



SACHSEN-ANHALT

Landesamt für Umweltschutz

Fachbereich 2
Abfallwirtschaft, Bodenschutz,
Anlagentechnik Wasserwirtschaft

Abwasserteichanlagen zur kommunalen Abwasserreinigung

(Hinweise und Empfehlungen zur Optimierung)



Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Einleitung	2
2. Sonderuntersuchungen an Abwasserteichanlagen in Sachsen-Anhalt	2
3. Reinigungsleistung von Abwasserteichanlagen in Sachsen-Anhalt	3
4. Optimierung von Abwasserteichanlagen	6
4.1 Verbesserung der Durchströmungscharakteristik	6
4.2 Ausrichtung, Steuerung der Belüftungseinrichtungen	12
4.3 Verbesserung der Bedingungen für die Biofilmbildung	14
4.4 Mechanische Vorreinigung und Vorklärung	16
4.5 Kies- / Sandfilter und bepflanzte Bodenfilter zur Nachreinigung	19
4.6 Kreislaufführung des Abwassers	21
4.7 Umbau unbelüfteter Abwasserteiche in technisch belüftete Anlagen	22
4.8 Kombination von Abwasserteichen mit technischen Verfahren	23
4.8.1 P-Fällung	23
4.8.2 Festbettreaktor	25
4.9 Abwasserteichanlage als Aufstauanlage	26
4.10 Belebtschlammanlage in Teichbauweise	27
5. Zusammenfassung	28
6. Literatur	29

1. Einleitung

Im Land Sachsen-Anhalt werden mit Stand 12/2006 47 natürlich belüftete bzw. unbelüftete und 20 technisch belüftete Abwasserteichanlagen zur Reinigung von kommunalem Abwasser betrieben. Sie kommen in der Regel als Ortskläranlagen für kleine Gemeinden zum Einsatz, wenn unter Berücksichtigung des Einleitungsgewässers keine über den Anhang 1 der Abwasserverordnung (AbwV) hinausgehenden Anforderungen gestellt werden. Sofern im Einzelfall über den Anhang 1 der AbwV hinaus weitergehende Anforderungen zu stellen sind (z. B. weitergehende Nährstoffeliminierung), können Abwasserteichanlagen mit zusätzlichen Reinigungsverfahren (z. B. bepflanzter Bodenfilter, Biofilmreaktor, Fällung) kombiniert werden.

Inwieweit eine Abwasserteichanlage für die Reinigung des kommunalen Abwassers geeignet ist und eine wirtschaftliche Alternative zu den technisch intensivierten Verfahren darstellt, hängt von den jeweiligen Verhältnissen vor Ort ab. Insbesondere können Abwasserteichanlagen sinnvoll sein, wenn Abwasser aus Mischkanalisationen anfällt, bezüglich des Einleitungsgewässers keine über den Anhang 1 der AbwV hinausgehenden Anforderungen gestellt werden, saisonale Belastungen auftreten und ausreichend sowie kostengünstig Flächen zur Bebauung zur Verfügung stehen.

Auf der Grundlage der Ergebnisse der in den vergangenen Jahren im Land Sachsen-Anhalt durchgeführten Sonderuntersuchungen an Abwasserteichanlagen [4 bis 8] und in Auswertung einschlägiger Fachliteratur, wurde die vorliegende Fachinformation erarbeitet. Sie stellt eine Ergänzung der Fachinformation Nr. 2/2006 [3] dar. Aufgabenträgern der Abwasserbeseitigung, Planern, Behörden und interessierten Bürgern soll hiermit eine Möglichkeit gegeben werden, sich eingehender über Maßnahmen zur Optimierung von Abwasserteichanlagen zu informieren.

2. Sonderuntersuchungen an Abwasserteichanlagen in Sachsen-Anhalt

Im Rahmen der behördlichen Überwachung von Abwassereinleitern in den Jahren 2000 und 2001 wurden Defizite hinsichtlich der Einhaltung der Anforderungen des Anhangs 1 der AbwV [1] durch einige Abwasserteichanlagen festgestellt. Dies war Anlass, im Jahr 2002 Sonderuntersuchungen an ausgewählten Abwasserteichanlagen durchzuführen. Ziel dieser Sonderuntersuchungen war zum einen die Erarbeitung konkreter Handlungsempfehlungen zur Optimierung einzelner Anlagen, zum anderen sollte geklärt werden, inwieweit im Land Sachsen-Anhalt besondere Bedingungen vorherrschen, die beim Bau und Betrieb von Abwasserteichanlagen berücksichtigt werden sollten. Die Ergebnisse dieser Sonderuntersuchungen wurden 2003 in einem Untersuchungsbericht veröffentlicht [4].

Auf Grund der großen Resonanz bei Anlagenbetreibern auf diesen Untersuchungsbericht und der Tatsache, dass die meisten der derzeitig bestehenden Anlagen auch langfristig weiter betrieben werden sollen, wurden die Sonderuntersuchungen in den Jahren 2003, 2004 und 2006 weitergeführt. Besonders wegen ihres geringen Bau- und Betriebsaufwandes und des guten Puffervermögens gegenüber Belastungsschwankungen stellen Abwasserteichanlagen auch zukünftig eine sinnvolle Alternative der mechanisch-biologischen Reinigung von kommunalen Abwasser dar.

Neben den o. g. wurde im Rahmen der Sonderuntersuchungen insbesondere auch das Ziel verfolgt, allgemeine Handlungsempfehlungen und Hinweise zur Optimierung von Abwasserteichanlagen abzuleiten.

Die Auswahl der zu untersuchenden Abwasserteichanlagen erfolgte in Abstimmung mit den betreffenden Betreibern und Wasserbehörden. Durchgeführt wurden die Sonderuntersuchungen von der Uni Rostock, der FH Magdeburg/Stendal und der TU Berlin.

Abwasserteichanlage	Typ der Anlage	Inbetriebnahmejahr	Kapazität in EW	Sonderuntersuchung	
				Jahr (e)	wiss. Einrichtung
Heiligenthal	technisch belüftet	1995	4.700	2002/2006	Uni Rostock / TU Berlin
Söllichau	technisch belüftet	2000	1.145		
Walbeck	technisch belüftet	1993	3.000		
Warnstedt	technisch belüftet	1993	4.700		
Barneberg	natürlich belüftet	2000	950	2003/2006	
Prießnitz	technisch belüftet	2000	350	2003	Uni Rostock
Menz	technisch belüftet	1993	2.400		FH Magdeburg
Schollene	technisch belüftet	1997	1.430		
Klein Wanzleben	technisch belüftet	vor 1990 / 2000	2.000		
Holdenstedt	technisch belüftet	vor 1990	1.000	2004	Uni Rostock
Böddensell	natürlich belüftet	2001	265		
Dambeck	natürlich belüftet	vor 1990	530		
Rietzel	natürlich belüftet	vor 1990	200		
Tangeln	technisch belüftet	vor 1990	500		
Mahlsdorf	natürlich belüftet	1990	300		
Eickendorf	natürlich belüftet	2003	220		
Wallstawe	technisch belüftet	1999	1.500		
Born	natürlich belüftet	vor 1990	230	2006	TU Berlin
Dorst	natürlich belüftet	vor 1990	250		
Wackerleben	natürlich belüftet	1992	1.000		
Wulferstedt	natürlich belüftet	vor 1990	1.000		

Tab.: 1 Sonderuntersuchungen an Abwasserteichanlagen im Land Sachsen-Anhalt

3. Reinigungsleistung von Abwasserteichanlagen

In Auswertung der Ergebnisse der behördlichen Überwachung der Jahre 2005 und 2006 sowie der Eigenüberwachungsergebnisse des Jahres 2005 kann festgestellt werden, dass die Anforderungen gemäß Anhang 1 der AbwV im Wesentlichen eingehalten werden. Überschreitungen stellen Einzelfälle dar.

Es hat sich darüber hinaus gezeigt, dass Abwasserteichanlagen, denen Abwasser aus einer Mischkanalisation zufließt, im Mittel bessere Ablaufwerte aufweisen als Anlagen, denen Abwasser aus einer Trennkanalisation zufließt.

In Abbildung 1 sind die im Rahmen der behördlichen Überwachung des Jahres 2006 ermittelten Ablaufkonzentrationen für belüftete und unbelüftete Abwasserteichanlagen der Größenklasse 1 des Anhangs 1 der AbwV (Kapazität bis 1.000 EW) statistisch ausgewertet.

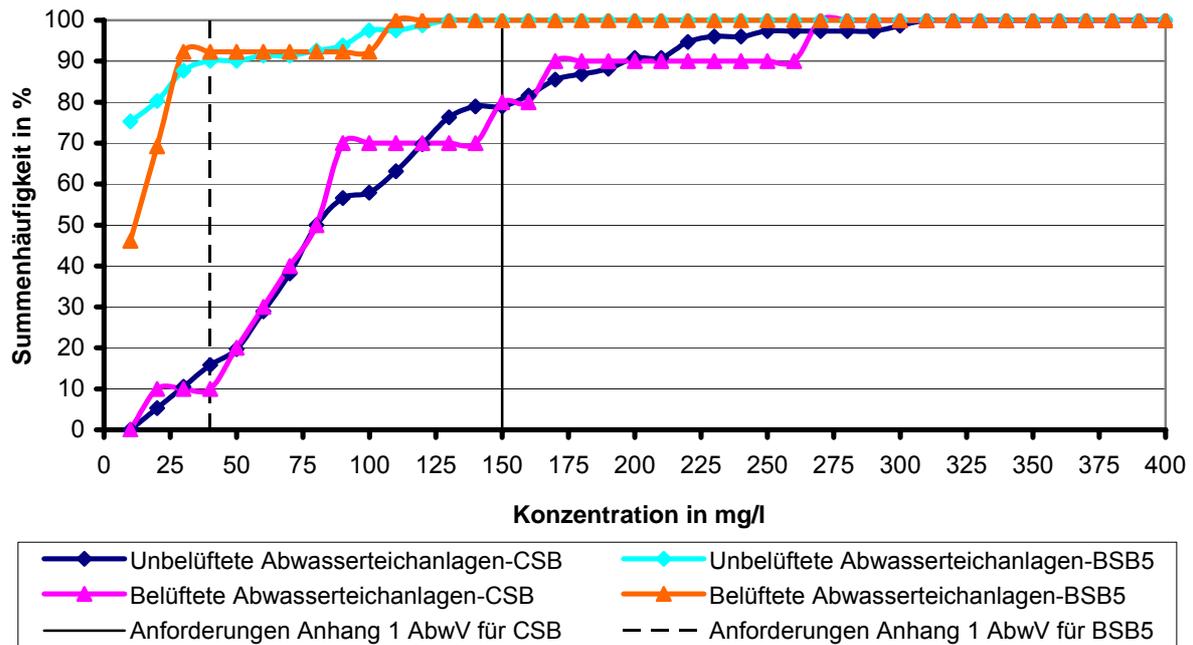


Abb.: 1 Summenhäufigkeit der CSB- und BSB₅- Ablaufkonzentrationen von Abwasserteichanlagen der Größenklasse 1 des Anhangs 1 der AbwV (behördliche Überwachung Sachsen-Anhalt, 2006)

Wie zu erkennen ist, liegen die 80-Perzentilwerte der Ablaufkonzentrationen, als überschlägliches Maß für die Einhaltung der 4 aus 5-Regel, sowohl für die unbelüfteten als auch für die belüfteten Abwasserteichanlagen unterhalb bzw. im Bereich der Anforderungen gemäß Anhang 1 der AbwV.

Die Charakteristik des Abwasserzuflusses in kleine Kläranlagen ist in der Fachinformation Nr. 2/2006 eingehend beschrieben. Insbesondere wird darauf hingewiesen, dass die Zulaufkonzentrationen im Vergleich zu denen in den alten Bundesländern und zu den pauschalen Bemessungswerten nach DWA für Rohabwasser häufig in einem deutlich höheren Bereich liegen. Auf Grund dieser Bedingungen werden an die Reinigungsleistung von Abwasserteichanlagen in Sachsen-Anhalt, besonders wenn diese das Abwasser aus Trennsystemen behandeln, hohe Anforderungen gestellt. Je höher die Zulaufkonzentrationen sind, desto wichtiger erscheint die verfahrenstechnische Optimierung einer Abwasserteichanlage.

In den Abbildungen 2 und 3 ist in Auswertung der Eigenüberwachungsergebnisse des Jahres 2005 dargestellt, in welchem Maß sich die Reinigungsleistung bei zunehmenden Zulaufkonzentrationen steigern muss, um dennoch die Anforderungen gemäß Anhang 1 der AbwV erfüllen zu können.

Es ist erkennbar, dass für eine Vielzahl von kleinen Kläranlagen (hier Anlagen bis 1.000 EW) die mittlere Zulaufkonzentration für den Parameter CSB zum Teil deutlich über 800 mg/l und für den Parameter BSB₅ über 400 mg/l liegt. Dennoch werden die Anforderungen des Anhangs 1 der AbwV für Kläranlagen der Größenklasse 1 im Wesentlichen eingehalten, da mit den meisten Kläranlagen gute bis sehr gute Reinigungsleistungen erreicht werden.

