

## **Betriebserfahrungen mit Biofiltern zur Abwasserreinigung – Reinigungs- leistung und Energieverbrauch**

September 2014





# **Betriebserfahrungen mit Biofiltern zur Abwasserreinigung – Reinigungs- leistung und Energieverbrauch**

September 2014



Herausgabe und Vertrieb:  
Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.  
Theodor-Heuss-Allee 17 · 53773 Hennef · Deutschland  
Tel.: +49 2242 872-333 · Fax: +49 2242 872-100  
E-Mail: [info@dwa.de](mailto:info@dwa.de) · Internet: [www.dwa.de](http://www.dwa.de)

Die Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA) setzt sich intensiv für die Entwicklung einer sicheren und nachhaltigen Wasser- und Abfallwirtschaft ein. Als politisch und wirtschaftlich unabhängige Organisation arbeitet sie fachlich auf den Gebieten Wasserwirtschaft, Abwasser, Abfall und Bodenschutz.

In Europa ist die DWA die mitgliederstärkste Vereinigung auf diesem Gebiet und nimmt durch ihre fachliche Kompetenz bezüglich Regelsetzung, Bildung und Information sowohl der Fachleute als auch der Öffentlichkeit eine besondere Stellung ein. Die rund 14 000 Mitglieder repräsentieren die Fachleute und Führungskräfte aus Kommunen, Hochschulen, Ingenieurbüros, Behörden und Unternehmen.

## Impressum

### Herausgeber und Vertrieb:

DWA Deutsche Vereinigung für  
Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.  
Theodor-Heuss-Allee 17  
53773 Hennef, Deutschland  
Tel.: +49 2242 872-333  
Fax: +49 2242 872-100  
E-Mail: [info@dwa.de](mailto:info@dwa.de)  
Internet: [www.dwa.de](http://www.dwa.de)

### Satz:

DWA

### Druck:

Siebengebirgsdruckerei, Bad Honnef

### ISBN:

978-3-944328-86-7

Gedruckt auf 100 % Recyclingpapier

© DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V., Hennef 2014

Alle Rechte, insbesondere die der Übersetzung in andere Sprachen, vorbehalten. Kein Teil dieser Publikation darf ohne schriftliche Genehmigung des Herausgebers in irgendeiner Form – durch Fotokopie, Digitalisierung oder irgendein anderes Verfahren – reproduziert oder in eine von Maschinen, insbesondere von Datenverarbeitungsmaschinen, verwendbare Sprache übertragen werden.

## Vorwort

Seit dem Jahr 1993 beschäftigt sich innerhalb der DWA eine Arbeitsgruppe des Fachausschusses KA-6 „Aerobe biologische Abwasserreinigungsverfahren“ mit der Biofiltration als Abwasserbehandlungstechnologie auf kommunalen Kläranlagen.

Wesentliche Ergebnisse der Arbeitsgruppe waren die Bearbeitung des Kapitels „Biofilter“ im ATV-Handbuch „Biologische und weitergehende Abwasserreinigung“ (ATV (Hrsg.) 1997) sowie des ATV-DVWK-Arbeitsberichtes „Biofilter zur Abwasserreinigung“ (ATV-DVWK 2000).

Beide Beiträge waren bezüglich der kommunalen Abwasserbehandlung mit Biofiltern grundlegend und haben insbesondere hinsichtlich der Ausführungen zur Auslegung und Planung nach wie vor fachlichen Bestand. Sie sollen daher durch den hiermit vorgelegten Themenband, der einige wesentliche systemspezifische, in der betrieblichen Praxis auf kommunalen Kläranlagen an Biofiltern gewonnene Erfahrungen und Erkenntnisse dokumentiert und zu den Ausführungen des oben genannten Arbeitsberichtes aus dem Jahr 2000 in Bezug setzt, ergänzt werden.

Die Arbeitsgruppe dankt den beteiligten Kläranlagenbetreibern für die im Rahmen des DWA-Erfahrungsaustausches überlassenen Daten und Informationen.

