



SACHSEN-ANHALT

Landesamt für Umweltschutz

Fachbereich 2
Abfallwirtschaft, Bodenschutz,
Anlagentechnik Wasserwirtschaft

Abwasserteichanlagen zur kommunalen Abwasserreinigung

(Hinweise zu Planung, Bau, Betrieb und Optimierung)



Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Einleitung	2
2. Einführung	3
2.1 Aufbau und Funktion von Abwasserteichanlagen	3
2.1.1 Unbelüftete Abwasserteichanlagen	4
2.1.2 Belüftete Abwasserteichanlagen	4
2.2 Vor- und Nachteile von Abwasserteichanlagen	5
3. Planung von Abwasserteichanlagen	6
3.1 Charakterisierung des Entwässerungsgebietes	6
3.2 Charakterisierung der wasserwirtschaftlichen Verhältnisse, Standortfragen	8
4. Bemessung und verfahrenstechnische Gestaltung von Abwasserteichanlagen	10
4.1 Absetzteiche, Vorklärbecken	12
4.2 Unbelüftete Abwasserteiche	13
4.3 Belüftete Abwasserteiche	13
4.4 Nachklär- und Schönungsteiche	15
5. Bau von Abwasserteichanlagen	15
6. Betrieb, Wartung und Überwachung von Abwasserteichanlagen	17
7. Optimierung von Abwasserteichanlagen	20
7.1 Tiefenprüfung und Verfahrensanalyse	20
7.2 Maßnahmen der Anlagenoptimierung	21
8. Zusammenfassung	25
9. Literatur	26
10. Rechercheergebnisse zu weiterführender Literatur	27

Titelfoto: Abwasserteichanlage Barneberg, dritter belüfteter Teich [8]

1. Einleitung

Abwasserteichanlagen gehören zu den großräumigen, naturnahen Abwasserbehandlungsverfahren. In Deutschland haben sie sich seit vielen Jahrzehnten als wirtschaftliche Lösung der mechanisch-biologischen Reinigung von kommunalem Abwasser bewährt. Insbesondere auf Grund des geringen Bau- und Betriebsaufwandes und der Möglichkeit der Regenwasserbehandlung bei Mischkanalisationen stellen Abwasserteiche auch in der Zukunft eine sinnvolle Alternative der Abwasserreinigung für kleine Gemeinden dar.

In Sachsen-Anhalt werden langfristig etwa 70 Abwasserteichanlagen zur Reinigung von kommunalem Abwasser betrieben. Sie kommen besonders 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. Biofilmreaktoren, Fällung) kombiniert werden.

Die Anforderungen des für häusliches und kommunales Abwasser geltenden Anhangs 1 der AbwV sind für die dem Einsatzbereich von Abwasserteichanlagen entsprechenden Größenklassen in Tabelle 1 dargestellt.

Größenklasse der Abwasserbehandlungsanlagen	Chemischer Sauerstoffbedarf CSB [mg/l]	Biochemischer Sauerstoffbedarf in 5 Tagen BSB ₅ [mg/l]
	Qualifizierte Stichprobe oder 2-Stunden-Mischprobe	
Größenklasse 1 < 60 kg BSB ₅ (roh) / d bzw. < 1.000 E	150 (135) ¹	40 (35) ¹
Größenklasse 2 60 bis 300 kg BSB ₅ (roh) / d bzw. 1.000 bis 5.000 E	110 (95) ¹	25 (20) ¹

¹) gilt für filtrierte Proben

Tab. 1: Anforderungen an das Abwasser für die Einleitungsstelle gemäß Anhang 1 der AbwV

Gemäß Absatz 3 des Anhangs 1 der AbwV gilt, dass bei Abwasserteichanlagen, die für eine Aufenthaltszeit von 24 Stunden und mehr bemessen sind, der CSB und BSB₅ von der algenfreien Probe zu bestimmen sind, wenn die Probe durch Algen deutlich gefärbt ist. In diesem Fall verringern sich die festgelegten Werte beim CSB um 15 mg/l und beim BSB₅ um 5 mg/l. Zur Sicherstellung einer einheitlichen behördlichen Überwachung von Abwasserteichanlagen im Land Sachsen-Anhalt ist mit Erlass des Ministeriums für Landwirtschaft und Umwelt vom 05.06.2003 u. a. festgelegt, dass eine Abwasserprobe innerhalb von 24 Stunden nach der Probenahme mit dem Glasfaserfilter Sorte 6 (z. B. Schleicher & Schüll) gefiltert wird, um eine algenfreie Probe zu erhalten.

Im Rahmen der behördlichen Überwachung festgestellte Defizite hinsichtlich der Einhaltung der Anforderungen des Anhangs 1 der AbwV durch einige Abwasserteichanlagen waren An-

lass, um in den Jahren 2002 bis 2004 Sonderuntersuchungen an ausgewählten Abwasserteichanlagen durchzuführen. In Abstimmung mit den betreffenden Betreibern und Wasserbehörden und mit Unterstützung des Landes wurden von der Uni Rostock 14 und von der FH Magdeburg/Stendal 3 Anlagen einer Tiefenprüfung mit dem Ziel der Ableitung von Empfehlungen zu deren Optimierung unterzogen.

Die in Auswertung der Ergebnisse der behördlichen Überwachung, der Eigenüberwachung und der o. g. Sonderuntersuchungen gewonnenen Erkenntnisse zum Bau und Betrieb und zur Optimierung von Abwasserteichanlagen sind in entsprechenden Ausarbeitungen dargestellt und zum Teil veröffentlicht [8 bis 11].

Auf der Grundlage der Auswertung einschlägiger Fachliteratur und der vorrangig in den vergangenen 4 Jahren im Land Sachsen-Anhalt gesammelten Erfahrungen mit Abwasserteichanlagen, wurde vorliegende Fachinformation erarbeitet. Mit dieser soll Aufgabenträgern der Abwasserbeseitigung, Planern, Behörden und interessierten Bürgern ein Überblick über den Bau, Betrieb und die Optimierung von Abwasserteichanlagen gegeben werden.

2. Einführung

2.1 Aufbau und Funktion von Abwasserteichanlagen

Abwasserteichanlagen bestehen aus mehreren nacheinander geschalteten Abwasserteichen. Diese lassen sich in nachfolgend angeführte Gruppen einteilen.

- **Absetzteiche** werden als mechanische Reinigungsstufe vor unbelüfteten oder belüfteten Abwasserteichen zur Abscheidung der absetzbaren Stoffe des Rohabwassers eingesetzt. Darüber hinaus dienen sie zur Ausfällung des abgesetzten Schlammes und zur Vergleichmäßigung des Zuflusses.
- **Unbelüftete Abwasserteiche**, auch als natürlich belüftete oder fakultative Abwasserteiche bezeichnet, dienen in erster Linie zur biologischen Reinigung (Abbau der organischen Belastung) eines meist in Absetzteichen vorgereinigten Abwassers. Sofern keine Absetzteiche vorgeschaltet sind, dienen unbelüftete Abwasserteiche auch zur mechanischen Reinigung des Rohabwassers und zur Ausfällung des abgesetzten Schlammes.
- **Belüftete Abwasserteiche**, auch als technisch belüftete Abwasserteiche bezeichnet, kommen zur biologischen Reinigung (Abbau der organischen Belastung) von rohem oder mechanisch vorgereinigtem Abwasser zur Anwendung. Durch den Einsatz technischer Belüfter wird der biologische Abbau der organischen Belastung intensiviert.
- **Nachklärteiche**, werden belüfteten Abwasserteichen zur Abtrennung von suspendierten Stoffen und Schwimmstoffen nachgeschaltet.
- **Schönungsteiche** werden zur weiteren Qualitätsverbesserung und zum Konzentrationsausgleich biologisch gereinigten Abwassers nachgeschaltet.

2.1.1 Unbelüftete Abwasserteichanlagen

Die unbelüftete bzw. natürlich belüftete Abwasserteichanlage besteht in der Regel aus einer mechanischen Vorreinigung (Rechen) und einer Kaskade von 2 bis 4 nacheinander geschalteten Abwasserteichen (z. B. Absetzteiche, zwei unbelüftete Abwasserteiche, Schönungsteich). Alternativ zu Absetzteichen können entweder einfache Vorklärbecken bzw. Emscherbrunnen zum Einsatz kommen oder es wird im Einlaufbereich des ersten unbelüfteten Abwasserteiches eine sogenannte Schlammfalle ausgebildet.

Der Abbau der organischen Fracht erfolgt vorrangig durch Mikroorganismen, die sich auf der Sohle und an den Böschungen der Abwasserteiche sowie an der Grenzfläche Wasser / Bodenschlamm ansiedeln (Biofilm). Der Anteil der frei schwebenden Mikroorganismen (Belebtschlammflocken) ist gering. Je nach Belastungs- und Milieubedingungen erfolgt der Abbau der organischen Fracht entweder von aeroben, fakultativ anaeroben oder anaeroben Mikroorganismen. Der Sauerstoffeintrag in die Abwasserteiche erfolgt auf natürliche Weise über die große Wasseroberfläche und durch die Photosyntheseleistung der Algen (biogener Sauerstoffeintrag). Somit ist der Sauerstoffeintrag von klimatischen bzw. meteorologischen Faktoren abhängig. Die obere Wasserschicht ist in der Regel aerob. In tiefen Abwasserteichen können sich an der Sohle anaerobe Bereiche einstellen.

Wegen des hohen spezifischen Flächenbedarfs von mindestens 8 bzw. 10 m²/E werden unbelüftete Abwasserteichanlagen in der Regel nur für Ausbaugrößen unter 1.000 E empfohlen.

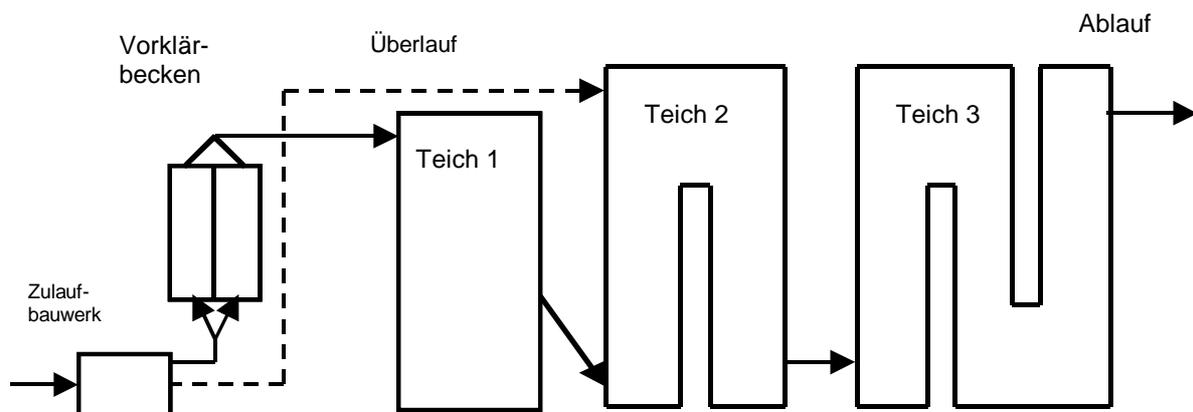


Abb. 1: Vereinfachtes Fließschema einer unbelüfteten bzw. natürlich belüfteten Abwasserteichanlage

2.1.2 Belüftete Abwasserteichanlagen

Die technisch belüftete Abwasserteichanlage besteht in der Regel aus der mechanischen Vorreinigung (Rechen) und einer Kaskade von 2 bis 4 nacheinander geschalteten Abwasserteichen (z. B. Absetzteich, zwei technisch belüftete Teiche, Nachklärteich). Alternativ zum Absetzteich können auch einfache Vorklärbecken bzw. Emscherbrunnen zum Einsatz kommen oder es wird im Einlaufbereich des ersten Abwasserteiches eine sogenannte Schlammfalle ausgebildet. Der Abbau der organischen Fracht erfolgt ebenfalls vorrangig durch die sich an der Grenzfläche Wasser / Bodenschlamm, auf der Sohle und an den Böschungen

der Abwasserteiche ansiedelnden Mikroorganismen (Biofilm) sowie durch frei schwebende Mikroorganismen (Belebtschlammflocken).

