem auf der Oberfläche vorhandenen biologischen Rasen aufgenommen wurde, beginnt das Wasser an der unteren Seite wieder abzutropfen. Unterbricht man die Tropfenzugabe, dann hört der Tropfvorgang nicht sofort wieder auf, sondern versiegt allmählich. Die Zeit, die nun vergeht bis der aufgebrauchte Tropfen den Rasen wieder verläßt, stellt zweifellos die Kontaktzeit dar. Setzt man nun dem Wasser einen Farbstoff zu, dann kann man beobachten, daß sich der Farbstoff allmählich über die ganze Oberfläche des Schlackenstückes ausbreitet und das abtropfende Wasser zunächst fast farblos ist, aber bald die volle Farbkraft gewinnt.

In der geschütteten Masse eines Tropfkörpers, die nun aus lauter solchen mit Rasen überzogenen Schlacken- oder Steinstückchen besteht, muß sich folgender Vorgang abspielen:

Jeder Tropfen durchwandert die Schüttmasse bis er die Sohle erreicht. Während des Weges vermischt er sich mit einem bestimmten Teil des an den Rasen gebundenen Wassers und vermischt sich dauernd mit einem Teil des im Tropfkörper befindlichen Tropfwassers. Je nachdem, welchen Weg der Wassertropfen gerade nimmt, ob er auf schwach belastete Stellen trifft und dort sehr lange von dem Rasen festgehalten wird, oder ob er überbelastete Stellen passieren muß und dort rasch weiterwandert oder ob er an die Tropfkörperwand gelangt und dort sehr rasch herabfließt, wird er sehr verschieden lange durch den Tropfkörper wandern. Es ist

also nicht so, daß das zu einem bestimmten Zeitpunkt aufgebrauchte Abwasser nach einer bestimmten Zeit im Abfluß des Tropfkörpers erscheint, sondern im gesamten gesehen, mischt sich das aufgebrauchte Abwasser mit dem im Tropfkörper vorhandenen Wasser und erscheint als Mischprodukt wieder im Abfluß. Eine solche Durchflußkurve zeigt Abbildung 1. Die Er-

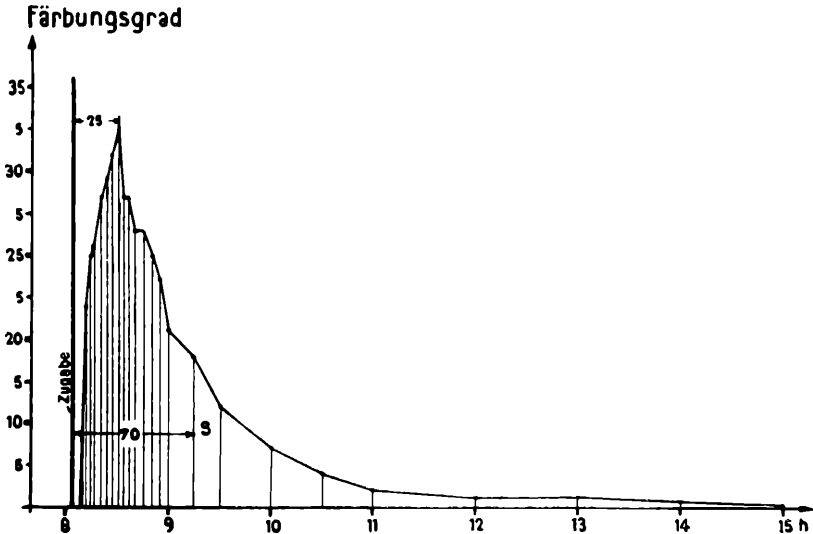


Abb. 1. Durchflußkurve an Hand eines Färbeversuches

klärung dieses Kurvenverlaufes habe ich bereits vorweggenommen. Kennzeichnend sind bei dieser Kurve zwei Werte, u. zw. der Zeitabstand, in dem die Spitze erscheint, und die Zeit, bis soviel Farbstoff durchgegangen ist, daß, mathematisch ausgedrückt, der Schwerpunktsabstand der Integralfläche erreicht ist. Im gegenständlichen Fall betragen diese Zeiten 25 und 70 Minuten. Die Abwassermenge betrug bei diesem Versuch $68 \text{ m}^3/\text{h}$ und die Tropfkörperbelastung, spezifisch ausgedrückt, $2,67 \text{ m}^3$ Abwasser auf 1 m^3 Schüttmaterial und Tag. Die Tropfkörperhöhe betrug $3,70 \text{ m}$ und der Durchmesser war $14,5 \text{ m}$. Alle diese Werte sind für den Kurvenverlauf bestimmend.

