

Henry RIBE, Tino KOCH

# Haben Tropfkörper ausgedient?

Die veränderten Rahmenbedingungen bescheren der Tropfkörper-technologie eine Renaissance.

Zur biologischen Behandlung wurden in den Anfängen der kommunalen Abwasserreinigung etwa zu Beginn des 20. Jahrhunderts bis in die 60er Jahre hinein vielerorts Tropfkörper in verschiedensten Ausführungen und Anschlussgraden errichtet. Typischerweise bestanden diese aus einem gemauerten, betonierten oder gar nur aus Bruchsteinen lose gesetztem Mantel, dem mittigen Drehsprenger und dem über einer Drainage geschütteten Aufwuchsträger aus Lavabrocken oder Schlackesteinen.

## Robustes Verfahren

Tropfkörper haben sich für die damals gestellten Aufgaben und dem bis dahin oft ausschließlich geforderten Reinigungsziel des

weitgehenden Kohlenstoffabbaus als einfaches und wartungsarmes sowie robustes und langlebiges Verfahren erwiesen. Letzteres konnte man in den östlichen Bundesländern noch 1990 sehen, wo Tropfkörper mit mehr als 50 Jahren Nutzungszeit ihren Dienst erfüllten.

Die Verschärfung der Anforderungen an die Ablaufgüte in Richtung Nitrifikation konnten durch Verringerung der Raumbelastung von Tropfkörpern ebenfalls noch gut bewältigt werden. Verschiedene Untersuchungen aus den 80er Jahren /1/ bestätigten, dass eine weitgehende Nitrifikation nicht nur möglich ist, sondern auch stabil gefahren werden kann. Neue Entwicklungen, die insbesondere den Ersatz der Schlacke- bzw.

Lava-Brocken durch Kunststoff-Aufwuchsträger-Materialien enthalten, fanden bei der Ertüchtigung und Sanierung alter Tropfkörper zahlreiche Anwendungen.

## Zäsur: Weitgehende Stickstoffeliminierung

Mit Einführung der weitgehenden Stickstoffeliminierung nach 1992 konnte jedoch eine Zäsur bei der Anwendung des Tropfkörper-Verfahrens beobachtet werden. Tropfkörper wurden zugunsten von Belebungsbecken stillgelegt bzw. abgerissen. Ein wesentlicher Grund dafür war sicher die zu Beginn der 90er Jahre noch nicht zufriedenstellend gelöste Integration der Denitrifikation in das Tropfkörperverfahren, obwohl Forschungsvorhaben einige praktikable Ansätze geliefert haben /2/. Zudem galten Tropfkörper als „altmodisch“ und waren vielerorts erneuerungsbedürftig. Kleine Tropfkörperanlagen wurden zu Gunsten von Anlagen mit simultaner aerober Schlammstabilisierung aufgegeben, womit man sich u. a. auch eine Vereinfachung der Schlammbehandlung versprach. Energiekosten spielten in den 90er Jahren nur eine untergeordnete Rolle, so dass (energieintensive) Belebungsanlagen heute weltweit dominieren.

## Unkonventionelle Lösungsansätze sind gefragt

Inzwischen haben sich seit den 90er Jahren die Energiepreise und damit die Energiekosten für den Kläranlagenbetrieb mehr als verdoppelt. Die Diskussion um die CO<sub>2</sub>-Emissionen, die durch die Elektroenergieerzeugung dominiert werden, erreicht auch die Abwasserreinigung. Für die Erzielung substantieller Stromverbrauchsminderungen werden neue und unkonventionelle Lösungsansätze benötigt. Ansätze hierfür liefert das Tropfkörperverfahren, bei dem lediglich Pumpenergie zur Beschickung des Tropfkörpers notwendig ist und keine energieintensiven Verdichter gebraucht werden.