## Verfasser

Der Themenband wurde von der DWA-Arbeitsgruppe Arbeitsgruppe KA-6.3 „Biofilmverfahren“ im DWA-Fachausschuss KA-6 „Aerobe biologische Abwasserreinigungsverfahren“ erstellt, der folgende Mitglieder angehören:

|                         |                                |
|-------------------------|--------------------------------|
| ALTEMEIER, Gerhard      | Dipl.-Ing., Herford            |
| BARJENBRUCH, Matthias   | Prof. Dr.-Ing., Berlin         |
| BÖHM, Bernhard          | Dr.-Ing., München              |
| BOLL, Reiner            | Dr.-Ing., Hannover (Sprecher)  |
| GEBERT, Werner          | Dr.-Ing., München              |
| KÖSER, Heinz            | Prof. Dr.-Ing., Halle          |
| MEDA, Alessandro        | Dr.-Ing., Bietigheim-Bissingen |
| PRESSINOTTI, Fabio Chui | Dr.-Ing., Darmstadt            |
| SCHMID, Susanne         | Dr. rer. nat., Frankfurt/Main  |
| STEINMANN, Gerald       | Prof. Dr.-Ing., Würzburg       |
| THIEL, Hermann-Josef    | Dr.-Ing., Mannheim             |
| TSCHUI, Manfred         | Dr.-Ing., Bern                 |
| WEGMANN, Uwe            | Dipl.-Ing., Ludwigshafen       |

Als Gast hat mitgewirkt:

|                |                       |
|----------------|-----------------------|
| MAURER, Martin | Dipl.-Ing., Karlsruhe |
|----------------|-----------------------|

Projektbetreuerin in der DWA-Bundesgeschäftsstelle:

|                   |                                                            |
|-------------------|------------------------------------------------------------|
| BUDEWIG, Stefanie | Dr.-agr., Hennef<br>Abteilung Wasser- und Abfallwirtschaft |
|-------------------|------------------------------------------------------------|

## Inhalt

|                            |                                                                                       |           |
|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Vorwort</b>             | .....                                                                                 | <b>3</b>  |
| <b>Verfasser</b>           | .....                                                                                 | <b>4</b>  |
| <b>Bilderverzeichnis</b>   | .....                                                                                 | <b>6</b>  |
| <b>Tabellenverzeichnis</b> | .....                                                                                 | <b>6</b>  |
| <b>1</b>                   | <b>Einleitung</b> .....                                                               | <b>7</b>  |
| <b>2</b>                   | <b>Bemessung und Reinigungsleistung von Biofiltern</b> .....                          | <b>8</b>  |
| 2.1                        | Vergleichbarkeit von Betriebsergebnissen .....                                        | 8         |
| 2.2                        | Grundsätzliche Betrachtungen zur Ermittlung kinetischer Parameter an Biofiltern ..... | 8         |
| 2.3                        | Betriebsergebnisse von Biofiltern .....                                               | 10        |
| 2.3.1                      | Datengrundlage .....                                                                  | 10        |
| 2.3.2                      | Berechnung der Raumumsatzleistungen .....                                             | 10        |
| 2.3.3                      | Zu- und Ablaufkonzentrationen .....                                                   | 10        |
| 2.3.4                      | Raumumsatzleistungen .....                                                            | 12        |
| 2.3.4.1                    | CSB-Elimination .....                                                                 | 12        |
| 2.3.4.2                    | Nitrifikation .....                                                                   | 13        |
| 2.3.4.3                    | Denitrifikation .....                                                                 | 17        |
| 2.3.4.4                    | P-Elimination .....                                                                   | 20        |
| 2.3.4.5                    | Entnahme von abfiltrierbaren Stoffen (AFS) .....                                      | 21        |
| <b>3</b>                   | <b>Belüftung und energetische Aspekte von Biofiltern</b> .....                        | <b>21</b> |
| 3.1                        | Energieverbrauch und seine Einflussgrößen .....                                       | 21        |
| 3.1.1                      | Sauerstoffkonzentration .....                                                         | 21        |
| 3.1.2                      | Sauerstoffeintrag .....                                                               | 22        |
| 3.2                        | Energieverbrauch von Biofilteranlagen .....                                           | 23        |
| 3.3                        | Auswertung von Energiedaten .....                                                     | 24        |
| 3.4                        | Fallbeispiele .....                                                                   | 26        |
| 3.4.1                      | Erstes Beispiel – Hauptstufe .....                                                    | 26        |
| 3.4.2                      | Zweites Beispiel – Hauptstufe .....                                                   | 27        |
| 3.4.3                      | Drittes Beispiel – zweite biologische Stufe .....                                     | 29        |
| <b>4</b>                   | <b>Fazit</b> .....                                                                    | <b>31</b> |
| <b>Literatur</b>           | .....                                                                                 | <b>31</b> |

