

Reinigung von Ablaufwasser aus Forellenteichanlagen



Impressum:

Herausgeber: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL)
Vöttinger Straße 38, 85354 Freising-Weihenstephan
Internet: <http://www.LfL.bayern.de>

Redaktion: Institut für Fischerei
Weilheimer Str. 8, 82319 Starnberg
E-Mail: Fischerei@LfL.bayern.de
Tel.: 08151/2692-100

1. Auflage April / 2008

Druck: ES-Druck, 85356 Tüntenhausen

Schutzgebühr: 5.-- €

Gefördert aus Mitteln des Finanzinstruments für die Ausrichtung der Fischerei (FIAF) der Europäischen Union und des Freistaates Bayern.



Reinigung von Ablaufwasser aus Forellenteichanlagen

Dr. Reinhard Reiter

M. Sc. Paul-Daniel Sindilariu

Dr. Helmut Wedekind

Vorwort



Rund 3.150 Betriebe der bayerischen Forellenteichwirtschaft erzeugen jährlich etwa 9.500 t Speise- und Satzforellen; das sind 40 % der Gesamtproduktion Deutschlands. Diese Spitzenposition wird jedoch nicht durch intensive, industriemäßige Wirtschaftsweise erreicht, sondern durch nachhaltige Bewirtschaftung der Teiche, die ausschließlich und häufig über mehrere Generationen in Familienhand liegen. Die erzeugten Fische sind Lebensmittel bester Qualität und Frische; sie genießen hohes Vertrauen beim Verbraucher, der sie gerne und regelmäßig direkt beim Erzeuger kauft.

Die Forellen werden mit vollwertigen und hochverdaulichen Futtermitteln aufgezogen, die zu einer guten Futterverwertung und Umsetzung in Fischfleisch führen. Teilweise liegt der Futterquotient nahe 1,0. Doch naturgemäß ist es unvermeidlich, dass Futterreste und die Ausscheidungen der Fische in den Teich gelangen. Sie werden mit dem durchströmenden Wasser aus dem Teich getragen und können zu Belastungen des Vorfluters führen, wenn nicht Vorkehrungen zur Reinigung des Ablaufwassers getroffen werden.

Forellenteiche befinden sich in fließwasserreichen Regionen, also vornehmlich im voralpinen Raum und in Mittelgebirgslagen. Sie werden dort vom Wasser kleinerer Fließgewässer oder gar von Quellen gespeist. Es ist daher insbesondere Verpflichtung des Staates, aber auch jeden Bürgers und in diesem Fall der Teichwirtschaft, die Gewässer rein zu halten bzw. Belastungen zu vermeiden und zu minimieren. Das heißt, das Ablaufwasser aus Teichanlagen sollte möglichst der Qualität des Zulaufwassers entsprechen und diese nicht beeinträchtigen.

Bereits in den „Empfehlungen für Bau und Betrieb von Fischteichen“ (Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, 2001), die in Kooperation mit Fischereiexperten erstellt wurden, werden erste Hinweise für den Teichwirt gegeben, wie Gewässerbelastungen verringert werden können.

Das Institut für Fischerei der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft hat nun in mehrjährigen Versuchen Methoden entwickelt und untersucht, die praxistaugliche und kostengünstige Lösungen zur Reinigung des Ablaufwassers aus Forellenteichanlagen aufzeigen. Besonderen Wert erbringen die Untersuchungen, da sie in enger Zusammenarbeit mit Praxisbetrieben abliefen und daher die speziellen Bedingungen der bayerischen Teichwirtschaft berücksichtigen. Die Arbeiten wurden finanziert aus Mitteln der EU und des Freistaats im Rahmen des Förderprogramms FIAF.

In der vorliegenden Broschüre sind die Ergebnisse der Untersuchungen zusammenfassend dargestellt. Sowohl für die Betriebe selbst als auch für Beratungskräfte enthalten sie wertvolle Hinweise zum Bau oder Umbau von Nachklärereinheiten in Forellenteichanlagen. Ich erachte dies als wichtigen Beitrag zur Reinhaltung unserer Gewässer!

Josef Miller

Bayerischer Staatsminister für Landwirtschaft und Forsten

	Vorwort	5
1	Einleitung	7
2	Reinigungsmöglichkeiten von Ablaufwasser aus der Forellenproduktion	8
2.1	Behandlung des Teichreinigungswassers in Absetzbecken	9
2.1.1	Forellenzucht Aumühle, Egling	10
2.1.2	Fischzucht Singold, Großkitzighofen	12
2.1.3	Ergebnisse zur Behandlung des Teichreinigungswassers mittels Absetzbecken	14
2.2	Behandlung des Durchlaufwassers in Pflanzenkläranlagen	15
2.2.1	Institut für Fischerei (IFI), Starnberg	16
2.2.2	Forellenzucht Juraquell, Wellheim	18
2.2.3	Ergebnisse zur Behandlung des Durchlaufwassers mit Pflanzenkläranlagen	19
2.3	Behandlung von Mikrosieb-Spülwasser	23
2.3.1	Fischzucht Hofer, Alzger und Mitterhausen	24
2.3.2	Ergebnisse zur Behandlung des Mikrosieb-Spülwassers mittels Dortmundbrunnen	26
2.3.3	Ergebnisse zur Behandlung des Dortmundbrunnen-Überlaufwassers mittels Pflanzenkläranlage (PKA)	27
3	Kosten der Ablaufwasserreinigung	28
3.1	Kosten für die Behandlung des Teichreinigungswassers	28
3.2	Kosten für die Behandlung des Durchlaufwassers	29
3.3	Kosten für die Behandlung des Mikrosiebspülwassers	31
4	Zusammenfassung / Schlussfolgerung	32
5	Betriebsdaten / Kontakt	34
6	Weiterführende Literatur zum Thema	35

1 Einleitung

Forellen werden traditionell in Anlagen mit stetigem Wasserdurchfluss (Durchlaufanlagen), in Teichen oder Fließkanälen gehalten. Standorte für die Forellenteichwirtschaft sind an kühle, saubere Fließgewässer oder Quellen mit ausreichender und konstanter Wasserschüttung gebunden.

Die Fütterung erfolgt mit vollwertigen Alleinfuttermitteln. Wie alle anderen Lebewesen können Fische nur einen Teil der mit dem Futter zugeführten Nährstoffe verwerten. Der andere Teil wird partikulär gebunden als Kot oder im Wasser gelöst als Harn bzw. über Kiemen an das Haltungswasser abgegeben. Der Anteil der ausgeschiedenen Nährstoffe lässt sich durch Beachtung und Optimierung des Betriebs-, Wasser- und Fütterungsmanagements verringern, jedoch nie ganz vermeiden. Wichtige Informationen hierzu sind dem Faltblatt „Forellenfütterung – bedarfsgerecht und gewässerschonend“ (Bayerische Staatsministerien für Landwirtschaft und Forsten sowie Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz, 2004) zu entnehmen. Ein Teil der Nährstoffe, vor allem der partikulär gebundene, bleibt in strömungsberuhigten Zonen liegen, der andere Teil wird mit dem Wasserdurchfluss abtransportiert, wodurch es zu Belastungen der Vorfluter kommen kann.

Ausgehend von den „Empfehlungen für Bau und Betrieb von Fischteichen“ (Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, 2001), wurde das Projekt „Untersuchung verschiedener Verfahren zur Reinigung von Ablaufwasser aus Forellenteichanlagen“ am Institut für Fischerei der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft initiiert. Ziel dieses Projektes war, den Austrag von Nährstoffen aus der Forellenproduktion zu minimieren, indem diese als sogenannte „Fischgülle“ dem Gewässer entnommen und auf landwirtschaftliche Nutzflächen ausgebracht werden. In Zusammenarbeit mit mehreren Fischproduktionsbetrieben wurden deshalb neue Reinigungseinheiten für das Ablaufwasser konzipiert sowie die Reinigungsleistung dieser und bereits bestehender Anlagen untersucht.

Wie eine Studie zeigte, die im Rahmen dieses Projektes an 13 bayerischen Forellenteichanlagen durchgeführt wurde, ist die Nährstoffkonzentration im Ablauf der Fischzuchtanlagen direkt von der Nährstoffzufuhr durch den Zulauf zur Anlage, von der verabreichten Futtermenge im Verhältnis zur Menge des zulaufenden Wassers, der Art der Haltungseinrichtungen und der eingesetzten Reinigungstechnik des Ablaufwassers abhängig.

Die in dieser LfL-Information dargestellten Ergebnisse stehen zuständigen Fachstellen als Beratungsgrundlage zur Verfügung. Die Vorzeige- und Pilotanlagen können von interessierten Praktikern, nach Absprache mit den Fischzuchtbetreibern, besichtigt werden.

2 Reinigungsmöglichkeiten von Ablaufwasser aus der Forellenproduktion

Die dieser Broschüre zu Grunde liegende Untersuchungsstudie an 13 bayerischen Forellenteichanlagen stellte fünf Faktoren heraus, die für die Nährstoffkonzentration im Ablaufwasser entscheidend sind:

- Nährstoffkonzentration im Zulauf
- Fütterungsmenge je Sekundensliter (L/s) Zulauf (Produktionsintensität)
- Art der Haltungseinrichtungen (Teiche oder Fließkanäle)
- Vorhandensein von Anlagen zur Ablaufwasserreinigung
- Effektivität von Anlagen zur Ablaufwasserreinigung

Neben der eingebrachten Futtermenge ist v. a. die Art der Haltungseinrichtung entscheidend für die Nährstoffzusammensetzung im Ablaufwasser der Anlagen. Es wird zwischen zwei Haltungsarten unterschieden: Selbstreinigende Haltungseinrichtungen (z. B. Fließkanäle, Rundbecken oder ovale Becken mit einem hohen Partikelaustrag) und nicht selbstreinigende Einrichtungen (z. B. Erdteiche).

Selbstreinigende Haltungseinrichtungen sind durch einen kontinuierlichen Austrag der von den Fischen ausgeschiedenen Nährstoffen gekennzeichnet. In den Haltungseinrichtungen gibt es keine strömungsberuhigten Zonen, in denen sich Partikel (Kot, Futterreste) ansammeln können. Entscheidend für die Vermeidung von Sedimentation in den Haltungseinrichtungen sind eine hohe Strömungsgeschwindigkeit, glatte Wände (z. B. aus Beton) sowie ein ausreichend hoher Fischbestand, so dass Feststoffe durch die Aktivität der Fische verfrachtet werden.