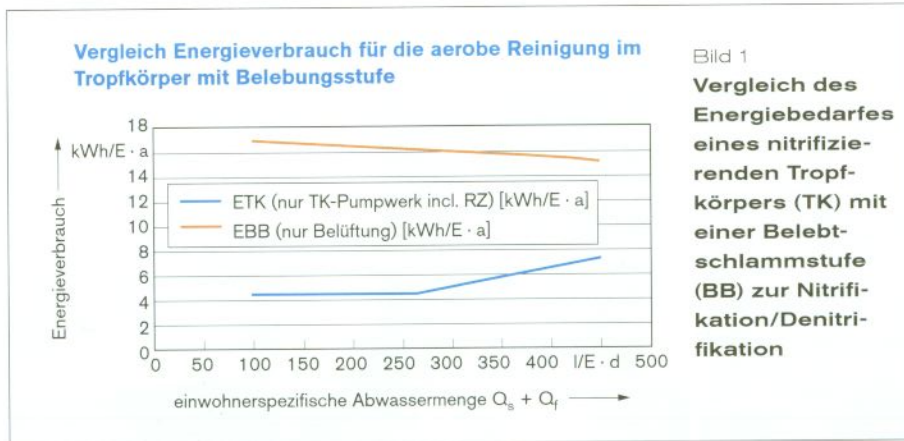
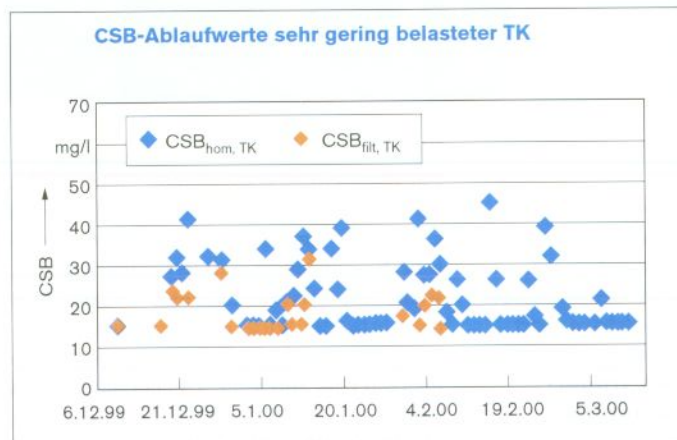
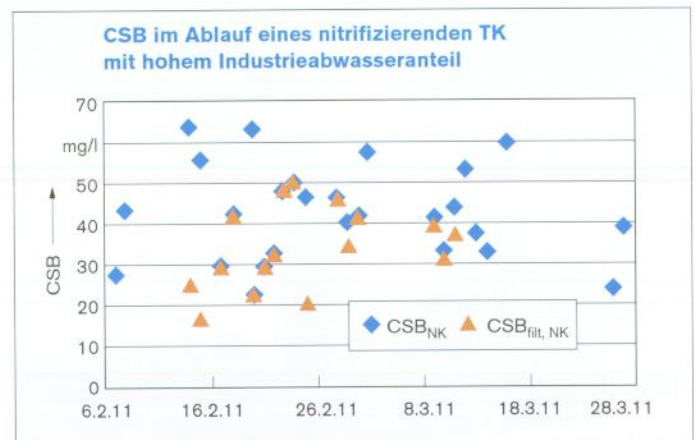


Bild 1 Vergleich des Energiebedarfes eines nitrifizierenden Tropfkörpers (TK) mit einer Belebungsstufe (BB) zur Nitrifikation/Denitrifikation



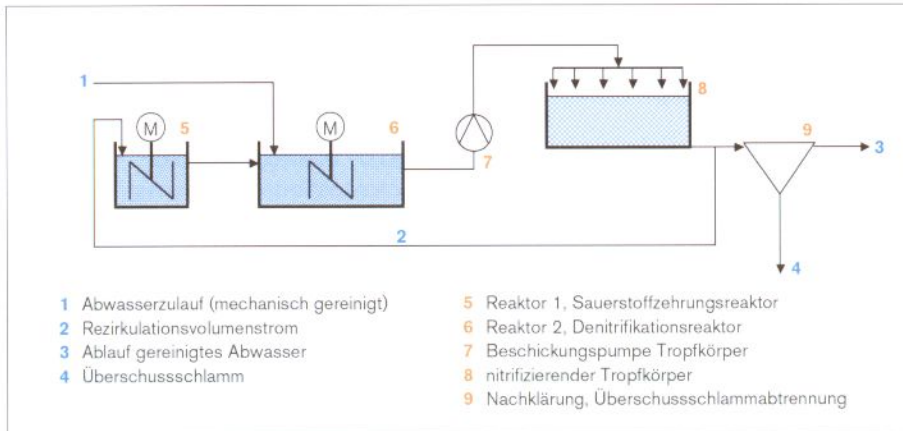
CSB-Ablaufwerte in einem voll nitrifizierenden sehr schwach belasteten Tropfkörper