Durch den Einsatz technischer Belüftungseinrichtungen kommt es zu einer gleichmäßigeren Durchmischung sowie Sauerstoff- und Temperaturverteilung im Teich und insbesondere zu einer Verbesserung der Kontaktintensität zwischen Biofilm und Abwasser.

Durch die technische Belüftung erhöht sich der Stoffumsatz erheblich, so dass sich die erforderliche Teichfläche gegenüber den unbelüfteten Abwasserteichanlagen erheblich (um etwa 70 - 80 %) vermindert. Belüftete Abwasserteichanlagen sind weitgehend unabhängig von den Schwankungen des natürlichen und biogenen Sauerstoffeintrages. Zudem ist der Sauerstoffeintrag steuerbar, so dass die Reinigungsleistung zu einem gewissen Grad beeinflusst werden kann.

Als Einsatzbereich für technisch belüftete Abwasserteichanlagen werden Ausbaugrößen von etwa 1.000 bis 5.000 E empfohlen.

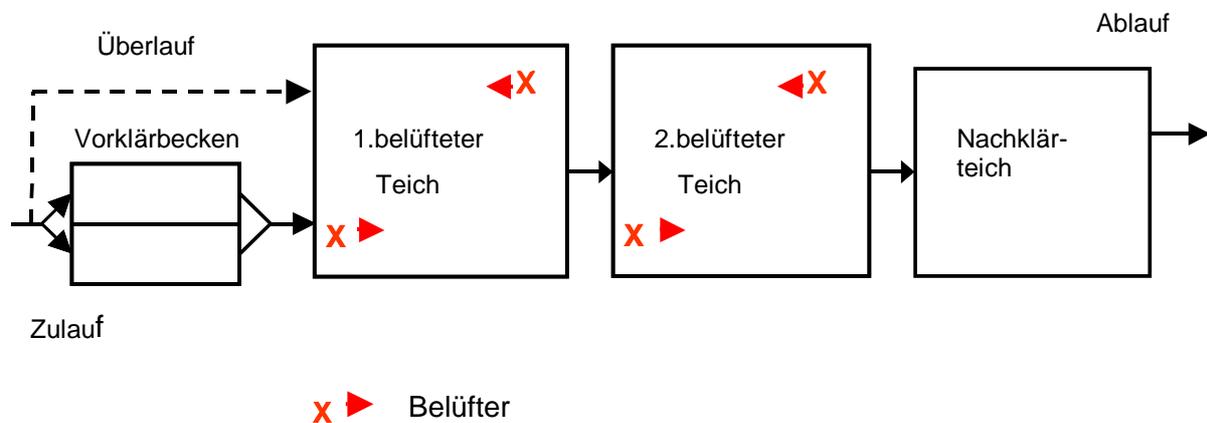


Abb. 2: Vereinfachtes Fließschema einer Abwasserteichanlage mit technischen Belüftungseinrichtungen

2.2 Vor- und Nachteile von Abwasserteichanlagen

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.

Die wesentlichen Vorteile von Abwasserteichanlagen sind:

- großes hydraulisches und schmutzfrachtseitiges Pufferungsvermögen und daher stabile Reinigungsleistung auch bei stark schwankender Abwasserbelastung
- einfache Möglichkeit zur Mischwasserbehandlung

- gute bakteriologische Wirkung
- einfache Bau- und Betriebsweise, bei keiner bzw. nur geringer maschineller Ausstattung
- niedrige Kosten für Wartung und Betrieb
- naturnahe Gestaltung mit weitgehender Anpassung an das Gelände

Die wesentlichen Nachteile von Abwasserteichanlagen sind:

- hoher spezifischer Flächenbedarf
- Beeinflussbarkeit der Reinigungsleistung durch jahreszeitliche bzw. witterungsbedingte Veränderungen
- Einfluss von Temperatur und Wind auf Durchströmung der Teiche
- Risiko von Geruchsbelästigungen in warmer Jahreszeit, vor allem bei unzureichender Schlammräumung
- Steuerung der Reinigungsleistung bei unbelüfteten Abwasserteichanlagen nicht möglich
- Massenentwicklung von Algen und ihr eventuelles Abtreiben in das Gewässer

3. Planung von Abwasserteichanlagen

Wesentliche Grundlagen für die Planung von Abwasseranlagen stellen die Abwasserbeseitigungskonzepte der Aufgabenträger (§ 151 Absatz 4 WG LSA) und die gemäß § 153 WG LSA zu erstellenden Abwasserbeseitigungspläne dar. Weitergehende Hinweise zur Planung von Abwasseranlagen bzw. kleinen Kläranlagen sind u. a. im Arbeitsblatt ATV-A 200 „Grundsätze für die Abwasserentsorgung in ländlich strukturierten Gebieten“ und im Arbeitsblatt ATV-DVWK-A 198 „Vereinheitlichung und Herleitung von Bemessungswerten für Abwasseranlagen“ enthalten.

3.1 Charakterisierung des Entwässerungsgebietes

Grundsätzlich sind die für die Planung einer Kläranlage erforderlichen Entwässerungsgebietsdaten sowohl für den Ist-Stand, als auch für die Prognose zu ermitteln. Ausgehend von den nachfolgend angeführten im Land Sachsen-Anhalt häufig anzutreffenden Verhältnissen, sollte bei der Planung möglichst auf vorhandenes bzw. zu erhebendes Datenmaterial bezüglich des betreffenden Entwässerungsgebietes zurückgegriffen werden. Der Ansatz pauschaler Kennziffern sollte möglichst vermieden werden. Prognosen oder Sicherheitsreserven sollten kritisch hinterfragt werden.

Insbesondere die ländlichen Gebiete Sachsen-Anhalts sind gekennzeichnet durch:

- Rückgang der Einwohnerzahlen
- sehr niedriger Trinkwasserverbrauch, nur etwa 50 bis 75 l/(E * d)
- niedrige mittlere Jahresniederschlagshöhen (häufig nur etwa 60 % gegenüber anderen Bundesländern)
- vergleichsweise neue Kanalisationssysteme (Errichtung häufig erst nach 1990)
- dezentrale Niederschlagswasserbeseitigung, Entwicklung modifizierter Misch- oder Trennkanalisationen

In Auswertung der Ergebnisse der Eigenüberwachung der Jahre 2003 und 2004 ist in nachfolgenden Abbildungen der Abwasser- und Schmutzwasserzufluss in kommunale Kläranlagen der Größenklassen 1 und 2 des Anhangs 1 der AbwV charakterisiert. Trotz einer großen Schwankungsbreite der gemessenen CSB-Zulaufkonzentrationen, was durch verschiedene Einflussfaktoren begründet ist (z. B. Art des Kanalisationssystems, gewerblich-industrielle Indirekteinleiter, Fremdenverkehrseinrichtungen, geringe Anzahl von Messwerten, Tageszeit der Probenahme), bestätigen die Abbildungen 3 und 4 die obige Charakterisierung der Verhältnisse in den ländlichen Gebieten Sachsen-Anhalts.

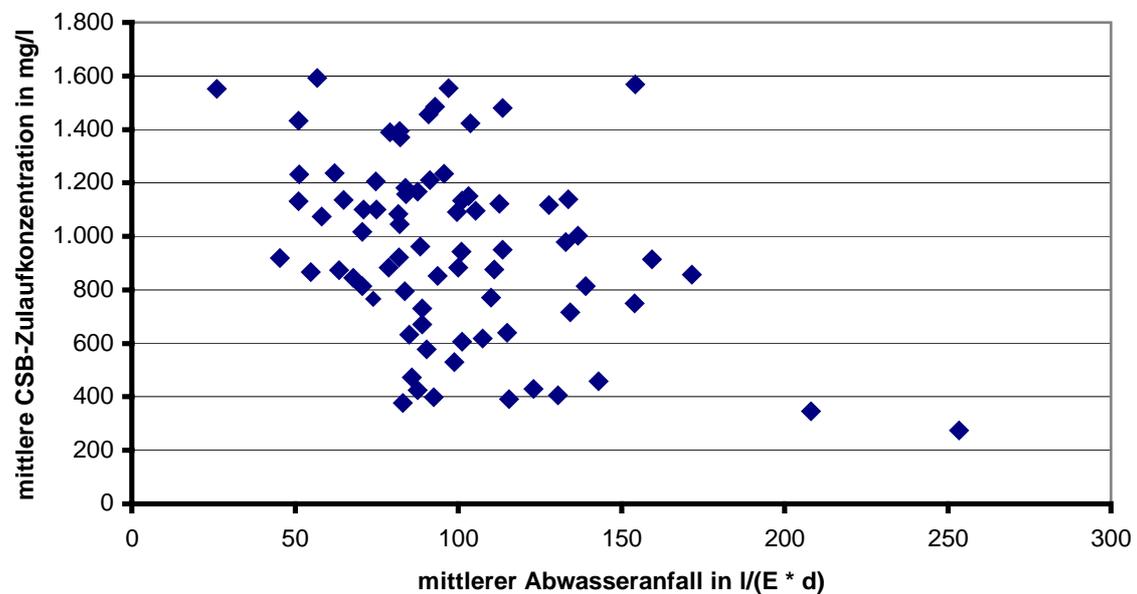


Abb.: 3 Mittlere CSB-Zulaufkonzentration als Funktion des mittleren Abwasserzuflusses für Kläranlagen mit einer Ausbaugröße von 100 bis 5.000 E (N = 76)

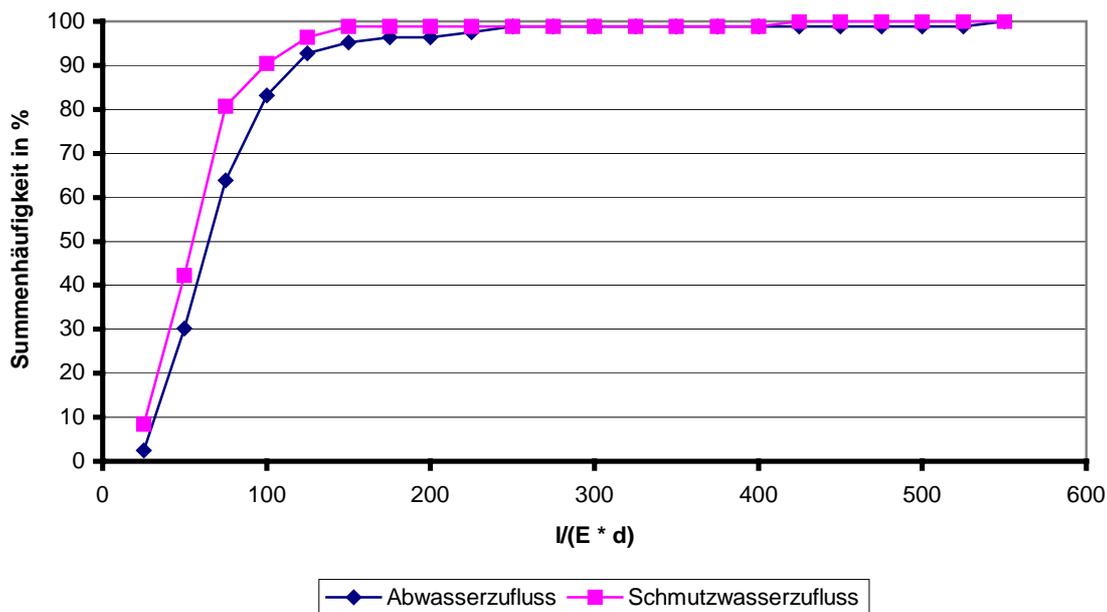


Abb.: 4 Summenhäufigkeit des spezifischen Abwasser- und Schmutzwasserzuflusses in Kläranlagen mit einer Ausbaugröße von 100 bis 5.000 E (N = 83)

Der in den Abbildungen 3 und 4 dargestellte Schmutz- bzw. Abwasserzufluss in kleine Kläranlagen wurde auch im Rahmen der in den Jahren 2002 bis 2004 durchgeführten Sonderuntersuchungen an Abwasserteichanlagen [8 bis 11] festgestellt. Für den Trockenwetterzufluss wurden häufig unter 90 l/(E * d) ermittelt. Die mittleren CSB-Zulaufkonzentrationen erreichten dabei häufig Werte von mehr als 1.000 mg/l, wobei die mittlere einwohnerspezifische CSB-Zulaufkraft oft deutlich unter 120 g/(E * d) lag.