Zunächst war der Verlauf der Kurve zu kontrollieren. Dies geschah durch Zusatz von Kochsalz, doch war hiebei zu berücksichtigen, daß das Abwasser bereits einen gewissen Salzgehalt aufweist. Die auf diese Weise erhaltene Durchflußkurve zeigt Abbildung 2. Der Tropfkörper hatte die gleiche Be-

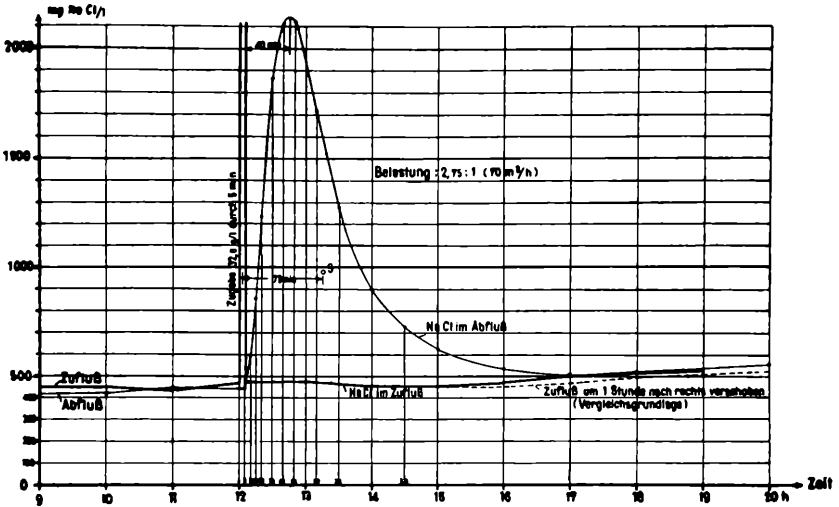


Abb. 2. Durchflußkurve an Hand eines Salzversuches

lastung und die gleichen Abmessungen wie vor. Die Spitze erschien aber erst nach 40 Minuten und der Schwerpunktabstand betrug 73 Minuten. Außer der Verschiebung der Spitze war das Ergebnis der beiden Versuche mit dem Farbstoff und mit dem Salzzusatz praktisch das gleiche. Die Abweichungen sind zweifellos auf die Eigenheiten des Zusatzmittels zurückzuführen.

In den 20 Jahren, die seit der Veröffentlichung meiner Versuche verflossen sind, hatten zwei Forscher diese Ergebnisse bestätigt. Rohde berichtet über die Feststellung der Durchflußzeit bei Tropfkörpern mit radioaktiven Isotopen. Die Tropfkörper hatten die Abmessungen von 16,20 m im Durchmesser und 4,0 m Höhe, gleichen also den Abmessungen meines Versuchstropfkörpers. Die Durchflußkurve Abbildung 3 zeigt grundsätzlich die gleiche Form. Da aber das Abwasser in Arnsberg sehr dünn ist gegenüber dem Abwasser in Beuthen ($BSB_5 = 150$ gegenüber 400 mg/l und mehr in Beuthen), war die vollbiologische Reinigung, gemessen an der Durchflußkurve, bereits bei einer mittleren Aufenthaltszeit von 19,7 bzw. 18,1 Minuten vorhanden.

Schulz⁸ zeigt bei seinem Turmtropfkörper mit 1,0 m Durchmesser und 8,0 m Höhe die in Abbildung 4 dargestellte Durchflußkurve, bei der er eine nahezu vollbiologische Reinigung erzielte, wobei bei einer Belastung

