

Zur Versickerung und Wiederverwendung des Abwassers aus Kleinkläranlagen

1 Förderung von Kleinkläranlagen

Richtlinien für Zuwendungen für Kleinkläranlagen (RZKKA) wurden vom Bayerischen Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen am 23.04.2003 bekannt gegeben und am 09.05.2003 im Allgemeinen Ministerialblatt veröffentlicht. Mit dem Ziel einer umfassenden Information wurde eine homepage rzkka.bayern.de eingerichtet, die zum Thema gehörige behördliche Informationen [1, 2] anbietet.

1.1 Anliegen der Förderung

Das Bayerische Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz informiert über die Förderung der Nachrüstung biologischer Kleinkläranlagen in einem Faltblatt [1].

Darin wird sinngemäß festgestellt, dass

- nach geltendem Wasserrecht Kläranlagen als Kleinkläranlagen gelten, wenn sie den Abwasseranfall von maximal 50 Einwohnern und maximal 8 m³/d anfallendes Abwasser entsorgen,
- gegenwärtig ca. 6 % des in Bayern anfallenden Abwassers über ca. 100.000 Kleinkläranlagen entsorgt wird
- die Gewässer bzw. das Grundwasser z.Zt. durch das Abwasser dieser größtenteils schlecht reinigenden Kleinkläranlagen höher belastet werden als durch alle kommunalen Kläranlagen zusammengenommen
- der Anteil der über Kleinkläranlagen entsorgten Einwohner aus wirtschaftlichen Gründen (Kanalkosten) in den nächsten Jahren allenfalls auf 4 % reduziert werden kann, so dass
- für diese mit Kleinkläranlagen ausgerüsteten Anwesen eine wesentlich verbesserte Reinigungsleistung der Kleinkläranlagen erreicht werden muss.

Im Interesse der weiteren Verbesserung der Gewässerqualität soll eine verbesserte Reinigungsleistung der Kleinkläranlagen möglichst schnell herbeigeführt werden. Diesem Anliegen dient die Richtlinie für Zuwendungen für Kleinkläranlagen RZKKA, in der geregelt wird, welche Zuwendungen für derartige neue oder nachgerüstete Kleinkläranlagen mit biologischer Stufe zu erlangen sind.

So wird z.B. die Nachrüstung einer Kleinkläranlage für 4 EW auf Antrag und entsprechende Nachweise wie folgt gefördert:

Neubau oder Nachrüstung einer biologischen Reinigungsstufe	1.500 €
Neubau oder Nachrüstung einer mechanischen Vorbehandlung	750 €
Neubau oder Nachrüstung zur Einhaltung weitergehender Anforderungen	500 €

1.2 Kosten und Typenvielfalt bei Kleinkläranlagen

In einer Präsentation [2] wird eine Erhebung des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft (LfW) zu den Investitionskosten von Kleinkläranlagen für 4 EW vorgestellt, der zufolge die Investitionskosten für derartige Kleinkläranlagen einschließlich Fracht und Montage zwischen 2.500 € und 9.000 € und im Durchschnitt 5.738 € betragen.

Der potentielle Käufer einer Kleinkläranlage wird durch diese große Preisspanne verunsichert. Sofern er dem Motto „Geiz ist geil“ nicht bedingungslos folgt, also die zu 100 % geförderte Kleinkläranlage für 3.000 € sucht und einbaut, will er erfahren, was er denn bei den teureren Angeboten jeweils für sein Geld bekommt.

Dann sieht er sich – i.d.R. als Laie – mit einer Vielfalt von Angeboten konfrontiert, die eine Entscheidung keinesfalls leichter werden lassen, denn eine große Zahl von Anbietern wirbt um Kunden für Kleinkläranlagen mit Bauartzulassung, die über eine biologische Reinigungsstufe verfügen. Begriffe wie

- Belebungsanlagen
- Wirbelbetтанlagen
- Tauchkörperanlagen
- Festbettkläranlagen
- SBR-Kläranlagen
- Tropfkörperkläranlagen
- Pflanzenkläranlagen
- Membranbiologie

dienen zur näheren Bezeichnung der Anlagentypen.

