

REINIGUNGSLEISTUNG VON NATURNAHEN ZWEISTUFIGEN PFLANZEN-TEICHKLÄRANLAGEN

Purification Performance of Biological Two-staged Plant Sewage Systems

W. Halicki, A. Szymańczyk

Universität Zielona Góra, Polen

W.Halicki@iis.uz.zgora.pl, A.Szymanczyk@iis.uz.zgora.pl

Abstract

In the following article, results regarding purification performance of one of several biological two-staged sewage systems constructed in Poland are presented. The system selected was built for purification of sewage from an environmental center in Pszczew in West Poland. The performance evaluation refers to the elimination of nutrients as well as organic compounds. The results are furthermore compared to legal purification requirements for sewage systems in Poland. Since the purification achieved was so high, the purified sewage water can be used for irrigation purposes of the green area in the grounds of the environmental center all year long. By closing this circle, the ecological effects of the method used for sewage purification are much increased.

Keywords: *sewage purification, biological wastewater treatment, purification performance.*

Einführung

Naturnahe Kläranlagen gewinnen in den letzten Jahren immer mehr an Bedeutung. Unter diesen Verfahren sind vor allem Pflanzenkläranlagen und im geringeren Maße Teichanlagen sehr positiv zu bewerten. Pflanzenkläranlagen finden immer neue Einsatzmöglichkeiten z.B. Schlammmentwässerung, Straßenabwässerbehandlung, Schwermetallelimination, Behandlung der Industrieabwässern [1,2]. Wie die Literatur mitteilt, haben sich verschiedene Verfahrensvarianten von Pflanzenkläranlagen entwickelt, die immer bessere Reinigungsleistungen erreichen [3,4]. Es hat sich gezeigt, daß manche Pflanzenkläranlagen nicht nur dem Leistungsvergleich mit konventionellen Reinigungsverfahren standhalten, sondern daß Abwasser in diesen Anlagen während des Reinigungsprozesses vielseitig und fast vollständig behandelt werden kann. Aus dem Abwasser werden nicht nur leicht abbaubare organische Stoffe, sondern auch die im wesentlichen schwerabbaubare und eutrophierende Stoffe sowie Keime entfernt.

Seit Mitte der achtziger Jahre haben Teichkläranlagen im Gegensatz zu den Pflanzenkläranlagen an Bedeutung verloren. Vorher waren Teichkläranlagen durch einfache Betriebsfunktion, große Betriebssicherheit und hohe Reinigungsleistung, welche in zahlreichen Untersuchungen festgestellt wurde, bekannt geworden. Deshalb haben sie sehr früh eine breite Anwendungsmöglichkeit mit folgenden Elementen im Klärprozeß gefunden: Absetzteiche (erste mechanische Stufe), unbelüfte- und belüfte Teiche (zweite biologische Stufe) und als Schönungsteiche (dritte Stufe). Diese Teiche, die als nachgeschaltete dritte Stufe dienen, können einen wertvollen Beitrag zur Gewässerentlastung leisten. Insbesondere wenn sie durch ihre entsprechende Gestaltung (flache und tiefe Wasserzone, Bepflanzung oder Einsatz von Fischen) ein naturnahen Ökosystem darstellen. Die Selbstreinigungsprozesse, die in solchen Teichen durchlaufen, führen schließlich zu einer bedeutenden Schönung des gereinigten Abwassers. Alle Nährstoffe, die im Sediment des Teiches oder in Pflanzen akumulierte werden, können den Vorfluter somit nicht belasten. Da diese Vorteile der Teichanlagen von großer Bedeutung sind, haben sie wie die Pflanzenkläranlagen ihren Platz in den neu entwickelten Verfahren, das den Namen Pflanzen-Teichkläranlagen trägt.