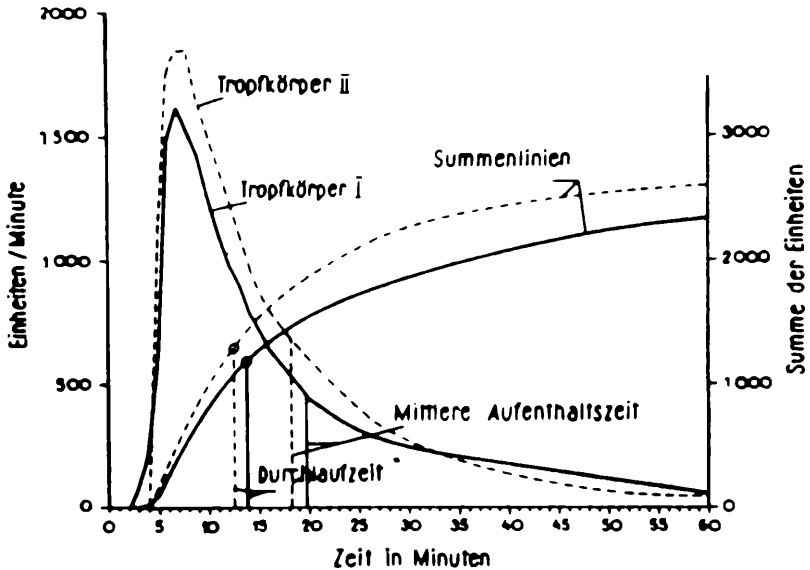


Abb. 3. Durchflußkurve von Arnsberg mit Zusatz von Isotopen bestimmt (nach Rohde⁷)

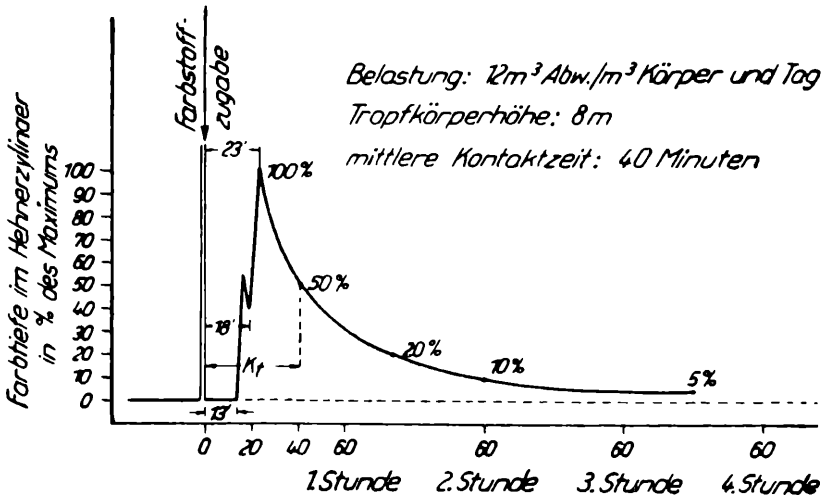


Abb. 4. Durchflußkurve des Turmtropfkörpers mit Farbstoff bestimmt (nach Schulz⁸)

von 12 m^3 Abwasser auf 1 m^3 Material die Färbungsspitze nach 23 Minuten erschien und die Kontaktzeit 40 Minuten betrug. Das Abwasser war auch in diesem Fall dünn ($\text{BSB}_5 = 200$ bis 250 mg/l im Zulauf zum Tropfkörper). Jedenfalls wird der charakteristische Kurvenverlauf für den Durchfluß auch in diesem Fall bestätigt.

4. Kontaktzeit und Reinigungseffekt

Und nun zurück zu meinen eigenen Versuchen. Abbildung 5 zeigt die Abhängigkeit des Durchflußverlaufes von der Belastung. Man sieht die

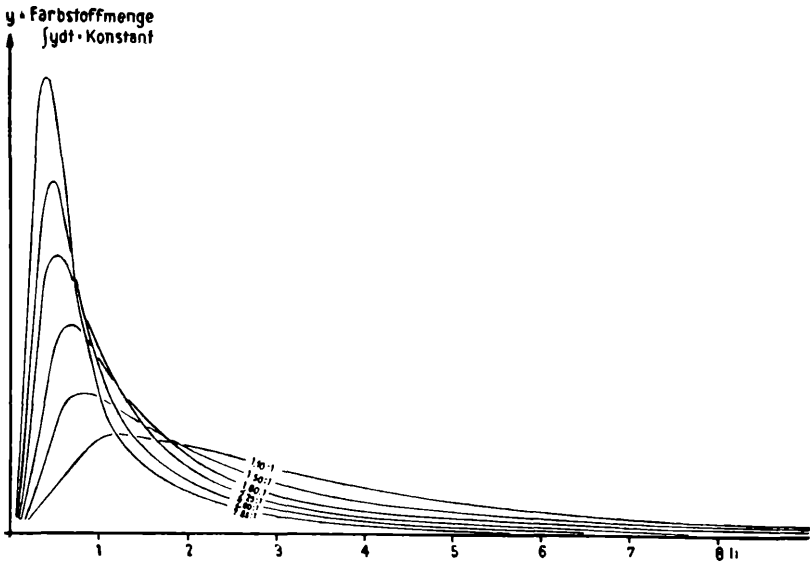


Abb. 5. Abhängigkeit des Durchflußverlaufes von der Belastung

Gesetzmäßigkeit, mit der die Durchflußzeit von der Belastung abhängig ist. Je höher die Belastung wird, um so kürzer wird die Durchflußzeit und um so schlechter ist das Reinigungsergebnis.