Der Trinkwasserverbrauch in den ländlichen Gebieten Sachsen-Anhalts liegt derzeit im Bereich von 50 bis 75 l/(E * d).

Auf Grund dieser Bedingungen werden an die Reinigungsleistung von Abwasserteichen in Sachsen-Anhalt, besonders wenn diese das Abwasser aus Trennsystemen behandeln, sehr hohe Anforderungen gestellt. Je höher die Zulaufkonzentrationen sind, desto wichtiger ist eine verfahrenstechnische Optimierung der Abwasserteichanlagen.

3.2 Charakterisierung der wasserwirtschaftlichen Verhältnisse, Standortfragen

Bei der Entscheidung über den Standort einer Kläranlage bzw. der Wahl des Reinigungsverfahrens, gilt es eine Vielzahl überörtlicher und örtlicher Bedingungen zu berücksichtigen.

Von maßgeblicher Bedeutung für die Erstellung eines ökologisch vertretbaren und ökonomisch realisierbaren Konzeptes, sind insbesondere die Merkmale des Entwässerungsgebietes, die wassergütwirtschaftliche Situation und ggf. vorliegende Nutzungsbeschränkungen und -verbote (z. B. in Wasserschutzgebieten, Naturschutzgebieten).

Zieht man die Errichtung einer Kläranlage, z. B. einer Abwasserteichanlage, zur Reinigung des kommunalen Abwassers in Betracht, sind neben den o. g. noch weitere wasserwirtschaftliche Verhältnisse und Standortkriterien zu berücksichtigen.

- **Topographie**
- **Möglichkeiten der Erschließung (Straßen, Wege, Strom, Wasser)**
- **Baugrundverhältnisse**
 Die Baugrundverhältnisse sind u. a. im Hinblick auf die Notwendigkeit von Dichtungsmaßnahmen zu untersuchen. Hierzu wird auf die DIN 18127 „Baugrund - Untersuchung von Bodenproben – Proctorversuch“ und die DIN 18130-1 „Baugrund – Untersuchung von Bodenproben; Bestimmung des Wasserdurchlässigkeitsbeiwerts – Teil 1: Laborversuche“ verwiesen. Gemäß DIN EN 12255-5, Abschnitt 5.4.2. ist vor Inbetriebnahme der Anlage die Wasserdichtheit nachzuweisen.
- **Grundwasserverhältnisse**
 Sowohl für die Bauphase als auch für den späteren Betrieb der Abwasserteichanlage sind die örtlichen Grundwasserverhältnisse zu erfassen und zu bewerten. Hierzu können u. a. eine Auswertung vorhandener Ergebnisse von Wasserstandsmessungen, die Durchführung von Stichtagsmessungen, die Erstellung von Grundwassergleichenplänen, die Ermittlung mittlerer Grundwasserfließzeiten sowie der Grundwasserbeschaffenheit erforderlich sein. Darüber hinaus ist ggf. eine Ermittlung der Grundwasserüberdeckung sowie die Beurteilung der Grundwassergeschützttheit notwendig.
 Die abwassertechnischen Anlagen sollten möglichst nicht den Grundwasserbereich schneiden. Ist dies nicht zu vermeiden, darf der Grundwasserspiegel nicht über dem Teichwasserspiegel bei Trockenwetter liegen. Liegen derartige Verhältnisse vor, ist bei der Schlammentnahme der aktuelle Grundwasserspiegel zu berücksichtigen. Vorhandene Brunnen sollten erhalten bleiben, um diese für eine später notwendig werdende Grundwasserabsenkung zu nutzen. Auf die Betriebssicherheit dieser Brunnen ist besonders zu achten.
- **Hochwassersicherheit**
 Die Funktion von Abwasseranlagen ist auch bei Hochwasserereignissen zu gewährleisten. Insofern sind für abwassertechnische Anlagen, die in hochwassergefährdeten Gebieten liegen Hochwasserschutzkonzepte, welche u. a. einen Maßnahmenplan und einen Gefahrenabwehrplan enthalten müssen, zu erstellen.
- **Möglichkeiten der Klärschlammentsorgung**
- **Abstand zur Bebauung und die Art der Bebauung**
 Gemäß DIN EN 12255-5 sind Abwasserteichanlagen mindestens 200 m von der Wohnbebauung entfernt zu errichten, wenn Geruchsbelästigungen möglich sind. Hinsichtlich der Ermittlung des Potentials der Geruchsbelästigung wird auf das ATV-M 204 „Stand und Anwendung der Emissionsminderungstechnik bei Kläranlagen - Gerüche, Aerosole –“, hingewiesen.

- **Hauptwindrichtung**

Abwasserteichanlagen in windgeschützten Lagen zu errichten, ist nicht erforderlich. Der positive Effekt des verbesserten Sauerstoffeintrages über die Wasseroberfläche bei Wind überwiegt. Durch Optimierung des Durchströmungsverhaltens der Abwasserteiche (z. B. Leitdämme, Leitwände) kann windinduzierten hydraulischen Problemen, z. B. Kurzschlussströmungen, entgegengewirkt werden.

4. Bemessung und verfahrenstechnische Gestaltung von Abwasserteichanlagen

Gemäß § 154 WG LSA sind Abwasseranlagen so zu errichten und zu betreiben, dass die Anforderungen an das Einleiten von Abwasser, insbesondere nach § 13, eingehalten werden. Im übrigen gelten für Errichtung und Betrieb von Abwasseranlagen die allgemein anerkannten Regeln der Technik (a.a.R.d.T.).

Eine wichtige, jedoch nicht die einzige Erkenntnisquelle für den fachgerechten Bau und Betrieb von Abwasseranlagen stellen Normen und technische Regelwerke dar. Grundsätze für den Bau und Betrieb von Abwasserteichanlagen sind u. a. enthalten in der DIN EN 12255-5 „Abwasserbehandlung in Teichen“ (1999) und dem DWA-Arbeitsblatt 201 „Grundsätze für Bemessung, Bau und Betrieb von Abwasserteichanlagen“ (2005).

Bei der Bemessung von Abwasserteichanlagen sind je nach Konfiguration Anlagen zur Vorklärung (Rechen), zur Vorklärung (Absetzanlagen), zur biologischen Reinigung (unbelüftete oder belüftete Abwasserteiche) und zur Nachbehandlung (Nachklärteiche, Schönungsteiche) zu berücksichtigen.

Abwasserteich	Bemessungsparameter	Wert
Absetzteiche	spezifisches Volumen V_{EW} Wassertiefe h Durchflusszeit t_R bei Trockenwetter	$\geq 0,5 \text{ m}^3/\text{E}$ $\geq 1,5 \text{ m}$ $\geq 1 \text{ d}$
Unbelüftete Abwasserteiche	spezifische Oberfläche A_{EW} - Anlage ohne vorgeschalteten Absetzteich - Anlage mit vorgeschaltetem Absetzteich - bei Mitbehandlung von Regenwasser $A_{EW, Mi}$ - für teilweise nitrifizierten Ablauf Wassertiefe h	$\geq 10 \text{ m}^2/\text{E}$ $\geq 8 \text{ m}^2/\text{E}$ Zuschlag von $5 \text{ m}^2/\text{E}$ $\geq 15 \text{ m}^2/\text{E}$ $\approx 1,0 \text{ m}$
Belüftete Abwasserteiche	Raumbelastung $B_{R, BSB}$ oder Flächenbelastung $B_{A, BSB}$ Wassertiefe h Sauerstoffverbrauch $OV_{C, BSB}$ Leistungsdichte P_R Durchflusszeit t_R bei Trockenwetter	$\leq 25 \text{ g}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ $B_A = B_R \cdot h$ in $\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ $1,5 \text{ bis } 3,5 \text{ m}$ $\geq 1,5 \text{ kg}/\text{kg}$ $1 \text{ bis } 3 \text{ W}/\text{m}^3$ $\geq 5 \text{ d}$

Nachklärteiche	Mindestgröße Wassertiefe h Durchflusszeit t_R bei Maximaldurchfluss	20 m ² ≥ 1,2 m ≥ 1 d
Schönungsteiche	Wassertiefe h Durchflusszeit t_R - bei Trockenwetter	1 bis 2 m 1 bis 2 d

Tab.: 2 Wesentliche Bemessungswerte nach DWA-A 201 [5]

Unter Berücksichtigung der im Abschnitt 3.1 erläuterten Belastungsdaten wird, sofern keine genaueren ortsspezifischen Werte bekannt sind, vorgeschlagen, für den häuslichen Schmutzwasseranfall $90 \text{ l}/(\text{E} \cdot \text{d})$ anzusetzen. Bei Anlagen, denen Abwasser aus Trennkana- lisationen zufließt kann der Zuschlag für Fremdwasser mit 25 %, bei Anlagen denen Abwas- ser aus Mischkanalisationen zufließt mit 50 % angesetzt werden, wenn es sich vorrangig um neue Kanalisationen (Errichtung nach 1990) handelt.

Nach DWA-A 201 sollte das ermittelte Gesamtvolumen auf mehrere Einzelteiche, die nach- einander durchströmt werden, aufgeteilt werden. Unter Berücksichtigung funktionaler Anfor- derungen, insbesondere bei Absetzteichen und belüfteten Abwasserteichen, sind günstige hydraulische Verhältnisse, bei gleichzeitiger Schaffung einer möglichst großen Aufwuchsflä- che für den Biofilm, durch größere Längen-Breitenverhältnisse der Abwasserteiche zu errei- chen. Zusätzlich können die hydraulischen Verhältnisse großer Abwasserteiche durch Leit- dämme oder Leitwände verbessert werden (Abbildung 5). Die Teichgeometrie sollte keine scharfen Ecken aufweisen. Bei möglichst vollständiger Ausnutzung bzw. Durchströmung der Teichvolumina sollte eine Annäherung an die sogenannte Pfropfenströmung angestrebt wer- den.



Abb.: 5 unbelüfteter Abwasserteich der Anlage Mahlsdorf [10]

Es wird empfohlen, Abwasserteichanlagen mit einer mechanischen Vorreinigung auszustat- ten. Hierfür kommen z. B. eine Rechenanlage mit Stababstand $< 8 \text{ mm}$ und je nach örtlichen Verhältnissen, in der Regel bei Mischwasserkanalisationen, ein Sandfang in Betracht.

Bei der Planung von Abwasserteichanlagen ist insbesondere die Möglichkeit der Schlamm-entnahme aus den einzelnen Abwasserteichen zu berücksichtigen.

Abwasserteichanlagen sind gut zur Mitbehandlung des in Mischkanalisationen abgeleiteten Niederschlagswassers geeignet, da das erforderliche Regenrückhaltevolumen mit geringem Aufwand realisiert werden kann. Unbelüfteten Abwasserteichanlagen kann, sofern entsprechend ausgebaut, der gesamte Mischwasserzufluss zugeleitet werden. Bei belüfteten Abwasserteichanlagen geht dies in der Regel nicht.

Ist der erste Teich ein kleinvolumiger Absetzteich, sollte ihm zur Vermeidung von Aufwirbelungen und zu kurzen Verweilzeiten maximal der kritische Mischwasserzufluss zugeleitet werden. Das vorgeschaltete Entlastungsbauwerk wirkt dann als Regenüberlauf. Wird der an einem Regen- und/oder Beckenüberlauf entlastete Mischwasseranteil nicht einem Gewässer sondern nachgeschalteten Abwasserteichen zugeleitet, sind Maßnahmen zur Vermeidung von Schlammaufwirbelungen in diesen Abwasserteichen erforderlich. Wegen der Gefahr der Verschlechterung der Ablaufqualität durch Stoßbelastungen sollte dem letzten Abwasserteich kein entlastetes Mischwasser zugeleitet werden.

Bei Kostenvergleichsrechnungen alternativer Abwasserbehandlungsverfahren muss die Möglichkeit der Bereitstellung von Rückhaltevolumina in Abwasserteichanlagen zur Mitbehandlung von Niederschlagswasser berücksichtigt werden.