Wie die Erfahrungen aus der Praxis zeigen, sind nach diesem Prinzip gebaute Anlagen sowohl unter ökologischen als auch der ökonomischen Aspekten für viele Gemeinden in Polen

von großer Bedeutung, da die gebauten Anlagen positive Aspekte im kostengünstigen Bau und Pflegeaufwand zeigen. Außerdem stellen diese Anlagen wertvolle Landschaftsbestandteile dar und z. B. als Feuchtbiotope Pflanzen und kleinen Tieren Lebensraum bieten. Darüber hinaus ist die erreichbare Restkonzentration im Ablauf vergleichbar mit Ablaufanforderungen für zentrale grosse konventionelle Anlagen.

Bau und Prinzip der Pflanzen-Teichkläranlagen

Schema der Anlage wurde auf der Abbildung 1 gezeigt. Das in einer Absetzgrube vorgeklärte Abwasser wird durch das Verteilungssystem (1) auf die Oberfläche des Pflanzenfilters verteilt. Nach dieser Passage gelangt das Abwasser in die Ablaufebene aus Kies (5) und weiter durch das Dränagerohr (7) zum Denitrifikationsteich. Die eingebauten Rohre (6) ermöglichen eine zusätzliche Belüftung der Sandschicht aus der darunter liegender Steinkiesschicht. Im Pflanzenfilter findet vor allem Abbau der organischen Substanz, Nitrifikation und erste Stufe der Phosphorelimination statt.

In der zweiten Klärstufe (Denitrifikationsteich) werden die biologischen, chemischen und physikalischen Eigenschaften des Sediments ausgenutzt. Die mikrobiellen Abbauprozesse führen dort zur Sauerstoffzehrung, wodurch die Bedingungen für eine erfolgreiche Denitrifikation geschaffen werden.

Höhere Pflanzen und Algen spielen eine entscheidende Rolle im Denitrifikationsteich. Sowohl die Pflanzen als auch die Algen gewährleisten eine relativ kontinuierliche Menge an organischer Substanz, die im Sediment des Teiches abgelagert und dort weiter durch heterotrophe Bakterien abgebaut wird. Für eine optimale Denitrifikationsleistung muss jedoch gewährleistet sein, dass im Teichkörper nur aerobe und im Sediment anoxische Bedingungen herrschen. Dies wird durch die Photosyntheseleistung im Wasserkörper sowie durch die Einstellung einer hinreichend starken Sedimentschicht erreicht.

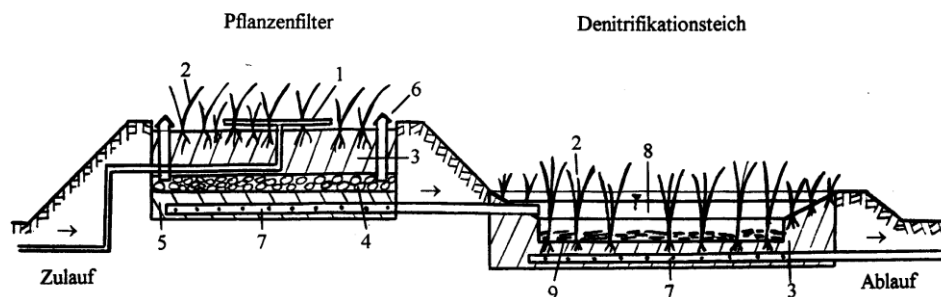


Abb.1. Schema der Pflanzen-Teichkläranlage 1. Verteilungssystem, 2. Sumpfpflanzen, 3. Sandschicht mit Kompost, 4. Steinschicht, 5. Kiesschicht, 6. Belüftungsrohre, 7. Dränage, 8. Wasserkörperzone, 9. Pflanzenteile (Sediment)

Der Pflanzenfilter besitzt eine Fläche von 20 m² und der Denitrifikationsteich nur 9 m². Die Anlagegrösse wurde für 10 Einwohner geplant. In wirklichkeit fließt der Anlage das Abwasser von 0,6 bis 2 m³/Tag (durchschnittlich von 6 bis 20 Einwohner) aus dem Umweltzentrum zu. Die vollständige Besetzung des Zentrums kommt nur in der Ferien- und Freizeit zu. Das gereinigte Abwasser wird zur Bewässerung der Gelände verwendet, wodurch sowohl Wasser als auch Dünger gespart wird.