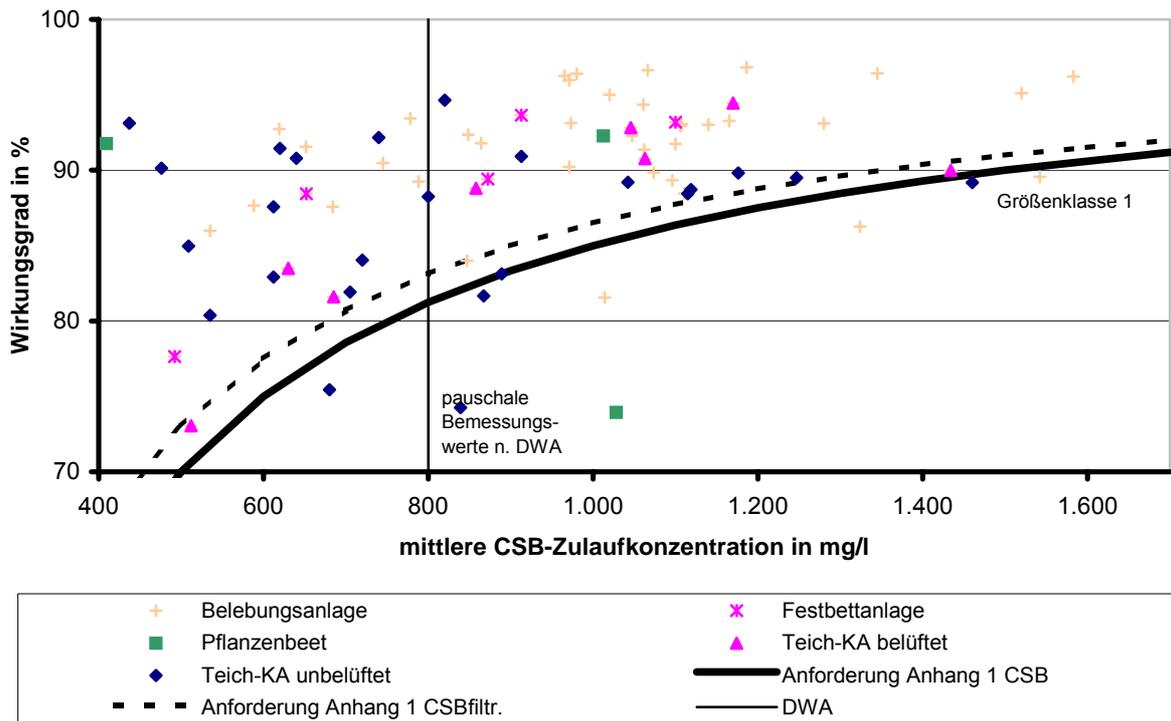


Abb.: 2 Wirkungsgrad als Funktion der mittleren CSB- Zulaufkonzentration (Eigenüberwachungsergebnisse 2005, Kläranlagen bis 1.000 EW_{Kap})

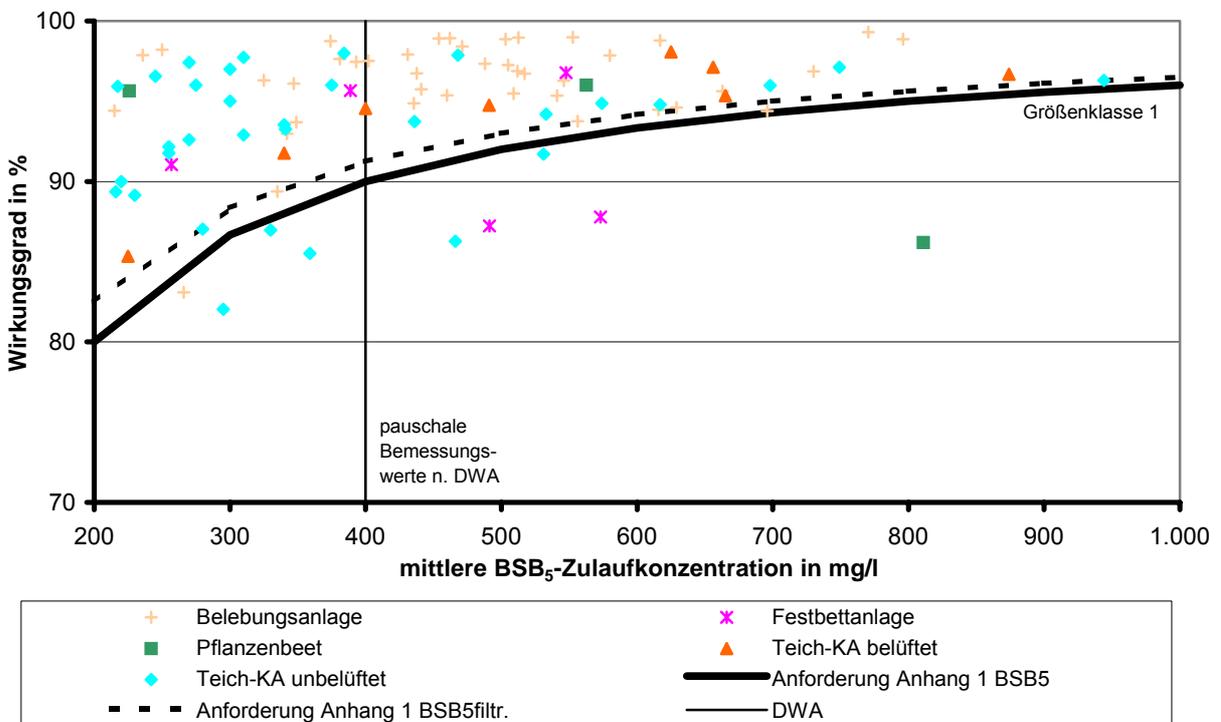


Abb.: 3 Wirkungsgrad als Funktion der mittleren BSB₅- Zulaufkonzentration (Eigenüberwachungsergebnisse 2005, Kläranlagen bis 1.000 EW_{Kap})

4. Optimierung von Abwasserteichanlagen

Neben der jeweiligen Belastungssituation (z. B. Auslastungsgrad, Zulaufkonzentration, Zulaufschwankungen durch Saison-, Industriebetriebe oder durch Mischwasseranfall) haben auch die verfahrenstechnische Gestaltung (z. B. mechanische Vorbehandlung/Vorklärung, Aufgliederung der Teichfläche, Form und Tiefe der Teiche, Art der Abdichtung, Ausrichtung und Steuerung von Belüftern) sowie der Betrieb und die Wartung einen maßgeblichen Einfluss auf die mit Abwasserteichanlagen erreichbaren Ablaufwerte.

Generelle Aussagen zur Optimierung einer Abwasserteichanlage sind nicht möglich, aber aus dem Wissen um die verfahrenstechnischen/mikrobiologischen Prozesse und den Erfahrungen mit vergleichbaren anderen Abwasserteichanlagen können Strategien zur Optimierung bzw. Leistungsertüchtigung entwickelt werden. In jedem Einzelfall sind die konkreten Ursachen für unzureichende Reinigungsleistungen bzw. Ablaufwerte zu ermitteln und Optimierungsmaßnahmen unter den konkreten Randbedingungen, auch unter Beachtung der Kosten, abzuleiten.

Hinweise zur Tiefenprüfung und Verfahrensanalyse, als Grundlage für die Wahl von Optimierungsmaßnahmen, werden in der Fachinformation Nr. 2/2006 gegeben.

4.1 Verbesserung der Durchströmungscharakteristik

Da sowohl in unbelüfteten als auch technisch belüfteten Abwasserteichen der Abbau des organischen Substrates in erster Linie mittels der sich auf Oberflächen (Teichboden bzw. Bodenschlamm, Böschungen, Pflanzen) ansiedelnden Mikroorganismen (Biofilm) erfolgt, ist eine möglichst große Kontaktfläche Biofilm – Abwasser bzw. Abwasserinhaltsstoffe anzustreben. Um eine ausreichende Abbauleistung im Biofilm zu erreichen, sollte darüber hinaus ein möglichst vollständiger Wasseraustausch bezogen auf das gesamte Teichvolumen realisiert werden (Durchströmung des gesamten Teichvolumens), so dass die Abwasserinhaltsstoffe zum Biofilm transportiert werden. Als weitere wesentliche Voraussetzung sind vorwiegend aerobe Verhältnisse im Bereich des Biofilms anzustreben. Je nach Verfahren ist im Abwasser auch mehr oder weniger belebter Schlamm enthalten, der zusätzlich zur Reinigung beiträgt.

Während die Umwälzung des Wasserkörpers und die Sauerstoffversorgung in technisch belüfteten Abwasserteichen im Wesentlichen unter Verwendung entsprechender Belüftungseinrichtungen erfolgt, sind in unbelüfteten Abwasserteichen der natürliche Eintrag von Sauerstoff über die Wasseroberfläche (physikalische Belüftung bzw. Diffusion des Luftsauerstoffes an der Grenzfläche Wasser/Luft) und der Eintrag von Sauerstoff durch autotrophe Organismen (z. B. Phytoplankton, Algen) im Wasserkörper (biogener Sauerstoffeintrag) von Bedeutung. Daher darf die Bepflanzung im Bereich der unbelüfteten Abwasserteiche die Windwirkung nicht verhindern. Besonders in unbelüfteten Abwasserteichen bilden sich in tieferen Schichten des Wasserkörpers auch anaerobe bzw. fakultativ anaerobe Bereiche. In diesen Bereichen bzw. in den aerob/anaeroben Grenzschichten des abgelagerten Schlammes kommt es zum teilweisen Abbau der im Abwasser enthaltenen Nährstoffe.

Um eine möglichst gleichmäßige und vollständige Durchströmung des Teichvolumens zu erreichen, ist besonders die Lage des Zu- und Ablaufes, die Geometrie und die konstruktive Gestaltung der Abwasserteiche sowie bei technischen belüfteten Abwasserteichen die Anordnung der Belüftungseinrichtungen zu optimieren.

Wird das Volumen von Abwasserteichen, nicht vollständig genutzt (Totzonen, Kurzschlussströmungen), kann dies zu einer deutlichen Verschlechterung der Reinigungsleistung führen.

Betrachtet man nachfolgende Abbildung wird anhand der Schlammhöhe die Fließrichtung innerhalb des ersten Teiches deutlich. Etwa 1/3 des Teiches bleibt aufgrund der unglücklichen Anordnung des Zulaufs ungenutzt. Die Fließrichtung erfolgt direkt vom Zulauf zum Ablauf unter Aussparung des dem Zulauf gegenüberliegenden großen Teilbereichs.

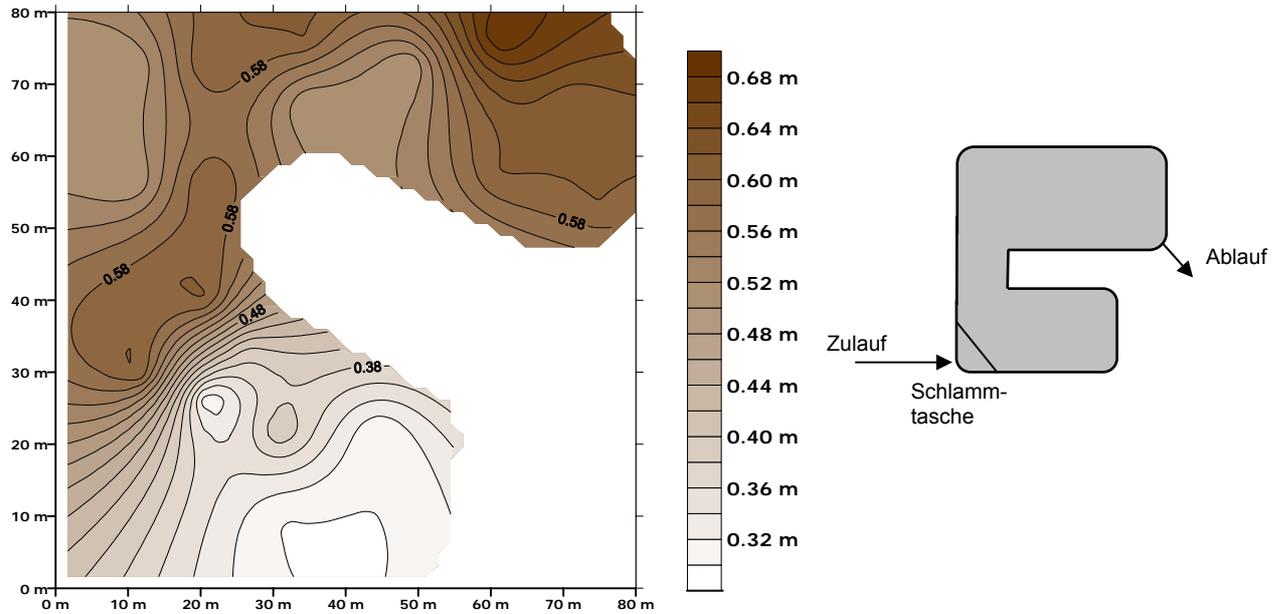


Abb.: 4 Schlammhöhe in einem unbelüfteten Abwasserteich in m [7]