Im Faltblatt [1] werden die Typen förderfähiger biologischer Kleinkläranlagen aufgeführt, das LfW gibt mit der Broschüre [3] (die als Anhang einen Auszug aus dem Faltblatt enthält), mit Stand vom Juni 2004 Hinweise zum sachgemäßen Bau und Betrieb von Kleinkläranlagen.

Demnach werden folgende biologische Kleinkläranlagen (bei vorliegender Bauartzulassung) als förderfähig betrachtet.

Typ	Verfahrensgruppe
Filtergraben, Filterschacht	ohne technische Belüftungseinrichtung
Abwasserteich, Pflanzenbeet	naturnahe biologische Abwasserbehandlung
Tropf- und Tauchkörperanlage	Biofilmreaktor mit natürlicher Belüftung
Belebungsanlage (einschl. SBR, Membran)	Submersreaktor mit technischer Belüftungseinrichtung

Diese Zusammenstellung enthält keine Aussage, welche Reinigungsgrade (Ablaufwerte) durch die einzelnen Typen von Kleinkläranlagen erreicht werden (dass < 150 mg CSB und < 40 mg/l BSB₅ eingehalten werden müssen, ist vorausgesetzt) .

1.3 Entsorgung des Wassers von Einzelanwesen

1.3.1 Generelle Regelungen

Die Entsorgung des Niederschlagswassers von Einzelanwesen in ein Gewässer ist nach [3] erlaubnisfrei, die Versickerung (unter bestimmten Voraussetzungen) ebenfalls. Die Nutzung von Regenwasser für die Gartenbewässerung wird empfohlen, im Wohnbereich soll sie auf die Toilettenspülung beschränkt werden.

Abwasser, das nicht binnen der nächsten 7 Jahre einer Kläranlage zugeführt wird, muss künftig in einer biologischen Stufe (ggf. als Nachrüstung der vorhandenen 3-Kammer-Grube) nachgereinigt werden. Das gereinigte Abwasser soll ähnlich dem Regenwasser einem Fließgewässer zugeleitet oder im Untergrund versickert werden. Letzteres allerdings nur wenn der Boden für die Versickerung als geeignet befunden wird (Sickertest).

Obwohl einige Kleinkläranlagentypen neben der Elimination leicht abbaubarer organischer Verbindungen die Elimination von Ammonium bzw. Stickstoff erlauben, werden in [3] lediglich die geforderten Ablaufwerte für CSB ($< 150 \text{ mg/l}$) und BSB₅ ($< 40 \text{ mg/l}$) aufgeführt.

1.3.2 Sonderfälle

Für Karstgebiete und Wasserschutzgebiete wird auf spezielle Vorgaben und Vorschriften verwiesen. Diese [4] fordern letztlich Einzelfallregelungen für die grundsätzlich geforderte biologische Reinigung (oft wird Stickstoffelimination gefordert). Wenn das gereinigte Abwasser in einem Karstgebiet versickert werden soll, wird i.d.R. eine (künstlich angelegte) Sickerfläche von mindestens $1,5 \text{ m}^2/\text{EW}$, mindestens jedoch 6 m^2 gefordert, wobei mindestens 20 cm Oberboden und eine intermittierende Beschickung in der Versickerungsanlage zu gewährleisten sind.

Besondere Auflagen (Eigenkontrolle, Wartungsvertrag, Dokumentation der Schlamm Entsorgung) sind vorgesehen, um in den empfindlichen Karstgebieten dem (in [4] generell unterstellten) großen Potential an Betriebsstörungen auf Kleinkläranlagen zu begegnen.

Stehende Gewässer (Teiche, Seen) gelten nach [3] auch für die Einleitung von biologisch gereinigtem Abwasser als ungeeignet. Für Einzelanwesen, die ihr gereinigtes Abwasser weder in ein Fließgewässer noch in den Untergrund ableiten können, enthalten die Hinweise [3] die Botschaft, dass dann die Abwasserentsorgung nicht gesichert ist und ein Bauantrag für eine Kleinkläranlage nicht positiv beurteilt werden kann. Dann ist offenbar ein abwasserfreies Haus gefordert.