Erreichte Reinigungsleistung

Da die Anlage bei einem Umweltzentrum gebaut wurde, ist sie nach Inbetriebnahme wegen Umweltbildung und Demonstration regelmässig ein mal im Monat untersucht. Zu

diesem zweck wird das rohe Abwasser nach der Absetzgrube und gereinigte Abwasser nach dem Teich entnommen und im Labor der Uniwersität in Zielona Gora analysiert.

Elimination der organischen Substanz

Die erreichte Reinigungsleistung wurde auf den Abbildungen 2 und 3 gezeigt. Dagegen stellt die Tabelle 1 durchschnittliche Zu- und Ablaufwerte und erreichte Reduktion der Konzentration. Wie den Abbildungen zu entnehmen ist, gewehrleistet diese Anlage trotz unregelmäßigen Belastung sehr stabile Reinigungsleistung. Die in diesem Zeitraum festgestellte durchschnittliche Ablaufkonzentration liegt für BSB₅ um 17 mg/l und für CSB um 93 mg/l.

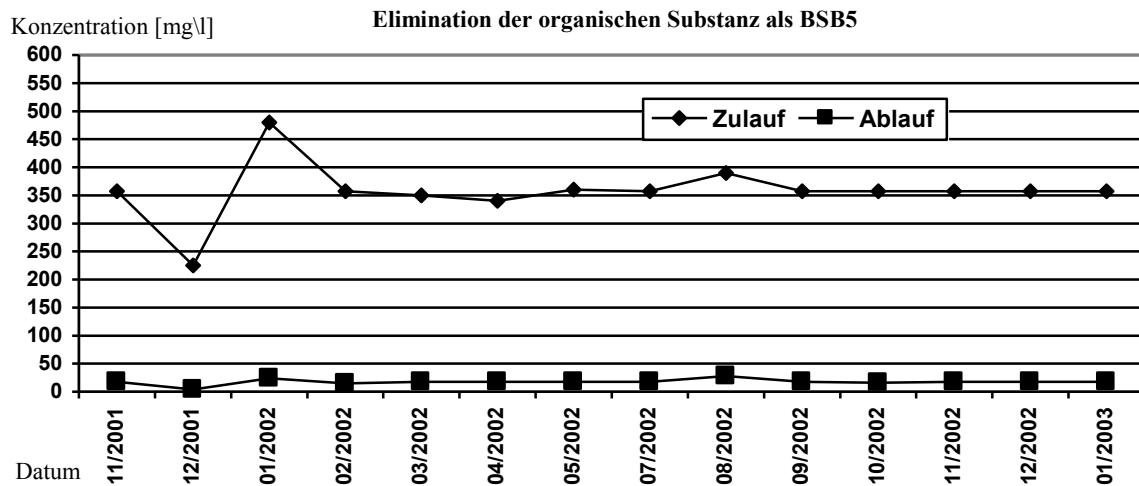


Abb.2. BSB₅ – Abbau in der untersuchten Anlage

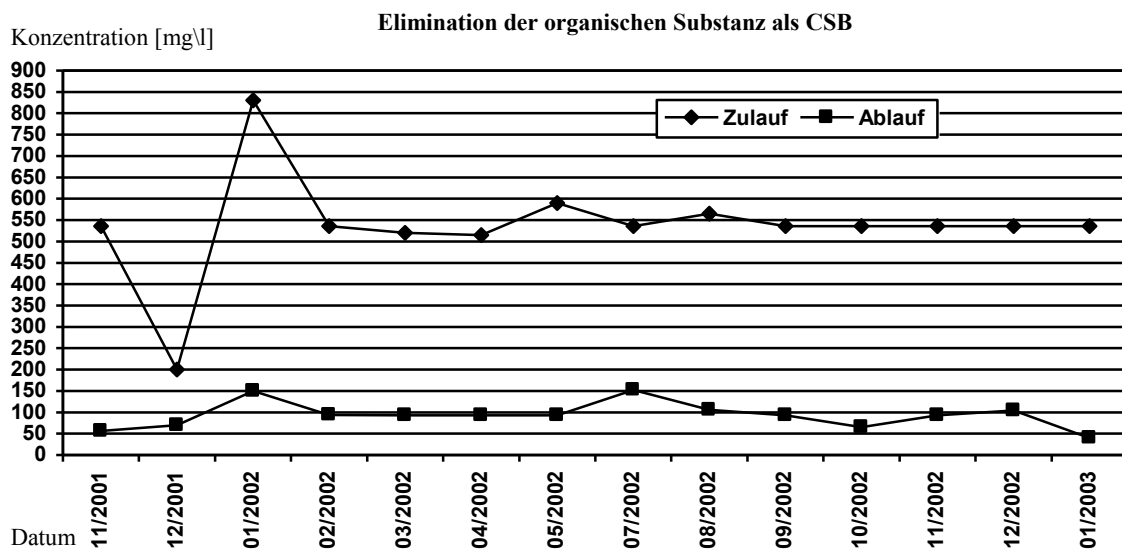


Abb.3.CSB – Abbau in der untersuchten Anlage

Die Reduktion der Konzentration beträgt entsprechend für BSB₅ um 95,1 % und für CSB um 82,6 %. An dieser Stelle muss darauf hingewiesen werden, dass im Rohabwasser während der Behandlung in der Absetzgrube schon die BSB₅ zu ca. 50 % und CSB zu ca. 40 % eliminiert wurde und, dass ein Teil des Abwasser durch die Verdunstung und Pflanzentranspiration verloren wurde. Werden diese Faktoren berücksichtigt, so erhöht sich die

gesamte Elimination der organischen Substanz in der ganzen Anlage. Wichtig ist, was die Ergebnisse darauf hinweisen, dass den stabilen Abbau der organischen Substanz auch unabhängig von der Jahreszeit ist. Dies wird sehr oft als Nachteil den naturnahen Verfahren angenommen.