In nicht selbstreinigenden Haltungseinrichtungen kommt es zur Sedimentation von Futterresten und Kotpartikeln, die dort verbleiben und nur beim Teichreinigen entnommen werden. Nach einem längeren Verbleib im Wasser geht ein Teil der in den Partikeln gebundenen Nährstoffe in Lösung.

Für die richtige Auswahl der idealen Anlage zur Reinigung des Ablaufwassers sind folgende Gegebenheiten der Fischzucht zu berücksichtigen:

- Art der Haltungseinrichtungen
- Produktionsintensität
- Räumliche Gegebenheiten
- Finanzielle Möglichkeiten

Im Rahmen des Projektes wurden mehrere Reinigungsverfahren für unterschiedliche Produktionsintensitäten und Haltungseinrichtungen erprobt und untersucht. Soweit möglich wurden zusätzlich die spezifischen Kosten für Einbau und Betrieb der Anlagen erfasst und die Reinigungsleistung der speziellen Reinigungsverfahren getestet.

Untersucht wurden Verfahren zur:

1. Behandlung des Teichreinigungs- bzw. Fließkanalspülwassers (Kap. 2.1)
2. Behandlung des gesamten Durchlaufwassers (Kap. 2.2)
3. Behandlung des Mikrosieb-Spülwassers (Kap. 2.3)

2.1 Behandlung des Teichreinigungswassers in Absetzbecken

Eine Behandlung des Durchlaufwassers ist im Regelfall erst ab einem Produktionsniveau über 500 kg Futter je Sekundenliter (L/s) und Jahr erforderlich. Eine Behandlung des Teichreinigungswassers hingegen ist immer notwendig, unabhängig von der Produktionsintensität. Beim Entleeren von Teichen und vor allem beim anschließenden Reinigen fällt stark organisch belastetes Wasser an, das nicht in das Fließgewässer gelangen darf, sondern gewässerunschädlich entnommen werden muss (Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, 2001).

Einfache und kostengünstige Lösungen zur Sammlung und Eindickung des Teichreinigungswassers sind Absetzbecken, die als Erdteiche, Betonbecken, Schachtringe, Trockenbeete oder bepflanzte Erdteiche ausgestaltet sein können. Eventuell kann der unterste Teich der Anlage zu einem Absetzbecken umfunktioniert werden. Weitere Informationen sind dem Faltblatt „Forellenteiche – Behandlung des Reinigungswassers“ (Bayerische Staatsministerien für Landwirtschaft und Forsten sowie Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz, 2004) zu entnehmen.

In größeren, intensiver wirtschaftenden Betrieben werden im Regelfall spezielle Absetzeinrichtungen geplant. Folgende wichtige Aspekte sind beim Bau von Absetzbecken zu beachten:

- Ausreichendes Volumen für mindestens zwei Teichreinigungsvorgänge, nach Möglichkeit in zwei Bereiche getrennt, um sie wechselseitig betreiben zu können
- Technische Ablaufvorkehrung, die sicherstellt, dass ausreichend Zeit zur Sedimentation und zum Abtrocknen des Schlammes bleibt
- Befahrbarkeit des Beckens, um den abgetrockneten Schlamm zu räumen und gegebenenfalls den Festbettfilter am Beckenauslauf austauschen zu können

In Zusammenarbeit mit zwei Fischzuchtbetrieben wurden zwei verschiedene Absetzbecken zur Behandlung des Teichreinigungswassers bzw. Fließkanalspülwassers konzipiert. Die Becken wurden vor dem Auslauf mit einem zusätzlichen Festbettfilter aus Kies bzw. Tongranulat ausgestattet, der die Reinigungsleistung deutlich verbessern sollte.

In Kapitel 2.1.1 werden Bau und Funktionsweise der Absetzeinrichtung der Forellenzucht Aumühle und in Kapitel 2.1.2 das Absetzbecken der Fischzucht Singold genauer beschrieben.

2.1.1 Forellenzucht Aumühle, Egling

In der Forellenzucht Aumühle wurde eine Absetzeinrichtung gebaut, die vom Einlauf her befahrbar ist. Sie besteht aus zwei Absetzbecken, die wechselseitig betrieben werden (Abb. 1 und Abb. 2). Das Volumen je Becken beträgt ca. 120 m^3 , was für die Reinigung jeweils eines Produktionsteichs ausreicht. 10 Teiche sind an das Absetzbecken über eine Schlamm-Druckleitung angeschlossen, über die das Teichreinigungswasser zufließt.



Abb. 1: Absetzanlage der Forellenzucht Aumühle, links Fischgülle in der Abtrocknungsphase, rechts frisch geräumtes Becken

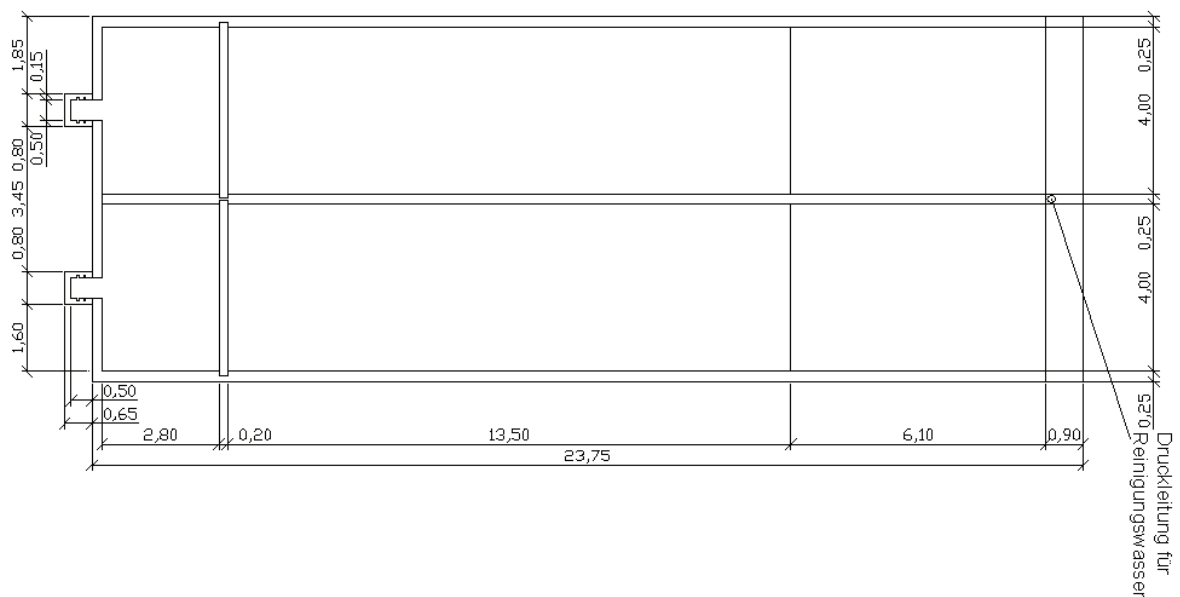


Abb. 2: Absetzanlage der Forellenzucht Aumühle, Draufsicht (Angaben in Meter)

Der Längsschnitt in Abb. 3 veranschaulicht das Absetzbecken mit der Rampe am Einlauf, durch die die Befahrbarkeit des Beckens ermöglicht wird. Die Entnahme des abgetrockneten Sediments mit Frontladerschlepper oder Radlader ist dadurch möglich. Durch das vorsichtige Abfließen des Wassers über die schräge Rampe werden Partikel in ihrer Struktur nicht zerstört und das Absetzen erleichtert.

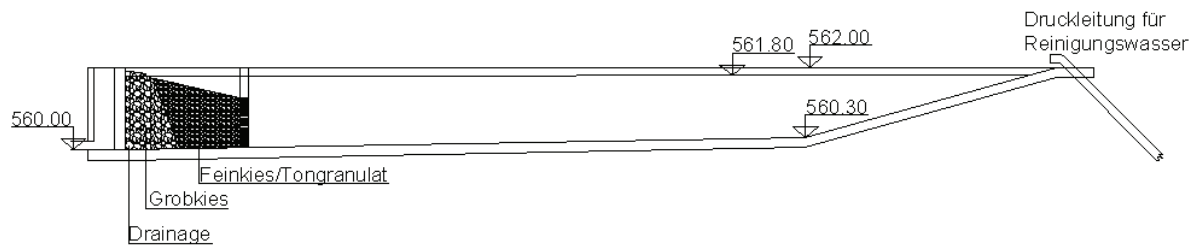


Abb. 3: Längsschnitt der Absetzbecken der Forellenzucht Aumühle mit eingebautem Festbettfilter (Höhenangaben der verschiedenen Bauelemente bezogen auf NN)

2.1.2 Fischzucht Singold, Großkitzighofen

In der Fischzucht Singold wurde ein Absetzbecken gebaut, das zur Behandlung des Reinigungswassers dient, das bei der Entleerung des Sedimentationsbereichs von Fließkanälen anfällt. Bei diesem Becken wurde eine seitliche Befahrbarkeit realisiert (Abb. 4 und Abb. 5). Sechs Fließkanäle sind an das Absetzbecken angeschlossen. Das Volumen von ca. 260 m^3 reicht zur Reinigung von mehr als zwei Sedimentationsbereichen aus.



Abb. 4: Absetzbecken der Fischzucht Singold, während der Abtrocknungsphase der Fischgülle

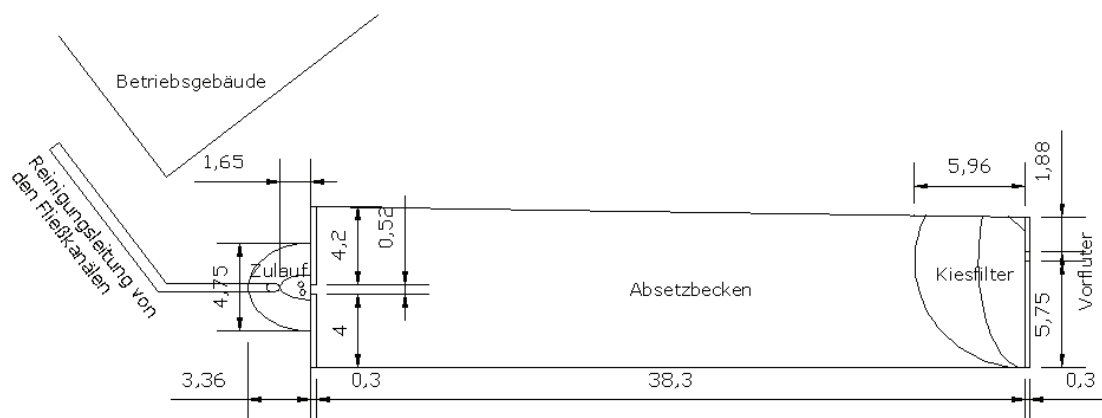


Abb. 5: Absetzbecken der Fischzucht Singold, Draufsicht (Angaben in Meter)

Durch die halbrunde Ausgestaltung des Absetzbeckens, die im Querschnitt in Abb. 6 veranschaulicht wird, ist die seitliche Befahrbarkeit gewährleistet. Das sedimentierte Material kann so mit geeigneten Maschinen, z. B. Bagger, entnommen werden. Vor dem Ablauf des Beckens ist Grob- und Feinkies zur Filterung des ablaufenden Wassers eingebracht.