Bild 2



CSB-Ablaufwerte mit nitrifizierendem Tropfkörper bei hohem Anteil an Industrieabwasser im Zulauf /7/, laufende Untersuchungen, 2011

Bild 3



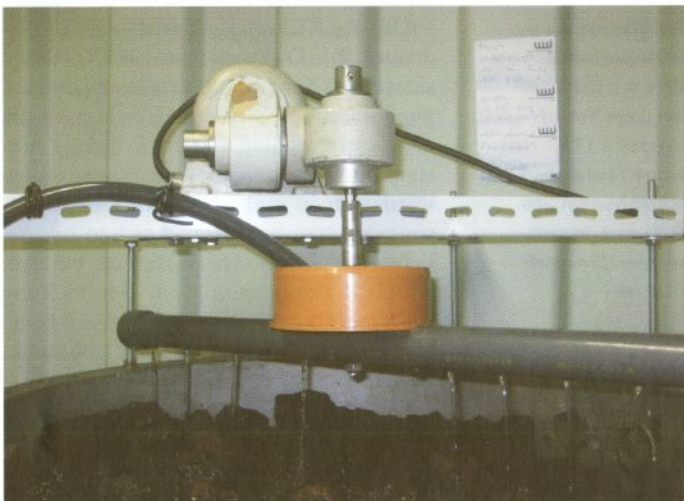
Prinzipische Skizze des Verfahrens Wirbelbett-Denitrifikation, Tropfkörper-Nitrifikation (zum Patent angemeldet) Bild 4

Im Idealfall fließt das Abwasser der Tropfkörperanlage im freien Gefälle zu. Ein Vergleich des Energiebedarfs in Abhängigkeit von der zu behandelnden einwohnerspezifischen Abwassermenge ( $Q_s \cdot Q_r$ ) eines Tropfkörpers zu einer Belebungsstufe wird in Bild 1 dargestellt. Dabei wird zunächst nur der Energiebedarf für den biologischen Prozess aufgetragen. Die Randbedingungen sind in der Tabelle geschildert. Dabei wurde für den spezifischen Energiebedarf je kg  $BSB_5$ -Abbau incl. Stickstoffelimination im Belebungsbecken ein sehr günstiger Wert angesetzt, in der Praxis liegen diese Werte zumeist höher.

**Was spricht für den Einsatz von Tropfkörpern?**

Wird nur die biologische Stufe der Kläranlage betrachtet, liegt der Energiebedarf eines Tropfkörpers im Vergleich zu dem einer Belebungsstufe bei 25 bis 70 % (Bild 1). Hinzu kommen Vereinfachungen bei der Schlammbehandlung, die ebenfalls nennenswerte Energieeinsparungen zur Folge haben werden. Was ist nun notwendig, damit Tropfkörper als ernsthafte Alternative zu Belebungsstufen angesehen und auch wieder akzeptiert werden können? An erster Stelle steht hier sicher die Integration der Denitrifikation in den Abwasser-