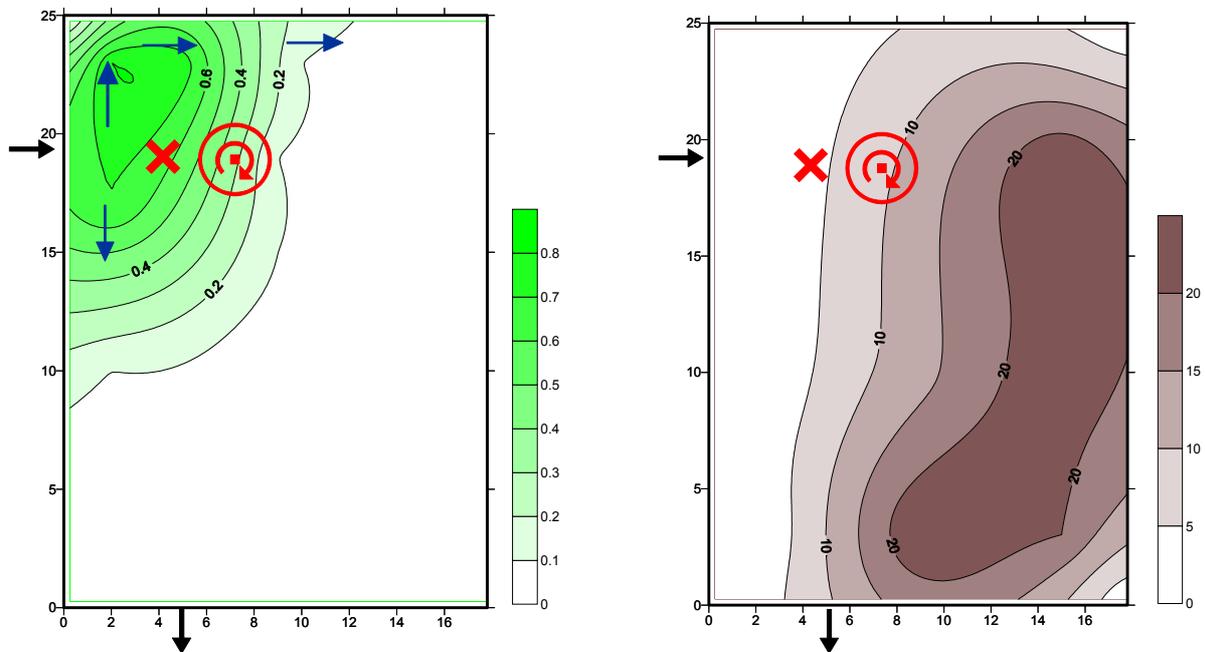


Abb.: 5 Ungünstige Strömungscharakteristik bzw. ungenügende Umwälzung in einem belüfteten Abwasserteich (links - Fließgeschwindigkeit in m/s in 50 cm Tiefe), (rechts - Schlammhöhe in cm) [6]

In Nachklär- oder Schönungsteichen kann es zudem durch eine zu geringe hydraulische Beaufschlagung (sehr kleine Strömungsgeschwindigkeiten, hohe mittlere Verweilzeiten) zu Sekundärverschmutzungen, z. B. infolge von Algenmassenentwicklungen in der warmen Jahreszeit oder durch Phosphatrücklösung, kommen.

Wie bereits in der Fachinformation Nr. 2/2006 ausgeführt, sind im Land Sachsen-Anhalt zahlreiche Abwasserteichanlagen hydraulisch unterlastet. Wesentliche Ursachen dafür sind

- der sehr geringe einwohnerspezifische Abwasseranfall (rückläufiger Wasserverbrauch)
- der häufig geringe Fremdwasserzufluss (Erneuerung, Neubau von Kanalisationen)

und

- die Tatsache, dass viele Abwasserteichanlagen aus Mangel an entsprechenden gemessenen Entwässerungsgebietsdaten für das jeweilige Einzugsgebiet auf der Grundlage pauschaler Kennziffern, welche nicht den heutigen Bedingungen entsprechen, bemessen sind.

Für die künftige **Bemessung** von Abwasserteichanlagen werden daher, sofern keine genaueren ortsspezifischen Werte bekannt sind, folgende Pauschalansätze vorgeschlagen [3]:

- einwohnerspezifischer häuslicher Schmutzwasseranfall = $90 \text{ l}/(\text{E} * \text{d})$
- Fremdwasserzuschlag bei neuen Trennkanalisationen (nach 1990) = 25 %
- Fremdwasserzuschlag bei neuen Mischkanalisationen (nach 1990) = 50 %

Die Optimierung der Durchströmung in bestehenden Abwasserteichen setzt eine entsprechende Verfahrensanalyse voraus [3]. Häufig ist die Umsetzung mehrerer Maßnahmen notwendig, um eine signifikante Verbesserung der Reinigungsleistung zu erreichen.

Eine Möglichkeit der Einflussnahme besteht in der Verringerung des Volumens des Wasserkörpers. Dies kann durch den Betrieb der Anlage mit einem **höheren Schlamm Spiegel** oder durch eine **Neuausrichtung der Wasserpegel**, unter Berücksichtigung der Schlamm Spiegelhöhe, erreicht werden. Auf Grund der dadurch erreichbaren geringeren mittleren Verweilzeit des Abwassers im Teich und der geringeren Teichtiefe (fördert aerobe Bedingungen im Bereich der Grenzschicht Wasser/Bodenschlamm) kann der Massenentwicklung von Algen, der Rücklösung von Phosphor und dem Rücklauf bzw. Rückstau von Abwasser in den vorherigen Abwasserteich entgegengewirkt werden.

Bei sehr geringer hydraulischer Belastung kann die Teichtiefe von unbelüfteten Abwasserteichen auch auf weniger als 1 m herabgesetzt werden [3].

Zu beachten ist, dass Nachklärteiche für eine Mindestdurchflusszeit von einem Tag bei Maximaldurchfluss, zuzüglich dem Volumenanteil für die Schlammspeicherung bis zur Räumung zu bemessen sind. Eine Mindestwassertiefe von 0,9 m über dem Schlamm Spiegel soll im laufenden Betrieb nicht unterschritten werden [9].



Abb.: 6 Justierung des Wasserpegels durch Veränderung der Anzahl der Damm-balken im Ablaufbauwerk Mönch [7]

Eine weitere bzw. zusätzliche Möglichkeit die strömungstechnische Ausnutzung des Teichvolumens und damit den Stoffaustausch zwischen Biofilm und Abwasser zu verbessern, ist der nachträgliche **Einbau von Prallwänden, Tauchwänden, Leitwänden oder Leitdämmen**. Es kommt darauf an, Totzonen zu vermeiden und eine möglichst schmale Verweilzeitverteilung (Annäherung der Strömungscharakteristik an die ideale Pfropfenströmung) zu erreichen.

Prallwände oder **Prallteller** im Zulaufbereich eines Abwasserteiches dienen der Verteilung des Abwasserzuflusses und tragen zum Sauerstoffeintrag bei. Zur Vermeidung von Kurzschlussströmungen bietet sich auch an, den Abwasserzufluss über die gesamte Teichbreite verteilt im freien Überfall zu gestalten.

Tauchwände ggf. höhenverstellbare Tauchwände können im Zu- oder Ablaufbereich eines Abwasserteiches, u. a. als Kasten- oder Halbkreisprofil, angeordnet werden. Sie dienen zur Rückhaltung von Schwimm- und Schwebstoffen bzw. zur Vermeidung von Algenabtrieb. Tauchwände sollten 30 cm unter dem tiefsten und 20 cm über dem höchsten Wasserspiegel reichen [9].

Tauchwände bzw. höhenverstellbare Tauchwände im Ablaufbereich von Abwasserteichen sind darüber hinaus geeignet, durch vertikale Temperaturunterschiede bedingte Kurzschlussströmungen, die mit abnehmendem Abwasserdurchfluss an Bedeutung gewinnen, zu vermindern [20]. Mit Tauchwänden, die in ihrer höhenmäßigen Anordnung verstellbar sind, kann der jahreszeitliche Einfluss auf die Ausbildung von Dichteströmungen berücksichtigt werden. Dabei ist u. U. auch die Hauptwindrichtung zu beachten. Im Winter kann es zweckmäßig sein, die Tauchwand deutlich tiefer, gemäß [20] etwa 10 cm über dem Bodensediment, anzuordnen.

Als Material für Tauchwände kann z. B. Holz, Kunststoff (z. B. HDPE) oder Edelstahl (sehr teuer) in Betracht kommen. Zum Nachrüsten besteht die Möglichkeit, schwimmende Tauchwände in den Abwasserteich einzubringen.



Abb.: 7 Tauchwand im Ablaufbereich eines Absetzteiches, Rotfärbung durch Purpurschwefelbakterien [5]

Die Gestaltung kurviger langgestreckter Abwasserteiche bietet Vorteile bezüglich der Strömungscharakteristik und schafft auf Grund einer längeren Uferlinie größere Flächen für die Ansiedlung bzw. Immobilisierung von Mikroorganismen. Alternativ können auch **Leitwände** oder **Leitdämme** senkrecht zur Fließrichtung eingesetzt bzw. nachgerüstet werden, um eine möglichst vollständige Durchströmung des gesamten Teichvolumens zu erzwingen. In Verbindung mit Tauchwänden können Schichtungseffekte verringert werden.

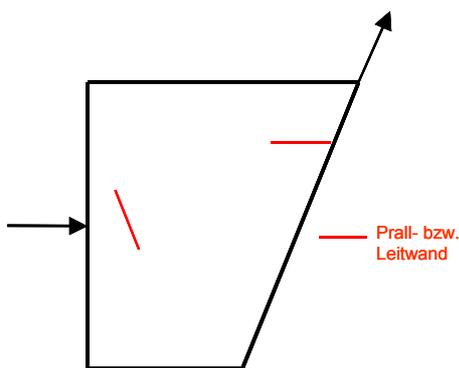


Abb.: 8 Optimierung der Durchströmung eines Schönungsteiches durch Nachrüstung von Prall- bzw. Leitwänden [6]

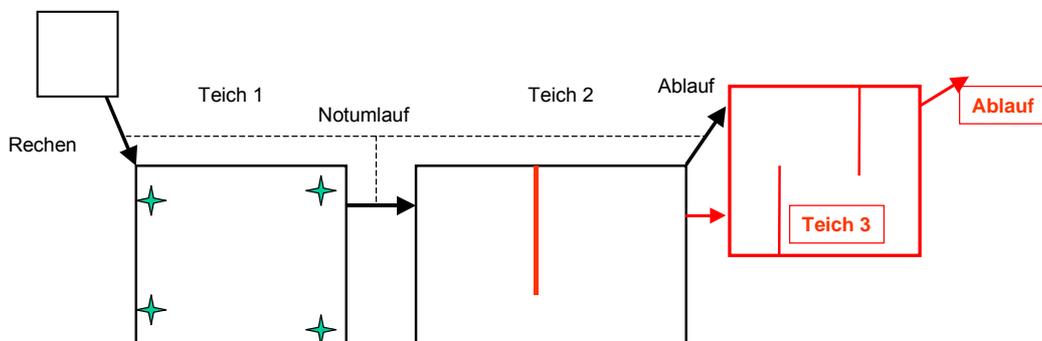


Abb.: 9 Optimierung der Durchströmung des Nachklär- und Schönungsteiches einer belüfteten Abwasserteichanlage durch Nachrüstung von Leitwänden [4]

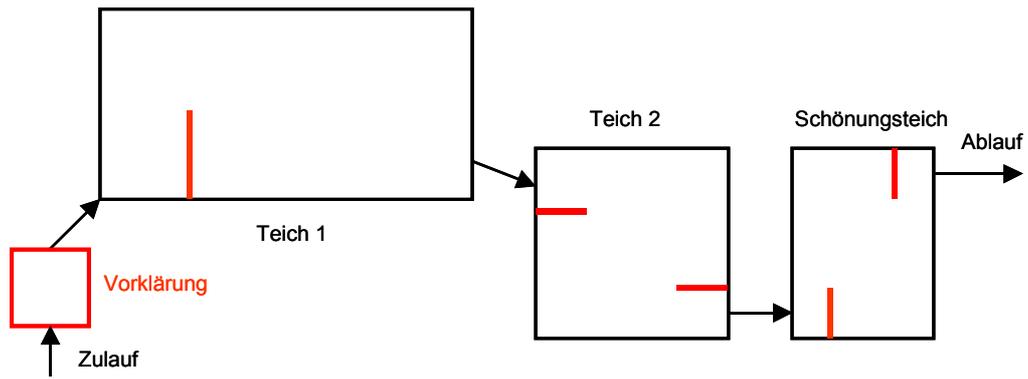


Abb.: 10 Optimierung der Durchströmung einer natürlich belüfteten Abwasserteichanlage durch Nachrüstung von Leitwänden [6]

Leiteinrichtungen können in Erdbauweise (Leitdämme), aus Holz (Dammbalken mit Ramm-pfählen), Betonfertigteilen, Kunststoff (Folie), mit Steinen gefüllte Gitterpackungen oder aus Edelstahl (sehr teuer) erstellt werden. Zum einfachen nachträglichen Einbau kann z. B. Kunststoff an der Oberkante mit einer Schwimmvorrichtung (z. B. an den Enden verschlos-senes Rohr) und an der Unterkante mit Gewichten versehen werden. Zur Vermeidung von Kurzschlussströmungen ist auf eine gute Abdichtung zur Sohle zu achten.