1.4 Genehmigungsverfahren

Das Genehmigungsverfahren für eine Kleinkläranlage außerhalb von Wasserschutzgebieten soll im vereinfachten Verfahren relativ unbürokratisch zwischen der Kreisverwaltungsbehörde und einem privaten Sachverständigen der Wasserwirtschaft geregelt werden [1]. Wo die Bedingungen dafür nicht bestehen, wird der Antrag auf beschränkte Erlaubnis durch das zuständige Wasserwirtschaftsamt begutachtet und das Ergebnis der Kreisverwaltungsbehörde mitgeteilt.

1.5 **Rolle des privaten Sachverständigen für Wasserwirtschaft**

Dem privaten Sachverständigen für Wasserwirtschaft, der für die Besitzer derartiger Anwesen auch beratend bei der Auswahl der geeignet erscheinenden Anlage tätig ist, wird damit eine hohe Verantwortung übertragen. Die von ihm empfohlene Lösung muss den Bedingungen am vorgesehenen Standort genügen, für den beratenen Kunden eine zuverlässige und zukunftssichere Lösung darstellen und ein günstiges Preis-Leistungs-Verhältnis bieten. Möglicherweise verfolgt er darüber hinaus als Vertreter bestimmter Systeme auch persönliche Interessen. Dann ist dem Kunden sehr zu wünschen, dass er entweder das Glück hat, vom Anbieter eines für ihn tatsächlich günstigen Systems umworben zu werden oder auf einen Sachverständigen zu treffen, dem sein Ruf als Sachverständiger stets wichtiger ist als der schnelle Erlös aus dem Verkauf eines Produkts, für das er Provision erhält, auch wenn es nicht die beste Lösung für den Kunden darstellt.

Neben der einmalig schmerzenden und per Zuwendung erträglicher gestalteten Investition muss der Sachverständige als fairer Berater die auf den ersten Blick nicht erkennbaren laufenden Kosten sowie Neben- und Folgeaufwendungen und -kosten der unterschiedlichen Anlagenkonzepte betrachten, Zukunftstrends berücksichtigen und daraus seine Empfehlungen ableiten.

Es breitet dem Anwender wenig Freude, beispielsweise

- die Füllung eines unzureichend bemessenen oder nicht korrekt gebauten Filterschachts- oder -grabens erneuern oder erweitern zu müssen
- Haustieren und Kindern den Zugang zum Abwasserteich sicher zu versperren oder dessen Geruch bei ungeeigneter Bemessung zu ertragen
- die blockierte Oberschicht einer Pflanzenkläranlage häufig abgraben und teuer entsorgen zu müssen, weil die Vorklärunng zu schwach ist
- wegen abtreibender suspendierter Stoffe aus der Kleinkläranlage das Versagen der Versickerungsanlage und entsprechende „Überschwemmungen“ zu konstatieren
- im Falle einer unausgereiften oder zu schwach bemessenen Membranbelebungsanlage kein wiederverwendbares Wasser zu erhalten und häufig einen Membranwechsel veranlassen zu müssen.

Der Ärger über derartige Mängel lässt die Freude über einen Schnäppchenpreis bei der Investition schnell verblasen.

2 **Kleinkläranlagen und problematische organische Spurenstoffe in deren Ablauf**

2.1 **Basiswissen**

Es erscheint beunruhigend, dass in bisherigen Regelungen zur dezentralen Entsorgung von Einzelanwesen wenig Notiz von einem Thema genommen wird, das die Diskussion zur Abwasserentsorgung zunehmend bestimmt: Das Auftreten hormonelle Störungen, mutagene und kanzerogene Wirkungen auslösender Substanzen im Ablauf von Kläranlagen (zunächst erkannt aus offensichtlichen Fehlbildungen und gravierenden Verschiebungen der Sexualmerkmale – Verweiblichung – bei Fischen und Lurche). Diese Stoffe unterschiedlicher Herkunft, u.a. auch aus der Anwendung von Arzneimitteln, sind schon bei Konzentrationen im Spurenbereich wirksam. Sie werden in den gängigen Verfahren zur Abwasserreinigung mit

sehr unterschiedlichem Erfolg eliminiert. Mit [5] liegt ein ausführlicher Bericht der dafür berufenen ATV-Arbeitsgruppe vor.