## Bilderverzeichnis

|          |                                                                                                                                                                                                                                     |    |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Bild 1:  | Modellbetrachtung zum vollständigen Abbau in einem Biofilter am Beispiel von $\text{NH}_4\text{-N}$ .....                                                                                                                           | 9  |
| Bild 2:  | Modellbetrachtung Substratlimitierung in einem abwärts durchströmten Biofilter .....                                                                                                                                                | 9  |
| Bild 3:  | Raumumsatzleistung des CSB in Abhängigkeit von der Raumbelastung (Jahresmittel) .....                                                                                                                                               | 13 |
| Bild 4:  | Mittlere Nitrifikationsleistung in Abhängigkeit der $\text{NH}_4\text{-N}$ -Raumbelastung (Jahresmittel);<br>aus $\text{NH}_4\text{-N}$ -Zu- und Ablaufwerten von 15 Anlagen (insgesamt 28 Anlagen mit Nitrifikationsfiltern) ..... | 14 |
| Bild 5:  | Vereinfachtes Fließschema der Abwasserbehandlungsanlage Herford (System Biostyr) .....                                                                                                                                              | 14 |
| Bild 6:  | Raumbelastung und Raumumsatzleistung der Nitrifikationszonen der Biofilteranlage<br>der Kläranlage Herford.....                                                                                                                     | 15 |
| Bild 7:  | Ammoniumumsatz der Nitrifikation über die Temperatur (Biofilter Herford).....                                                                                                                                                       | 16 |
| Bild 8:  | Abhängigkeit der Raumumsatzleistung der Nitrifikation von der Temperatur bei<br>verschiedener Filtergeschwindigkeit. ....                                                                                                           | 17 |
| Bild 9:  | Mittlere Nitratumsatzleistung in Abhängigkeit der Nitratraumbelastung (Jahresmittelwerte).....                                                                                                                                      | 18 |
| Bild 10: | Auswertungen zur Häufigkeit des Auftretens von Nitrit .....                                                                                                                                                                         | 19 |
| Bild 11: | Vereinfachtes Fließschema der Abwasserbehandlungsanlage München II .....                                                                                                                                                            | 19 |
| Bild 12: | Einsatz von Fälltechnik in der kommunalen Biofiltration in Deutschland.....                                                                                                                                                         | 20 |
| Bild 13: | Vergleich der Sauerstoffausnutzungswerte unter Betriebsbedingungen .....                                                                                                                                                            | 22 |
| Bild 14: | Aufteilung des Energieverbrauchs von Biofiltern als zweite biologische Stufe (basierend auf 4 Anlagen) ...                                                                                                                          | 24 |
| Bild 15: | Aufteilung des Energieverbrauchs von Biofiltern zur Rest-Nitrifikation (basierend auf 9 Anlagen) .....                                                                                                                              | 24 |
| Bild 16: | Bandbreite des Energieverbrauchs verschiedener Biofilter (nur Biofilterstufe) .....                                                                                                                                                 | 26 |
| Bild 17: | Vereinfachtes Fließschema der Abwasserbehandlungsanlage Lyss .....                                                                                                                                                                  | 27 |
| Bild 18: | Fließschema der Abwasserbehandlungsanlage in Wiesbaden-Biebrich .....                                                                                                                                                               | 28 |
| Bild 19: | Energieverbrauch der Biofilteranlage Wiesbaden-Biebrich gruppiert nach Prozessluftgeschwindigkeiten ....                                                                                                                            | 29 |
| Bild 20: | Vereinfachtes Fließschema der Abwasserbehandlungsanlage Beispiel 3.....                                                                                                                                                             | 30 |