Stickstoffelimination

Um den Stickstoff aus dem Abwasser weitgehend entfernen zu können, muss er von der Ammoniumform über Nitrat zum gasförmigen Stickstoff umgewandelt werden. In dieser Form entweicht er in die Atmosphäre. Die Umwandlung findet auf dem biologischen Weg der Nitrifikation und der Denitrifikation statt. Die beiden Teilprozesse verlangen aber ganz unterschiedliche Bedingungen. In den naturnahen Verfahren wie Pflanzen- und Teichkläranlagen laufen diese Prozesse nebeneinander in einem Boden- oder Wasserkörper ab. Aus diesem Grund verlagern die naturnahe Verfahren große Fläche pro Einwohner um den Stickstoff weitgehend zu eliminieren. In der untersuchten Pflanzen-Teichkläranlage wurden die beiden Teilprozesse getrennt. Im Pflanzenfilter findet vor allem Nitrifikation statt, die Denitrifikation dagegen verläuft im Denitrifikationsteich. Die Trennung sollte zur Intensivierung der Stickstoffumwandlung führen. Wie die Untersuchungen gezeigt haben, wurde in der untersuchten Anlage weitergehende Stickstoffelimination erreicht. Aus der Abbildung 4 geht hervor, dass die Nitrifikation (Umwandlung des Ammoniums zum Nitrat) mit einer durchschnittlichen Jahresleistung von ca. 95 % abläuft. Nur im Januar und Februar 2002 fand eine leichte Abnahme der Nitrifikation statt, sie wurde aber durch erhöhte Belastung der Anlage in dieser Zeit verursacht (vollständige Besetzung des Umweltzentrums). Jedoch trotz der Überlastung (statt 10 - 20 Einwohner) und des Winters wurde die Nitrifikation nicht unterbrochen.