Die nachstehende Tabelle 1 zeigt die Abhängigkeit in Zahlen (abgeleitet aus ⁵ und ⁹).

Spezifische Belastung	Kontaktzeit	BSB ₅ im nachgeklärten Ablauf
1,10 1	4 h 04 min	8–15 mg/l
1,50 1	2 h 52 min	8–10 mg/l
1,80 1	2 h 10 min	10 mg/l
2,25 1	1 h 34 min	15–22 mg/l
2,60 1	1 h 15 min	22 mg/l
2,85 1	1 h 00 min	25–35 mg/l

Tabelle 1. Beziehung zwischen Belastung, Kontaktzeit und Reinigung

Noch deutlicher erkennt man den Zusammenhang in Abbildung 6. Da der Zufluß zum Tropfkörper im Mittel einen BSB₅ von 450 mg/l hatte, wurde der Tropfkörper bei einer Kontaktzeit von ca. 1 h 15 min nach Tabelle 1 mit

2,6 450 = 1170 g BSB₅ je m³ Tropfkörpermaterial und Tag belastet. Der Wert liegt natürlich höher als der von Imhoff¹⁰ angege-

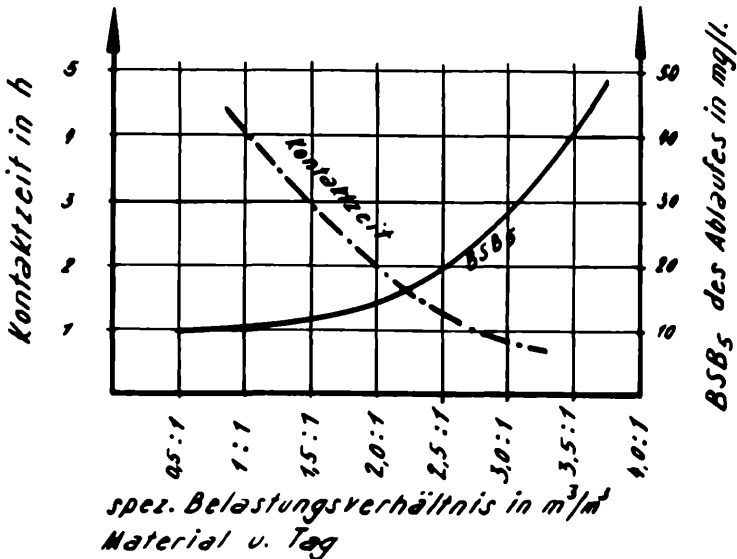


Abb. 6. Belastung, Kontaktzeit und Reinigung

bene Durchschnittswert von 350 g/m^3 , da es sich bei dem Versuch um einen Spitzenwert des Tages hinsichtlich der Verschmutzung handelt. Wie wir uns nun mit Hilfe der großen Oberfläche der Bakterien bei einer innigen Durchmischung des Abwassers mit dem bakterienhaltigen Rasenwasser durch den Stoffwechsel der Bakterien die Reinigung des Abwassers vorstellen können, das hat schon Bach¹¹ sehr anschaulich geschildert und kann auch in vielen einschlägigen Fachschriften nachgelesen werden.

Uns Techniker interessiert jedoch vor allem, wie wir eine innige Durchmischung des Abwassers mit dem Rasenwasser des Tropfkörpers fördern können, bzw. welche Umstände ungünstigen Einfluß haben können. Auch diese Frage habe ich schon seinerzeit durch Versuche geklärt. Zunächst