4.1 Absetzteiche, Vorklärbecken

Abwasserteichanlagen sollten generell mit einer Vorklärung ausgestattet werden, um die nachfolgenden Anlagen zu entlasten und eine einfachere, kostengünstigere Schlammräumung zu gewährleisten. Anforderungen zum Bau und Betrieb von Vorklärbecken enthält die DIN EN 12255-4 „Vorklärung“. Absetzteiche werden in der DIN EN 12255-5 behandelt. Anforderungen hinsichtlich der Stabilisierung des in Ausfallbecken abgesetzten Schlammes sind in der DIN EN 12255-8 „Schlammbehandlung und –lagerung“ enthalten.

Anlagen zur Vorklärung des Abwassers sollten generell auf zwei parallele Einheiten aufgeteilt werden, so dass die Schlammräumung wechselweise erfolgen kann. Um eine Kaltfaulung des abgesetzten Schlammes zu ermöglichen sind entsprechende Schlammsammelräume zu dimensionieren. Bei Absetzteichen ist der erforderliche Schlammraum in der Bemessungsgröße von $\geq 0,5 \text{ m}^3/\text{E}$ enthalten. Die Ausbildung der Vorklärung muss insbesondere eine schnelle Beruhigung des zufließenden Abwassers (z. B. durch Tauchwand, Prallwand oder Prallkasten), eine stabile und ruhige Durchströmung und eine Zurückhaltung von Schwimmschlamm (Tauchwand am Ablauf) gewährleisten.

Bei Absetzteichen 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.

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 h nicht unterschritten wird.

4.2 Unbelüftete Abwasserteiche

Bei unbelüfteten Abwasserteichanlagen sollte das nach DWA-A 201 ermittelte Gesamtvolumen auf mindestens drei etwa gleichgroße Einzelteiche oder bei Vorschaltung einer mechanischen Vorklärung auf mindestens zwei etwa gleichgroße Einzelteiche aufgeteilt werden.

Auf Grund des geringen einwohnerspezifischen Abwasseranfalls (Abschnitt 3.1) ergeben sich für unbelüftete Abwasserteiche häufig sehr hohe Durchflusszeiten bzw. geringe hydraulische Belastungen. Insbesondere bei diesen Verhältnissen ist es erforderlich, Maßnahmen zur Optimierung der Durchströmung und Durchmischung des Teichvolumens umzusetzen. Höhenverstellbare Tauchwände im Ablaufbereich bieten sich an, um durch Temperaturschichtungen bedingte Kurzschlussströmungen zu vermindern [13]. Darüber hinaus dienen Tauchwände im Ablaufbereich auch zur Vermeidung von Algenabtrieb.

Bei sehr geringer hydraulischer Belastung sollte die Teichtiefe weniger als 1 m betragen, da dadurch die Durchmischung des Wasserkörpers begünstigt wird. In Abbildung 6 ist das Durchströmungsverhalten in einem unbelüfteten Abwasserteich charakterisiert.

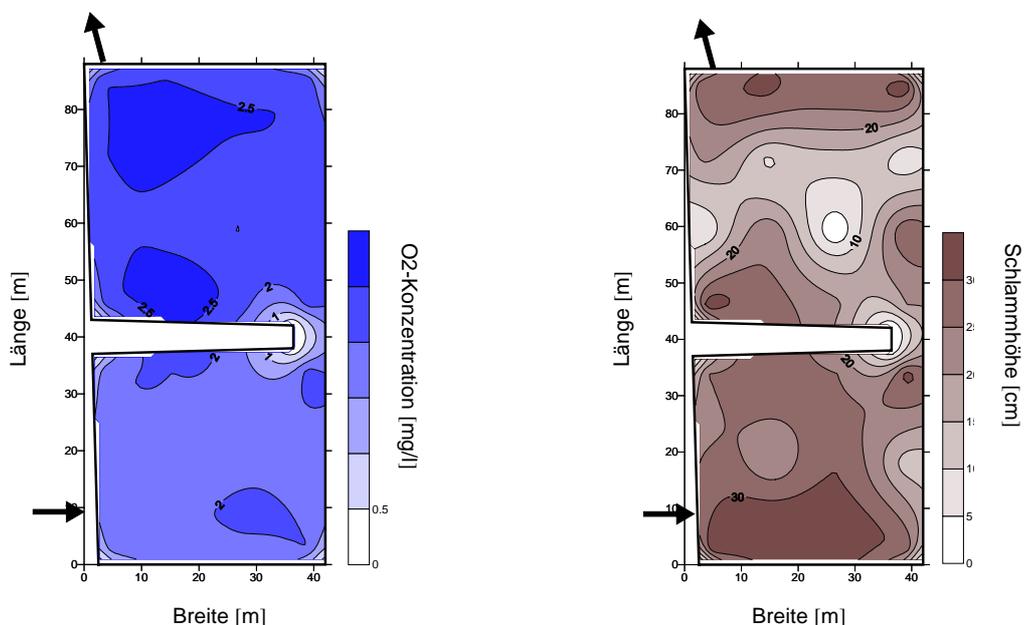


Abb.: 6 Charakterisierung der Durchströmung in einem unbelüfteten Abwasserteich anhand der Sauerstoffverteilung (links) und der Schlammhöhen (rechts) [10]

4.3 Belüftete Abwasserteiche

Bei 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. Neben der ausreichenden Bemessung der Belüfterleistung ist hierfür insbesondere die Abstimmung der hydraulischen Wirkung des Belüftungssystems (jedes Belüftungssystem erzeugt ein eigenes Strömungsbild) auf die Teichform und die Ausrichtung der Belüfter maßgebend.

Der Bildung hydraulischer Totzonen (Bereiche mit geringer Durchströmung und damit geringem Anteil am biologischen Abbau der Schmutzfracht) und Kurzschlussströmungen kann

darüber hinaus durch die Anordnung des Zu- und Ablaufes (möglichst diagonal und weit voneinander entfernt) und durch den Einbau von Leitdämmen oder Leitwänden entgegenwirkt werden. Belüfter sind so zu installieren, dass in der Nähe des Ablaufes zum Nachklärteich keine Schlammaufwirbelungen entstehen.

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. Nachfolgend sind die Sauerstoffverteilung und die Strömungsgeschwindigkeit in einem belüfteten Abwasserteich dargestellt. Man sieht insgesamt zufriedenstellende Bedingungen, lediglich unterhalb des Ablaufes aus dem Abwasserteich stellt sich ein Bereich mit einer geringeren Durchströmung dar.

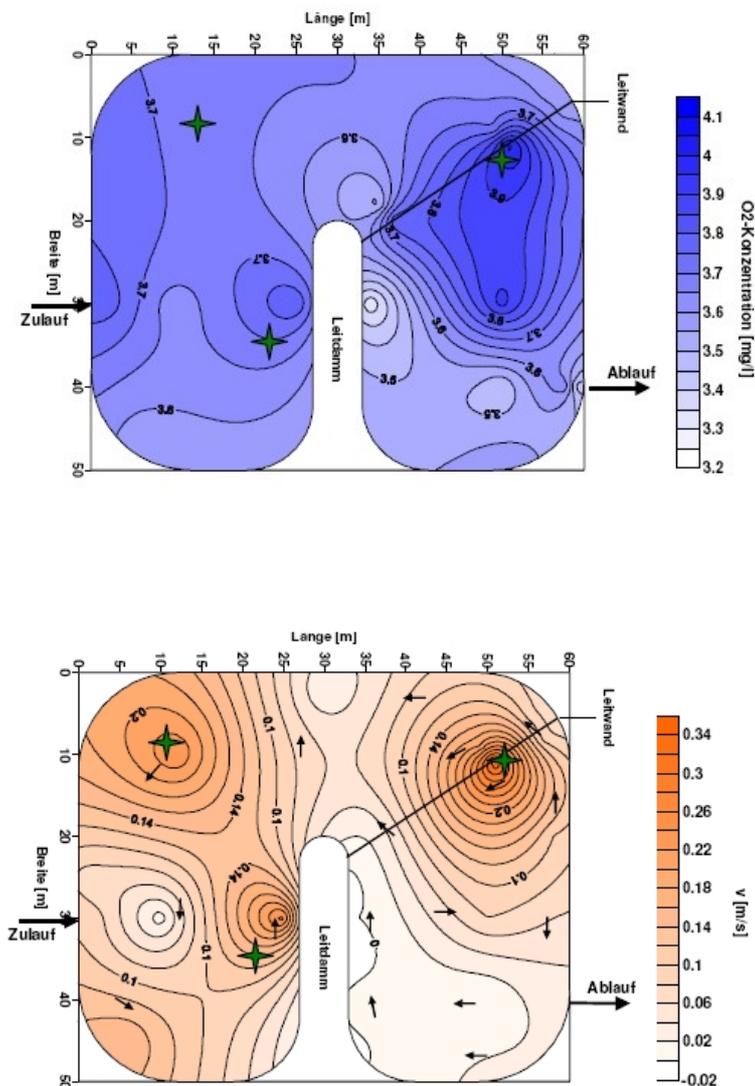


Abb.: 7 Sauerstoffverteilung (oben) und Verteilung der Strömungsgeschwindigkeit (unten) in einem belüfteten Abwasserteich [9]

4.4 Nachklär- und Schönungsteiche

Nachklärteiche werden belüfteten Abwasserteichen nachgeschaltet. Sie dienen in erster Linie dazu, die aus dem belüfteten Abwasserteich mit dem Abwasser ausgetragenen suspendierten Stoffe (Schlammflocken) durch Sedimentation abzutrennen. Nachklärteiche werden für eine Mindestaufenthaltszeit von einem Tag bei Maximaldurchfluss, zuzüglich dem Volumenanteil für die Schlammstorage bemessen [5]. Eine Mindestwassertiefe von 0,9 m über dem Schlamm Spiegel ist im laufenden Betrieb einzuhalten.

Schönungsteiche dienen zur Vergleichmäßigung, zur weiteren Reduzierung der suspendierten Stoffe und zur Verbesserung der hygienischen und ästhetischen Eigenschaften des Abwassers.

Auch bei Schönungs- und Nachklärteichen ist eine vollständige Durchströmung des gesamten Teichvolumens durch eine langgestreckte Teichgeometrie und ggf. durch den Einbau von Prall- und Leitwänden bzw. Leitdämmen anzustreben.

Der Massenentwicklung von Algen in Nachklär- und Schönungsteichen kann entgegengewirkt werden, indem eine mittlere Durchflusszeit kleiner als zwei Tage angestrebt wird. Dies kann z. B. durch Absenkung des Zu- und Ablaufes eines Teiches oder durch die Fahrweise mit einem höheren Schlamm Spiegel erreicht werden. Zur Rückhaltung von Schwimmstoffen, Schwebstoffen und Algen sollten im Bereich des Auslaufes Tauchwände und/oder bepflanzte Filterdämme angeordnet werden.



Abb.: 8 Schönungsteich der belüfteten Abwasserteichanlage Warnstedt [9]

5. Bau von Abwasserteichanlagen

Abwasserteichanlagen werden in Erdbauweise angelegt. Unter Berücksichtigung der Vorgaben aus der Bemessung kann der Grundriss der Abwasserteiche weitgehend frei gestaltet und damit gut in das Landschaftsbild eingepasst werden.

Hinweise zu Anforderungen an die Dichtheit von Abwasserteichanlagen und zu ggf. erforderlichen Dichtungsmaßnahmen geben u. a. das DWA-A 201 und die DIN EN 12255-5.

Danach gilt, dass bei einem anstehenden Boden (Mächtigkeit mindestens 30 cm) mit einem Durchlässigkeitsbeiwert $\geq 10^{-8}$ m/s Dichtungsmaßnahmen erforderlich sind. Lediglich bei Schönungsteichen sind Dichtungsmaßnahmen erst bei Böden mit einem Durchlässigkeitsbeiwert $\geq 10^{-7}$ m/s notwendig.

Bei der Auswahl von Dichtungsmaßnahmen ist die Beanspruchung der Materialien durch die Schlammernahme und durch technische Belüftungseinrichtungen zu berücksichtigen.