Neben Industrieleitungen enthalten die menschlichen Ausscheidungen insbesondere durch die Einnahme bzw. Anwendung von Medikamenten derartige Stoffe. Daher werden auch im Unterlauf von Einleitungen aus Kläranlagen ohne nennenswerte Industrieleitungen die o.a. fatalen Effekte an Wasserorganismen beobachtet.

Dadurch ausgelöste Untersuchungen haben zu ersten Erkenntnissen über die Wirksamkeit der unterschiedlichen Verfahren zur Abwasserreinigung und einer Bodenpassage im Hinblick auf derartige Spurenstoffe geführt. Die Resultate sprechen dafür, dass die Verfahren und Anlagen zur Abwasserreinigung im Hinblick auf die Elimination dieser Stoffe optimiert, ergänzt und erweitert werden müssen.

Erste eindeutige Aussagen gibt es zum Zusammenhang zwischen der Eliminationsrate für die Problemstoffe und dem Schlammalter von Belebtschlammwerken [6] bzw. der Oberflächenbelastung von Biofilmreaktoren [7] und zur Wirksamkeit einer Bodenpassage [8]:

- Bestimmte Problemstoffe werden in der biologischen Abwasserreinigung abgebaut. Sie werden mit zunehmendem Schlammalter (> 25 d) besser eliminiert, die besten Ergebnisse werden auf Kläranlagen registriert, in denen das Schlammalter > 50 d erreicht, unabhängig davon, ob es sich um einfache oder um Membranbelebungsanlagen handelt. Andere Problemstoffe werden nur sehr schwach oder nicht eliminiert.
- In Biofilmreaktoren wird teilweise (offenbar nur bei geringer Oberflächenbelastung der Biofilme, also große Oberfläche pro EW und gleichmäßiger Beaufschlagung) trotz geringer Verweilzeiten des Abwassers ein ähnliches Eliminationsvermögen für grundsätzlich abbaubare Mikroverunreinigungen des Abwassers wie Belebtschlammwerken mit hohem Schlammalter erreicht.
- Eine anschließende Bodenpassage (Versickerung) bewirkt für die in der Abwasserreinigung teilweise eliminierbaren Mikroverunreinigungen einen weitergehenden Abbau, der jedoch nicht auf „Null“ hinab reicht, biologisch inerte Verbindungen werden auch hier nicht eliminiert.

Die biologische Abwasserreinigung kann bei einem hohen Schlammalter in Belebtschlammwerken oder einer geringen Oberflächenbelastung von hydraulisch gleichmäßig beaufschlagten Biofilmreaktoren zumindest einen Teil der Problemstoffe eliminieren, so dass diese in einer anschließenden Versickerung auf weniger bedenkliche Konzentrationen reduziert werden.

Eine gleichmäßige hydraulische Beaufschlagung der Biofilme (z.B. in Tropfkörpern) erscheint allenfalls in sorgfältig ausgeführten größeren Kläranlagen praktisch umsetzbar. Einer Erhöhung des Schlammalters von Belebtschlammwerken sind durch deren bestehende Konfiguration Grenzen gesetzt. Nur im Ausnahmefall (Überbemessung hinsichtlich Hydraulik und Fracht) kann ein Schlammalter > 50 d auf bestehenden Kläranlagen auch praktisch umgesetzt werden. Hinzu kommt, dass Kläranlagen bei einem Schlammalter zwischen 25 und 50 d oft zur Bildung von Blähschlamm neigen, der in der vorhandenen Nachklärung unzureichend abgeschieden wird und damit in den Ablauf der Kläranlage gelangt.