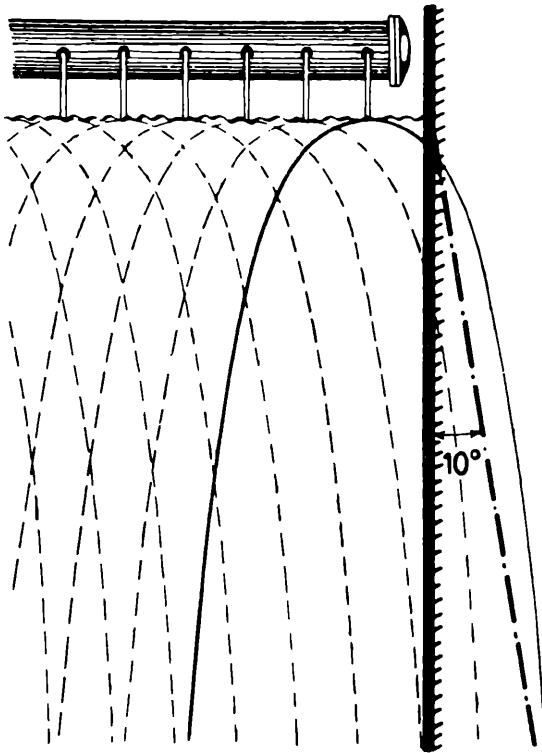


Abb. 7 Abwasserverteilung im Tropfkörper, Einfluß der Wandbegrenzung

interessiert die Frage, wie sich der auftreffende Wasserstrahl in der geschütteten Masse verteilt. Durch Farbversuche¹² kann man dies leicht feststellen. Das Ergebnis zeigt Abbildung 7. Aus diesem Bild kann man entnehmen, daß jede lotrechte Begrenzung der Schüttmasse die Durchflußzeit ungünstig beeinflussen muß, da das Wasser an der Wand herabfließen wird, wenn es auf diese auftrifft. Durch eine rein geometrische Betrachtung habe ich nachgewiesen, daß Höhe und Durchmesser eines Tropfkörpers von großem Einfluß auf das Reinigungsergebnis sein müssen. Ohne mich wiederholen zu müssen, kann ich dies am besten an Hand der Abbildung 8 klar machen. Je höher der Tropfkörper ist, um so länger

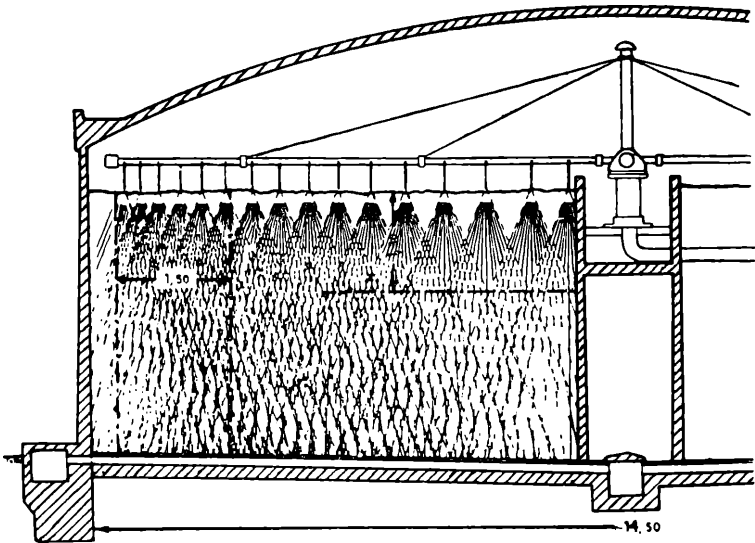


Abb. 8. Abwasserverteilung Tropfkörper, Einfluß der Höhe

ist die Durchtropfzeit, um so inniger aber auch die Durchmischung des Abwassers mit dem im Tropfkörper vorhandenen Wasser. Tropfkörper mit geringem Durchmesser zeigen selbstverständlich kürzere Durchflußzeiten, deshalb ist die Entwicklung hinsichtlich einer Vergrößerung der Höhe von Vorteil. Auf Grund der praktischen Erfahrung hat sich auch der Tropfkörperbau in dieser Hinsicht entwickelt und sind Tropfkörper von großer Höhe und auch sehr großem Durchmesser keine Seltenheit wie allgemein bekannt ist.

Daß dem so ist, habe ich auch an Hand der Kontaktzeit nachgewiesen⁶, jedoch vielleicht nicht so klar herausgestellt, weshalb ich dies hiemit noch nachholen will. Eine solche Gegenüberstellung zeigt Tabelle 2.