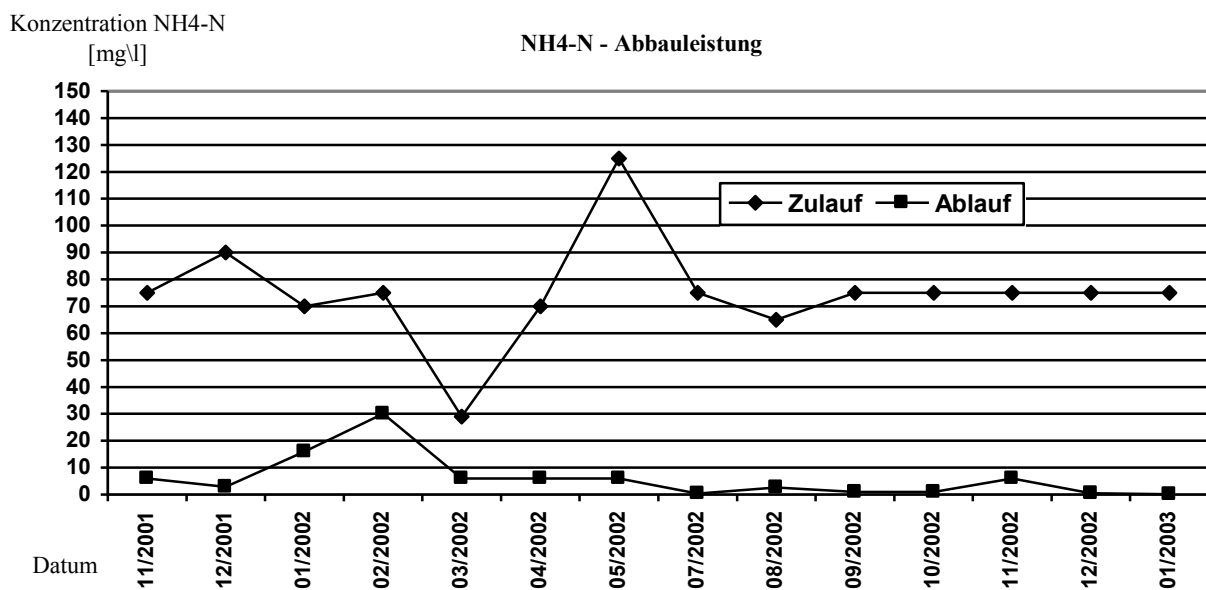


Abb.4. NH₄-N – Abbau in der untersuchten Anlage

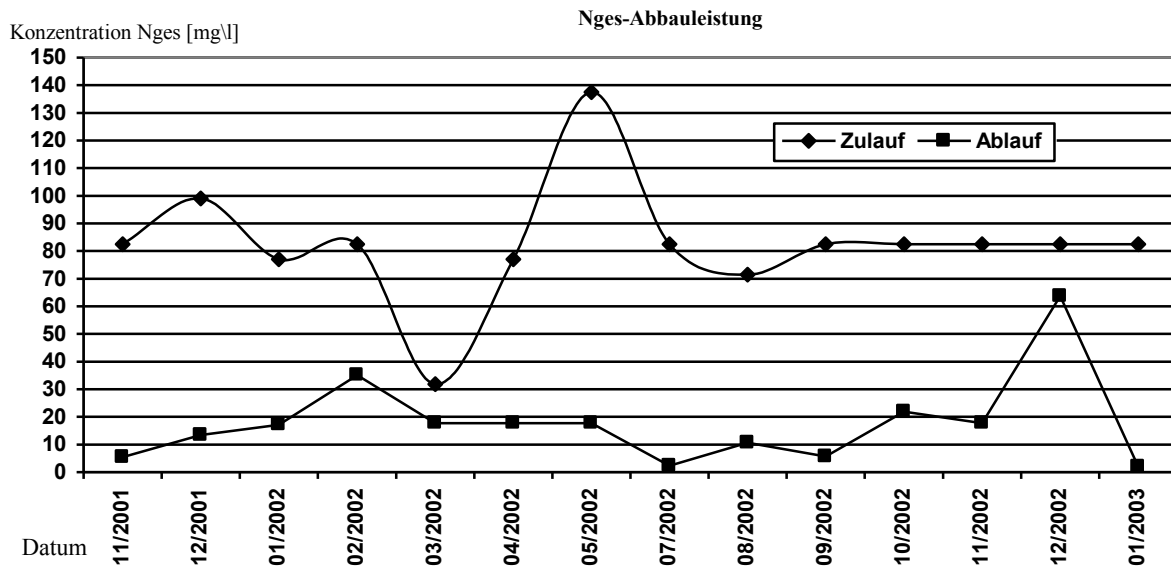


Abb. 5. Eliminations des gesamten Stickstoff

Bei den konventionellen Anlagen wird weitergehende Stickstoffelimination in den Wintermonaten, wenn die Abwassertemperatur unter 12 ° sinkt, nicht verlangt. Dagegen zeigt die untersuchte Anlage, dass der Ammoniumstickstoff auch in den Wintermonaten bei Überlastung der Anlage zu 70 % eliminiert werden kann. Wie der Abbildung 5 zu entnehmen ist, wird das Ammoniumstickstoff nicht nur gut nitrifiziert, aber der Nitratstickstoff wird auch weitgehend denitrifiziert. Dies trägt direkt zur Elimination des gesamten Stickstoff bei. Die durchschnittliche Jahresleistung beträgt um 78,5 % und die mittlere Jahreskonzentration liegt um 17,7 mg/l. Zwar wurde im Februar und Dezember 2002 eine Abnahme der Abbauleistung festgestellt, sie ist aber wie bei der Nitrifikation auch auf die Überlastung der Anlage (statt 10 20 Einwohner) zurückzuführen.

Phosphorelimination

Da der Phosphor eine entscheidene Rolle beim Schutz der Gewässer spielt, wurde der Phosphorelimination in diesen Anlagen eine besondere Bedeutung zugeschrieben. Die Elimination findet sowohl im Pflanzenfilter als auch im Denitrifikationsteich statt. Die Phosphate werden auf dem chemischen Weg im Bodenkörper und in Sedimenten festgebunden. Das wurde erreicht, indem man entsprechende Bedingungen und Bodenzusammensetzung geschaffen hat. Wie sich das auf die Phosphorelimination auswirkt, zeigt Abbildung 6 und Tabelle 1. Die erreichte Reinigungsleistung ist ausserordentlich hoch und sehr stabil. Nur im Dezember 2002 sank die Abbauleistung von über 90 % auf 65 %, was aber auch durch die Überbelastung der Anlage verursacht wurde.