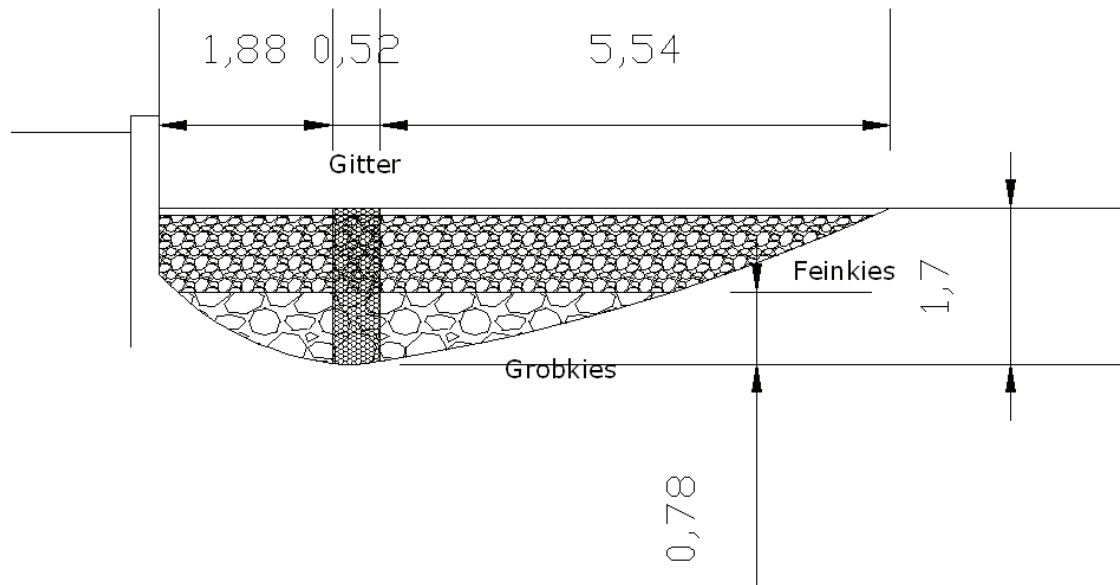


Abb. 6: Querschnitt des Absetzbeckens der Fischzucht Singold mit einem zweischichtigen Kiesfilter am Ablauf (Angaben in Meter)

2.1.3 Ergebnisse zur Behandlung des Teichreinigungswassers mittels Absetzbecken

Der Einsatz der beiden Absetzbecken in den Fischzuchtbetrieben Aumühle und Singold zur Behandlung des Reinigungswassers verlief störungslos und technisch einwandfrei. Nach dem Befüllen der Becken setzten sich in der anschließenden Ruhephase Schwebstoffe ab. Das Klarwasser wurde langsam durch den Kies- bzw. Tonfilter abgezogen.

In Abb. 7 sind die gemessenen Reinigungsleistungen sowie die Zu- und Ablaufkonzentrationen der beiden Absetzbecken für einige relevante Wasserparameter dargestellt. Es waren insgesamt sehr hohe Werte von über 90 %, insbesondere bei den an Partikel gebundenen Nährstoffen, wie Abfiltrierbare Stoffe (AS), Gesamt-Phosphor (Ges. P) und Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB) sowie von über 60 % bei Gesamt-Stickstoff (Ges. N) festzustellen.

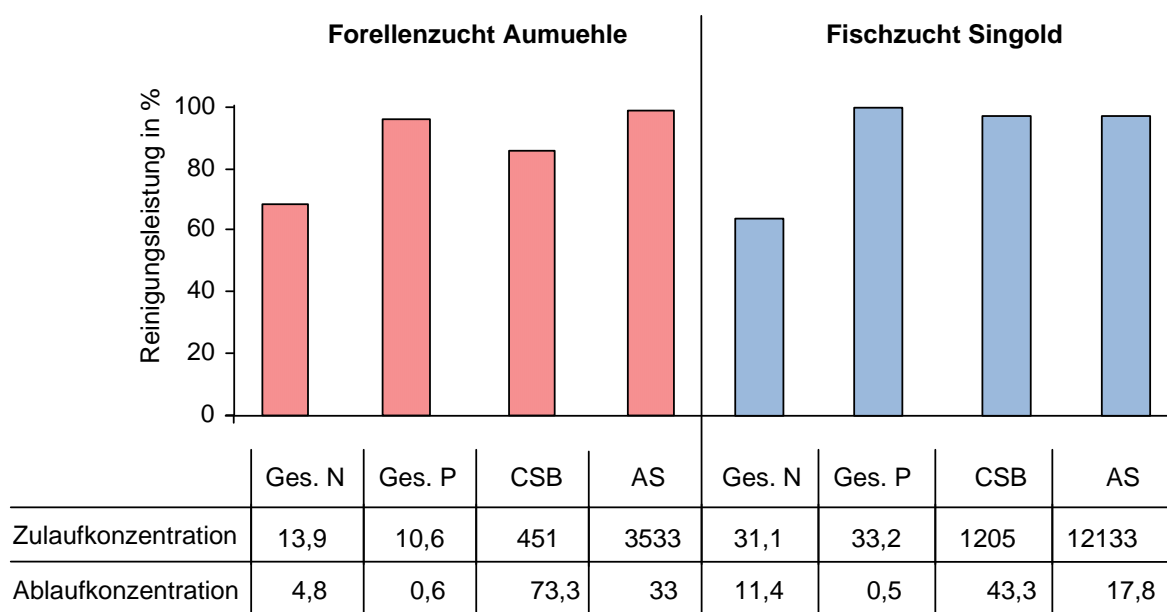


Abb. 7: Reinigungsleistung [%] sowie Zu- und Ablaufkonzentrationen der beiden beprobten Absetzbecken zur Behandlung des Reinigungswassers aus der Forellenproduktion (Tabellen-Angaben in mg/L)

2.2 Behandlung des Durchlaufwassers in Pflanzenkläranlagen

Die Behandlung des Durchlaufwassers ist in der Regel ab Produktionsintensitäten über 500 kg je Sekundeliter (L/s) und Jahr notwendig (Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, 2001). Häufig werden mechanische Reinigungsverfahren, wie Absetzbecken oder Mikrosiebe, für die Behandlung des Durchlaufwassers eingesetzt. Absetzbecken haben den Vorteil relativ wartungsarm zu sein, haben aber in den meisten Fällen aufgrund der vergleichsweise geringen Nährstoffbelastung im Ablaufwasser nicht sehr hohe Reinigungsleistungen. Mikrosiebe hingegen sind aufwändiger bezüglich Wartung und Energie, haben aber zuverlässige und konstante Reinigungsleistungen. Zudem bieten Mikrosiebe den Vorteil, dass die partikuläre Fracht des Ablaufwassers schnell aus dem Gewässer entfernt und somit die stark zeitabhängigen Nährstoff-Rücklösungsprozesse unterbunden werden. Beiden Verfahren ist allerdings gemein, dass sie keinen Reinigungseffekt auf gelöste Nährstoffe haben.

Pflanzenkläranlagen (PKA) haben dagegen einen nachweisbaren Effekt auf gelöste Nährstoffe. Aus diesem Grund wurden am Institut für Fischerei (IFI) sowie in der Forellenzucht Juraquell Pflanzenkläranlagen zur biologischen Reinigung des Ablaufwassers erprobt.

Im Fokus standen dabei vor allem folgende drei Fragestellungen:

1. Wie verbessert sich die Reinigungsleistung, wenn bestehende Absetzbecken zu PKA umgebaut werden?
2. Welche Faktoren sind für die Reinigungsleistung bei intensiver Fischproduktion ausschlaggebend?
3. Wie sieht eine mögliche Umsetzung in kommerziellen Fischzuchtbetrieben aus?

Für die Konstruktion von PKA haben sich folgende Grundsätze bewährt:

1. Um die Konstruktionskosten gering zu halten, bieten sich nicht genutzte Absetzbecken oder Teiche für den Umbau an.
2. Die zu wählende Substratgröße kann mit folgenden Berechnungen abgeschätzt werden. Bei den gegebenen Bedingungen Zulauf Q (L/s), zur Verfügung stehendes Gefälle I (Höhendifferenz Einlauf-Auslauf / Länge der Anlage) und Anströmfläche A_f (m²) lässt sich die hydraulische Leitfähigkeit des Filtersubstrates k_f (m/s) wie folgt berechnen:

$$k_f = 1000 \cdot Q \cdot (A_f \cdot I)^{-1}$$

Die effektive Korngröße d_{10} (Durchmesser in mm) kann in Abhängigkeit von der hydraulischen Leitfähigkeit k_f wie folgt abgeschätzt werden:

$$d_{10} \approx \sqrt{k_f \cdot 100}$$

Dabei repräsentiert d_{10} die unteren 10 % der Siebungslinie eines Substrates. Unter Berücksichtigung eines Sicherheitsfaktors von ca. 3-6 erhält man die für die PKA nötige Korngröße d (mm):

$$d = 3 \cdot d_{10} \text{ (minimale Korngröße in mm) bis } 6 \cdot d_{10} \text{ (maximale Korngröße in mm)}$$

3. Bei der Auswahl des Filtersubstrats ist auf eine möglichst gleichmäßige Kalibrierung des Kieses zu achten. Zudem sollte der Kies möglichst gut gewaschen sein, um den Anteil feinen Substrats, das die Anlage verstopfen könnte, aus der PKA fernzuhalten. Damit wird eine beschleunigte Alterung der Anlage vermieden.

2.2.1 Institut für Fischerei (IFI), Starnberg

Sechs von acht baugleichen Absetzbecken wurden am IFI in Starnberg zu Pflanzenklärbeeten (Abb. 8 und 9) umgebaut. Hiermit wird das Durchlaufwasser und zusätzlich einmal wöchentlich das Teichreinigungswasser aus einer relativ extensiven Fischproduktion gereinigt.