Korndurchmesser des Füllmaterials	Tropfkörpergröße \varnothing/h in m	Kontaktzeit	BSB ₅ des nachgekl. Abflusses
3 — 5 cm	14,50/3,70	110 min	10 — 15 mg/l
3 — 5 cm	1,50/3,75	55 min	20 — 30 mg/l
20 cm	1,50/3,75	44 min	26 — 40 mg/l
gemischt 5 — 25 cm	14,50/1,30	58 min	26 — 40 mg/l

Tabelle 2

Beziehung zwischen Tropfkörpergröße, Kontaktzeit und Reinigung

(nachstehende Werte beziehen sich auf eine einheitliche spezifische Belastung von 2 m³ Abwasser auf 1 m³ Material und Tag)

Diese Gegenüberstellung zeigt deutlich die Abhängigkeit der Leistungsfähigkeit des Tropfkörpers vom Durchmesser und von der Höhe. Daß hiebei auch die Rasenmenge eine gewisse Rolle spielt, ist selbstverständlich, doch schwieriger nachzuweisen. Bezüglich des Versagens von Tropfkörperanlagen wegen Rasenwucherung muß ich auf das Schrifttum verweisen (6 und 9). Aus den Ergebnissen dieser Grundlagenforschung ist es für den spezialisierten Fachmann nicht allzu schwierig, von vornherein zu erkennen, ob eine bestimmte Entwicklung im Tropfkörperbau Erfolg verspricht oder nicht.

5. Der Turmtropfkörper

Der Turmtropfkörper, den G. Schulz entwickelt hat⁸, stellt beispielsweise eine erfolversprechende Entwicklungsstufe dar (Abbildung 9).

Abbildung 10 zeigt die Ansicht dieses Turmtropfkörpers. Der große Vorteil liegt vor allem in dem langen Fallweg des Tropfens. Daß die Durchflußkurve ein gutes Bild gibt und eine ausreichend große Kontaktzeit aufweist, habe ich bereits erwähnt (Abbildung 4). Durch die große Höhe wird der nachteilige Einfluß des geringen Durchmessers wieder mehr als wettgemacht. Schulz gibt als Konstruktionsprinzip folgendes an:

Günstigstes Verhältnis von Durchmesser zur Höhe 1 : 8. Die unterste Grenze ist 1 : 6. Korngröße des Füllmaterials \varnothing 4—10 cm. Die Abwasserbeschickung erfolgt in einfachster Form durch eine brausenartige Ver-

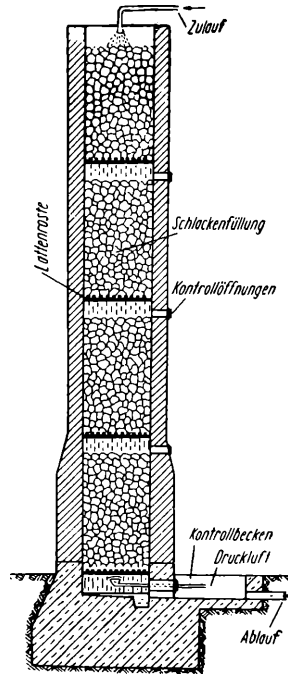


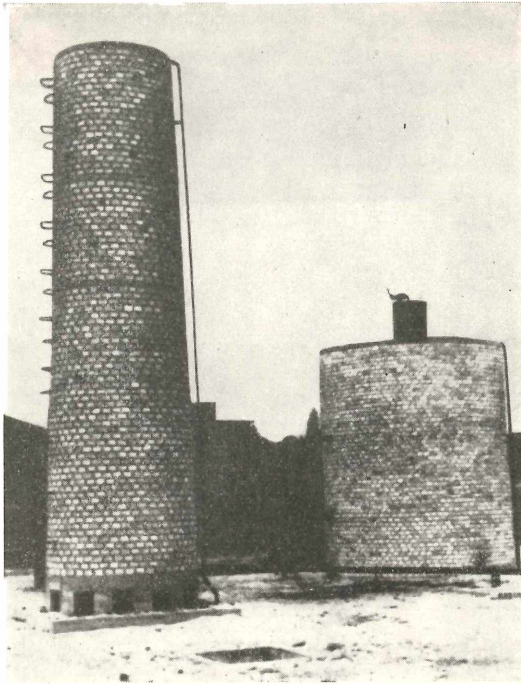
Abb. 9. Schnitt des Turmtropfkörpers (nach Schulz⁸)

teilung oder durch Spritzteller. Für die Belüftung genügt der natürliche Kaminzug. Belastbarkeit als Raumbelastung ausgedrückt 12 l, als Flächenbelastung 4 m³/h. BSB₅-Belastung bis 3500 g m³ Tag oder 100 Einwohner/Tag, also das ca. 4- bis 5fache der Spültropfkörper üblicher Bauart. Reinigungsergebnis: BSB₅ des Abflusses 20—30 mg/l.