Günstige Bedingungen für das Gewährleisten eines hohen Schlammalters bieten Membranbelebungsanlagen, in denen der Schlamm nicht über eine Sedimentation in Nachklärbecken sondern über Mikrofiltrationsmembranen zurückgehalten wird. Derartige Membranbe-

bungsanlagen können problemlos mit einem Schlammalter > 50 d betrieben werden, für sie wurde generell eine sehr hohe Eliminationsrate für abbaubare organischen Spurenstoffe registriert.

2.2 Abwasserreinigung bei ausgiebiger Abgabe in das Grundwasser

Die Aufstockung des Grundwassers durch Versickerung von gereinigtem Abwasser gewinnt nicht nur in wasserarmen warmen Regionen zunehmendes Interesse. Im Zuge des Klimawandels sehen auch Wasserversorger in der gemäßigten Zone sowohl im Zugriff auf bisher nicht genutztes Grundwasser als auch in der Versickerung ausreichend aufbereiteten Abwassers eine Chance, die benötigte Wassermenge weiterhin in der geforderten Qualität bereitzustellen [9]. Den Qualitätsanforderungen an ein Abwasser, das versickert werden soll, muss daher besondere Aufmerksamkeit gelten, nicht nur in Trinkwasserschutz- und Karstgebieten, sondern in allen Fällen.

Neuere Verfahrensentwicklungen zur Aufbereitung von Abwasser für großräumige Versickerungen widmen dem Nachweis einer sicheren Elimination der o.a. Spurenstoffe vor der Bodenpassage besondere Aufmerksamkeit. Vor einer Infiltration gereinigten Abwassers aus Kläranlagen wird daher die Bindung der Spurenstoffe an Adsorbentien, die Abtrennung mittels Membranverfahren (Nanofiltration oder Umkehrosmose) und die oxidative Elimination (Ozon) in Erwägung gezogen [10]. Damit können bei einer umfangreichen Versickerung von gereinigtem Abwasser jene Mikroverunreinigungen eliminiert werden, die selbst in optimierten Verfahren der biologischen Abwasserreinigung persistent sind. Die Kosten derartiger Eliminationsverfahren sind direkt proportional der Restbelastung des gereinigten Abwassers. Die vorausgehende weitgehende Elimination der auf biologischem Wege eliminierbaren Spurenstoffe ist daher auch in solchen Fällen eine wichtige Voraussetzung für die wirtschaftliche Schlussbehandlung eines zur Versickerung vorgesehenen gereinigten Abwassers.

2.3 Versickerung nach Kleinkläranlagen

Sofern es versickert wird, verfrachtet auch das biologisch gereinigte Abwasser aus Kleinkläranlagen mit Bauartzulassung bedenkliche Spurenstoffe in das Grundwasser.

Da für diese Kleinkläranlagen (mit biologischer Reinigungsstufe) derzeit i.d.R. nur eine mäßige CSB-Elimination (auf < 150 mg/l) gefordert ist und explizit keine Vorgaben zur Stickstoffelimination oder zu einer geforderten aeroben Schlammstabilisierung erfolgen (Schlammalter wäre dann 25 d), gibt es i.d.R. auch keine zwingende Veranlassung, in der Bemessung von Kleinkläranlagen die erforderliche Kapazität für eine Elimination von Stickstoff oder zumindest von Ammonium in der Bemessung zu berücksichtigen (und damit auf ein Schlammalter oder eine Oberflächenbelastung zu kommen, die zumindest eine gewisse Elimination der Mikroverunreinigungen herbeiführen). In den meisten Fällen ist daher zu vermuten, dass die Problemstoffe noch weitgehend im behandelten Abwasser von Kleinkläranlagen enthalten sind.