Zur Abdichtung von Abwasserteichen kommen außer Beton und Asphalt in Frage:

- Deckschichten aus bindigem Bodenmaterial (Durchlässigkeitsbeiwert $< 10^{-8}$ m/s)
- Bentonitmatten (Schichtdicke mindestens 30 cm)
- Kunststofffolien mit mindestens 3 mm Dicke (lichtundurchlässig, abriebfest, UV-beständig)

Bei ordnungsgemäßer Abdichtung der Abwasserteiche kann es nur zeitweise, bei entsprechenden klimatischen Verhältnissen, dazu kommen, dass kein Abfluss aus der Abwasserteichanlage erfolgt.

In nachfolgenden Abbildungen ist die flächenspezifische hydraulische Beaufschlagung (Monatsmittel) einer nach DWA-A 201 bemessenen unbelüfteten Abwasserteichanlage dargestellt. Der Standort liegt im Regenschatten des Harzes und ist durch eine sehr niedrige mittlere Jahresniederschlagshöhe (30-jähriges Mittel) gekennzeichnet. Die mittlere monatliche Verdunstungshöhe ist mittels klimatischer Wasserbilanz von freien Wasserflächen (vereinfachtes Kombinationsverfahren nach RICHTER) ermittelt.

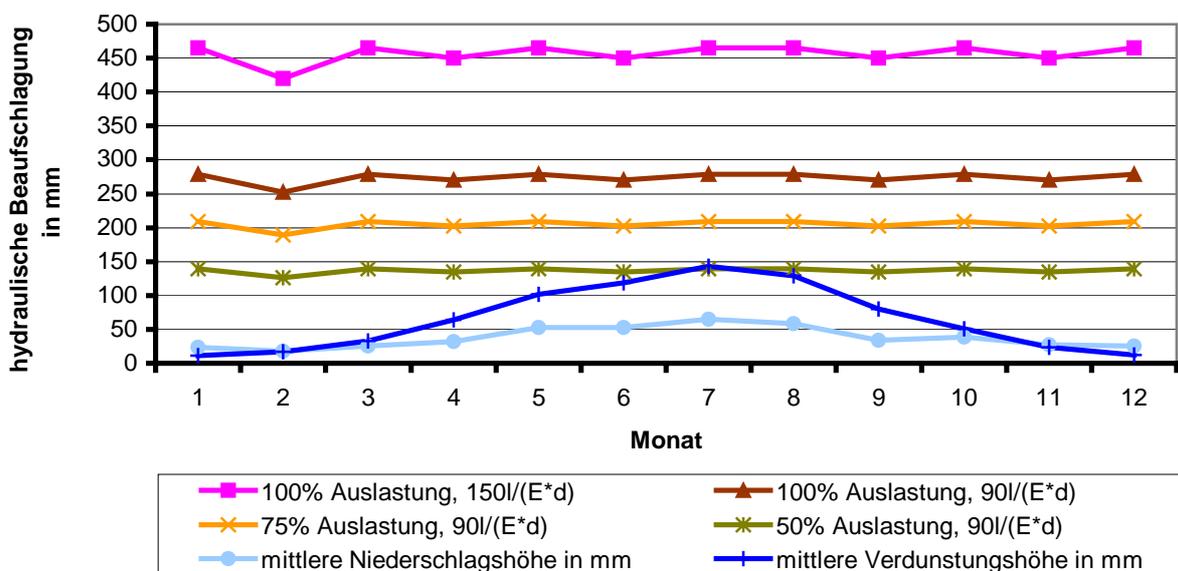


Abb.: 9 Hydraulische Beaufschlagung einer nach DWA-A 201 bemessenen unbelüfteten Abwasserteichanlage

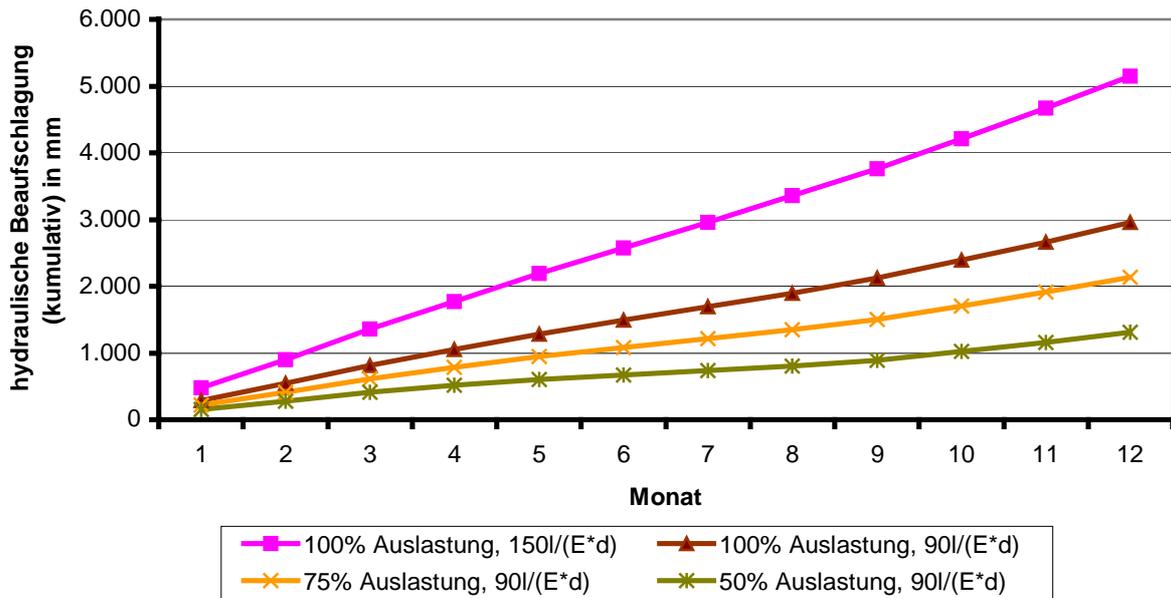


Abb.: 10 Hydraulische Beaufschlagung einer nach DWA-A 201 bemessenen unbelüfteten Abwasserteichanlage unter Berücksichtigung von Niederschlag und Verdunstung (kumulativ)

Im Ergebnis der Sonderuntersuchungen im Land Sachsen-Anhalt wird empfohlen, möglichst natürliche (z. B. Lehmdecken) oder naturnahe (z. B. Geotextilien) Dichtungssysteme zu verwenden, die die Entstehung von Biofilmen begünstigen.

Zur Verbesserung der Immobilisierung von Biomasse können auch zusätzlich Aufwuchsflächen (z. B. UV-beständige Kunststoffmatten oder -gewebe, Geotextilien, Lehmdecken) in Abwasserteiche, gegen Auftrieb oder Abrutsch gesichert, eingebracht werden. Teichböschungen sollten generell zum Schutz gegen Abrutsch befestigt werden (z. B. Rasengitter). Bei belüfteten Abwasserteichen sollten zusätzliche Befestigungen an der Teichsohle im Bereich der Belüfter vorgenommen werden, um Materialverlagerungen zu unterbinden.

6. Betrieb, Wartung und Überwachung von Abwasserteichanlagen

In der vom Planer an den Betreiber einer Abwasserteichanlage zu übergebenden Betriebs- bzw. Bedienungsanleitung sind alle für einen ordnungsgemäßen Betrieb und die Wartung erforderlichen Arbeiten darzustellen. Dies betrifft besonders die Technologie der Schlamm-entnahme aus den einzelnen Abwasserteichen.

Der Wartungsaufwand für Abwasserteichanlagen ist sehr gering. Um einen ordnungsgemäßen Betrieb zu gewährleisten sind mindestens nachfolgende Arbeiten erforderlich.

- Die Zu- und Abläufe der Abwasserteiche, Drosseleinrichtungen, Kanäle und die Anlagen zur Vorreinigung (Rechen, Sandfang) sind regelmäßig auf Funktion zu kontrollieren und ggf. von Grobstoffen zu befreien. Ebenso sind die Probeentnahmestellen frei von Verunreinigungen und störendem Bewuchs zu halten.

- Schwimmstoffe auf Absetzteichen sind regelmäßig zu entfernen.
- Sickerdämme sollten regelmäßig hinsichtlich einer gleichmäßigen Durchströmung überprüft werden. Ggf. sind sie zu reinigen oder durch Austausch des Substrates zu sanieren.
- Abwasserteiche sind regelmäßig, entsprechend den Vorgaben des DWA-A 201, zu entschlammern. Der Schlamm Spiegel und die Höhe der Schlamm Schicht sollte mehrmals im Jahr gemessen werden. Dabei ist zu beachten, dass auf Grund der hydraulischen Verhältnisse Schlammansammlungen in den Abwasserteichen auftreten können, die eine häufigere Schlamm entnahme erforderlich machen. Erfolgt die Schlamm entnahme nicht rechtzeitig, kann dies zur Beeinträchtigung der Reinigungsleistung und zu Geruchsbelästigungen führen. Dies gilt insbesondere für Vorklärbecken und Absetzteiche. Es wird auf die Kalkulation der Kosten für die Klärschlamm entnahme und -entsorgung als Betriebskosten hingewiesen.
- Mindestens einmal im Jahr, vorzugsweise im Herbst, sollten landschaftspflegerische Maßnahmen, z. B. Mahd der Böschungen, durchgeführt werden. Dabei ist darauf zu achten, dass das Mahdgut nicht in den Abwasserteich gelangt. Schäden an Böschungen (durch Erosion oder Grabaktivitäten von Tieren) können durch Schmutzeintrag zu einer zusätzlichen Belastung der Abwasserteichanlage führen. Zur Erhaltung der Bauwerke sind Schäden zu beheben und Böschungen bei Bedarf zusätzlich zu sichern (z. B. durch Rasengittersteine).
- Um eine Massenentwicklung bereits im Anfangsstadium zu verhindern sollten Wasserlinsen, welche beim Absterben eine Reeutrophierung des Abwasserteiches verursachen können, rechtzeitig entfernt werden. Vor allem in Nachklär- und Schönungsteichen kann es zur Bildung von Wasserlinsen kommen. Bei einer flächenhaften Bedeckung der Wasseroberfläche wird der natürliche Sauerstoffeintrag beeinträchtigt und die Sonneneinstrahlung vermindert. Hierdurch können anaerobe Verhältnisse und Rücklöseprozesse entstehen, was zu einer Verringerung der Reinigungsleistung führt. Darüber hinaus kommt es zu einer Sekundärbelastung mit organischen Substanzen. Wasserpflanzen sollten am Ende der Vegetationsperiode entfernt werden.
- Die technischen Belüfter sollten regelmäßig auf Funktion überprüft werden. Durch Messung der Sauerstoffverteilung im Abwasserteich bzw. Anbringen einer Messsonde an der Stelle im Teich mit der wahrscheinlich geringsten O₂-Konzentration (Stellen starker O₂-Zehrung in tieferem Wasser und nicht in unmittelbarer Belüfternähe) kann kontrolliert werden, ob ein ausreichender Sauerstoffeintrag sichergestellt ist.

Nachfolgende Abbildung zeigt die Verringerung des Sauerstoffgehaltes im Abwasser nach der Passage von Sickerdämmen und dokumentiert die Notwendigkeit Sickerdämme hinsichtlich einer gleichmäßigen Durchströmung zu überprüfen und ggf. zu reinigen oder durch Austausch des Substrates zu sanieren.