Die Weiterentwicklung des Turmtropfkörpers zeigt bereits Verbesserungen. Abbildung 11 bringt eine Ansicht der Turmtropfkörperanlage der Tbc-Heilstätte in Bad Berka¹⁴. Im Schnitt (Abbildung 12) ist zu sehen, daß man bestrebt ist, das Abwasser von den Wänden nach der Mitte abzulenken. Man könnte noch viel darüber sprechen, doch muß diesbezüglich auf das Schrifttum verwiesen werden^{13, 14}.

6. Sonstige historische Tropfkörperentwicklungen

Auf Grund der Tatsache, daß mit der Kleinheit des Korndurchmessers der Tropfkörperfüllung die Oberfläche des Füllmaterials und damit auch



*Abb. 10. Ansicht des Turmtropfkörpers
nach Schulz¹⁴⁾*

die Rasenmenge größer wird (⁶, Abb. 3), hat Schreiber¹⁵ veranlaßt, seinen Umwälztropfkörper zu entwickeln. Da aber mit der Verkleinerung des Korndurchmessers auch die Hohlräume zwischen den einzelnen Körnern naturgemäß immer kleiner werden, verstopfen sich solche Anlagen (ähnlich wie Filter) um so rascher, je kleiner die Korngröße gewählt wird. Dem wollte Schreiber dadurch begegnen, daß er bei bestehender Verschlämzung das Tropfkörpermaterial maschinell abzieht, in einem besonderen Arbeitsvorgang wäscht und wieder in die Tropfkörperumhüllung einbringt. Daß eine solche Betriebsweise umständlich und teuer sein muß, liegt auf der Hand. Diese Bauweise hat sich daher nicht durchsetzen können.

In dem Bestreben, die Reinigung in dünner Abwasserschicht, ähnlich wie beim Überfließen des biologischen Rasens von Steinen, in anderer



*Abb. 11. Ansicht des Turmtropfkörpers
in Bad Berka (nach Lang¹³)*

Weise zu erreichen, sind schon die verschiedensten Versuche unternommen worden. Hier können nur einige Literaturhinweise gebracht werden. Als Vertreter für die biologische Reinigung in dünner Abwasserschicht sind vor allem die rinnenförmigen Reichle-Körper zu nennen sowie sein Tellertropfkörper^{15, 16}. Einen ähnlichen Weg gingen Demoll und Liebmann bei der Entwicklung des Scheibentropfkörpers¹⁷. Diese Entwicklungen brachten uns zwar wertvolle Erkenntnisse in der Tropfkörperbiologie, konnten sich jedoch in der Praxis ebenfalls nicht durchsetzen, da jeder Aufbau eines Tropfkörpers nach einem solchen System wesentlich teurer kommt als der Aufbau mit geschütteten Gesteinsbrocken. Ein

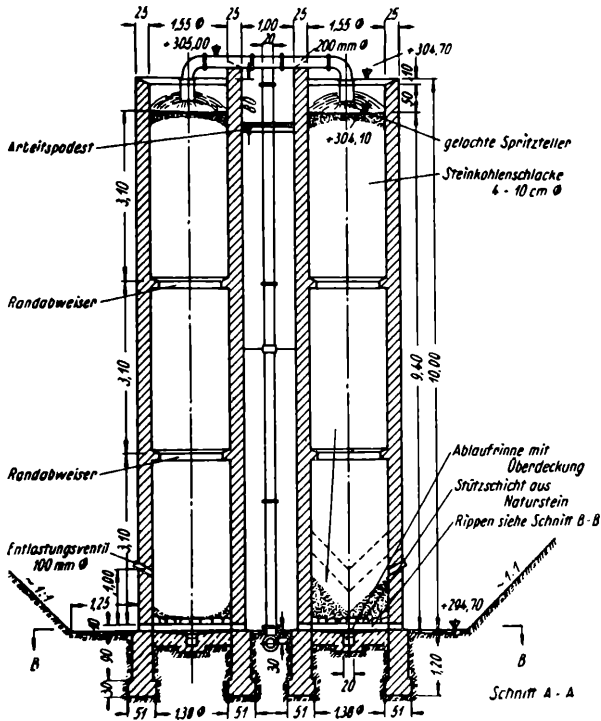


Abb. 12. Schnitt des Turmtropfkörpers
in Bad Berka (nach Lang¹³⁾)