Abb.: 11 Leitdammkonstruktionen vorher (links) und nachher (rechts) [7]



Abb.: 12 Leitdämme / Kiesbänke (links) [8] und befahrbare Leitdämme (rechts) zur Ver-besserung der Strömungscharakteristik

4.2 Ausrichtung, Steuerung der Belüftungseinrichtungen

Bei technisch belüfteten Abwasserteichanlagen sollte das nach DWA-A 201 ermittelte Gesamtvolumen auf mindestens zwei etwa gleichgroße Einzelteiche aufgeteilt werden. Maßgebend für das Erreichen der geforderten Reinigungsleistung ist eine ausreichende Belüftung und Umwälzung des gesamten Wasserkörpers. Darüber hinaus soll mit der technischen Belüftung sichergestellt werden, dass der sich an der Bodenzone ablagernde Schlamm aerob stabilisiert wird. Neben der ausreichenden Bemessung der Belüfterleistung ist hierfür insbesondere die Abstimmung der hydraulischen Wirkung des Belüftungssystems (jedes Belüftungssystem erzeugt ein eigenes Strömungsbild) auf die Teichgeometrie und die Ausrichtung der Belüfter maßgebend. Die Belüftung bzw. die mit der Belüftung erzeugte Umwälzung des Wasserkörpers muss noch eine Absetzwirkung in den Teichen zulassen. Ziel muss ein möglichst gleichmäßiges Überströmen der gesamten Fläche mit sauerstoffreichem Wasser und eine möglichst gleichmäßige Schlammablagerung bzw. -verteilung auf der Teichsohle sein.

Belüftungssysteme können nach der Art der Belüftung

- Druckbelüfter (z. B. Belüfterketten, Linienbelüfter)
 - Oberflächenbelüfter (z. B. Walzen, Kreisel)
- und
- Tauch- und Strahlbelüfter (z. B. Umwälzbelüfter, Strahlrohr)

oder nach der Art der Umwälzung des Wassers

- vertikale Umwälzung mit gerichteter Strömung
- vertikale Umwälzung ohne gerichtete Strömung
- horizontale Umwälzung mit gerichteter Strömung

unterschieden werden [18].



Abb.: 13 Tauchbelüfter (links) [8], Oberflächenbelüfter (rechts) [8]



Abb.: 14 Belüfterketten (links) [8], Belüfterwalze (rechts)

Belüfter sind so zu installieren, dass keine Schlammaufwirbelungen entstehen, insbesondere nicht in der Nähe des Ablaufes zum Nachklärteich.

Die Durchflusszeit bei Trockenwetterzufluss soll nach DWA-A 201 bei belüfteten Abwasserteichen mindestens 5 Tage betragen. Es ist zu beachten, dass bei der Ermittlung dieses Wertes Schlammablagerungen, die das Wasserspeichervolumen verringern, zu berücksichtigen sind.

Durch Messung der Sauerstoffverteilung im Abwasserteich bzw. Anbringen einer Messsonde an der Stelle im Teich mit der wahrscheinlich geringsten O_2 -Konzentration (Stellen starker O_2 -Zehrung in tieferem Wasser und nicht in unmittelbarer Belüfternähe) kann kontrolliert werden, ob ein ausreichender Sauerstoffeintrag sichergestellt ist.

Belüftungseinrichtungen müssen so ausgerichtet sein, dass mit der vorhandenen Leistung möglichst der gesamte Wasserkörper in die hydraulische Durchmischung einbezogen wird. Gegebenenfalls sind z. B. Leitwände oder ergänzende Umwälzeinrichtungen zur Vermeidung von Überlagerungseffekten, Ruhe-zonen oder des sogenannten „Teetasseneffektes“ einzubauen. Besonders beim Einsatz von Belüfterwalzen kann eine zusätzliche Umwälzung notwendig werden.

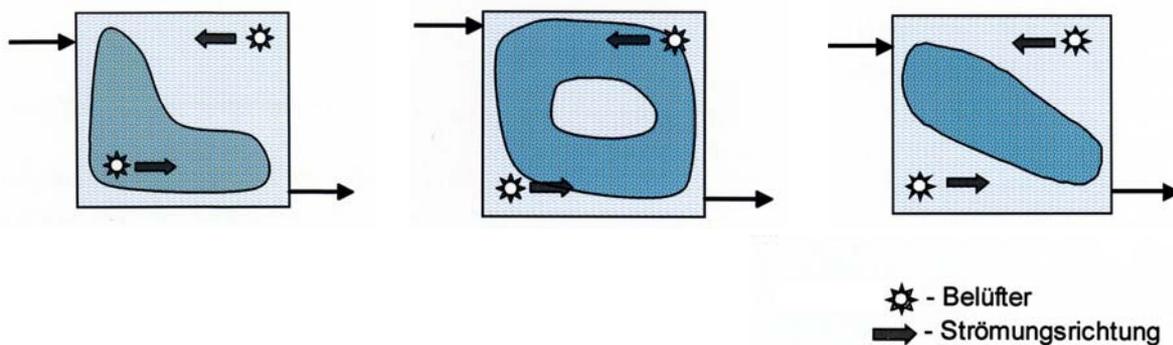


Abb.: 15 Kurzschlussströmung mit Fahnenbildung (links), durch „Teetasseneffekt“ (mitte), durch zu geringe Umwälzung (rechts) [8]

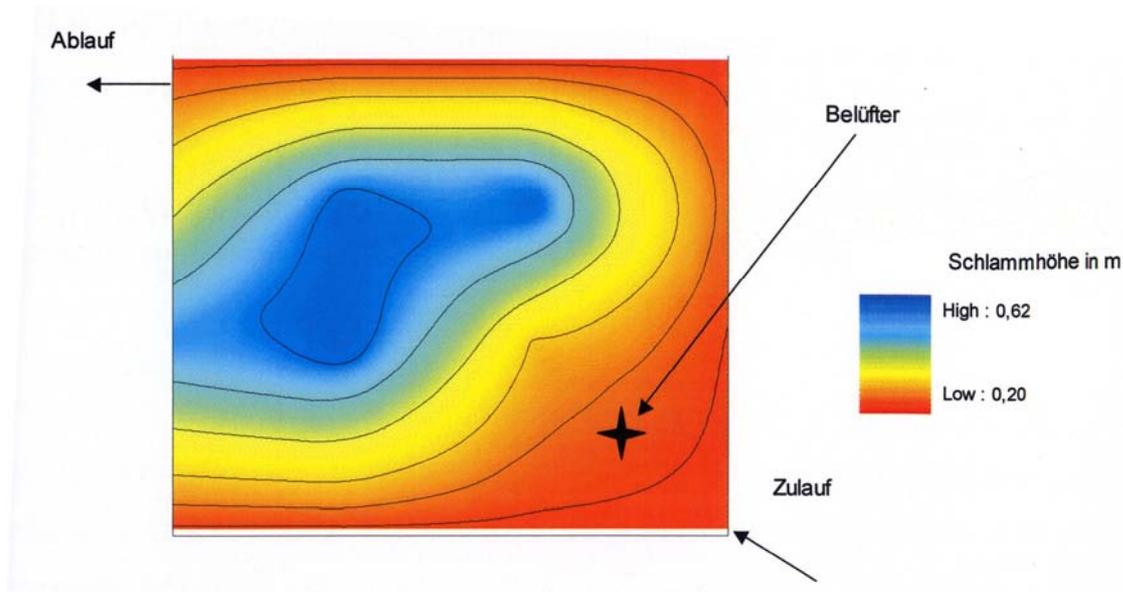


Abb.: 16 Ungünstige Durchströmung („Teetasseneffekt“) eines belüfteten Abwasserteiches [8]

Um eine ausreichende Sauerstoffversorgung des gesamten Teichvolumens zu erreichen, kann es erforderlich sein, die Belüfter neu auszurichten und/oder die vorhandenen Belüfter durch leistungsfähigere Belüfter zu ersetzen und/oder von einer zeitabhängig gesteuerten Belüftung auf eine belastungsabhängig gesteuerte Belüftung umzustellen.

Besonders bei Anlagen mit stark schwankender Zulaufbelastung, z. B. bei gewerblicher oder saisonaler Belastung, sollte die Steuerung der Belüftung eine weitgehende Anpassungsfähigkeit des Sauerstoffeintrages an den jeweiligen Belastungszustand ermöglichen.

4.3 Verbesserung der Bedingungen für die Biofilmbildung

Zur Abdichtung von Abwasserteichen kommen vorrangig

- Deckschichten aus bindigem Bodenmaterial (Durchlässigkeitsbeiwert $< 10^{-8}$ m/s)
- Bentonit (Schichtdicke mindestens 30 cm)

und

- Kunststofffolien mit mindestens 3 mm Dicke (lichtundurchlässig, abriebfest, UV-beständig)

zum Einsatz.

Um die Entstehung von Biofilmen zu begünstigen, wird empfohlen, anstelle von Kunststofffolien möglichst natürliche (z. B. Lehmatten) oder naturnahe (z. B. Geotextilien) Materialien als Dichtungssysteme zu verwenden [4 bis 7].

Lehmatten, Geotextilien oder UV-beständige Kunststoffmatten/-gewebe können auch nachträglich zur Verbesserung der Immobilisierung von Biomasse in bestehende Abwasserteiche eingebaut werden. Sie sind unbedingt gegen Auftrieb und Abrutschen zu sichern.

Eine Verbesserung der Bedingungen für die Ansiedlung von Mikroorganismen kann zusätzlich durch Pflanzenbewuchs im Uferbereich (z. B. Schilf, Rohrkolben) oder auf künstlichen Schwimminseln (z. B. Röhrlicht auf Geotextil) erreicht werden. Übermäßiger Bewuchs ist jährlich zu entfernen.

Parallel zum Einbau zusätzlicher Aufwuchsflächen sollte auch die Durchströmung und die Sauerstoffversorgung in den Abwasserteichen untersucht und ggf. verbessert werden. Häufig kann erst durch das Zusammenwirken mehrerer Maßnahmen eine signifikante Steigerung der Reinigungsleistung erreicht werden.

Soll eine weitergehende Nitrifikation mit technisch belüfteten Abwasserteichen sichergestellt werden, können über die o. g. Maßnahmen hinaus zusätzliche Aufwuchsflächen für Nitrifikanten unmittelbar in die Teiche eingebaut und mit einer Druckbelüftung versehen werden (druckbelüftete getauchte Festbetten). Die unterhalb der Festbetten anzuordnende technische Belüftung dient einerseits einer ausreichenden Sauerstoffversorgung und beugt andererseits Verstopfungen im Festbettmaterial vor. Ebenfalls sollten Anlagen mit getauchten Festbetten zur Verringerung der Gefahr von Verstopfungen über eine gute mechanische Vorreinigung verfügen (Rechen, Vorklärbecken).

Unmittelbar in belüftete Abwasserteiche eingesetzte Tauchkörper sollten nach SCHLEYPEN [21] bei entsprechender Anforderung an eine gezielte Nitrifikation mit einer Stickstoffflächenbelastung von $0,5 - 1 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$, dies sind etwa $6 \text{ m}^2/\text{EW}$, bemessen werden.

Hinweise zum Bau und Betrieb können in Analogie den einschlägigen Regelwerken für Festbettverfahren, z. B. [12, 13, 18], entnommen werden.

Als Verfahrensalternativen werden u. a. nitrifizierende Linienbelüfter [26] und schwimmende Elemente aus porösem Kunststoff mit sehr hoher effektiver Oberfläche, die in Kombination mit einer feinblasigen Belüftung auf einem Teil der Teichfläche installiert werden, angeboten [27]. Beim Einsatz dieser Festbetten ist besonders auf eine gezielte Durchströmung zu achten. Zur Umwälzung des Teichvolumens und Verteilung des Sauerstoffes im Teich können zusätzlich Oloid-Rührer zum Einsatz kommen.