## Tabellenverzeichnis

|            |                                                                                                                                                |    |
|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabelle 1: | Zu- und Ablaufkonzentrationen von großtechnischen Biofiltern,Praxisergebnisse aus Deutschland/<br>Schweiz/Österreich (Jahresmittelwerte) ..... | 11 |
| Tabelle 2: | $\text{NH}_4\text{-N}$ -Bemessungsbelastungen der Nitrifikationsfilter (ohne Anlagen CH + A) .....                                             | 13 |
| Tabelle 3: | $\text{NO}_3\text{-N}$ -Bemessungsbelastungen der Denitrifikationsfilter (ohne Anlage CH + A) .....                                            | 18 |
| Tabelle 4: | Dosiermengen und $\beta$ -Werte bei fracht- bzw. mengenproportionaler Dosierung von Fällmittel.....                                            | 21 |
| Tabelle 5: | Durchschnittlicher Energieverbrauch von Biofilteranlagen (nur Biofilterstufe) im Vergleich<br>zur Belegung.....                                | 25 |

## 1 Einleitung

Die Biofiltration ist vor allem im kommunalen Bereich eine vergleichsweise junge Abwasserbehandlungstechnologie. Sie wurde erst in den achtziger Jahren des letzten Jahrhunderts vornehmlich in Frankreich von den dortigen bekannten großen Anlagenbauern zur Praxisreife entwickelt. Mit dem allgemeinen Ausbau der kommunalen Kläranlagen zur Nährstoffentfernung gelangte die Technologie in den neunziger Jahren auch nach Deutschland.

Sie kam vor allem wegen ihres Vorteils der kompakten, platzsparenden Bauweise zur Anwendung und erlangte dadurch neben den konventionellen Verfahren eine gewisse Bedeutung.

Während der Einsatzschwerpunkt zunächst auf der Nitrifikation, meist nachgeschalteten Restnitrifikation, lag, folgten zunehmend auch Anwendungen zur ebenfalls meist nachgeschalteten Denitrifikation. Der Einsatz als alleinige biologische Abwasserbehandlungsstufe (Hauptstufe) beschränkt sich in Deutschland auf wenige Einzelfälle, in der Schweiz ist er die Hauptanwendung von Biofiltern.

Heute kann von insgesamt etwa 50 kommunalen Kläranlagen mit Biofiltration in Deutschland ausgegangen werden.

Entwicklungsbedingt lag das Verfahrens-Know-how in der Anfangsphase fast ausschließlich bei den Ausrüsterfirmen, die die Schutzrechte besaßen. Dies änderte sich etwas durch die zunehmende Anzahl von Betriebsanlagen. Mittlerweile liegen von den meisten kommunalen Anlagen mehr als 10 bis 15-jährige Betriebserfahrungen vor.

In 2001 initiierte die DWA-Arbeitsgruppe über den damaligen ATV-DVWK-Forschungsfonds unter den kommunalen Betreibern eine Erhebung über Betriebserfahrungen mit Biofiltern (BARJENBRUCH, STÄHLKE 2002). Im Zusammenhang mit dieser Datenerhebung etablierte die Arbeitsgruppe einen deutschlandweiten DWA-Erfahrungsaustausch unter den Betreibern von Biofiltrationsanlagen. Sowohl aus dem genannten Forschungsfondsvorhaben als auch aus dem DWA-Erfahrungsaustausch stammen wesentliche Daten und Erkenntnisse, die in den vorliegenden Themenband eingeflossen sind.

Anhand mehrerer Fallbeispiele wird exemplarisch aufgezeigt, welches verfahrenstechnische und energetische Optimierung- bzw. Einsparpotenzial auch in Biofiltrationsanlagen enthalten und ggf. aktivierbar ist.