Abb. 8: Pflanzenkläranlage am IFI zum Zeitpunkt der Fertigstellung



Abb. 9: Pflanzenkläranlage am IFI nach einem Betriebsjahr

Die bestehenden Absetzbecken (Abb. 10) wurden durch Einziehen einer Bohlenwand und Auffüllen des hinteren Bereiches mit Kies zu einer PKA umgestaltet (Abb. 11). Dabei wur-

den im Ein- und Auslaufbereich Grobkies (> 32 mm), im restlichen Filterkörper 4 – 8 mm Kies verwendet. Der Kiesfilter wurde mit Schilfwurzelballen bepflanzt. Im vorderen Sedimentationsbereich wurde zudem eine Schwimmschlamm Sperre aus Holz eingebaut.

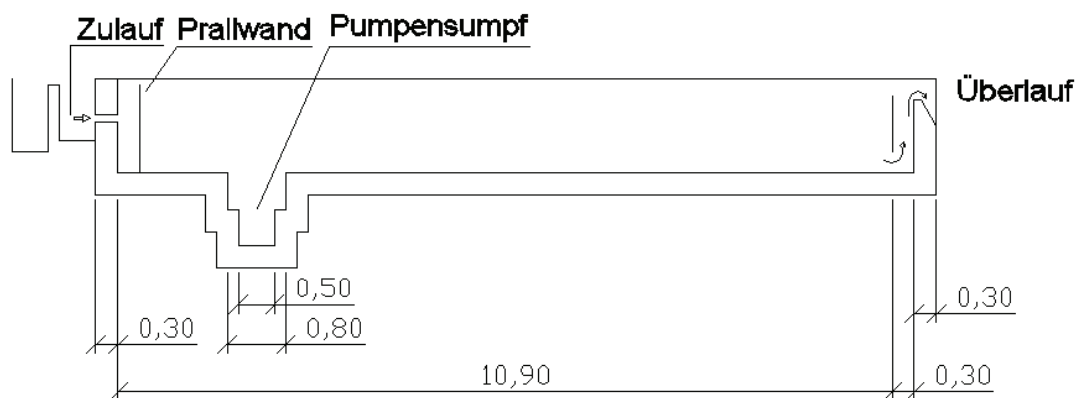


Abb. 10: Schnitt durch ein bestehendes Absetzbecken am IFI (Angaben in Meter)

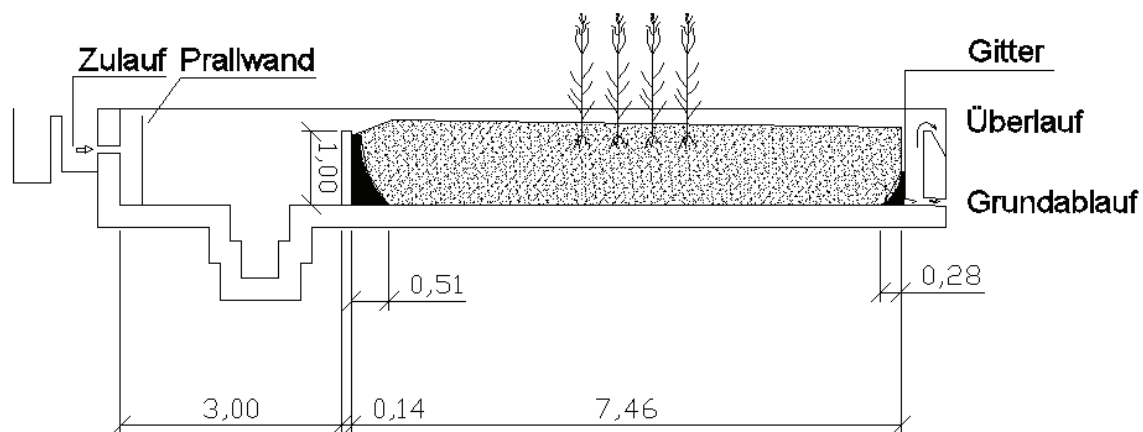


Abb. 11: Schnitt durch ein Pflanzenbeet der PKA am IFI (Angaben in Meter)

2.2.2 Forellenzucht Juraquell, Wellheim

Ausgehend von den Erfahrungen am IFI wurde für die Forellenzucht Juraquell eine PKA für die Behandlung eines Teils des Durchlaufwassers konzipiert. Dabei wurden drei nicht genutzte Becken bzw. Teiche zu einem Absetzbecken, einer PKA nach dem Aquakultursystem (dicht mit Pflanzen bewachsener Teich ohne Kiesfilter) und einer Bodensystem-PKA (mit Kiesfilter, s. o.) umgestaltet (Abb. 12 und 13). Das Absetzbecken und die PKA nach dem Aquakultursystem dienen zur Vorreinigung, damit das Kieslückensystem der Bodensystem-PKA nicht zu schnell verfüllt wird.

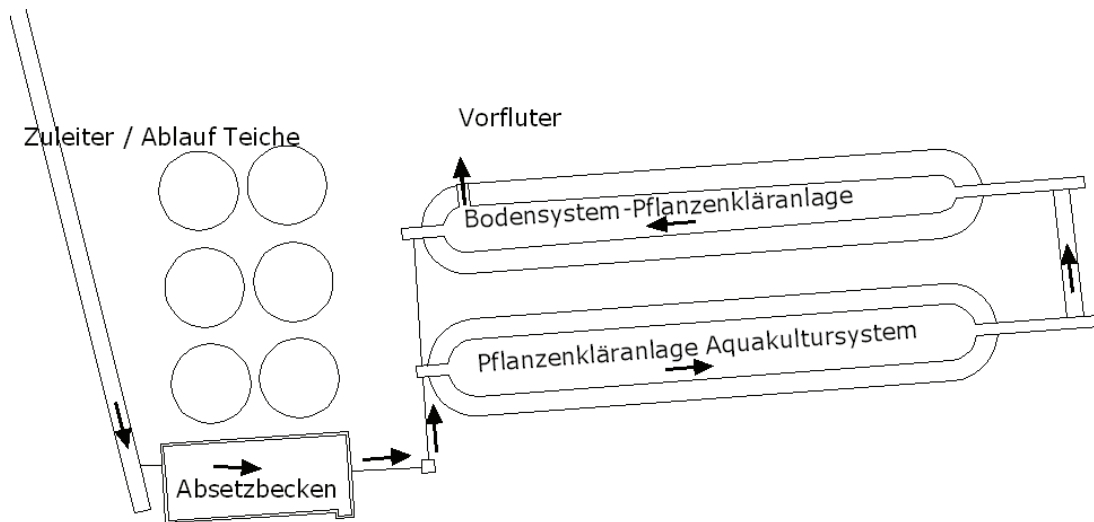


Abb. 12: PKA der Forellenzucht Juraquell, Lageplan



Abb. 13: PKA der Forellenzucht Juraquell zum Zeitpunkt der Fertigstellung (links: PKA nach dem Aquakultursystem, rechts: noch nicht bepflanzte Bodensystem-PKA)

2.2.3 Ergebnisse zur Behandlung des Durchlaufwassers mit Pflanzenkläranlagen

Die errichtete PKA am IFI zeigte im Vergleich zu den ursprünglichen Absetzbecken deutlich höhere Reinigungsleistungen bezüglich aller gelösten und gebundenen Nährstofffraktionen, sowohl während des normalen Durchlauf- (Abb. 14), als auch während des Teichreinigungs-Betriebes (Abb. 15). Die Reinigungsleistungen lagen bei geringer Produktionsintensität zwischen 40 und 87 % für partikulär gebundene aber auch für gelöste Nährstoffe, wie Ammonium. Bei Ammonium konnte die höchste Reinigungsleistung mit 87 % gemessen werden. Bei Ammonium konnte die höchste Reinigungsleistung mit 87 % gemessen werden.

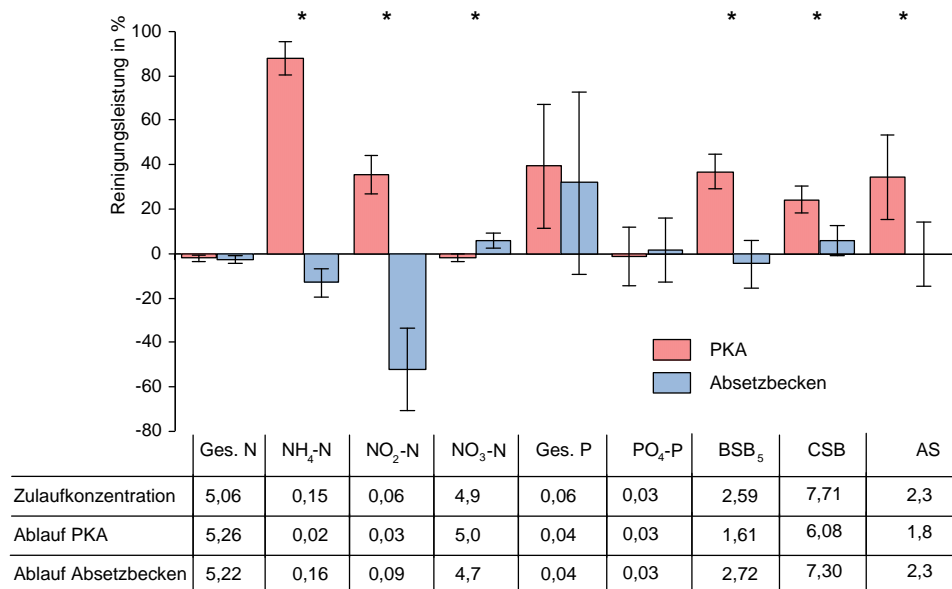


Abb. 14: Reinigungsleistung [%] der PKA am IFI im Vergleich zu Absetzbecken, bei Reinigung des Durchlaufwassers (identische Nährstoffbelastung des Zulaufwassers, * gibt signifikante Unterschiede an, Tabellen-Angaben in mg/L)