Versuch mit dem Zellentropfkörper¹⁸, dieses Reinigungsverfahren in die Praxis einzuführen, scheiterte. Man hatte bei dieser Bauweise bereits gegen Grundprinzipien der biologischen Reinigung verstoßen. Das Grundlegende bei jeder biologischen Reinigung sind Mikroorganismen und es ist nicht möglich, diese Organismen durch Luft zu ersetzen. Man kann nicht die Rasenmenge vermindern und die Belastung erhöhen, wenn man auch die Luftzufuhr noch so reichlich gestaltet. Der Mißerfolg dieser letzteren Konstruktion war daher nicht abzuwenden.

Die wenigen angeführten Versuche, andere geeignete Tropfkörperformen zu finden, erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Man hat schon viel versucht, doch konnte die ursprüngliche Form, die biologische Reinigung in geschütteten Gesteinsbrocken durchzuführen, vor allem aus wirtschaftlichen Gründen bis heute nicht verdrängt werden.

Literaturhinweis

- ¹ Dunbar, W. Ph., Leitfaden für die Abwasserreinigungsfrage. Verlag Oldenbourg, München, 1. Aufl. 1907, 2. Aufl. 1912, 3. Aufl. 1954.
- ² Imhoff, K., Die Geschichte der biologischen Abwasserreinigung. GWF 1953. H. 12 (Wasser).
- ³ Pönninger, R., Biologische Abwasserreinigung durch Tropfkörper. Ges.-Ing. 1957, H. 5/6, S. 75 ff.
- ⁴ Ders., Die biologische Abwasserreinigung. Wasser und Abwasser, Band 1956 „Häusliche und städtische Abwässer“. Verlag Winkler & Co., Wien.
Ders., Durchflußzeit bei Tropfkörpern. Ges.-Ing. 1937, H. 52, S. 787.
- ⁶ Ders., Die Rasenmenge in Tropfkörpern. Ges.-Ing. 1938, H. 3, S. 34.
Rohde, H., Die neuen Hochleistungstropfkörper der Kläranlage Arnsberg und eine kritische Betrachtung ihrer Betriebsergebnisse. Die Wasserwirtschaft 1952, H. 6.
- ⁸ Schulz, G., Der Turmtropfkörper des Weißelsterverbandes. Wasserwirtschaft — Wassertechnik 1952, H. 6.
- ⁹ Pönninger, R., Der künstlich belüftete Tropfkörper. Beiheft zum Ges.-Ing., Reihe II, H. 18, München u. Berlin 1938.
- ¹⁰ Imhoff, K., Taschenbuch der Stadtentwässerung. 16. Aufl. Verlag Oldenbourg, München.
- ¹¹ Bach, H., Die Abwasserreinigung. München Berlin 1934.
- ¹² Pönninger, R., Wirtschaftliche Gestaltung von Tropfkörpern. Ges.-Ing. 1938, H. 15, S. 207 ff.
- ¹³ Lang, R., Die Behandlung der Abwässer der Thc-Heilstätte Bad Berka. Wasserwirtschaft — Wassertechnik 1955, H. 6.
- ¹⁴ Schulz, G., Betriebserfahrungen mit dem Turmtropfkörper Bad Berka. Wasserwirtschaft — Wassertechnik 1956, H. 7.
- ¹⁵ Schreiber, A., Entwicklung neuer Wege zur biologischen Abwasserreinigung. Verlag Oldenbourg München u. Berlin 1940.
- ¹⁶ Beger, H., Biologische Reinigung in dünner Abwasserschicht. Beihefte zum Ges.-Ing. Reihe II, H. 15, Verlag Oldenbourg 1935.
- ¹⁷ Demoll R. und Liebmann H., Der Scheibentropfkörper. Ges.-Ing. 1939, S. 492/95.
- ¹⁸ Bernhart, A., Der Zellentropfkörper, Ges.-Ing. 1951, S. 17.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Wasser und Abwasser](#)

Jahr/Year: 1957

Band/Volume: [1957](#)

Autor(en)/Author(s): Pönninger Rudolf

Artikel/Article: [Sonderformen im Tropfkörperbau 282-296](#)