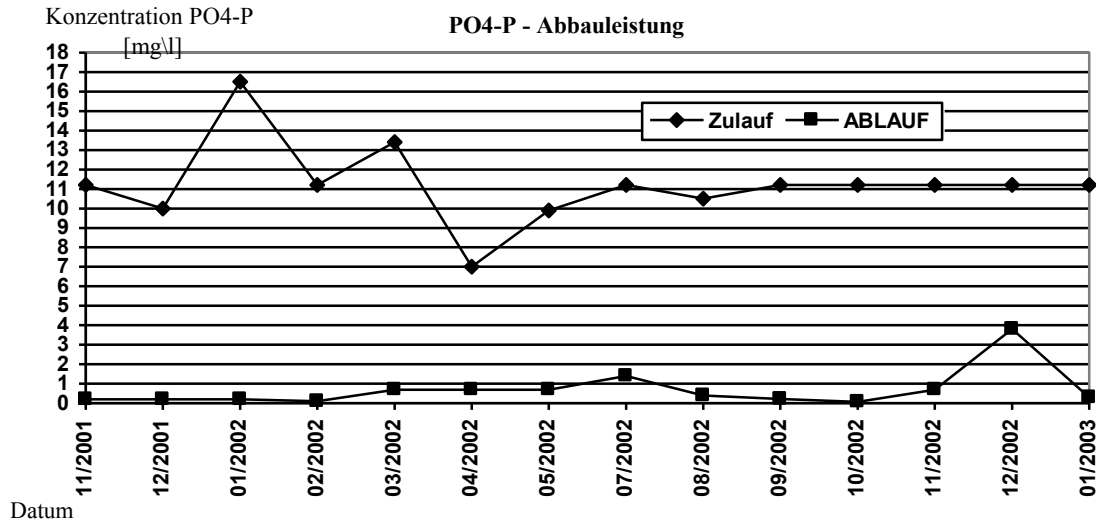


Abb.6. Phosphorelimination in der untersuchten Anlage

Diskussion

Lange Zeit herrschte die Meinung, dass nur zentrale und große Kläranlagen in der Lage sind, Abwasser weitgehen zu reinigen. Seit einigen Jahren wird immer deutlicher, dass auch kleine dezentrale Kläranlagen hohe Reinigungsleistung gewährleisten können. Die gezeigten Ergebnisse beweisen, dass Abwasser problemlos auch am Anfallort erfolgreich gereinigt werden kann. Dies wurde in der Tabelle 1 verdeutlicht. Aus dieser Tabelle geht hervor, dass die untersuchte Anlage solche Leistung bringt, wie von den größten Anlagen in Polen verlangt wird. Vergleich man aber die Jahresmittelwerte mit den Anforderungen für Kläranlagen bis 2000 Einwohner, ist deutlich zu erkennen, dass die Pflanzen-Teichkläranlagen wesentlich höhere Leistung bringen, als es verlangt wird. Niedrige Restkonzentrationen im Ablauf ermöglichen Wiederverwertung des gereinigtes Abwasser zur Bewässerung. Diese Vorteile wurden ausgenutzt und in vielen Gemeinden in Westpolen werden solche Anlagen als Haus- oder kommunalen Kläranlagen gebaut.

Tabelle 1.

Ablaufanforderungen in Polen und Reinigungsleistung der untersuchten Anlage

Parameter	Ablaufanforderungen für Kläranlagen bis 2000 Einwohner	Ablaufanforderungen für Kläranlagen über 100.000 Einwohner (Reduktion)	Jahresmittelwerte in der untersuchten Anlage		Reduktion (%)
			Zulauf	Ablauf	
BSB₅	40 mg O ₂ /l	15 mg O ₂ /l	357 mg O ₂ /l	17,4 mg O ₂ /l	95,1
	-	(90 %)			
CSB	150 mg O ₂ /l	125 mg O ₂ /l	536 mg O ₂ /l	93 mg O ₂ /l	82,6
	-	(75 %)			
N-gesamt	30 ¹ mg N/l	10 mg N/l	82,4 mg N/l	17,7 mg N/l	78,5
	-	(85 %)			
P-gesamt	5 ¹ mg P/l	1 mg P/l	11,2 mg P/l	1 mg P/l	91,1
	-	(90 %)			

1) beim Ablauf zum Seen

Literatur

1. Köcher A.: Chemische phisikalische sowie mikrobiologische Untersuchungen zwei industriell genutzter Pflanzenkläranlagen. Korrespondenz Abwasser 8/1996.
2. Reinhofer M., Berghold H.: Klärschlammverärdung mit Hilfe von Helophyten. Korrespondenz, Abwasser 8/1994.
3. Hagendorf U., Hahn J.: Untersuchungen zur umwelt- und seuchenhygienischen Bewertung naturnaher Abwasserbehandlungssysteme. Umweltbundesamtt, Texte 60/1994.
4. Halicki W., Ehrnsberger R.: Abbau organischer Verbindungen in vertikalen Pflanzenkläranlagen. Wasser Luft und Boden 3/2000