Selbst bei einer Kleinbelebungsanlage, die mit einem hohen Schlammalter betrieben werden könnte, liegt es im Ermessen des Anlagenentwicklers und z.T. auch des Betreibers, ein niedriges oder ein hohes Schlammalter vorzugeben bzw. in den von der Anlage gegebenen Grenzen zu wählen, ohne dass dadurch die geforderten Ablaufwerte für CSB bzw. BSB₅ gefährdet wä-

ren. Da bei einem niedrig gewählten Schlammalter der Energieverbrauch etwas geringer ist, gibt es sogar die Versuchung, Anlagen in dieser Richtung zu optimieren. Somit besteht die Tendenz, dass selbst ein vorhandenes Potential zur teilweisen Elimination der bedenklichen Spurenstoffe in den biologischen Kleinkläranlagen nicht genutzt wird.

Vom Bayerischen Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz wurde festgestellt [1], dass die derzeit mit Kleinkläranlagen (ohne biologische Reinigungsstufe) ausgerüsteten Einzelanwesen (ca. 6 % aller Einwohner) mehr als 50 % der CSB-Belastung der Gewässer verursachen.

Trotz der gegenwärtig anstehenden Ausrüstung bzw. Nachrüstung der Kleinkläranlagen mit einer biologischen Reinigungsstufe für das anfallende Abwasser kann es zu einer Wiederholung dieses Szenarios und der Zwänge zur Nachrüstung kommen, wenn in einigen Jahren die Frachtanteile der Mikroverunreinigungen aus Kleinkläranlagen und sonstigen Anlagen zur Abwasserbehandlung verglichen werden.

Es besteht jedoch die Gelegenheit, eine Wiederholung dieser Konstellation im Hinblick auf die Belastung der Gewässer (zumindest aber des Grundwassers) aus Kleinkläranlagen zu vermeiden. Es wäre zu fordern, dass mindestens für Einzelanwesen, die das Abwasser versickern oder in zeitweise austrocknende Bäche einleiten, Kleinkläranlagen vorzusehen sind, die eine hohe Eliminationsrate auch für die Spurenstoffe erwarten lassen, also z.B. auf ein Schlammalter > 50 d oder eine sehr sichere Nitrifikation im Biofilm bemessen sind.

Damit könnte bei der ohnehin anstehenden Nachrüstung der Kleinkläranlagen mit einem relativ kleinen Zusatzaufwand ein sehr viel weiter reichender Schutz des Grundwassers und der Gewässer herbeigeführt werden: Die biologisch abbaubare Problemstoffe würden sicher eliminiert. Dies wäre ein zumutbarer Beitrag für den vorbeugenden Schutz des Grundwassers. Dass dabei inerte (nur mit erheblichem Zusatzaufwand eliminierbare) Spurenstoffe nicht erfasst werden, erscheint angesichts des geringen Mengenanteils von versickerndem Abwasser aus Kleinkläranlagen an der Grundwasserbildung eher gerechtfertigt, als auf das mit geringem Zusatzaufwand Erreichbare von vornherein zu verzichten.

Derartige Überlegungen spielen jedoch derzeit in den Auflagen und in der Beurteilung bauaufsichtlich zugelassener Kleinkläranlagen keine erkennbare Rolle.

2.4 Folgerungen für Private Sachverständige in der Wasserwirtschaft

Sach- und fachkundige Berater sollten wissen, welche der biologischen Kleinkläranlagen mit bauaufsichtlicher Zulassung solch erhöhten Anforderungen überhaupt genügen können bzw. welcher Aufschlag auf die Bemessungs- EW nötig ist, um im konkreten Fall das deutlich höhere Schlammalter oder die deutlich geringere Oberflächenbelastung zu erreichen. Zu vermuten ist, dass dann die eingangs zitierte Spreizung bei den Investitionskosten stark reduziert wird und dass z.B. eine auf den ersten Blick teure Anlage mit Membranbelebung die bessere Wahl darstellt. Insbesondere dürfte dies dann der Fall sein, wenn deren Zusatznutzen berücksichtigt wird (das gereinigte Abwasser ist quasi keimfrei, kann für die Toilettenspülung oder als Gießwasser problemlos eingesetzt werden, so dass der Wasserverbrauch deutlich zurückgeht, und es verhält sich in einer Versickerung wie Regenwasser).