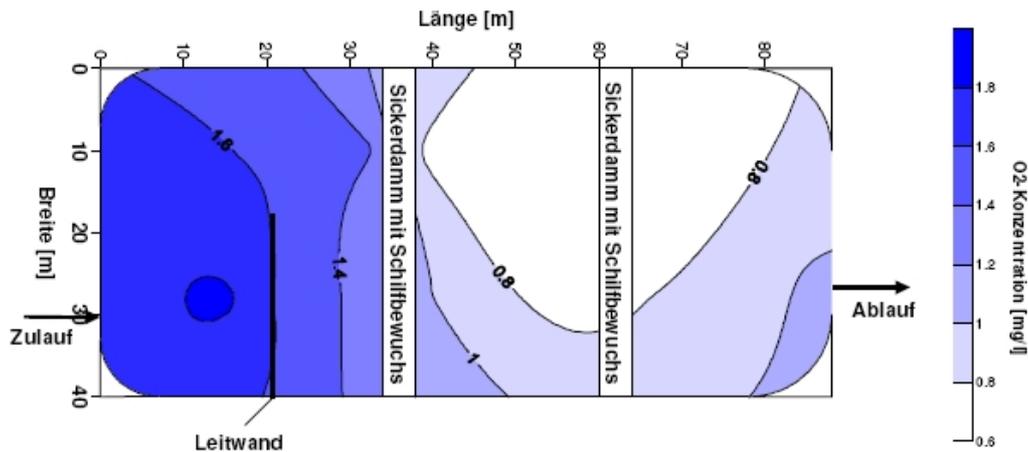


Abb.: 11 Sauerstoffverteilung in einem Schönungsteich mit Sickerdämmen [9]

Die Eigenüberwachung von Abwasseranlagen hat mindestens entsprechend der Eigenüberwachungsverordnung des Landes Sachsen-Anhalt (EigÜVO LSA) zu erfolgen. In ihr sind Anforderungen an die Probenahme, Analytik und Dokumentation der Eigenüberwachungsergebnisse sowie Mitteilungspflichten gegenüber der Wasserbehörde und der Umfang der Eigenüberwachung (Funktionskontrollen, Beprobung) geregelt. Die wesentlichen Anforderungen an die Art und Häufigkeit der vom Betreiber einer Abwasserteichanlage vorzunehmenden Beprobung sind in nachfolgender Übersicht dargestellt. Sofern zusätzliche Verfahren (z. B. Festbetten, Fällung) zum Einsatz kommen, sind entsprechend weitere Untersuchungen erforderlich.

Ort der Untersuchung / Anlagenteil	Kontrollparameter	Unbelüftete Abwasserteichanlagen	Belüftete Abwasserteichanlagen	
			größer als 50 bis 999 E	1000 bis 5000 E
Ablauf Kläranlage	Abwasserdurchfluss	wöchentlich	wöchentlich	werktäglich
Zulauf Kläranlage	Abwassertemperatur	wöchentlich	wöchentlich	werktäglich
	pH-Wert	wöchentlich	wöchentlich	werktäglich
	BSB ₅	2 mal im Jahr	2 mal im Jahr	quartalsweise
Biologische Stufe	absetzbare Stoffe		monatlich	wöchentlich
	CSB oder TOC			quartalsweise
	Sauerstoffgehalt		wöchentlich	werktäglich
Ablauf Kläranlage	pH-Wert	wöchentlich	wöchentlich	wöchentlich
	CSB oder TOC	quartalsweise	quartalsweise	monatlich
	BSB ₅	quartalsweise	quartalsweise	monatlich
	NH ₄ -N	quartalsweise	quartalsweise	monatlich
	NO ₂ -N		quartalsweise	monatlich
	NO ₃ -N		quartalsweise	monatlich
	Nges, anorg.		quartalsweise	monatlich
	Pges	quartalsweise	quartalsweise	monatlich

Tab.: 3 Art und Häufigkeit der Beprobung von Abwasserteichanlagen (Mindestumfang gemäß EigÜVO LSA)

7. Optimierung von Abwasserteichanlagen

7.1 Tiefenprüfung und Verfahrensanalyse

Untersuchungen zur Optimierung von Abwasserteichanlagen bedürfen grundsätzlich nachfolgender Vorarbeiten:

- Auswertung der Ergebnisse der Eigenüberwachung und ggf. häufigere und gezielte Untersuchung des Abwasserzuflusses zur Kläranlage beim zeitweisen Auftreten hoher Zulaufkonzentrationen zur Ermittlung der Ursachen.
- Charakterisierung des Einzugsgebietes der Kläranlage (z. B. angeschlossene Siedlungsgebiete bzw. Einwohner, Art und Menge des Abwassers von gewerblich-industriellen Indirekteinleitern, Kanalisation)
- Ermittlung des Belastungszustandes und der Auslastung der Kläranlage bzw. der einzelnen Reinigungsstufen

Je nach örtlichen Randbedingungen und den auf der Abwasserteichanlage aufgetretenen Problemen können des weiteren nachfolgende Untersuchungen notwendig sein:

- Ermittlung der Reinigungsleistung und Funktionstüchtigkeit der mechanischen Vorreinigung und Vorklärung und Charakterisierung des Abwasserzulaufs zur biologischen Stufe
- Ermittlung von Belastungsgrößen (z. B. BSB₅-Raumbelastung) in den einzelnen Reinigungsstufen
- Ermittlung der Reinigungsleistung der einzelnen Reinigungsstufen für die jeweils betreffenden Parameter (z. B. CSB, BSB₅)
- Erfassung des Windeinflusses (z. B. Beobachtungen mittels Schwimmkörper)
- Häufigere Durchführung von Schlammspiegelmessungen und Messungen der Dicke der Schlammsschicht in den einzelnen Teichen, auch in der Fläche, um eine rechtzeitige Schlammräumung zu gewährleisten und ggf. um Bereiche mit ungenügender Durchmischung feststellen zu können
- Rastermessungen zur Ermittlung der O₂-Verteilung (Eine Sauerstoffkonzentration von ≥ 2 mg/l ist ausreichend für einen guten aeroben Stoffabbau. Werte von $< 0,3$ mg/l weisen auf nahezu anaerobe Verhältnisse hin.), der Strömungscharakteristik und der Temperaturverteilung
- Untersuchungen zum Durchströmungsverhalten bzw. zur Verweilzeitverteilung in den einzelnen Reinigungsstufen durch Tracerversuche (Dem zufließenden Abwasser wird ein Markierungsstoff zugegeben. Im Ablauf des betreffenden Abwasserteiches oder

der Anlage wird die Konzentration dieses Stoffes als Funktion der Zeit gemessen. Tracerversuche sollten unbedingt mit der betreffenden Wasserbehörde abgestimmt werden.)

7.2 Maßnahmen der Anlagenoptimierung

Die unter Verwendung der Ergebnisse der behördlichen Überwachung und der Eigenüberwachung von Abwasserteichanlagen (2001 bis 2004) durchgeführte statistische Auswertung hat ergeben, dass die Ablaufwerte der an Mischkanalisationen angeschlossenen Anlagen im Mittel besser ausfallen, als die, die an Trennkanalisationen angeschlossen sind. Des Weiteren wurden sowohl bezüglich der Kohlenstoffeliminierung als auch der Nährstoffeliminierung mit unbelüfteten Abwasserteichanlagen bessere Ablaufwerte erreicht als mit belüfteten Anlagen. Während unbelüftete Abwasserteichanlagen eher das Problem der Einhaltung des BSB₅-Überwachungswertes hatten, bestand bei belüfteten Abwasserteichanlagen eher das Problem der Einhaltung des CSB-Überwachungswertes.

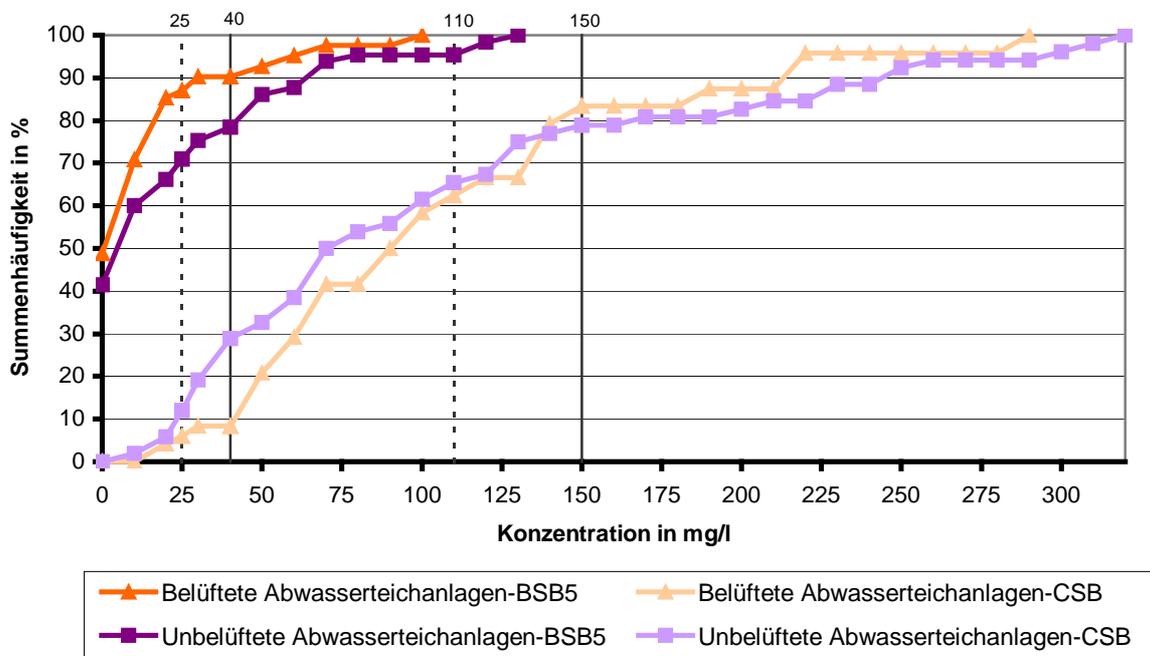


Abb.: 12 Summenhäufigkeit der CSB und BSB₅-Ablaufwerte von unbelüfteten und belüfteten Abwasserteichanlagen, Ergebnisse der behördlichen Überwachung 2004 (Anhang 1 der AbwV: GK 1 - CSB = 150 mg/l und BSB₅ = 40 mg/l; GK 2 - CSB = 110 mg/l und BSB₅ = 25 mg/l)

Die Analyse der CSB- und BSB₅-Ablaufwerte in Abhängigkeit von der jeweils vorhandenen Flächen- und Raumbelastung der Abwasserteiche hat für die untersuchten Anlagen keinen signifikanten Zusammenhang ergeben [8 bis 10]. Dieser dürfte erst im Rahmen umfangreicherer Untersuchungen unter Einbeziehung optimierter bzw. ordnungsgemäß betriebener und damit vergleichbarer Abwasserteichanlagen und unter Verwendung von Zu- und Ablaufwerten, welche mittels einheitlicher Probenahme- und Analyseverfahren ermittelt wurden, sichtbar werden.

Es wird damit deutlich, dass neben der jeweiligen Belastungssituation einer Abwasserteichanlage besonders auch die verfahrenstechnische Gestaltung sowie der Betrieb und die Wartung einen maßgeblichen Einfluss auf die erreichbaren Ablaufwerte haben.

Generelle Aussagen zur Optimierung einer Abwasserteichanlage 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.

Die Zulaufkonzentrationen zu den Abwasserteichanlagen sind in den neuen Bundesländern, so auch in Sachsen-Anhalt, im Vergleich zu den alten Bundesländern und zu den Standardannahmen der ATV für Rohabwasser deutlich höher. Ursache hierfür ist der in den neuen Bundesländern erheblich geringere Wasserverbrauch und der oft geringere Fremdwassereintritt, der auf den umfangreichen Neubau und die Sanierung von Kanalisationen zurückzuführen ist. Damit begründen sich zum Teil, auch bei Anlagen mit vergleichbarer Reinigungsleistung, die in den neuen Bundesländern im Kläranlagenablauf tendenziell höheren Konzentrationswerte. Jedoch liegt die je Einwohnerwert und Tag aus Abwasserteichanlagen in das Gewässer eingetragene Fracht in Sachsen-Anhalt im Vergleich zu anderen Bundesländern in der gleichen Größenordnung [11].

Eine weitere Ursache für im Vergleich zu anderen Bundesländern tendenziell höhere Konzentrationen im Ablauf von Abwasserteichanlagen liegt darin, dass im Land Sachsen-Anhalt nicht generell der CSB und BSB₅ von der filtrierten Probe bestimmt werden.

Des Weiteren können Mängel in der hydraulischen Funktion einer Abwasserteichanlage, infolge der oft anzutreffenden Zulaufcharakteristik (hohe Konzentrationen bei niedrigem einwohnerspezifischen Abwasseranfall), eher zu höheren bzw. ungenügenden Ablaufkonzentrationen führen. Dies betrifft z. B. Auswirkungen möglicher Kurzschlussströmungen oder zu langer Verweilzeiten in Nachklär- oder Schönungsteichen.