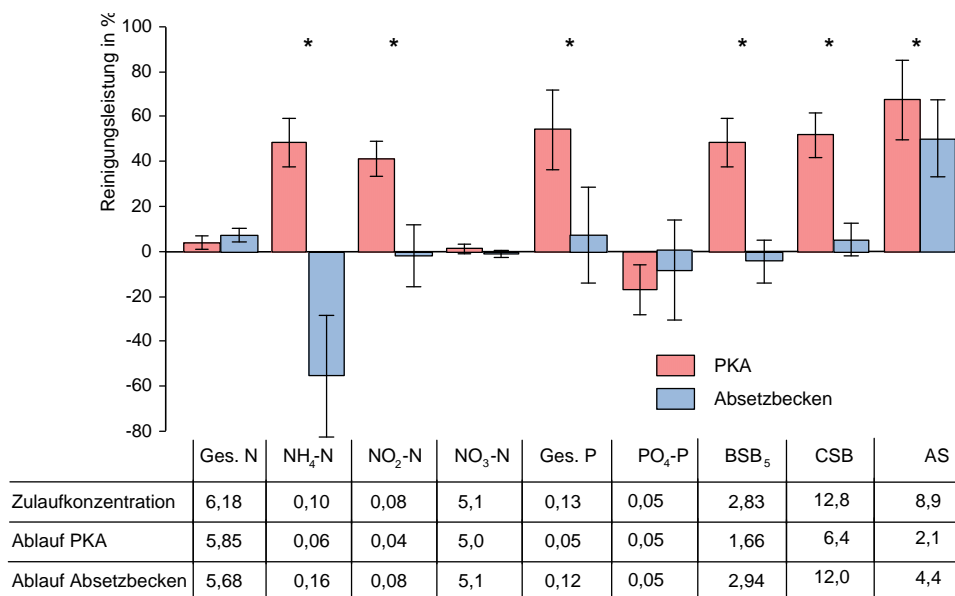


Abb. 15: Reinigungsleistung [%] der PKA am IFI im Vergleich zu Absetzbecken, bei Behandlung des Teichreinigungswassers (identische Nährstoffbelastung des Zulaufwassers, * gibt signifikante Unterschiede an, Tabellen-Angaben in mg/L)

Weitere Versuche wurden bei intensiverer Forellenproduktion (Erhöhung des Futtermiteinsatzes von ca. 140 auf 770 kg Futter je L/s Wasserzulauf und Jahr) durchgeführt. Es galt zu ermitteln, welche Faktoren für die Reinigungsleistung der PKA ursächlich verantwortlich sind. Zu diesem Zweck wurden jeweils zwei Beete der Pflanzenkläranlage (mit einer Fläche von jeweils 24 m²) mit 4,0 L/s, 1,9 L/s und 0,9 L/s Ablaufwasser aus der intensiven Produktion beaufschlagt.

Es stellte sich heraus, dass mit zunehmender hydraulischer Belastung die Reinigungsleistung der PKA abnimmt (Abb. 16). Dabei zeigten die Pflanzenbeete eine Reinigungsleistung von 50 bis über 80 % für Gesamt-Phosphor (Ges. P), Ammonium-Stickstoff (NH₄-N), Biologischer Sauerstoffbedarf (BSB₅) und Abfiltrierbare Stoffe (AS). Ein Großteil des Ammoniiums wird in Nitrat (NO₃) und Nitrit (NO₂) und ein Teil des Gesamt-Phosphors in Phosphat (PO₄) umgewandelt. Diese drei Stoffe nehmen beim Durchlaufen der PKA an Wert zu, obwohl die Konzentrationen von Gesamt-Phosphor und Gesamt-Stickstoff (Ges. N) abnehmen.

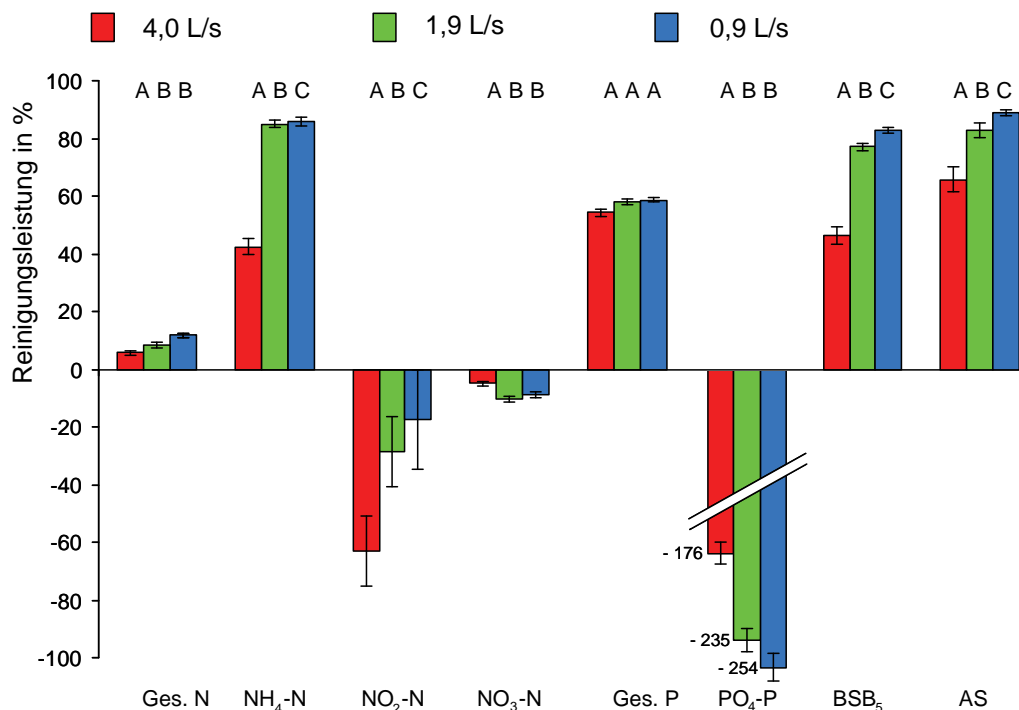


Abb. 16: Reinigungsleistung [%] der PKA am IFI in Abhängigkeit von der hydraulischen Belastung, bei Reinigung von Durchlaufwasser aus der intensiven Forellenproduktion (unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede an)

Neben der hydraulischen Belastung der PKA waren die Zulaufkonzentration und der Alterungsprozess die ausschlaggebenden Faktoren, die die Reinigungsleistung maßgeblich beeinflussen. Der Alterungsprozess wurde in Form der Ansammlung von Abfiltrierbaren Stoffen im Bodenfilter der PKA gemessen. Dazu wurde die Menge an zurückgehaltenen Partikeln über die Zeit summiert. Faktoren wie die Vegetationsperiode oder Abfischungen sind von untergeordneter Bedeutung für die Reinigungsleistung.

Die Alterung der PKA macht sich mit einer zunehmenden Verstopfung des Kieslückensystems des Bodenfilters bemerkbar. Letztendlich führt die Alterung der PKA dazu, dass sie immer stärker oberflächlich überströmt wird. Mit einer gewissen Zeitverzögerung nach dem

ersten Auftreten von Überströmung verringert sich auch die Reinigungsleistung. Dies kann in Abb. 17 anhand der abnehmenden Reinigungsleistung für Ammonium-Stickstoff ($\text{NH}_4\text{-N}$) und Biologischer Sauerstoffbedarf (BSB_5) bei hoher hydraulischer Belastung von 4,0 L/s nachvollzogen werden.

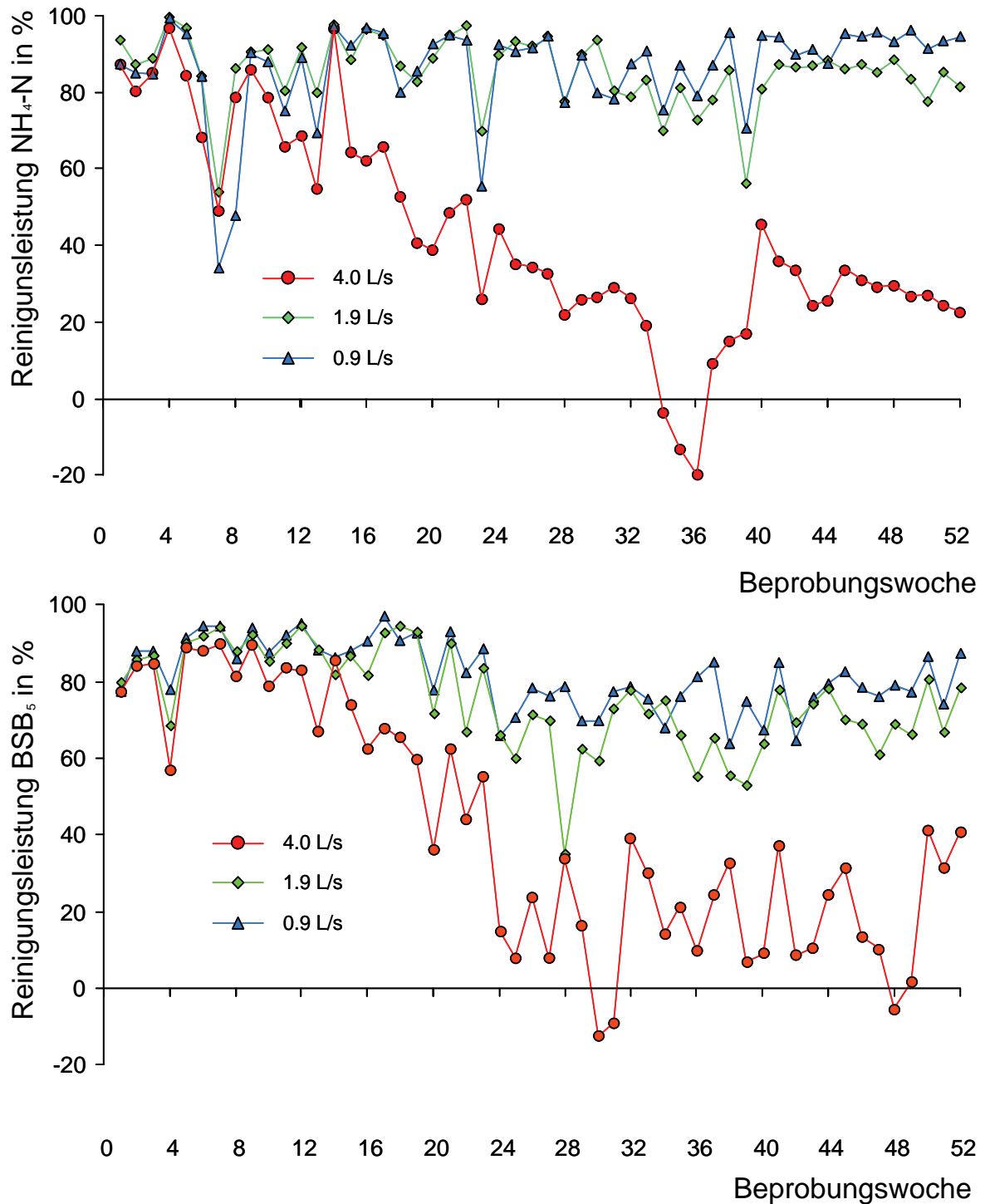


Abb. 17: Zeitlicher Verlauf der Reinigungsleistung [%] der PKA am IFI bezüglich Ammonium-Stickstoff ($\text{NH}_4\text{-N}$) und Biologischer Sauerstoffbedarf (BSB_5) in Abhängig-

keit von der hydraulischen Belastung (bei Reinigung von Durchlaufwasser aus der intensiven Forellenproduktion)