einigungsprozess. Weiterhin muss die Phosphatelimination sicher gelöst werden und die Ablaufparameter bzgl. der Kohlenstoffparameter  $CSB$  und  $BSB_5$  denen der Belebungsanlagen ebenbürtig sein. Mit gering belasteten Tropfkörpern können durchaus und dauerhaft sehr niedrige Ablaufwerte von 20 bis 40 mg/l  $CSB$  und  $BSB_5 < 5$  mg/l bei gut abbaubarem kommunalem Abwasser und Werte zwischen 40 und 60 mg/l bei kommunalem Abwasser mit größeren Industrieabwasseranteilen erzielt werden, wenn die  $CSB$ -Raum- und Flächenbelastung gering sind. Eigene Untersuchungen aus den 90er Jahren und aus 2010/2011 zeigen dies exemplarisch für zwei verschiedene Kläranlagen bzw. zwei verschiedene Abwasserzusammensetzungen (Bild 2). Die Phosphatelimination lässt sich ebenfalls gut in das Tropfkörperkonzept integrieren, was zumeist durch eine Vorfällung ( $Fe^{3+}$  in Kombination mit Kalk) bzw. einer zusätzlichen Nachfällung realisiert wird. Beispiele hierfür sind die KA Garmisch-Partenkirchen (75.000 E) sowie die KA Waldmünchen (13.000 E) /3/. Als die schwierigste Aufgabe ist jedoch die Integration der Denitrifikation in das Tropfkörperkonzept anzusehen. Als nachgeschaltete Denitrifikation mittels MBBR ist dies zwar sicher möglich, Ablaufwerte  $N_{anorg} < 18$  mg/l sind stabil einzuhalten, jedoch um den Preis der Dosierung einer externen Koh-



Bilder 5 bis 7



**Ansichten des Nitrifikations-tropfkörpers, des anoxischen Reaktors und des eingesetzten Trägermaterials**

lenstoffquelle (siehe KA Arnsberg, /4/). Für die Denitrifikation unter Nutzung des im Abwasser nach Vorklärung enthaltenen  $CSB/BSB_5$  kann eine vorgeschaltete anoxische Belebungsstufe genutzt werden, wenn eine Zwischenklärung vorhanden ist bzw. errichtet wird, die die Zulaufwassermenge und auch die Rezirkulationswassermengen (bis 300 %  $Q_{zu}$ ) sicher aufnehmen kann. Das benötigte große Zwischenklärungsvolumen kann sich jedoch als Hindernis für die Anwendung einer anoxischen Belebungsstufe erweisen.

**Randbedingungen für den Vergleich  
Energiebedarf TK/BB**

Tab. 1

Frachten zur biolog. Stufe	Ablaufkonzentration	
BSB <sub>5</sub> nach VK	40 g/E*d	12 mg/l
CSB nach VK	90 g/E*d	60 mg/l
N	10 g/E*d	12 mg/l
P	2 g/E*d	1 mg/l

Spez. E-Bedarf BSB-Elimination 1,2 kWh/kg BSB<sub>5</sub>  
 Mindestbeschickung Tropfkörper, damit BSB<sub>5</sub>  
 am Drehsprenger <150 mg/l

Höhe TK 5 m  
 H Verlust 3 m  
 η 0,5

**Probelauf für  
Verfahrenskombination**

Hier setzt eine Entwicklung an, die derzeit vom FiW zusammen mit der Fa. EvU® – Innovative Umwelttechnik GmbH aus dem sächsischen Gröditz erprobt wird. Kernstück ist eine zweistufige, unbelüftete und gerührte Wirbel- bzw. Schwebebettbiologie (engl. Moving-Bed-Biofilm-Reactor – MBBR), in der fluidisiertes kleinteiliges Aufwuchsträgermaterial mit einer nutzbaren spezifischen Oberfläche im Bereich 500 bis 700 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup> verwendet wird (Bilder 3 und 4), das bisher vielfach zur Ertüchtigung bestehender Kläranlagen eingesetzt wurde /5/.