Mögliche Maßnahmen zur Optimierung von Abwasserteichanlagen:

- **Maßnahmen in der Kanalisation**, z. B. Verringerung von Fehlanschlüssen, Sanierung von Kanaltrassen, Bau von Entlastungsanlagen, Abkopplung von Flächen
- **Nachrüstung einer mechanischen Vorreinigung und/oder Vorklärung** zur Entlastung der biologischen Reinigungsstufe oder ggf. Vorschaltung einer biologischen Hochlaststufe
- **Neuausrichtung der Wasserpegel** bzw. der Zu- und Abläufe, so dass ein Rücklauf bzw. Rückstau in den vorherigen Abwasserteich vermieden wird, ggf. auch zur Verringerung der Durchlaufzeiten in Nachklär- und Schönungsteichen
- **Einbau von Prallwänden, Leit- und Tauchwänden oder Leitdämmen** zur Verbesserung der Durchströmung und Ausnutzung des vorhandenen Teichvolumens
- **Bessere Ausrichtung, Austausch oder Steuerung der Belüfter**
Die Belüftungseinrichtungen müssen so ausgerichtet sein, dass mit der vorhandenen Leistung möglichst der gesamte Wasserkörper in die hydraulische Durchmischung einbezogen wird. Gegebenenfalls sind ergänzende Umwälzeinrichtungen zur Ver-

meidung des „Teetasseneffektes“ einzubauen. Überlagerungseffekte und Ruhezonen sollten ausgeschlossen werden.

Um eine ausreichende Sauerstoffversorgung möglichst 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 zeitabhängig gesteuerter Belüftung auf belastungsabhängig gesteuerte Belüftung umzustellen. In nachfolgender Abbildung ist zu erkennen, dass ein beträchtlicher Teil des Abwasserteiches nicht ausreichend umgewälzt wird und dass es in diesem Bereich zu erhöhten Schlammablagerungen kommt.

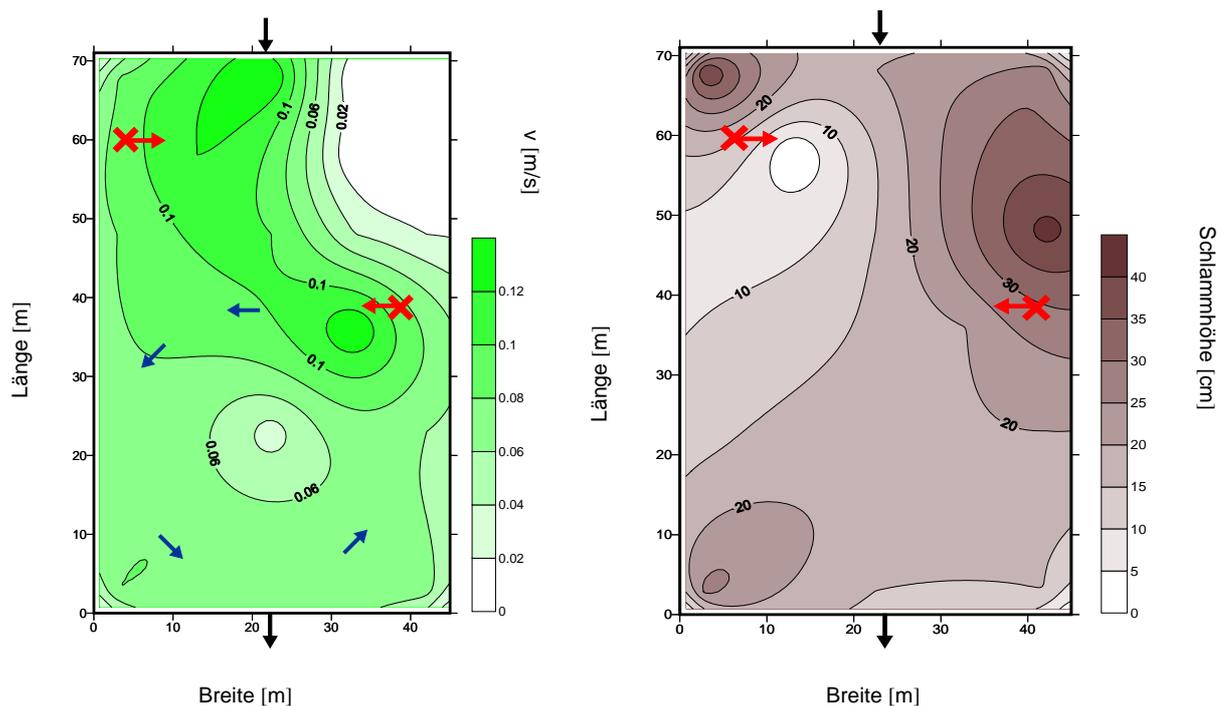


Abb.: 13 Durchströmung eines belüfteten Teiches, Darstellung der Fließgeschwindigkeit (links) und der Schlammhöhe (rechts) [10]

- **Nachrüstung einer P-Fällung (CSB-Reduzierung)**

Die Zudosierung von Fällmitteln in Abwasserteichanlagen bewirkt sowohl eine Verringerung der Pges-Ablaufkonzentration als auch eine Verringerung der organischen Belastung des Ablaufes, da bei der Phosphatfällung suspendierte Feststoffe mit ausgeflockt werden. Dies spiegelt sich positiv in der Verringerung der BSB₅- und CSB-Ablaufkonzentrationen wider. Die jeweils erforderliche Menge des betreffenden Fällmittels sollte optimiert werden.

Die Zugabe des Fällmittels muss so erfolgen, dass es zu einer möglichst intensiven Vermischung mit dem Abwasser kommt (z. B. Mischbecken, Zulaufleitung).

Erfolgt die Zugabe des Fällmittels (z. B. Fe-(III)-Chlorid) im Zulauf vor der mechanischen Vorklärung (Absetzteiche, Vorklärbecken) spricht man von einer Vorfällung. Der Fällschlamm kann sich dann schon in der mechanischen Vorklärung absetzen.

Alternativ kann das Fällmittel auch der biologischen Stufe zugegeben werden (Simultanfällung).

Die P-Vorfällung kommt insbesondere bei überlasteten Anlagen als Übergangslösung in Betracht.

Zur Bestimmung der Wirksamkeit von Fällmitteln und damit der erforderlichen relativen phosphatspezifischen Fällmittelmenge (β in mol ME / mol P) in Abhängigkeit vom eingesetzten Fällmittel und der angestrebten Pges- und/oder CSB-Eliminierung wird der „Jar-Test“ angewendet. Im Rahmen der Sonderuntersuchungen durch die Uni Rostock [8] wurde der Jar-Test mit den Fällmitteln Polyaluminiumchlorid (PAX18) und Eisen-(III)-chlorid unter Verwendung von Rohabwasser aus zwei ausgewählten Abwasserteichanlagen durchgeführt. Die Ergebnisse belegen, dass durch den Einsatz von Fällmitteln eine erhebliche Reduzierung der organischen Belastung des Abwassers erreicht werden kann.

Bei der zum Erreichen einer Pges-Ablaufkonzentration von 4 mg/l zum Einsatz kommenden Fällmittelmenge (PAX18) konnte eine Verringerung der CSB-Konzentration um etwa 50 % festgestellt werden. Wenn die P-Fällung gleichzeitig auch der anteiligen CSB- bzw. BSB₅-Eliminierung zur Entlastung der biologischen Stufe dienen soll, sollte die zu dosierende Fällmittelmenge schrittweise durch Optimierung ermittelt werden. Dabei sind besonders die Vorrangigkeit der Auslastung der biologischen Stufe, der erhöhte Schlammfall und die geringere erforderliche Belüfterleistung zu beachten. Weiterhin sollte der Restphosphorgehalt nach der Vorfällung mindestens noch 1,5 bis 2,5 mg/l betragen, so dass der in der biologischen Stufe zum BSB₅-Abbau notwendige Phosphor in ausreichender Menge zur Verfügung steht. Die erforderliche relative phosphatspezifische Fällmittelmenge ist auf Grund der besseren Löslichkeit im relevanten pH-Bereich für PAX18 (Polyaluminiumchlorid) geringer als für Eisen-(III)-chlorid. Die Wirksamkeit von PAX18 ist sowohl hinsichtlich der P- als auch der BSB₅- und CSB-Eliminierung besser als die von Eisen-(III)-chlorid.

- **Einbau zusätzlicher Aufwuchsflächen** zur Immobilisierung von Biomasse, insbesondere bei foliengedichteten Abwasserteichen
- **Einbau eines Rücklaufsystems** bei hohen Zulaufkonzentrationen (Abwasser aus dem Nachklärteich wird mit dem Verhältnis 1:1 in den Zulauf geleitet und mit dem Rohabwasser wieder dem Reinigungsprozess zugeführt.)
- **Kombination mit technischen Verfahren**, insbesondere mit Biofilmverfahren (Tropfkörper, Tauchkörper) zur Verbesserung der Reinigungsleistung, ggf. auch zur Einhaltung von Anforderungen an eine weitergehende Nitrifikation und/oder Nährstoffeliminierung
Hinweise zur Bemessung und verfahrenstechnischen Gestaltung solcher Verfahrenskombinationen geben das ATV-DVWK-A 281 und der Arbeitsbericht „Neue Erkenntnisse über Anlagen mit getauchten Festbetten“ der Arbeitsgruppe KA-6.3 „Tropf- und Tauchkörper“ (KA 12/2002).
- **Nachschtaltung eines Kies- , Sandfilters oder eines bepflanzt vertikal durchströmten Bodenfilters** oder Umbau eines nicht bzw. kaum zur Verbesserung der Reinigungsleistung beitragenden letzten unbelüfteten Abwasserteiches oder des

Schönungsteiches in einen solchen (betrifft Abwasserteichanlagen mit 3 und mehr Teichstufen)

- **Umbau und Betrieb der Abwasserteichanlage in eine Aufstauanlage**, wobei zu prüfen ist, ob der diskontinuierliche Abwasseranfall dem Einleitungsgewässer zugemutet werden kann
- **Umbau einer unbelüfteten Abwasserteichanlage in eine technisch belüftete Anlage**, unter Berücksichtigung der Anpassung der Belüfter an die Teichgeometrie

8. 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.

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 und/oder Nährstoffeliminierung gestellt werden, lassen sich diese durch Kombination von Abwasserteichen mit technischen Verfahrensstufen, z. B. Tropfkörper oder Tauchkörper, bzw. durch die Installation einer P-Fällung erreichen.

Als Bemessungsgrundlagen sollten möglichst die Ergebnisse ortsspezifischer Ermittlungen verwendet werden, da die pauschalierten Standardansätze gemäß der Regelwerke 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.

Neben den in der vorliegenden Fachinformation enthaltenen Empfehlungen wird hinsichtlich einer fachlichen Vertiefung insbesondere auf die Literaturstellen 8 bis 11 hingewiesen.