Zur Wahl des richtigen Zeitpunkts zur Erneuerung des Kiesfiltermaterials kann eine Schwellenreinigungsleistung von weniger als 50 % für Ammonium-Stickstoff ($\text{NH}_4\text{-N}$) und Biologischer Sauerstoffbedarf (BSB_5) festgelegt werden. Dieser Zeitpunkt ist je nach Nährstoffbelastung des zu reinigenden Wassers, der Vorreinigung des Wassers und der hydraulischen Belastung sowie der Betriebsweise der PKA nach unterschiedlicher Betriebsdauer erreicht. Bei geringer Produktionsintensität und ohne Vorreinigung wird dieser Zeitpunkt nach ca. 5 – 7 Jahren erreicht. Bei hoher Produktionsintensität und hoher hydraulischer Belastung ($14,5 \text{ m}^3 \text{ m}^{-2} \text{ Tag}^{-1}$, entspricht 4,0 L/s pro Beet) ist die theoretische Nutzungsdauer ohne Vorreinigung des Wassers nur 0,7 – 1,6 Jahre. Bei geringerer hydraulischer Belastung ($3,3 \text{ m}^3 \text{ m}^{-2} \text{ Tag}^{-1}$, entspricht 0,9 L/s) wird das Ende der Nutzungsdauer ohne Vorreinigung des Wassers nach ca. 7,4 Jahren erreicht.

Die Reinigungsleistung der PKA in der Forellenzucht Juraquell ist in Abb. 18 dargestellt. Diese Anlage zeigte ebenso wie die anderen PKA sehr hohe Werte vor allem bei Ammonium-Stickstoff ($\text{NH}_4\text{-N}$), Biologischer Sauerstoffbedarf (BSB_5) sowie den partikelgebundenen Nährstoffen. Dabei wird $\text{NH}_4\text{-N}$ vornehmlich zu Nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$) und teilweise zu Nitrit ($\text{NO}_2\text{-N}$) umgewandelt.

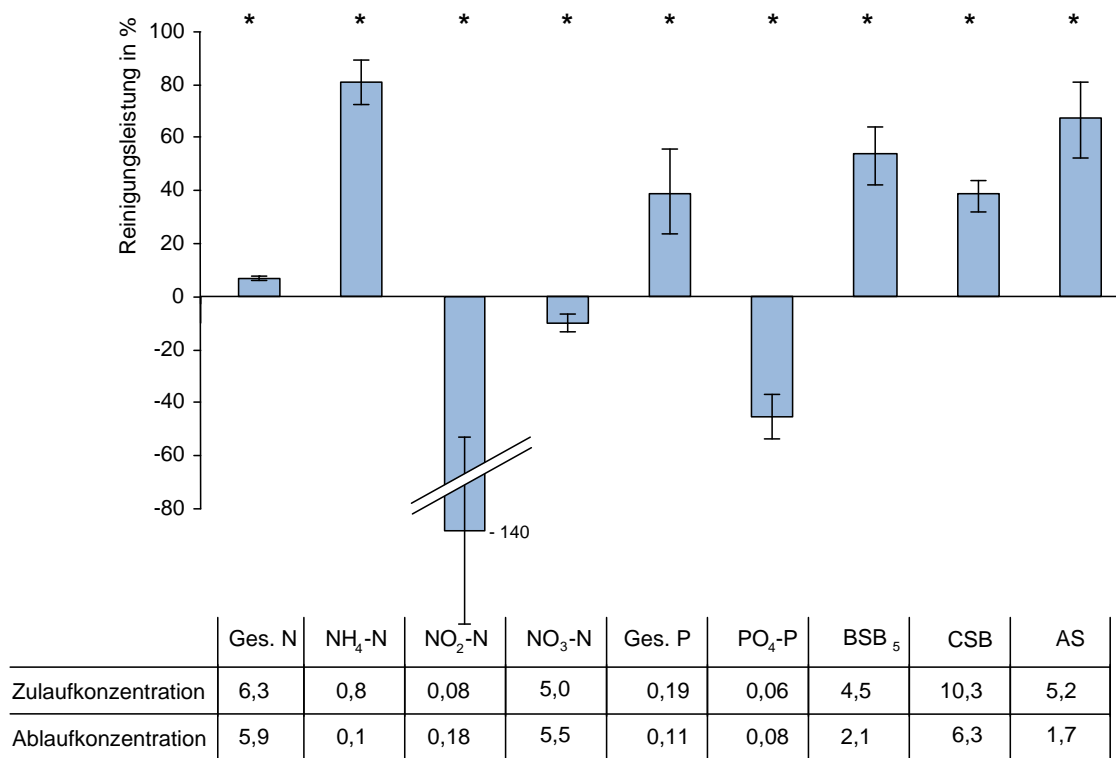


Abb. 18: Reinigungsleistung [%] der PKA der Forellenzucht Juraquell (* bedeutet signifikante Reinigungsleistung, Tabellen-Angaben in mg/L)

2.3 Behandlung von Mikrosieb-Spülwasser

Bei der Ablaufwasserreinigung mit einem Mikrosieb wird das Ablaufwasser in eine mit Filtergaze (Filtermaschenweite in der Regel 60 – 100 µm) bespannte Trommel geleitet. Die Schmutzpartikel werden beim Durchlaufen des Filtertuches zurückgehalten. Durch die Rotation der Filtertrommel werden die Partikel dem Wasser entnommen und außerhalb des Wasserkörpers mit Frischwasser aus Sprühwasserdüsen von der Filtergaze abgespritzt (Abb. 19).

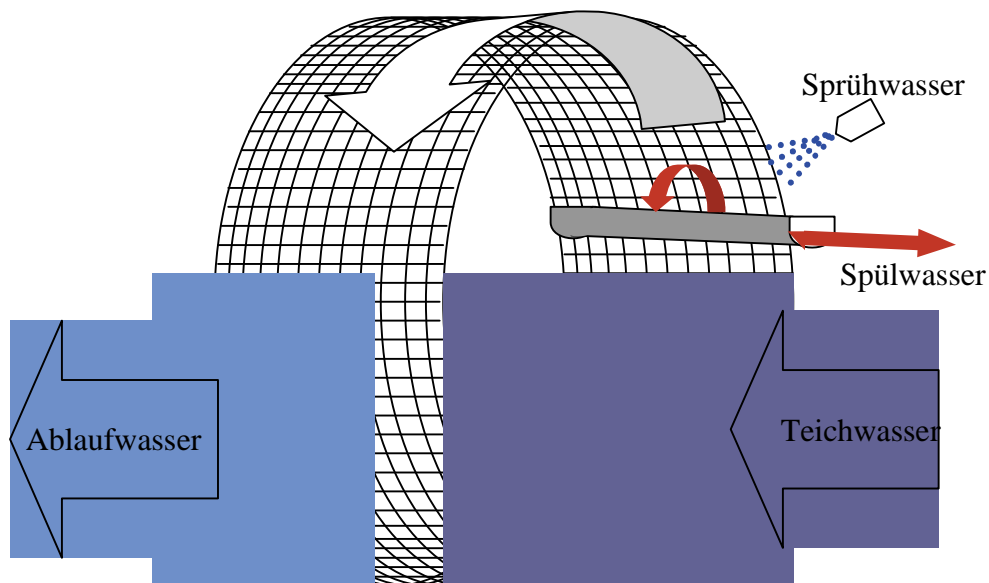


Abb. 19: Funktionsskizze eines Mikrosiebes (blaue Pfeile: Fließrichtung des Wassers, rote Pfeile: auf der Filtergaze zurückgehaltene und abespülte Partikel)

Das bei der Mikrosiebung anfallende Spülwasser kann in Abhängigkeit vom Fischbestand bzw. der Fütterungsmenge bis zu 1 – 2 % des Durchlaufwassers ausmachen. Eine Weiterbehandlung (Eindickung) ist sinnvoll, um das Volumen zu reduzieren und den Trockensubstanzgehalt so weit zu erhöhen, dass die Fischgülle mit landwirtschaftlichen Fahrzeugen ausgebracht werden kann. Mikrosieb-Spülwassers fällt im Gegensatz zu Teichreinigungswasser kontinuierlich an. Eine Behandlung in Absetzbecken ist deshalb schwieriger. Zur Trennung der flüssigen von der festen Fraktion wurden spezielle Absetzeinrichtungen, wie z. B. ein sogenannter Dortmundbrunnen, getestet.

2.3.1 Fischzucht Hofer, Alzgern und Mitterhausen

In beiden Produktionsstandorten Alzgern und Mitterhausen der Fischzucht Hofer wurden verschiedene Möglichkeiten der Behandlung von Mikrosieb-Spülwasser untersucht. In der Fischzuchtanlage Alzgern wurde ein Dortmundbrunnen erprobt. Das zu reinigende Mikrosiebspülwasser wird einem Fallrohr in der Mitte des Dortmundbrunnens zugeführt (Abb. 20 und Abb. 21) und zwangsweise nach unten geleitet. Nach dem Verlassen des Rohres steigt das Spülwasser auf, die Strömung verlangsamt sich und die Partikel beginnen zu sedimentieren. Aufgrund des Gegenstromprinzips von absinkenden Partikeln und aufsteigendem Wasser, werden die Partikelflocken immer größer und die Sedimentationsneigung wird dadurch verbessert. Um zu verhindern, dass eventuell gebildeter Schwimmschlamm aus dem System ausgetragen wird, wird das Überlaufwasser mittels Drainageleitung an der Oberfläche gesammelt und abgeleitet. Die sedimentierten Stoffe werden mindestens einmal täglich mit einer Schlammpumpe vom Boden des Dortmundbrunnens abgesaugt und in einer Güllegrube gelagert.