Die Biomasse liegt überwiegend fixiert auf dem kleinteiligen Aufwuchsträgermaterial vor, wodurch die anoxische Stufe sehr kompakt gestaltet werden kann und sich eine Zwischenklärung erübrigt. Von großer Bedeutung ist, dass der Abrieb bzw. die überschüssige Biomasse der Trägerkörper aus den anoxischen Reaktoren ausgeschwemmt und durch das Tropfkörperfüllkörpermateriale durchgespült wird. Es zeigte sich, dass der Eintrag von Überschussbiomasse (ÜS) aus den anoxischen Reaktoren in den Tropfkörper auch bei Füllung mit Lavabrocken kein Problem darstellt. Der ÜS wird schließlich in der Nachklärung als Überschussschlamm abgezogen, wodurch sich die Schlammbehandlung sehr stark vereinfacht. Ein innovativer Ansatz des untersuchten Konzepts besteht in der Aufteilung des anoxischen Reaktionsvolumens in zwei Reaktoren, von denen der erste Reaktor nur mit dem Rezirkulationsstrom beschickt wird, um zunächst den Sauerstoffgehalt im Rezirkulationsstrom zu minimieren. Im Rezirkulationsstrom sind Sauerstoffkonzentrationen nahe der Sättigungswerte von

mehr als 8 mg/l messbar, die bei direkter Einspeisung in den Denitrifikationsreaktor die Nitratreduzierung hemmen bzw. verzögern. Ziel der Untersuchungen ist es, die Sauerstoffzehrung ohne Zugabe von Substrat zu bewerkstelligen. Dafür werden derzeit verschiedene Varianten erprobt. Nach Sauerstoffzehrung im anoxischen Reaktor 1 gelangt das Abwasser-Rücklauf-Wassergemisch in den anoxischen Reaktor 2, wo die Einmischung des vorgeklärten Abwassers (C-Quelle) mit anschließender Denitrifikation erfolgt.

Die bisherigen Untersuchungen zeigen, dass bei ausreichender Minderung der Sauer-

stoffkonzentration die Ziele bzgl. Nitratreduktion von 50 bis 65 % auch bei niedrigen Abwassertemperaturen (6 bis 10 °C) erreicht werden können. Abwassertemperaturen > 12 °C begünstigen die Zehrungsvorgänge, so dass bei Temperaturen > 12 °C die Denitrifikation mit höherem Wirkungsgrad abläuft.

**Vorteil:  
Geringer Energieverbrauch**

Der entscheidende Vorteil dieses Verfahrens liegt in dem sehr geringen Energieverbrauch, es ist lediglich Pumpenergie zum Heben des Abwassers auf Höhe des Tropf-



**INNOVATIVE FILTERTECHNOLOGIE**

Sphärische Hochleistungsadsorbentien für maßgeschneiderte Filtrationslösungen.

**ANWENDUNGSBEISPIELE:**

**FILTRATION VON GASEN**

- Kabinenluftfiltration
- Toxische Luftbestandteile
- AMC-Reduktion (Reinraum)
- Lösungsmittelrückgewinnung
- Quecksilber
- Vinylchlorid

**FILTRATION VON FLÜSSIGKEITEN**

- Reinstwasser
- TOC
- Dechlorierung
- MTBE- und Schwermetallentfernung
- Röntgenkontrastmittel

**Besuchen Sie uns:**

IFAT Entsorga, München | Deutschland · 07.-11. Mai · Halle A1, Stand 529  
 ACHEMA, Frankfurt | Deutschland · 18.-22. Juni · Halle 5.1, Stand B55

BLÜCHER GmbH  
 Mettmanner Str. 25  
 40699 Erkrath | Germany

tel +49 211 9244 0  
 fax +49 211 9244 211  
 www.bluecher.com  
 info@bluecher.com

körpers zzgl. hydraulischer Verluste notwendig. Es entfallen die für Belebtschlamm-Anlagen notwendigen Gebläse und Druckluft-Verteilereinrichtungen sowie Anlagen