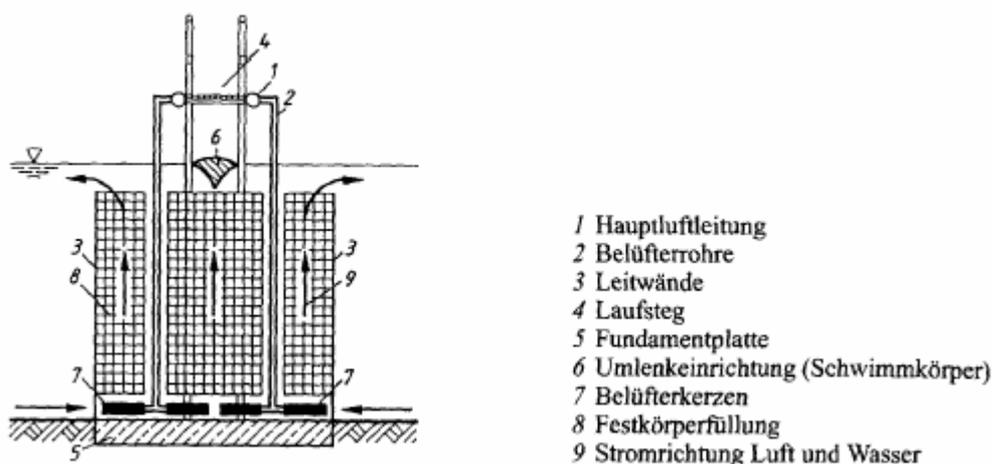


Abb.: 17 Systemskizze eines nitrifizierenden Linienbelüfters [26]

4.4 Mechanische Vorreinigung und Vorklärung

Abwasserteichanlagen sollten aus betrieblichen sowie hygienischen und ästhetischen Gründen (Vermeidung schwimmender Grobstoffe auf der Teichoberfläche) generell mit einer mechanischen Vorreinigung ausgestattet werden. Hierfür kommen z. B. eine Rechenanlage mit Stababstand < 8 mm und je nach örtlichen Verhältnissen, in der Regel bei Mischwasserkanalisationen, ein Sandfang in Betracht. Belüfteten Abwasserteichen oder Abwasserteichen in Kombination mit Biofilmreaktoren sollte ein automatisch betriebener Rechen vorgeschaltet werden. Zur Vermeidung von Rückstau, insbesondere bei Regenereignissen, muss der Rechen mit einem Notumlauf versehen werden. Wegen der Gefahr des Einfrierens im Winter sollten in Abhängigkeit von der Größe der Abwasserteichanlage sowohl der Rechen als auch der Sammelbehälter für das anfallende Rechengut eingehaust bzw. in einem geschlossenen Gebäude untergebracht werden.

Bei der Planung von Abwasserteichanlagen ist die Möglichkeit der Schlammmentnahme aus den einzelnen Abwasserteichen zu berücksichtigen. Die Art der vorgesehenen Schlammmentnahme und die Ausbildung der Abwasserteiche (Geometrie, Böschung, Sohlbefestigung, Dichtung) müssen aufeinander abgestimmt sein.

Gemäß DWA-A 201 ist in eine Schlammräumung wie folgt erforderlich.

Absetzteiche	Eine Mindestwassertiefe von 1 m über dem Schlamm Spiegel soll eingehalten werden. (i.d.R. jährliche Schlammräumung)
Natürlich belüftete Teiche	Die maximal zulässige Schlammhöhe ist bei $\frac{1}{4}$ der ursprünglichen Wassertiefe erreicht.
Belüftete Teiche	Die Schlammräumung ist in Abhängigkeit von der Größe des Schlammraumes erforderlich. Das gemäß Bemessung erforderliche Wasservolumen und die Mindestaufenthaltszeit von 5 Tagen sind einzuhalten.
Nachklärteiche	Eine Mindestwassertiefe von 0,9 m über dem Schlamm Spiegel soll eingehalten werden.

Tab.: 2 Vorgaben für die Schlammräumung gemäß DWA-A 201

Die Schlammmentnahme kann mittels direkter Schlammabsaugung ohne Teichentleerung (z.B. schwimmender Bodenräumer mit absenkbarem Entnahmetrichter, Schwimmbagger, Saugbagger, Saugpumpen außerhalb des Teiches) oder nach Trockenlegung des Teiches mittels Räumgeräten (Bagger, Planiertrauben, Saugräumer), die in den Teich hineinfahren, erfolgen. Verfahren der Schlammabsaugung bieten sich insbesondere an, wenn die Sohle des Abwasserteiches nicht befahrbar ist (Foliendichtung) oder das anstehende Grundwasser ein Abpumpen des Abwassers aus dem Teich nicht zulässt.



Abb.: 18 Schlammräumung nach Trockenlegung des Teiches (links) und Schlammräumung mit schwimmendem Bodenräumer (rechts) [23]

Es wird empfohlen, Abwasserteichanlagen mit einer Vorklärung auszustatten, da dadurch ein wesentlicher Teil des Schlammes konzentriert an einer Stelle anfällt und somit eine einfachere, wenn auch häufigere, Schlammmentnahme möglich ist.

Bei den im Rahmen der Sonderuntersuchungen betrachteten Abwasserteichanlagen war häufig eine nicht rechtzeitig durchgeführte Schlammmentnahme aus den Abwasserteichen zu beanstanden. Als Ursache dafür werden vorrangig der erhebliche Aufwand und die damit verbundenen Kosten gesehen.

Durch eine mechanische Vorklärung werden die nachgeschalteten unbelüfteten oder technisch belüfteten Abwasserteiche entlastet, wodurch die Intervalle für deren i. d. R. sehr aufwändige Entschlammung wesentlich verlängert werden können. Zudem bewirkt eine mechanische Vorklärung eine zusätzliche Pufferung und einen Ausgleich des Abwasserzuflusses.

Für die Vorklärung kommen Absetzteiche gemäß DWA-A 201 oder einfache Vorklärbecken aus Beton oder in Teichbauweise in Betracht. Die Ausbildung der Vorklärung sollte eine schnelle Beruhigung des zufließenden Abwassers (z. B. Prallwand oder Prallkasten), eine stabile und ruhige Durchströmung und eine Zurückhaltung von Schwimmschlamm (Tauchwand) gewährleisten. Entsprechende Einbauten sind insbesondere bei Abwasserteichen mit Mischwasserzufluss zu berücksichtigen.

Bei Absetzteichen nach DWA-A 201 soll die mittlere Verweilzeit (Absetzraum / Trockenwetterzufluss) größer als ein Tag sein. Eine Mindestwassertiefe von einem Meter ist unter Berücksichtigung des Schlammstapelraumes einzuhalten, um die Sedimentation der Feststoffe zu gewährleisten. Der erforderliche Schlammstapelraum ist in der Bemessungsgröße von $\geq 0,5 \text{ m}^3/\text{E}$ enthalten. In Absetzteichen fällt ausgefaulter Schlamm an.

Anforderungen zum Bau und Betrieb von Vorklärbecken enthält die DIN EN 12255-4 „Vorklärung“. Vorklärbecken werden nach der Flächenbeschickung und der Durchflusszeit bei Trockenwetterzufluss bemessen. Je nach Reinigungsziel werden die Durchflusszeiten zwischen 0,5 bis größer 1,5 Stunden variiert. Bei Anlagen mit hohen Zuflussspitzen bei Regenwetter sollten Vorklärbecken derart ausgelegt werden, dass bei Regenwetterzufluss Q_m die Durchflusszeit von 0,5 Stunden nicht unterschritten wird.

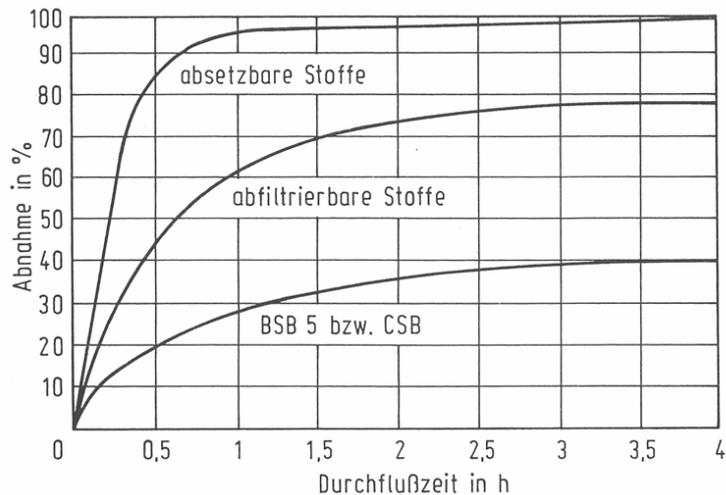


Abb.: 19 Abnahme der Verschmutzung des kommunalen Abwassers in Abhängigkeit von der Durchflußzeit im Absetzbecken [17]

Die Errichtung bzw. Nachrüstung einer mechanischen Vorklärung stellt eine vergleichsweise einfache Möglichkeit dar, überlastete Anlagen zu sanieren und/oder die Reinigungsleistung einer Abwasserteichanlage insgesamt zu steigern.

Ist eine Vorklärung vorgesehen, müssen generell zwei parallele Einheiten errichtet werden, so dass der Betrieb bzw. die Schlammräumung wechselweise erfolgen kann.

Zur weitestgehenden Vermeidung von Geruchsemissionen ist eine rechtzeitige Schlammabfuhr unbedingt erforderlich. Des Weiteren ist darauf zu achten, dass die Durchflußzeiten bei geringen Abwasserzuflüssen nicht zu niedrig sind.



Abb.: 20 Einfache Absetzbecken in Teichbauweise [6]

Um eine Kaltfaulung des abgesetzten Schlammes zu erreichen und die Intervalle für die Schlammmentnahme zu vergrößern, kann ein entsprechender Schlammammelraum dimensioniert werden. Zu beachten ist jedoch, dass bei mehrstöckigen Absetzbecken mit Schlammfaulraum ein Sandfang vorzuschalten ist, um Störungen bei der Schlammmentnahme zu vermeiden.

4.5 Kies- / Sandfilter und bepflanzte Bodenfilter zur Nachreinigung

Mit Schilf oder Röhricht bepflanzte Sicker- / Filterdämme aus Natursteinschotter, Kies, Basalt, Lavagestein oder Schlacke oder großflächige Filterstrecken (z. B. Sandfilter) können zwischen den Abwasserteichen (z. B. zwischen dem vorletzten und letzten Nachklärteich) oder im Ablaufbereich des letzten Teiches angelegt werden. Sie verbessern die Abbauleistung der Anlage, halten Schwebstoffe und Planktonorganismen zurück und bewirken eine gleichmäßigere Durchströmung der Abwasserteiche. Sie müssen regelmäßig hinsichtlich einer gleichmäßigen Durchströmung überprüft werden. Gegebenenfalls sind sie zu reinigen oder durch Austausch des Substrates zu sanieren.

Nachfolgende Abbildung zeigt eine Möglichkeit der Konstruktion eines bepflanzten Kiesfilterdammes [24]. Die benötigte Dammfläche wird mit 0,2 bis 0,4 m²/E angegeben. Mehrere Ablaufrohre sind zum Ablaufgraben hin angeordnet (alle 3 m). Bei Verwendung von L-Rohrstücken kann durch Änderung des Neigungswinkels der Einstau des Teiches gezielt reguliert werden.

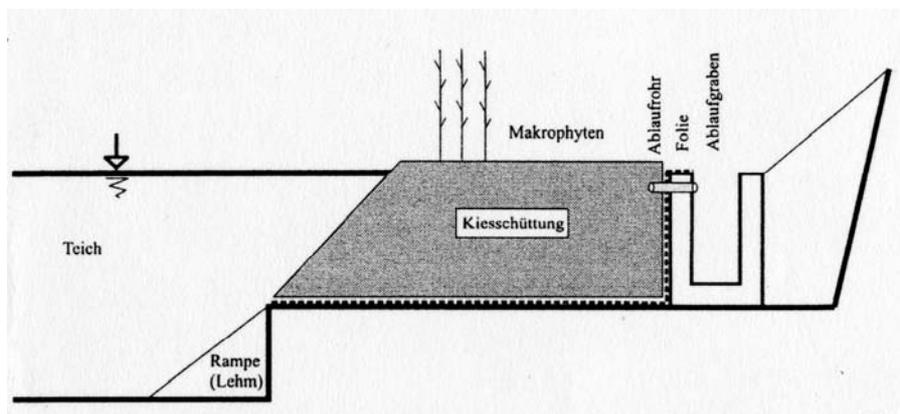


Abb.: 21 Schnitt eines bepflanzten Kiesfilterdammes (nicht maßstabgetreu) [24]



Abb.: 22 Bepflanzter Sickerdamm [7]

Durch Kombination einer Abwasserteichanlage mit einem bepflanzten Bodenfilter kann eine deutliche Verbesserung der Reinigungsleistung bzw. der Ablaufwerte der Anlage erreicht werden. Wird ein vertikal durchströmter bepflanzter Bodenfilter nachgeschaltet, kann neben der Verminderung der Schwebstoffe und des BSB₅ besonders auch eine weitergehende Nitrifikation erreicht werden. In horizontal durchströmten bepflanzten Bodenfiltern ist neben der Verminderung der Schwebstoffe und des BSB₅ eine teilweise Denitrifikation möglich. In Abhängigkeit von den Inhaltsstoffen des verwendeten Filtersubstrates ist in bepflanzten Bodenfiltern auch eine Rückhaltung von Phosphor möglich. Hinweise zum Bau und Betrieb von bepflanzten Bodenfiltern werden u. a. in der derzeit noch in der Erarbeitung befindlichen Fachinformation „Bepflanzte Bodenfilter zur kommunalen Abwasserreinigung“ des Landesamtes für Umweltschutz gegeben. Bei einigen der in Sachsen-Anhalt untersuchten Abwasserteichanlagen hat sich gezeigt, dass der letzte unbelüftete Abwasserteich bzw. Schönungsteich gar nicht oder kaum zur Verbesserung der Reinigungsleistung beiträgt. Dies betraf besonders Anlagen mit mehr als 3 Teichstufen.