Abb. 20: Dortmundbrunnen in der Fischzuchtanlage Alzgern (während des Einbaus, das Überlaufwasser wird in der gelben Drainageleitung abgeführt)

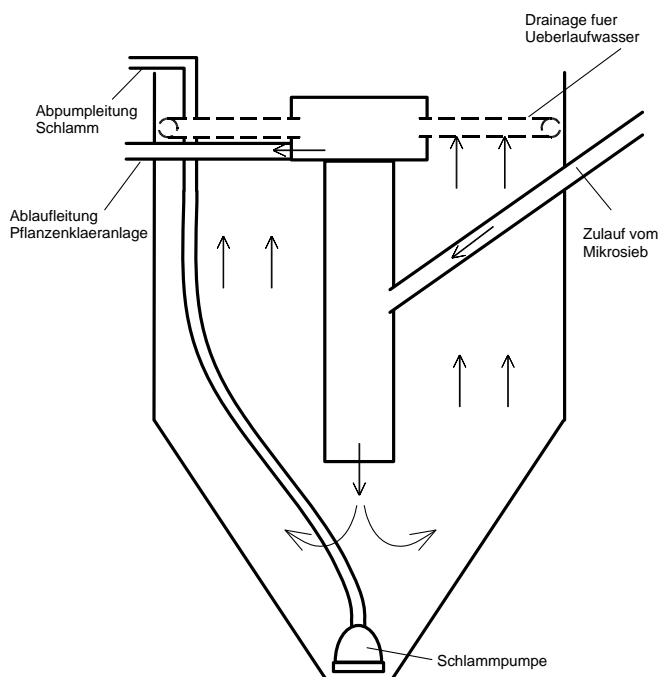


Abb. 21: Skizze des Dortmundbrunnens in der Fischzuchtanlage Alzgern

Trotz der Sedimentation im Dortmundbrunnen ist das Überlaufwasser im Regelfall hoch mit gelösten Nährstoffen konzentriert, sodass eine direkte Ableitung in den Vorfluter nicht in Frage kommt. Eine Nachbehandlung in einer Pflanzenkläranlage (PKA) bietet sich an. Aufgrund der räumlichen Gegebenheiten wurde die PKA der Fischzuchtanlage Alzgern trapezförmig gestaltet (Abb. 22 und Abb. 23). Diese eher untypische Form wird durch den seitlichen Einbau der Zulaufrohre dementsprechend optimiert, dass die Wasserführung gezielt gerichtet wird. Damit wird gewährleistet, dass der gesamte Bodenfilter durchströmt wird.

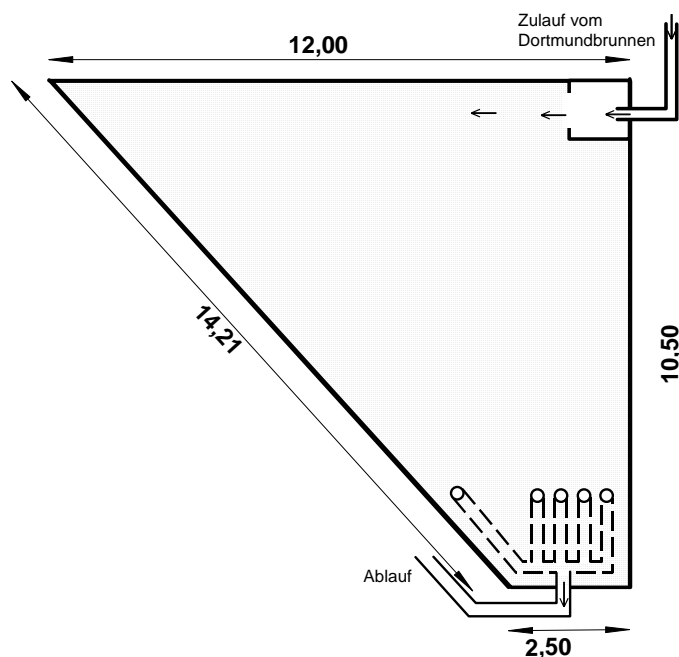


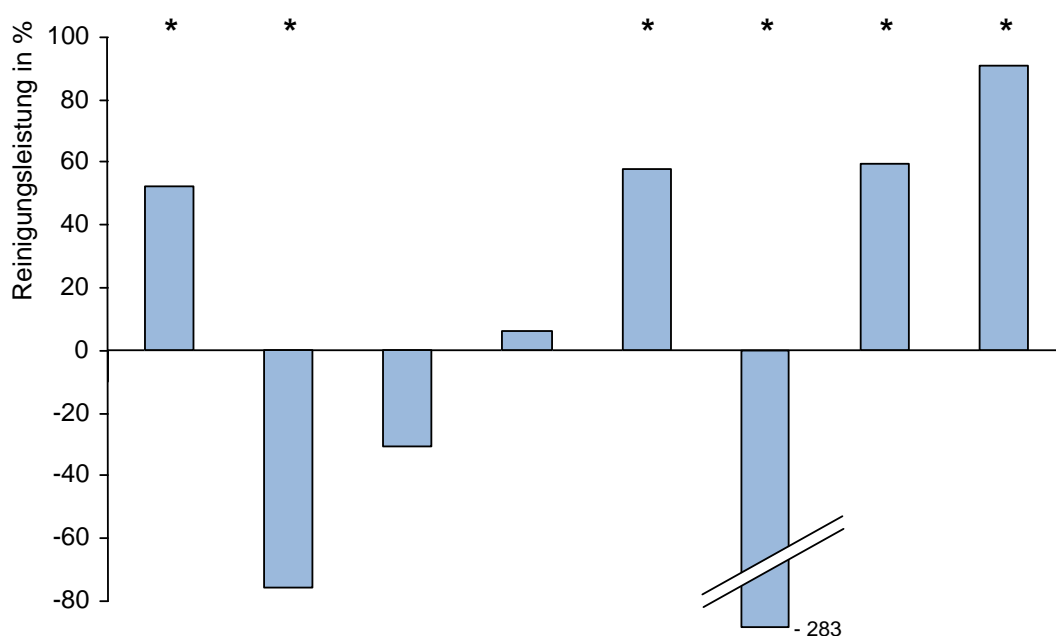
Abb. 22: PKA der Fischzuchtanlage Alzgern, Draufsicht (Angaben in Meter)



Abb. 23: PKA der Fischzuchtanlage Alzgern zum Zeitpunkt der Inbetriebnahme

2.3.2 Ergebnisse zur Behandlung des Mikrosieb-Spülwassers mittels Dortmundbrunnen

Die Ergebnisse der Behandlung des Mikrosieb-Spülwassers durch Sedimentation im Dortmundbrunnen sind aus Abb. 24 ersichtlich. Der Dortmundbrunnen ist sehr effektiv bei der Entnahme von Partikeln mit einer Reinigungsleistungen von über 90 % für Abfiltrierbare Stoffe (AS). Auch bei den weiteren partikelgebundenen Nährstoffen wird eine hohe Reinigungsleistung erzielt, ausgedrückt durch eine Entnahmeleistung von 50 – 60 % bei den Fraktionen Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB), Gesamt-Phosphor (Ges. P) und Gesamt-Stickstoff (Ges. N). Die relativ lange Aufenthaltszeit der Partikel im Dortmundbrunnen führt andererseits zu einer Rücklösung von gelösten Nährstoffen (Ammonium-Stickstoff und Phosphat-Phosphor), die mit dem Ablauf des Überstandswassers aus dem Dortmundbrunnen ausgetragen werden.



	Ges. N	NH ₄ -N	NO ₂ -N	NO ₃ -N	Ges. P	PO ₄ -P	CSB	AS
Zulaufkonzentration	22,2	3,5	0,47	8,0	15,1	1,03	1061	674
Ablaufkonzentration	10,9	6,0	0,64	7,1	6,5	4,00	436	67

Abb. 24: Reinigungsleistung [%] des Dortmundbrunnens in der Fischzuchtanlage Alzgern bei der Behandlung des Mikrosieb-Spülwassers (* bedeutet Signifikanz, Tabellenangaben in mg/L)

2.3.3 Ergebnisse zur Behandlung des Dortmundbrunnen-Überlaufwassers mittels Pflanzenkläranlage (PKA)

Die PKA zur Nachbehandlung des Dortmundbrunnen-Überlaufwassers zeigte sehr gute Reinigungsleistungen. Aufgrund des nahezu sauerstofffreien Zulaufwassers kam es in der PKA zu hohen Abbau- bzw. Rückhaltsraten von Phosphat-Phosphor ($\text{PO}_4\text{-P}$) und Nitrit- sowie Nitrat-Stickstoff ($\text{NO}_2\text{-N}$ und $\text{NO}_3\text{-N}$). Zudem zeigte die PKA eine hohe Entnahmekapazität bei den partikulären Nährstoffen, die sich in Reinigungsleistungen von 40 – 80 % für den Chemischen Sauerstoffbedarf (CSB), die Abfiltrierbare Stoffe (AS), Gesamt-Phosphor (Ges. P) und Gesamt-Stickstoff (Ges. N) widerspiegeln (Abb. 25).

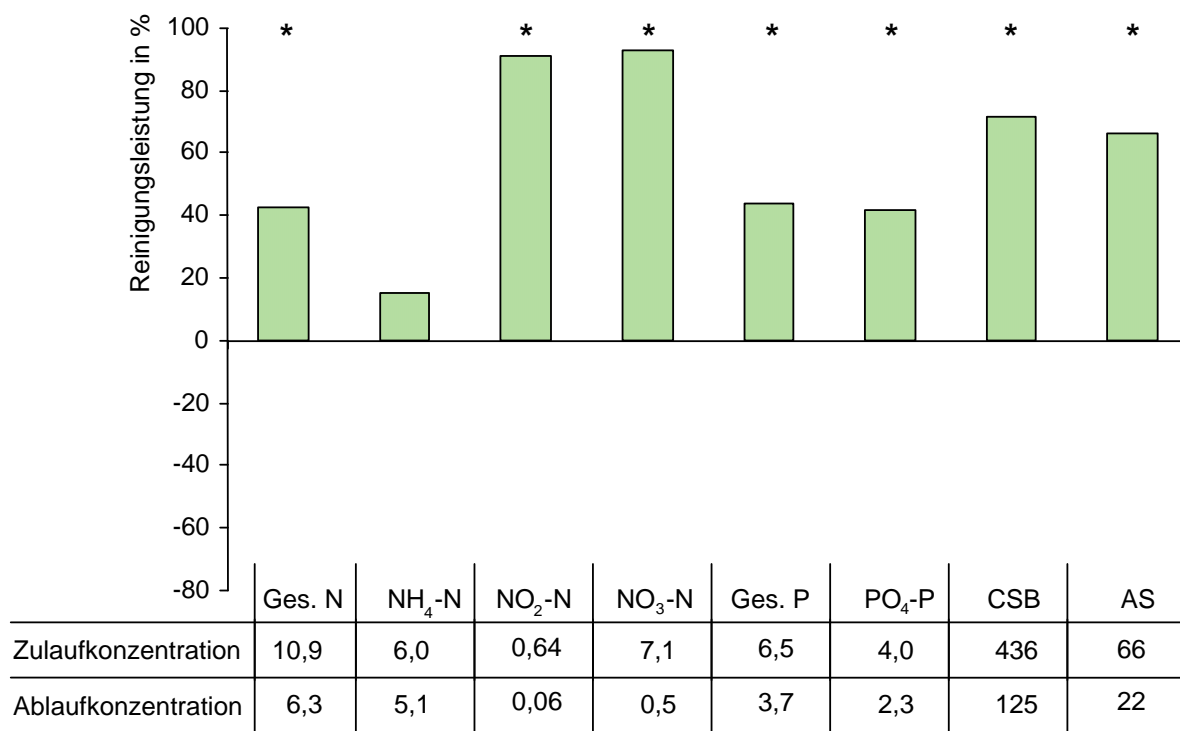


Abb. 25: Reinigungsleistung [%] der PKA in der Fischzuchtanlage Alzger (* bedeutet Signifikanz, Tabellen-Angaben in mg/L)