9. 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 21. April 1998 (GVBl. LSA Nr. 15 vom 24.04.1998, S. 186), zuletzt geändert durch das Vierte Gesetz zur Änderung des Wassergesetzes für das Land Sachsen-Anhalt vom 15.04.2005 (GVBl. LSA S. 208)
- [3] Eigenüberwachungsverordnung (EigÜVO) vom 1. Juli 1999 (GVBl. LSA Nr. 22 vom 06.07.1999, S. 182), zuletzt geändert am 12. Januar 2004 durch Berichtigung der Verordnung zur Änderung der Eigenüberwachungsverordnung (GVBl. LSA Nr. 6 vom 20.01.2004, S. 45)
- [4] DIN EN 12255-5 „Kläranlagen – Teil 5: Abwasserbehandlung in Teichen“, 1999
- [5] ATV-DVWK-A 198 (2003): Vereinheitlichung und Herleitung von Bemessungswerten für Abwasseranlagen; Hennef
- [6] Arbeitsblatt DWA-A 201 „Grundsätze für Bemessung, Bau und Betrieb von Abwasserteichanlagen“, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., (DWA), 2005
- [7] ATV-Handbuch „Biologische und weitergehende Abwasserreinigung“, 4. Auflage, Ernst & Sohn Verlag, Berlin, 1997
- [8] 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
- [9] 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
- [10] 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

- [11] FRANKE, R. , „Effizienz von Teichkläranlagen in Sachsen-Anhalt – Zustand, Vorschläge, Perspektiven“, Masterarbeit, Hochschule Magdeburg * Stendal (FH), 2003, unveröffentlicht
- [12] 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>
- [13] LEONHARD, D., UHLMANN, D., „Abwasserteiche – nach wie vor eine Alternative für kleine Anschlussgrößen“, Institut für Siedlungs- und Industriewasserwirtschaft / TU Dresden, Dresdner Berichte (1997) Band 11, S. 73 – 101

10. Rechercheergebnisse zu weiterführender Literatur

Ergebnisse einer Literaturrecherche zu Abwasserteichanlagen (deutschsprachige Veröffentlichungen ab 1980)

- „Biologie der Abwasserreinigung“
Mudrack, K. ; Kunst, S.
5. vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage - Heidelberg, Berlin , Spektrum Akademischer Verlag, 2003. 205 Seiten
- „Gestaltung von Abwasserbehandlungsanlagen im ländlichen Raum“
Siegl, A. ; Bruch, I. ; Mühl, M.
Abschlussbericht Projekt A 5.29 Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) 1996/97
Ministerium für Umwelt, Energie und Verkehr des Saarlandes , Saarbrücken, April 1998
- „Mikrobiologische Untersuchungen zur seuchenhygienischen Bewertung naturnaher Abwasserbehandlungsanlagen“
Hagendorf, U. u.a.
KA - Abwasser, Abfall 5/2004 S. 500-510
- „Naturnahe Abwasserbehandlungsverfahren im Leistungsvergleich, Pflanzenkläranlagen und Abwasserteiche“ 9. Wassertechnisches Seminar
Verein zur Förderung des Instituts f. Wasserversorgung, Abwasserbeseitigung u. Raumplanung der TH Darmstadt, WAR-Schriftenreihe 26/1986
- „Nitrifikation in Abwasserteichanlagen“
Hessisches Landesamt f. Umwelt
Wiesbaden 3/85, Abwasser-Report Nr. 3
- „Abwasserklärteiche - belüftet“, Informationsveranstaltung der Abwassertechnischen Vereinigung
Schriftenreihe des Niedersächsischen Städte- und Gemeindebundes, Heft 6 1984

- „Belüftete Abwasserteichanlagen“
KA Korrespondenz Abwasser 04/1984 S. 313
- „Abwasserteiche im ländlichen Raum“
Hoffmann, A.
KA Korrespondenz Abwasser 06/1983 S. 423
- „Naturnahe Abwasserbehandlungsverfahren im Leistungsvergleich“
Keding, M.
KA Korrespondenz Abwasser 02/1986 S. 82
- „Unbelüftete Abwasserteiche haben sich bewährt; Informationsveranstaltung der ATV-Landesgruppe Nord in Gifhorn“
Liersch, K.-M.
KA Korrespondenz Abwasser 09/1983 S. 650
- „Untersuchungen zur Entwicklung einer neuartigen Verfahrenskombination zur Reinigung kommunaler Abwässer auf der Basis belüfteter Abwasserteiche durch Vorschaltung einer hochbelasteten technischen Stufe“
Jochims, T.
RWTH Aachen, 1987 (Gewässerschutz - Wasser - Abwasser, Band 93)
- „Belüftete Abwasserteiche - Bericht über Erfahrungen aus Niedersachsen“
Brauch, R. ; Neumann, H.
Berichte der ATV, 1985, Band 35 S. 725
- „Arbeitsblatt ATV-A 257 - Grundsätze für die Bemessung von Abwasserteichen und zwischengeschalteten Tropf- oder Tauchkörpern“
ATV-Regelwerk Abwasser-Abfall, Oktober 1989
- „Abwasserklärteiche unbelüftet – belüftet“
Schriftenreihe der Kommunalen Umwelt-Aktion U.A.N. Heft 4
U.A.N. Rathaus-Service, Hannover 1990
- „Naturnahe Abwasserbehandlungsverfahren“
Landesamt für Wasser und Abfall Nordrhein-Westfalen
LWA-Materialien Nr. 05/1987
- „Abwasserbehandlung in Abwasserteichen“
Weller, G.
Landesgruppentagungen 1983, Berichte der ATV Heft 35
- „Unbelüftete Abwasserteiche - Darstellung der naturwissenschaftlichen Verfahrensgrundlagen und Bericht über Erfahrungen aus Niedersachsen“
Neumann, H.
Landesgruppentagungen 1983, Berichte der ATV Heft 35

- „Das technische Konzept der Abwasserklärteiche im Landkreis Gifhorn“
Steuer, F.-W.
Landesgruppentagungen 1983, Berichte der ATV Heft 35
- „Abwasserteiche – nach wie vor eine Alternative für kleine Anschlussgrößen“
Leonhard, D. ; Uhlmann, D.
Institut für Siedlungs- und Industrieressourcenwirtschaft / TU Dresden
Dresdner Berichte (1997) Band 11, S. 73
- „Anforderungen an die Abwasserreinigung in unbelüfteten Abwasserklärteichen“
Hulsch
Landesgruppentagungen 1983, Berichte der ATV Heft 35
- „Hinweise zum Genehmigungsverfahren von Teichkläranlagen“
Reinke, H.
Landesgruppentagungen 1985, Berichte der ATV Heft 36
- „Betriebserfahrungen mit belüfteten Abwasserteichen -dargestellt am Beispiel der Anlagen Lamstedt und Wingst „
Wortmeyer, G.
Landesgruppentagungen 1985, Berichte der ATV Heft 36
- „Die Mitbehandlung von Fäkalschlämmen in Abwasserteichen – Erfahrungen aus Schleswig-Holstein“
Voss, K.
Landesgruppentagungen 1985, Berichte der ATV Heft 36
- „Belüftete Abwasserteiche - Verfahrenstechnische Unterschiede bei Einsatz verschiedener Belüftungssysteme“
Vogt, M.
KA Korrespondenz Abwasser 01/1986 S. 40
- „Erfahrungen mit belüfteten Abwasserteichen“
Spies, P. ; Muskat, J.
KA Korrespondenz Abwasser 02/1986 S. 142
- „Betriebsergebnisse von belüfteten Abwasserteichen in Bayern“
Schleypen, P.
KA Korrespondenz Abwasser 09/1986 S. 810
- „Erfahrungen mit unbelüfteten Abwasserteichen im Landkreis Gifhorn“
Schürg, R.
KA Korrespondenz Abwasser 04/1984 S. 236

- „Pflanzenkläranlagen und Abwasserteiche für Anschlußwerte bis 50 Einwohner“
Landesamt für Wasser und Abfall Nordrhein-Westfalen
LWA-Merkblatt Nr. 2, 1989
- „Weitergehende Abwasserreinigung im ländlichen Raum bei einer Teichanlage“
Freund, E.
Berichte der ATV Heft 40, ATV-Landesgruppentagungen 1989
- „Populationsdichten verschiedener Bakteriengruppen in einer belüfteten Abwasserteichanlage“
Lorch, H.-J. ; Lorzen, S. ; Ottow, J.C.G.
Forum Städte-Hygiene 41 05-06/1990
- „Erweiterung von Abwasserteichanlagen auf das Reinigungsziel Nitrifikation“
Schönhuber
Die Gemeinde 20/1990
- „Leistungsvergleich zwischen Teich- und Wurzelraumsorgungsanlagen am Beispiel der Pilotanlage Modautal-Brandau“
Loll, U.
Schriftenreihe WAR Band 48, Darmstadt 1990
- „Verfahrensentwicklung zur Nitrifikation und Denitrifikation an einer belüfteten Abwasserteichanlage“
Sonnenburg R.
KA Korrespondenz Abwasser 10/1991 S. 1380
- „Nitrifikation und Denitrifikation in belüfteten Abwasserteichen mit zwischengeschalteter technischer Stufe“
Lorch, H.-J. ; Ottow, J.C.G. ; Gerhards, K.-H.
KA Korrespondenz Abwasser 01/1992 S. 64
- „Fäkalschlammbehandlung in Absetzteichen und Schlammwasserbehandlung in Belüfteten Abwasserteichen der Kläranlage Achterwehr“
Huuck, D.
ATV-Dokumentation 1984 Band 1, Seite 37
- „Erfahrungen mit der Abwasserbehandlung in unbelüfteten und künstlich belüfteten Teichen“
Bucksteeg, K.
Umweltpolitik, Abwasserwirtschaft, Seminar vom 21.-25.05.1990 in München
Bundesumweltministerium, Bonn 1992, Seite 157

- „Teichkläranlage Heiligenthal : Eine kostengünstige Lösung der Abwasserreinigung in den neuen Bundesländern“
Weisz, R. ; Wessel, Th.
awt-Abwassertechnik 5/1995 Seite 61
- „Bakteriologische und virologische Hygieneuntersuchungen an Abwasserteichen“
Nehrkorn, A.
Zentralblatt für Hygiene 192/1992 Seite 559
- „Abwasserteichanlagen - Eine moderne Lösung zum Schutz kleiner Gewässer im ländlichen Raum“
Schleypen, P.
Schriftenreihe SWW, GH Kassel, Bd. 16, 1996, S. 103
- „Pflanzenschutzmittel-Bilanzierung in einer Teichkläranlage“
Fischer, P. u.a.
KA Korrespondenz Abwasser 4/97 S. 676
- „Mikrobielle Reinigungsleistung und Reduktion von Parasiten in einer mechanisch/biologischen Kläranlage und einer Teichkläranlage“
Tagliareni, F. ; Ecker, Ch.
GWF Wasser Abwasser 5/97 S. 255
- „Vergleich von Bemessungsverfahren von natürlich belüfteten Abwasserteichen“
Pahl, S. ; Hegemann, W.
GWF Wasser Abwasser 4/98 S. 198
- „Leistungssteigerung von Abwasserteichen durch biologische Maßnahmen“
Rudolph, K.-U. ; Staffel, U.
awt abwassertechnik 2/98 S. 47
- „Naturnahe Kläranlagen im ländlichen Raum“
Billmeier, E.
wwt wasserwirtschaft wassertechnik 5/99 S. 17
- „Teiche mit Pflanzenfiltern : eine effektive Kombination zur Reinigung von Abwasser“
Steinmann, Ch. ; Weinhart, S. ; Melzer, A.
KA - Wasserwirtschaft, Abwasser, Abfall 10/2000 S. 1524
- „Abwasserteiche im ländlichen Raum : Reinigungsleistung und Optimierung“
Barjenbruch, M. , Brockhaus, S.
ATV-DVWK-Bundestagung 2002 in Weimar , 2002 , S. 325 - 343

- „SBR-Technologie für Teichkläranlagen : Das CWSBR®-Verfahren“
Dederichs, A. u.a.
KA - Abwasser, Abfall 5/2003 S. 607
- „Untersuchungen an einer Teichkläranlage“
Grundacker, F. ; Semmler, M.
Schriftenreihe zur Wasserwirtschaft TU Graz, 2003, Band 41 , S. 255
- „Nitrifikation in Teich- und Bodenfilteranlagen“
Kayser, K.
ISAH Hannover, 2003 , 215 S. , Anhang (Veröffentlichungen des ISAH Heft 121)
- „Bau von Schönungsteichen als dritte Reinigungsstufe“
Krauth K. ; Staab K. F.
Münster-Hiltrup, Landwirtschaftsverlag GmbH, 1985 222 S. (Schriftenreihe d. Bundesministeriums f. Ernährung, Landwirtschaft u. Forsten , Reihe A Angewandte Wissenschaft Heft 328)
- „Untersuchungen über den Zusammenhang zwischen erhöhtem CSB (TOC)-Gehalt und Algenvorkommen in Teichwasserproben“
Nähle, C.
KA Korrespondenz Abwasser 04/1987 S. 355
- „Untersuchungen über den Zusammenhang zwischen Gesamt-P-Gehalt und Algenvorkommen in Teichwasserproben“
Nähle, C.
KA Korrespondenz Abwasser 04/1990 S. 339
- „Abwasserreinigung in belüfteten Teichen“
Fuchs L. ; Bubinger H. ; Ebers T.
wwt Wasserwirtschaft Wassertechnik WWT 1/1994