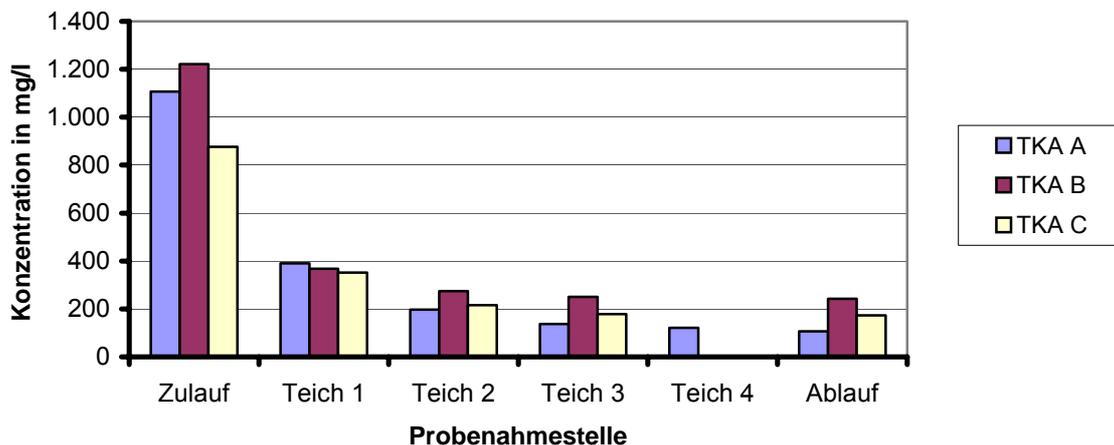


Abb.: 23 Reduzierung des CSB in belüfteten Abwasserteichanlagen [8]

Zur Optimierung der Reinigungsleistung solcher Anlagen (wenn z. B., wie oben dargestellt, bei guter Reinigungsleistung immer noch hohe Ablaufwerte zu verzeichnen sind) kann der Umbau des letzten Abwasserteiches in einen bepflanzten Bodenfilter eine sinnvolle Alternative darstellen. Das Prinzip der großräumigen naturnahen und besonders wartungsarmen Abwasserbehandlung kann dadurch aufrechterhalten werden.

Soll die N-Eliminierung insgesamt verbessert werden, kann dies entweder durch das Nachschalten zweier bepflanzter Bodenfilter (vertikal – horizontal) oder durch die Kreislaufführung weitergehend nitrifizierten Abwassers aus dem Ablauf des Vertikalfilters zurück in den Zulauf der Anlage erreicht werden.

Abgesehen von der Verringerung der organischen Belastung und der Nährstoffbelastung wird mit bepflanzten Bodenfiltern auch eine deutliche Verringerung hygienisch relevanter Keime erreicht.



Abb.: 24 Abwasserteichanlage mit Sickerdamm und nachgeschaltetem bepflanzten Bodenfilter [7]

4.6 Kreislaufführung des Abwassers

Sofern die Optimierung der konventionellen Abwasserteichanlage nicht den gewünschten Erfolg erbringt, kann, z. B. bei hohen Zulaufkonzentrationen zur Anlage, Abwasser aus dem Nachklär- oder Schönungsteich mit dem Verhältnis 1 : 1 oder höher zurück in den Zulauf der Anlage geleitet und zusammen mit dem Rohabwasser wieder dem Reinigungsprozess zugeführt werden. Dadurch wird neben der Verdünnung des Abwasserzuflusses auch eine bessere Durchströmung der Teichvolumina erreicht. Ein Beispiel für die Verfahrensänderung einer belüfteten Abwasserteichanlage zur Verbesserung der Ablaufparameter CSB und BSB₅ zeigt nachfolgende Abbildung.

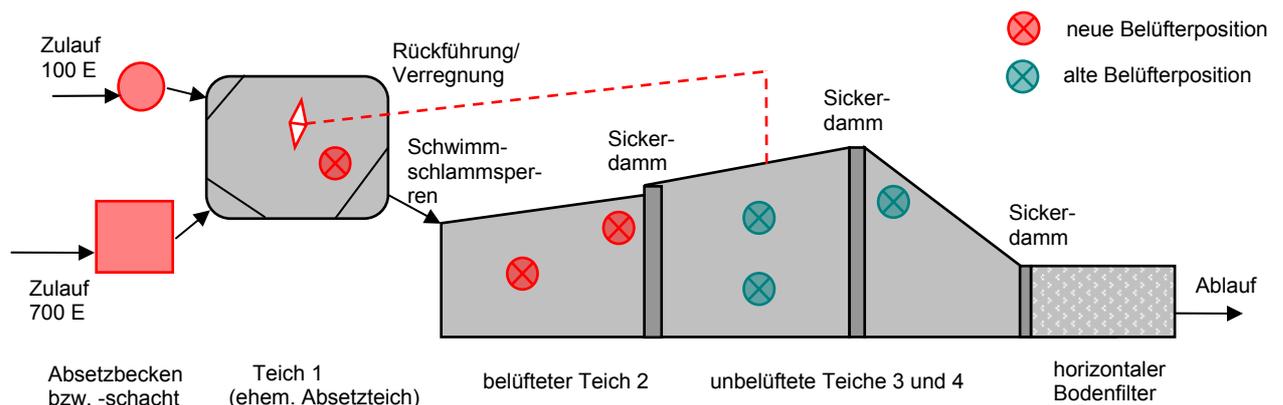


Abb.: 25 Verbesserung der Reinigungsleistung bzw. der Ablaufwerte einer Abwasserteichanlage durch Nachrüstung einer Vorklärung, Nutzung des ehemaligen Absetzteiches als belüfteten Teich, Neuausrichtung der Belüfter und Kreislaufführung des Abwassers [7]



Abb.: 26 Rückführung des Abwassers aus dem Nachklärteich in den 1. belüfteten Teich (Verregnung) [7]

Wie in nachfolgendem Diagramm ersichtlich, konnte mit den in Abbildung 25 dargestellten Optimierungsmaßnahmen, insbesondere der Kreislaufführung des Abwassers, eine deutliche Verbesserung der Ablaufwerte erreicht werden.

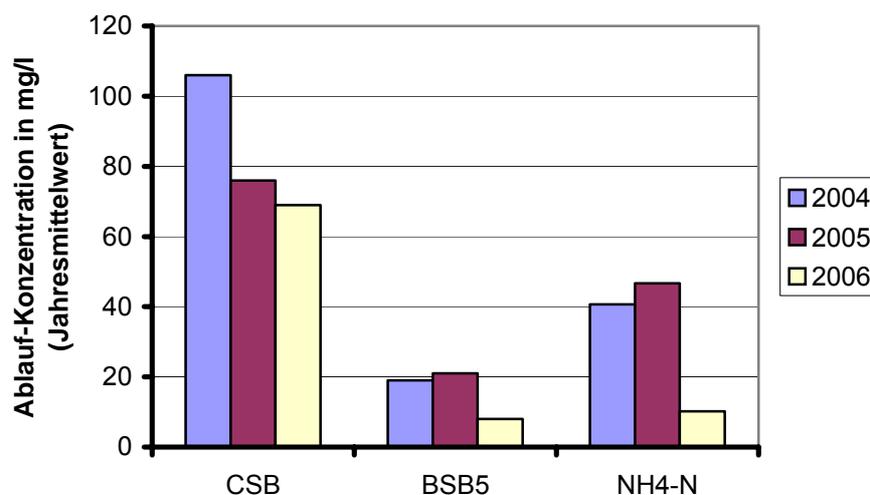


Abb.: 27 Entwicklung der CSB-, BSB₅- und NH₄-N- Konzentration im Ablauf der in Abbildung 25 dargestellten Anlage (Mittelwerte aus Daten der Eigenüberwachung)

4.7 Umbau unbelüfteter Abwasserteiche in technisch belüftete Anlagen

Der Umbau einer natürlich belüfteten bzw. unbelüfteten Abwasserteichanlage in eine Anlage mit technischer Belüftung kommt als Maßnahme zur Sanierung überlasteter Anlagen in Betracht. Bei der Planung der Umbaumaßnahmen sind neben der Nachbemessung der Teichvolumina die Auswahl und Anordnung der Belüfter (in Abhängigkeit von den örtlichen Verhältnissen) und die ggf. erforderliche Befestigung der Böschungen und der Sohle zu beachten. Es gelten die allgemein anerkannten Regeln der Technik (a.a.R.d.T.) für belüftete Abwasserteiche [9, 18].

Vorraussetzung für den Umbau einer unbelüfteten Abwasserteichanlage in eine technisch belüftete sind eine in Abhängigkeit von der Belüfterart ausreichende Teichtiefe (i. d. R. mindestens 2 m) und eine Stromversorgung.

4.8 Kombination von Abwasserteichen mit technischen Verfahren

4.8.1 P-Fällung

Sofern eine mittel- oder langfristig weiter zu betreibende Abwasserteichanlage die Überwachungswerte für CSB und/oder BSB₅ auf Grund einer zeitweise zu hohen Zulaufbelastung, obgleich optimierter Verfahrensführung, nicht sicher einhält, kann als Alternative zum Ausbau der Anlage die Installation einer P-Fällung in Betracht kommen. Dies gilt auch, wenn ausgehend von einer Immissionsbetrachtung weitergehende Anforderungen für den Parameter P_{ges} am Ablauf der Anlage gestellt sind.

Die Fällungsreaktion verläuft sehr schnell. Daher muss die Zugabe des Fällmittels so erfolgen, dass es zu einer möglichst schnellen und intensiven Vermischung des Fällmittels mit dem Abwasser kommt (z. B. Mischbecken, Zulaufleitung). Es wird empfohlen, das Fällmittel im Zulauf vor der mechanischen Vorklärung oder in einem Mischschacht vor dem letzten belüfteten Abwasserteich zuzugeben. Bei Kombinationsanlagen (Abwasserteich und Festbettreaktor) sollte das Fällmittel in den Zulauf der Grobentschlammung zudosiert werden.

Da bei der Phosphatfällung suspendierte Feststoffe mit ausgeflockt werden, bewirkt die Zudosierung von Fällmitteln in den Abwasserstrom sowohl eine Verringerung der P_{ges}-Ablaufkonzentration als auch eine Verringerung der organischen Belastung (CSB, BSB₅).

Die, bezogen auf die jeweils erforderliche CSB-Eliminierung, notwendige Menge des betreffenden Fällmittels sollte mittels Flockentestverfahren bzw. Jar-Test [14] abgeschätzt und anschließend durch Verfahrensoptimierung auf der Anlage möglichst genau ermittelt werden. Beim Einsatz der Fällung zur anteiligen CSB-Elimination muss beachtet werden, dass

- durch die Fällung nur die Menge CSB eliminiert wird, die nicht durch die biologische Stufe eliminiert werden kann (Die biologische Stufe der Abwasseranlage soll im Wesentlichen ausgelastet sein.)
- im Zulauf zur biologischen Stufe noch mindestens 0,7 bis 1 mg/l P_{ges} je 100 mg/l BSB₅ enthalten sein müssen, um einen biologischen Abbau zu gewährleisten
- sich die Schlammmenge um etwa 10 bis 20 g TS/(E * d) erhöht und
- sich bei technisch belüfteten Abwasserteichen die erforderliche Belüfterleistung verringert.

Im Rahmen der Sonderuntersuchungen an Abwasserteichanlagen im Land Sachsen-Anhalt [5] wurde die Möglichkeit der anteiligen CSB-Eliminierung durch Fällung untersucht. Dabei kamen als Fällmittel Polyaluminiumchlorid (PAX18) und Eisen-(III)-chlorid zum Einsatz. Wie nachfolgende Abbildung zeigt, ergaben sich für PAX18 deutlich geringere relative phosphat-spezifische Fällmittelmengen als für Eisen-(III)-chlorid. Sowohl hinsichtlich der P_{ges}- als auch

der BSB₅- und CSB- Eliminierung wurde für PAX18 eine im Vergleich zum Eisen-(III)-chlorid bessere Wirksamkeit festgestellt. Die Betriebskosten, insbesondere die Kosten für das Fällmittel, wurden beim Einsatz von PAX18 um etwa 1/3 niedriger kalkuliert als beim Einsatz von Eisen-(III)-chlorid.