Kleinkläranlagen mit Membranbelebungen werden als komplette Einheiten oder als Nachrüstung / Ergänzung von bestehenden Dreikammergruben angeboten. Sie müssen für die nominellen EW grundsätzlich für ein Schlammalter > 50 d bemessen werden, weil nur dann die Durchlässigkeit der Membranen gewährleistet ist. In der Praxis von Kleinkläranlagen mit Membranbelebungen ist ein Schlammalter von > 100 Tagen der Regelfall. Damit verbunden sind die vorhin genannten Vorteile in der Elimination von Mikroverunreinigungen und der Abgabe eines quasi keimfreien Abwassers. Die unmittelbare Kontrolle eines evtl. eintretenden Versagens, dessen sofortiges Beheben und die kompetente Wartung garantieren gegenüber den nur locker überwachten anderen Anlagentypen eine hohe Verfügbarkeit der vollen Reinigungskapazität der Anlagen und einen entsprechend hohen Schutz der Gewässer und des Grundwassers.

Mit solchen Anlagen ist eine hohe Sicherheit gegeben, dass Krankheitskeime praktisch vollständig und gefährliche organische Spurenstoffe wesentlich weitergehend eliminiert werden als in allen anderen gängigen Kleinkläranlagen. Das zur Versickerung gelangende Abwasser ist praktisch keim- und partikelfrei. Die Risiken sowohl in der Wiederverwendung des gereinigten Abwassers als auch bei einer Versickerung sind weitestgehend gemindert. In Karstgebieten erübrigt sich das Nachschalten eines (künstlichen) Bodenfilters. All dies gilt es in der Beratung bei der Auswahl einer Kleinkläranlage zu berücksichtigen.

3 Literatur

- [1] Faltblatt „Förderung von Kleinkläranlagen“ Bayerisches Ministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz, download über rzkka.bayern.de
- [2] Präsentation „Abwasserentsorgungskonzepte“ Bayerisches Ministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz, download über rzkka.bayern.de
- [3] Abwasserentsorgung von Einzelanwesen – Hinweise zum sachgemäßen Bau und Betrieb von Kleinkläranlagen, Stand Juni 2004, Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, München 2004
- [4] Merkblatt Nr. 4.4 / 20 „Hinweise zur Abwasser- und Niederschlagswasserentsorgung in Karstgebieten, in Gebieten mit klüftigem Untergrund sowie in Gebieten ohne aufnahmefähige Fließgewässer“ Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft 15.05.2001
- [5] Endokrin wirksame Substanzen in Kläranlagen, Vorkommen, Verbleib und Wirkung. Arbeitsbericht der ATV-DVWK AG IG 5.4
- [6] N. Kreuzinger, M. Clara, B. Strenn: Relevance of the sludge retention time (SRT) as design criteria for wastewater treatment plants for the removal of endocrine disruptors and pharmaceuticals from wastewater, *Water Science & Technology* Vol 50 (2004) 149 – 156
- [7] M. Clara, C.S.Mc. Ardell, A.C. Alder, A. Göbel, A. Joss, E. Keller, N. Kreuzinger, H. Plüss, H. Siegrist, B. Strenn: Einfluss des biologischen Reinigungsverfahrens illustriert anhand von Massenbilanzen ausgewählter Mikroverunreinigungen POSEIDON Symposium 2003 Abstracts, p. 50

- [8] M.Zessner, A. Blaschke, B. Kavka, B. Vogel, A. Farnleitner, H. Kroiss, D. Gutknecht, L. Mach: Untersuchungen zur Abwasserversickerung (Studies regarding sewage percolation) Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft 55. Jahrg., Heft 3 / 4
- [9] K. Wichmann, I. Entelmann: Nutzung von Wasserressourcen und Grundwasserversalzung in Norddeutschland, Kolloquium "Nachhaltige Wasserbewirtschaftung", 12. November 1999, TU Hamburg-Haarburg
- [10] M. Ernst, M. Jekel: Advanced Treatment Combination for Groundwater Recharge by Nanofiltration and Ozonation Water Science & Technology Vol 40 (1999) 277 - 284

Gelöscht: -

Dr.-habil. Rainer Tietze, Dresden