**LITERATUR**

- /1/ Wolf, P.: Brocken gefüllte Tropfkörper in ein- und mehrstufigen biologischen Anlagen. In: gwf wasser-abwasser, H. 10, (1980) S. 476 ff.
- /2/ Dorias, B.: Stickstoffelimination mit Tropfkörpern. In: Stuttgarter Berichte zur Siedlungswasserwirtschaft, Band 134, (1996)
- /3/ Gebert, W.: Einflussfaktoren auf die Reinigungsleistung kunststoffgefüllter Tropfkörper. In: Berichte aus Wassergüte und Gesundheitsingenieurwesen, TU München, Band 159, 2001
- /4/ Jardin, N.; Kruse, K.: Anwendung der Denitrifikation nach Tropfkörpern auf der KA Arnsberg, Innovationsworkshop, Februar 2006
- /5/ Koch, T.: Ertüchtigung einer Teichkläranlage in Bayern. In: wwt/awt Spezial, 3/2010
- /6/ Dorias, B.: Bemessung der gezielten Denitrifikation im abgedeckten Tropfkörper. In: KA Heft 7/1996, S. 1237 ff.
- /7/ RiBe, H.: Kombination anaerober und aerober Festbettreaktoren zur Behandlung kommunaler Abwässer. In: Gewässerschutz-Wasser-Abwasser, Band 184 (2001)

und Vorrichtungen zur gezielten Behandlung von Überschussschlamm aus der biologischen Stufe. Letzterer wird zusammen mit dem Primärschlamm in der Vorklärung eingedickt.

Analog zu Belebtschlamm-Denitrifikationsstufen sind langsam laufende Rührwerke in den anoxischen MBBR-Reaktoren notwendig. Angesichts des geringen Energiebedarfes für dieses Verfahrenskonzept, könnten damit ausgerüstete kommunale Kläranlagen prinzipiell energieautark betrieben werden gänzlich ohne Zufuhr von Co-Substraten bzw. ohne die Einspeisung anderer (regenerativer) Energien.

**Optimierungsbedarf ist vorhanden**

Optimierungsbedarf wird dennoch auch beim Tropfkörper selbst gesehen. So muss insbesondere die Luftzufuhr in den Tropfkörper einstellbar gestaltet werden, um eine zu starke Auskühlung im Winter infolge des großen Temperaturunterschiedes zwischen Abwasser und kalter Außenluft zu vermeiden. Die Beschickung des Tropfkörpers muss proportional zur überstrichenen Fläche angepasst werden, um das zur Verfügung stehende biologische Reaktionsvolumen

wirklich optimal nutzen zu können. Auch ist für das beschriebene Konzept die Messtechnik zu adaptieren, verbunden mit Regelalgorithmen, die bisher noch nicht bei Tropfkörperanlagen angewendet wurden.

**Fazit**

Abschließend kann festgehalten werden, dass gering belastete Tropfkörper in Verbindung mit innovativen Lösungen zur Gestaltung der Denitrifikation eine energetisch sehr interessante Lösung für die kommunale Abwasserreinigung bieten können. Das Optimierungspotenzial ist sicher noch nicht ausgeschöpft und sollte unter dem Gesichtspunkt der Minimierung des Energieverbrauches und auch des betrieblichen Aufwandes für Wartung und Instandhaltung weiter entwickelt werden.

**KONTAKT**

**Henry RIßE; Tino KOCH**  
 EVU - Innovative Umwelttechnik GmbH  
 Albert-Niethammer-Straße 8  
 01609 Gröditz  
 Tel.: 035263/45241  
 E-Mail: t.koch@evu-gruppe.de  
 www.evu-umwelttechnik.de

**seepex.com**

all things flow

Speed Up.  
 Smart Conveying Technology.

Können Sie sich vorstellen, an einer Pumpe Rotor und Stator in weniger als 5 Minuten zu wechseln? Wenn nicht, können Sie genau das selbst erleben. Denn unter dem Motto „Speed Up“ präsentiert Ihnen seepex während der IFAT ENTSORGA in München die Spitzentechnologie für Exzenterschneckenpumpen: die Smart Conveying Technology (SCT).

SCT: anfassen, testen, begeistert sein. Überzeugen Sie sich, was kluge und smarte Technologie der neuesten Pumpengeneration leisten kann.

IFAT ENTSORGA in München, 7. - 11. Mai 2012, Halle A6, Stand 311/410.

www.seepex.com