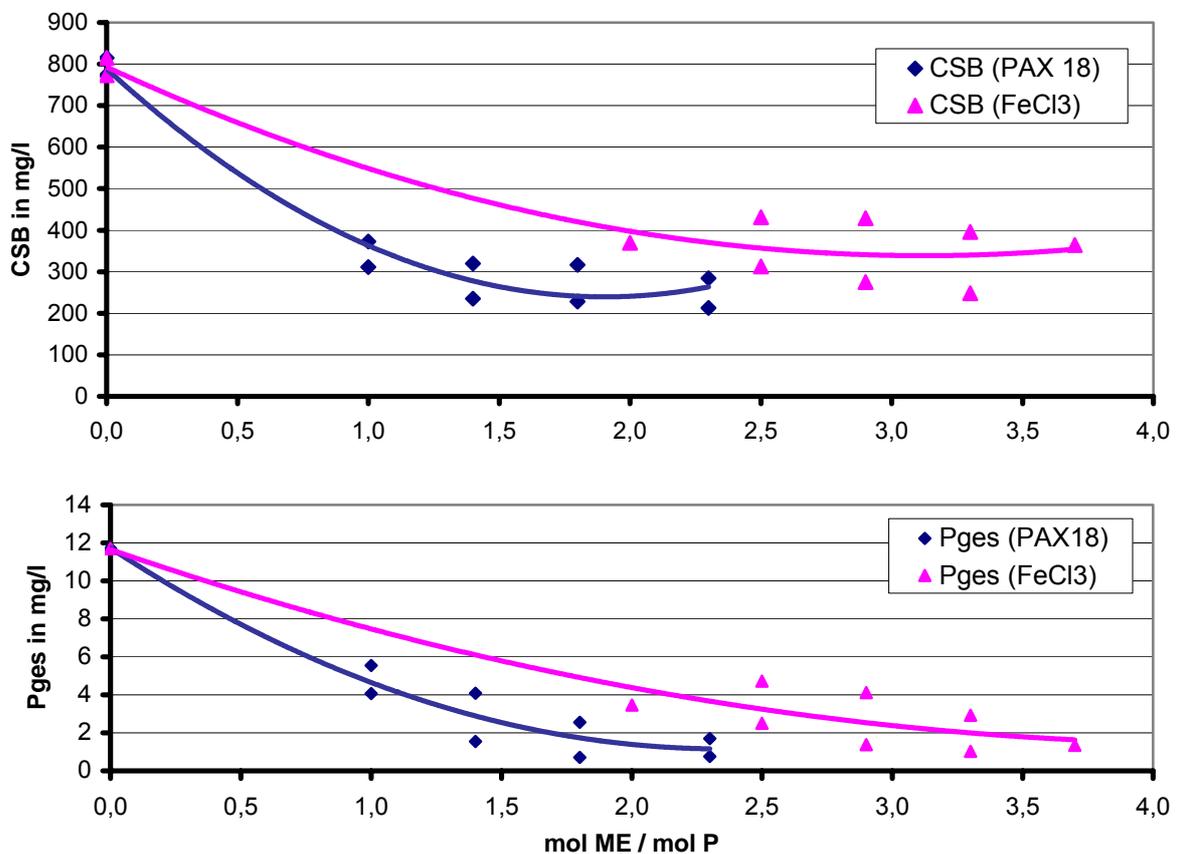


Abb.: 28 CSB- bzw. P_{ges}- Elimination als Funktion des β -Wertes [5]

Geht man davon aus, dass die biologische Stufe bzw. die dem Vorklärbecken nachgeschalteten Abwasserteiche lediglich mit einer mittleren CSB-Konzentration von 500 mg/l beaufschlagt werden sollen, ergibt sich auf der Grundlage obigen Diagramms für das Fällmittel PAX18 eine relative Fällmittelmenge (β -Wert) in Höhe von etwa 0,6 mol Al / mol P.

Unter Berücksichtigung der relativen Atommassen von Aluminium (27 g/mol) und Phosphor (31 g/mol) sind dies etwa 0,52 g Al / g P. Die Menge der erforderlichen Fällmittellösung kann an Hand dieser relativen Fällmittelmenge, der P_{ges}-Fracht im Rohabwasser und der Herstellerangaben zum Fällmittel (Wirksubstanzgehalt, Dichte) abgeschätzt werden.

Da im Zulauf zur Biologie mindestens noch etwa 2,5 mg/l P_{ges} enthalten sein müssen, liegt die maximal zulässige relative Fällmittelmenge für PAX18 in obigem Diagramm bei etwa 1,5 mol Al / mol P.

Komplette und vorschriftsmäßige Dosierstationen sind auf dem Markt verfügbar. Hinsichtlich der Anforderungen an die Lagerung und Dosierung von Fällmitteln sowie die Steuerung oder Regelung der Fällmitteldosierung wird auf den Abschnitt 3.7 im ATV-DVWK-A 202 verwiesen.

4.8.2 Festbettreaktor

Biofilmverfahren bzw. Festbettreaktoren (Tropfkörper, Rotationstauchkörper, getauchte Festbetten) bieten sich zur Verbesserung der Reinigungsleistung, ggf. auch zur Einhaltung von Anforderungen an eine weitergehende Nitrifikation, von Abwasserteichanlagen an. Die hohe Leistungsfähigkeit derartiger Aufwuchskörper wird durch das hohe Pufferungs- und Reinigungsvermögen der Abwasserteiche ergänzt. Hinweise zur Bemessung und verfahrenstechnischen Gestaltung solcher Verfahrenskombinationen geben u. a. das DWA-A 201, das ATV-DVWK-A 281 und der Arbeitsbericht „Neue Erkenntnisse über Anlagen mit getauchtem Festbett“ der ATV-DVWK-Arbeitsgruppe KA-6.3 „Tropf- und Tauchkörper“.

Nachfolgende Abbildung zeigt eine mögliche Verfahrenskombination.

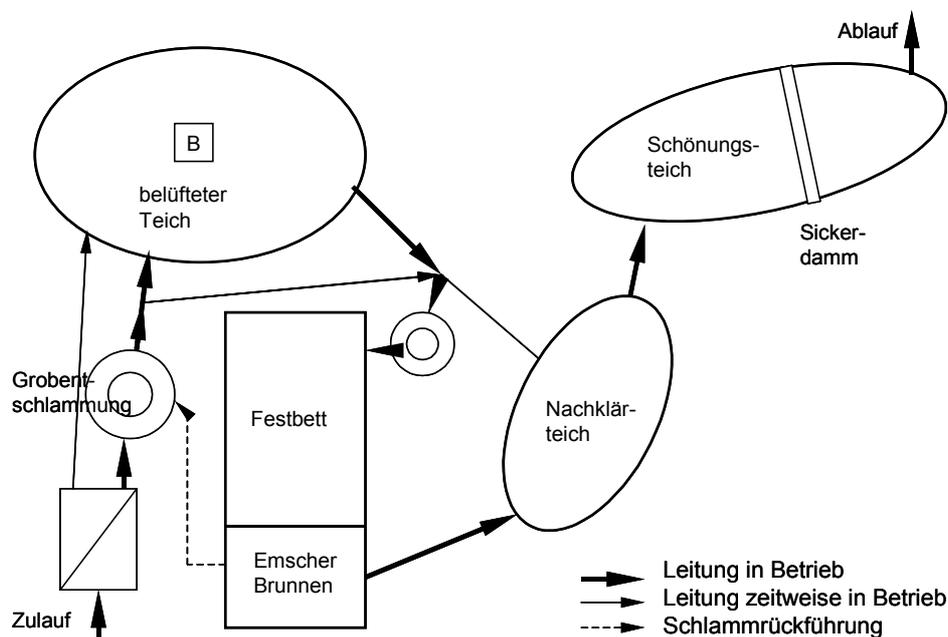


Abb.: 29 Belüftete Abwasserteichanlage mit zwischengeschaltetem Biofilmverfahren [5]

Zu beachten ist, dass der gesamte Abwasserstrom durch das Festbett geführt und zur kontinuierlichen Beschickung der Festbettreaktoren ein Rücklauf aus dem Nachklärteich realisiert wird. Mit der Verfahrenskombination Abwasserteich - Biofilmreaktor lassen sich, wie in Tabelle 3 dargestellt, gute Nitrifikationsleistungen erreichen.

Die Denitrifikationsleistung der Verfahrenskombinationen Abwasserteich - Biofilmreaktor kann gesteigert werden, wenn eine Kreislaufführung des Abwassers, z. B. aus dem Nachklärteich in den Zulauf der Anlage, erfolgt und entsprechend anoxische Bereiche für die heterotrophe Biomasse zur Verfügung stehen.

		Rohr-Lindweiler ²⁾	Sisbeck ²⁾	Prießnitz ³⁾
Ausbaugröße	E	1000	910	500
spez. Festbettoberfläche	m ² /m ³	150	150	k. A.
NH ₄ -N-Flächenbelastung	g/(m ² ·d)	≈ 1,3	≈ 1,3	k. A.
CSB ¹⁾ Ablauf	mg/l	22	51	50
NH ₄ -N ¹⁾ Ablauf	mg/l	1,2	1,8	5,2
NO ₃ -N ¹⁾ Ablauf	mg/l	7,2	10,3	k. A.

¹⁾ Mittelwerte, ²⁾ Daten der ATV-Arbeitsgruppe (1996), ³⁾ Auswertung Barjenbruch

Tab.: 3 Belastungs- und Ablaufwerte von Teichanlagen mit getauchten Festbetten [7]

4.9 Abwasserteichanlage als Aufstauanlage

Werden Abwasserteichanlagen mit Abwasser aus Mischwasserkanalisationen beaufschlagt, wird häufig der erste Abwasserteich zur Behandlung des Mischwassers als Aufstauanlage betrieben. In diesen Fällen ist besonders auf eine ausreichende Abflussdrosselung aus diesem ersten Teich zu achten.

Auch der Umbau einer konventionellen Abwasserteichanlage in eine Anlage mit Aufstaubetrieb ist möglich. Dies erfolgt dadurch, dass die in Reihe geschalteten Abwasserteiche zeitversetzt und sequentiell bzw. schubweise mit Abwasser beschickt werden. Möglich ist auch eine Unterteilung des vorhandenen Teichvolumens in eine entsprechende Sequenz von Stapelteichen, die zeitversetzt beschickt werden.

Durch eine derartige Verfahrensführung kann die strömungstechnische Ausnutzung des vorhandenen Teichvolumens verbessert werden. Um den Aufwand für Bau und Betrieb so gering als möglich zu halten, sollte die Beschickung mittels Heber erfolgen. Der diskontinuierliche Ablauf muss hinsichtlich seiner Wirkung auf das Einleitungsgewässer geprüft werden.

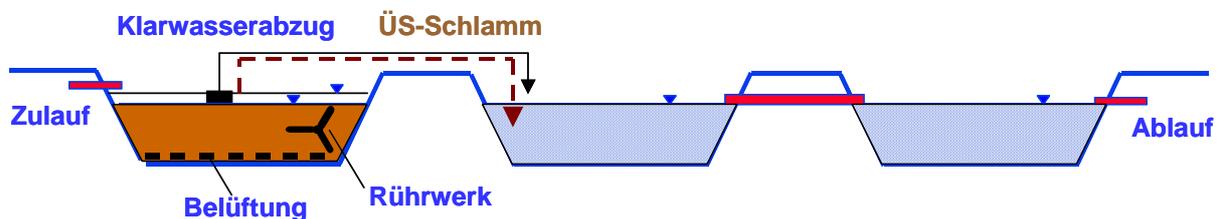


Abb.: 30 Fließschema einer modifizierten SBR – Teichanlage, System Rotaria [23]

Als Alternative kann auch der Umbau einer konventionellen Abwasserteichanlage in einen Constant-Waterlevel-Sequencing-Batch-Reaktor (CW-SBR) in Frage kommen, wenn sich die Einleitungsbedingungen ändern und z. B. weitergehende Anforderungen an die Stickstoffeliminierung gestellt werden [22].

Verfahrenstechnisch entspricht eine derartig umgebaute Abwasserteichanlage einer SBR-Belebtschlammanlage. Im Unterschied zu den in Betonbauweise errichteten SBR-Anlagen

wird jedoch, durch Anwendung beweglicher Hydrosegel als Trennwände zwischen den Reaktionsräumen, bei konstantem Wasserniveau gearbeitet.

Ein weitere wesentlicher Unterschied zu den üblichen SBR-Anlagen besteht darin, dass der Ablauf aus der Anlage kontinuierlich erfolgt, so dass eine Überprüfung der Verträglichkeit des Einleitungsgewässers bezüglich eines diskontinuierlichen Abwasseranfalls entfallen kann.

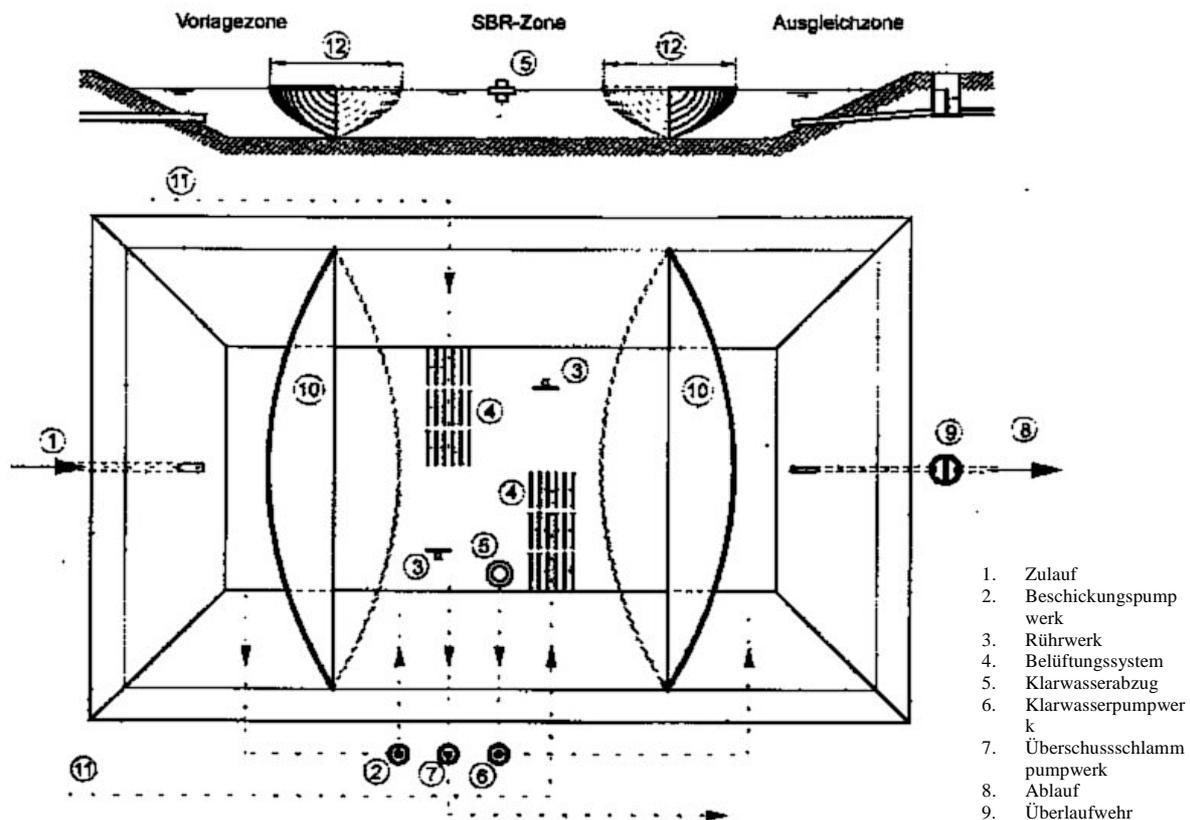


Abb.: 31 Verfahrensschema der CW-SBR-Anlagen [22]

4.10 Belebtschlammanlage in Teichbauweise

In Sachsen-Anhalt sind einige Kläranlagen als sogenannte Belebtschlammanlagen in Teichbauweise in Betrieb. Im Wesentlichen werden die Teichvolumina, die Schlammeindickung und -rückführung, die Belüftung und ggf. die Kreislaufführung des Abwassers wie bei Anlagen in Betonbauweise bemessen.

Belebtschlammanlagen in Teichbauweise sind geeignet, eine weitergehende Nitrifikation, Denitrifikation und Schlammstabilisierung zu realisieren.

Gibt es keine separaten Umwälzeinrichtungen, ist besonders das Belüftungssystem (z. B. Druckbelüftung mittels Belüfterketten bzw. Pendelbelüftern) auf ausreichende Leistungsfähigkeit zu prüfen. Im Unterschied zu belüfteten Abwasserteichen müssen die Belüftungseinrichtungen nicht nur eine ausreichende Sauerstoffversorgung (auch für die Schlammstabilisierung) und Umwälzung des Wasserkörpers gewährleisten, sondern zusätzlich noch die suspendierte Biomasse (Belebtschlamm) als Träger der biologischen Reinigung in Schwebelage halten. Um die Betriebskosten, insbesondere den Energiebedarf für die Belüftung zu mini-

mieren, sollten effektive Belüfter eingesetzt und die O_2 -Eintragsleistung durch die Belüftung optimiert werden.



Abb.: 32 Belebtschlammanlage in Teichbauweise (System BIOLAK)

5. Zusammenfassung

Abwasserteichanlagen zur Reinigung von kommunalem Abwasser sind vor allem in ländlichen Gebieten weit verbreitet und stellen dort auch noch langfristig eine sinnvolle Alternative zu technischen Reinigungsverfahren dar. Dies gilt besonders dann, wenn Abwasser aus Mischkanalisationen behandelt werden muss oder ein saisonal stark schwankender Abwasserzufluss vorliegt.

Unter den Voraussetzungen einer ausreichenden Bemessung, optimierten verfahrenstechnischen Gestaltung, ordnungsgemäßen Bauausführung und eines sachgemäßen Betriebes können mit Abwasserteichanlagen die Anforderungen an den Stand der Technik sicher eingehalten werden.

Sofern Anforderungen an eine weitergehende Nitrifikation gestellt werden, lassen sich diese durch Kombination von Abwasserteichen mit entsprechend optimierten bepflanzten Bodenfiltern oder mit technischen Verfahrensstufen, z. B. Tropfkörper oder Tauchkörper erreichen. Bei Forderung nach P-Eliminierung kommt die Installation einer P-Fällung in Betracht.

Als Bemessungsgrundlagen sollten möglichst die Ergebnisse ortsspezifischer Ermittlungen verwendet werden, da die pauschalierten Standardansätze gemäß den Regelwerken schnell zu Überdimensionierungen führen können. Für das Land Sachsen-Anhalt wird empfohlen, für den häuslichen Schmutzwasseranfall $90 \text{ l}/(\text{E} \cdot \text{d})$ anzusetzen. Bei Anlagen, denen Abwasser aus Trennkanalisationen zufließt, kann der Zuschlag für Fremdwasser mit 25 %, bei Anlagen denen Abwasser aus Mischkanalisationen zufließt mit 50 % angesetzt werden, wenn es sich vorrangig um neue Kanalisationen (Errichtung nach 1990) handelt.

Generelle Aussagen zur Optimierung von Abwasserteichanlagen sind nicht möglich. Es sind in jedem Einzelfall die konkreten Ursachen für unzureichende Reinigungsleistungen bzw. Ablaufwerte zu ermitteln und Optimierungsmaßnahmen unter den konkreten Randbedingungen abzuleiten.

Das größte Optimierungspotential für vorhandene Abwasserteichanlagen steckt, insbesondere auf Grund der häufig anzutreffenden hohen Zulaufkonzentrationen bei sehr geringer einwohnerspezifischer Abwassermenge, in der Verbesserung der hydraulischen Verhältnisse und der Bedingungen für die Entstehung des Biofilms.

Zur fachlichen Vertiefung der in der vorliegenden Fachinformation enthaltenen Empfehlungen wird auf die Literaturstellen hingewiesen.

6. Literatur

- [1] Verordnung über Anforderungen an das Einleiten von Abwasser in Gewässer (AbwV) in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Juni 2004 (BGBl. I Nr. 28 vom 22.06.2004 S. 1108) zuletzt geändert am 14. Oktober 2004 durch Berichtigung der Bekanntmachung zur Neufassung der Abwasserverordnung (BGBl. I Nr. 55 vom 27.10.2004 S. 2625)

- [2] Wassergesetz für das Land Sachsen-Anhalt (WG LSA) in der Fassung der Bekanntmachung vom 12. April 2006 (GVBl.LSA Nr. 15 vom 20.04.2006, S. 248)

- [3] Fachinformation Nr. 2/2006 „Abwasserteichanlagen zur kommunalen Abwasserreinigung (Hinweise zu Planung, Bau, Betrieb und Optimierung)“
www.mu.sachsen-anhalt.de/start/fachbereich02/abwasserbeseitigung/kommunalabwasser/files/abwteich2006.pdf

- [4] BARJENBRUCH, M., ERLER, C., „Abwasserteichanlagen in Sachsen-Anhalt“, Institut für Kulturtechnik und Siedlungswasserwirtschaft, Universität Rostock, 2003,
www.mu.sachsen-anhalt.de/start/fachbereich02/abwasserbeseitigung/kommunalabwasser/main.htm

- [5] BARJENBRUCH, M., ERLER, C., STEINKE, M., „Untersuchungen an Abwasserteichanlagen in Sachsen-Anhalt im Jahr 2003“, Institut für Kulturtechnik und Siedlungswasserwirtschaft, Universität Rostock, 2003,
www.mu.sachsen-anhalt.de/start/fachbereich02/abwasserbeseitigung/kommunalabwasser/main.htm

- [6] BARJENBRUCH, M., ERLER, C., „Untersuchungen an Abwasserteichanlagen in Sachsen-Anhalt im Jahr 2004“, Institut für Kulturtechnik und Siedlungswasserwirtschaft, Universität Rostock, 2004,
www.mu.sachsen-anhalt.de/start/fachbereich02/abwasserbeseitigung/kommunalabwasser/main.htm

- [7] BARJENBRUCH, M., TESCHNER, K., „Untersuchungen an Abwasserteichanlagen im Land Sachsen-Anhalt (2006)“, Institut für Bauingenieurwesen, TU Berlin, 2006
www.mu.sachsen-anhalt.de/start/fachbereich02/abwasserbeseitigung/kommunalabwasser/main.htm
- [8] FRANKE, R. , „Effizienz von Teichkläranlagen in Sachsen-Anhalt – Zustand, Vorschläge, Perspektiven“, Masterarbeit, Hochschule Magdeburg * Stendal (FH), 2003, unveröffentlicht
- [9] DWA-A 201 (2005) „Grundsätze für Bemessung, Bau und Betrieb von Abwasserteichanlagen“, Hennef
- [10] ATV-DVWK-A 198 (2003) „Vereinheitlichung und Herleitung von Bemessungswerten für Abwasseranlagen“, Hennef
- [11] ATV-DVWK A 202 (2004) „Chemisch-physikalische Verfahren zur Elimination von Phosphor aus Abwasser“, Hennef
- [12] ATV-DVWK-A 281 (2001) „Bemessung von Tropfkörpern und Rotationstauchkörpern“
- [13] ATV-DVWK-Arbeitsgruppe KA-6.3 „Tropf- und Tauchkörper“, Arbeitsbericht „Neue Erkenntnisse über Anlagen mit getauchtem Festbett“, Korrespondenz Abwasser 12/02
- [14] DVGW-Arbeitsblatt W 218 „Flockung in der Wasseraufbereitung – Flockentestverfahren“, Bonn
- [15] DIN EN 12255-4 „Kläranlagen - Teil 4“ „Vorklärung“, 2002
- [16] DIN EN 12255-5 „Kläranlagen – Teil 5“ Abwasserbehandlung in Teichen“, 1999
- [17] ATV-Handbuch „Mechanische Abwasserreinigung“, 4. Auflage, Ernst & Sohn Verlag, Berlin, 1997
- [18] ATV-Handbuch „Biologische und weitergehende Abwasserreinigung“, 4. Auflage, Ernst & Sohn Verlag, Berlin, 1997
- [19] BORCHARDT, D., MENHADJ, F., „Empfehlungen für die Errichtung und den Betrieb von belüfteten Teichkläranlagen“, Institut für Gewässerforschung und Gewässerschutz der Universität Gesamthochschule Kassel, 2001,
<http://www.hmulv.hessen.de/imperia/md/content/internet/pdfs/umwelt/wasser>
- [20] LEONHARD, D., UHLMANN, D., „Abwasserteiche – nach wie vor eine Alternative für kleine Anschlussgrößen“, Institut für Siedlungs- und Industrierwasserwirtschaft / TU Dresden, Dresdner Berichte (1997) Band 11, S. 73 – 101

- [21] SCHLEYPEN, P., „Betriebsergebnisse von belüfteten Abwasserteichen in Bayern“, Korrespondenz Abwasser 9/86, S. 810 ff.
- [22] DEDERICHS, A., KOECKRITZ, T., BRINKE-SEIFERTH, S., SEKOULOV, I., „SBR-Technologie für Teichkläranlagen – Das CW-SBR-Verfahren“, Korrespondenz Abwasser 05/03, S. 607 ff.
- [23] BARJENBRUCH, M., ERLER, C., STEINKE, M., „Optimierung von Abwasserteichanlagen“, Institut für Kulturtechnik und Siedlungswasserwirtschaft, Universität Rostock, 2004
- [24] STEINMANN, CH., WEINHART, S., MELZER, A., „Teiche mit Pflanzenfiltern – eine effektive Kombination zur Reinigung von Abwasser“, Korrespondenz Abwasser 10/00, S. 1524 ff.
- [25] EBERS, T., FUCHS, L., KELLER, MAYEN, P., „Vollständig getauchte und belüftete Festbetten zur klassischen und weitergehenden Abwasserreinigung im ländlichen Raum“, WAP, 02/98, S. 42 ff.
- [26] SONNENBURG, R., HUNGEN, „Verfahrensentwicklung zur Nitrifikation und Denitrifikation an einer belüfteten Abwasserteichanlage“, Korrespondenz Abwasser 10/91, S. 1380 ff.
- [27] AquaMats®, www.aquamats.com