3 Kosten der Ablaufwasserreinigung

Neben der Funktionalität und Effektivität ist ein entscheidender Punkt für die Auswahl eines speziellen Verfahrens zur Ablaufwasserreinigung die Höhe der finanziellen Belastung, die mit dem Einsatz verbunden ist. Bei der Berechnung sind Festkosten, wie Anschaffungs- (Abschreibung, Zinsansatz) und Unterhaltskosten (Wartung, Pflege, Reparatur) sowie variable Kosten (Energie, Wasser, Arbeitszeit) zu betrachten. Durch Eigenleistungen, wie z. B. Einsatz eigener Maschinen oder Arbeitskräfte konnten z. T. erhebliche Einsparungen erzielt werden. Zur besseren Vergleichbarkeit wurden die Eigenleistungen dennoch mit üblichen Beträgen in Ansatz gebracht. Die Nutzungsdauer der verschiedenen Verfahren und Komponenten der Reinigungseinheiten ist abhängig von der Belastung durch den Betrieb und der Lebensdauer der Materialien. Zur Kalkulation der jährlichen Festkosten wurden folgende Ansätze gewählt (Tab. 1):

Tab. 1: Nutzungsdauer [Jahre] und jährliche Festkosten [% der Anschaffungskosten]

Bauteil	Nutzungsdauer	Abschreibungssatz	Zinsansatz		Unterhalt
			pro Jahr		
Becken (aus Beton)	30 Jahre	3,3 %	5 % des halben Neuwerts		1,0 %
Becken (in Erdbauweise)	15 Jahre	6,7 %			2,0 %
Kiesfilter der PKA	3 – 8 Jahre (in Abhängigkeit der Zulauffracht, Versuch PKA am IFI, Kap. 2.2.3)	33,3 – 12,5 %			3,0 %
Maschinen, Leitungen, Holzwände etc.	10 Jahre	10,0 %			3,0 %

Die variablen Kosten wurden durch Aufschreibungen der Betriebsleiter erfasst und jeweils auf ein Betriebsjahr umgerechnet.

3.1 Kosten für die Behandlung des Teichreinigungswassers

In vielen Fischzuchtbetrieben kann der unterste Teich der Anlage zu einem Absetzbecken umfunktioniert werden. Einfache und kostengünstige Lösungen können z. B. in Form von Erdteichen, Betonbecken, Schachtringen, Trockenbeeten oder bepflanzten Erdteichen ausgestaltet werden. In diesen Fällen sind die Kosten sehr gering.

Die Kosten für die Anschaffung der hier vorgestellten Absetzbecken zur Behandlung des Teichreinigungswassers beliefen sich auf 38.000 € bzw. 44.000 € (zzgl. MwSt., ohne Abzug von Fördermitteln). Größter Kostenfaktor ist jeweils das Becken in Betonausführung, um eine Abdichtung gegenüber Grundwasser und eine leichtere Reinigung zu ermöglichen. In der Forellenzucht Aumühle sind die Anschaffungskosten durch Mehrkosten von ca. 10.000 € für das Verlegen einer Druckleitung von den Produktionsteichen zum Absetzbe-

cken erhöht. Dies war notwendig, um die Höhendifferenz zum höher liegenden Absetzbecken zu überwinden. In der Fischzucht Singold war ein Kanal zur Ableitung des Reinigungswassers im natürlichen Gefälle bereits vorhanden. Bei einer Nutzungsdauer von 30 Jahren für die Betonbecken und 5 Jahren für die Festbettfilter vor dem Ablauf der Absetzbecken errechnen sich jährliche Festkosten von 2.900 – 3.500 €(Tab. 2).

Die variablen Kosten sind stark von der Nutzungshäufigkeit und der Methode der Beckenreinigung abhängig. In der Forellenzucht Aumühle ist die Beckenreinigung sehr aufwendig. Es werden zwei Pumpen, eine zum Ausspritzen der Teiche und eine zum Pumpen des Schlammwassers benötigt. Eine Arbeitskraft ist zur Reinigung eines Teiches inklusive Rüstzeiten ca. 90 Minuten beschäftigt. In der Fischzucht Singold erfolgt die Kanalreinigung innerhalb von 15 Minuten mittels einer Schildplatte, die von zwei Arbeitskräften bedient wird. Durch die schnelle und effektive Reinigung der Fließkanäle sind die variablen Kosten deutlich geringer als in der Forellenzucht Aumühle. Eine einmal jährlich stattfindende Räumung der Absetzbecken wird zudem für beide Betriebe berücksichtigt. Die Gesamtkosten pro Jahr liegen insgesamt zwischen 3.500 und 5.300 €(Tab. 2).

Tab. 2: Jährliche Gesamtkosten [€/Jahr] für Absetzbecken zur Behandlung von Teichreinigungswasser

Kategorie	FZ Aumühle	FZ Singold
Jährliche Festkosten	3.540,-	2.900,-
Jährliche variable Kosten für die Teichreinigung	1.580,-	220,-
Jährliche variable Kosten für die Beckenräumung	210,-	360,-
Gesamtkosten pro Jahr	5.330,-	3.480,-

Die anfallenden bzw. berechneten Kosten können auf die produzierte Fischmenge umgelegt werden. In den vorliegenden Fällen wird ein Kilogramm Forellen mit Kosten in Höhe von 3 – 7 Cent belastet.

3.2 Kosten für die Behandlung des Durchlaufwassers

Die Kosten für die Behandlung des gesamten Durchlaufwassers hängen stark von dem eingesetzten Reinigungsverfahren ab. Bei Einsatz eines Mikrosiebs in Form eines Trommelfilters belaufen sich die jährlichen Gesamtkosten auf ca. 4.720 € Davon machen jährliche Festkosten 2.740 € und variable Kosten 1.980 € aus.

Bei Einsatz einer Pflanzenkläranlage (PKA), die durch Umbau von Absetzbecken erfolgte, sind die Anschaffungskosten relativ gering. Sie belaufen sich auf ca. 100 €/m². Etwa 55 % davon können auf 30 Jahre, 17 % auf 10 Jahre und 28 % auf die Lebensdauer des Kiesfilters der PKA abgeschrieben werden. Großen Einfluss haben die Preise für Kies einschließlich Transport, Austausch und Entsorgung. Diese Kosten wurden in den folgenden Berechnungen berücksichtigt.

Die Nutzungsdauer der PKA hängt demnach von drei Faktoren ab:

1. Produktionsintensität in der Fischzuchtanlage
2. Hydraulische Belastung der PKA
3. Belastung der PKA mit Abfiltrierbaren Stoffen, abhängig von der Produktionsintensität und der mechanischen Vorreinigung des Wassers vor der PKA

Bei geringer Produktionsintensität und einer hydraulischen Belastung von ca. 0,2 L/s je m² ist mit einer Nutzungsdauer von (5 –) 7 Jahren zu rechnen. Bei intensiver Produktion und einer hydraulischen Belastung von ca. 0,1 L/s je m², ohne mechanische Vorreinigung, sinkt die theoretische Nutzungsdauer auf etwa 3 Jahre. Bei Einsatz einer mechanischen Vorreinigung des Wassers vor der PKA kann die Lebensdauer bzw. die zu behandelnde Wassermenge gesteigert werden. Beispielsweise steigt die Nutzungsdauer der PKA auf 8 Jahre bei einer hydraulischen Belastung von 0,1 L/s je m², wenn vorher 50 % der Abfiltrierbaren Stoffe (AS) entnommen werden. Bei einer 80 %-igen Vorreinigung von AS und einer hydraulischen Belastung von 0,2 L/s wird eine Nutzungsdauer von etwa 6 Jahren kalkuliert.

Die jährlichen variablen Kosten für die PKA belaufen sich auf ca. 2,20 €/m², unabhängig von der Nutzungsart.

Ausgehend von der Nutzung der PKA (Produktionsintensität, hydraulische Belastung, Vorreinigung der AS) können für einen Beispielbetrieb mit 100 L/s Zulaufwasser folgende Kosten (Tab. 3) berechnet werden.

Tab. 3: Kosten [€/Jahr bzw. €/kg Forelle] der Reinigung von 100 L/s Ablaufwasser in PKA in Abhängigkeit von Produktionsintensität, Vorreinigung und benötigter Fläche bzw. hydraulischer Belastung

Produktionsintensität	Vorreinigung	Benötigte Fläche	Nutzungsdauer	Kostenart	Kosten (€/Jahr)
gering	keine	600 m ²	7,0 Jahre	Fixkosten	4.500,-
				variable Kosten	1.335,-
				Gesamtkosten	5.835,-
Gesamtproduktion ca. 33 Tonnen/Jahr				Kosten/kg Forelle	0,18
hoch	keine	1.200 m ²	3,2 Jahre	Fixkosten	15.475,-
				variable Kosten	2.810,-
				Gesamtkosten	18.285,-
Gesamtproduktion ca. 77 Tonnen/Jahr				Kosten/kg Forelle	0,24
hoch	50 % AS	1.200 m ²	8,3 Jahre	Fixkosten	8.730,-
				variable Kosten	2.810,-
				Gesamtkosten	11.540,-
Gesamtproduktion ca. 77 Tonnen/Jahr				Kosten/kg Forelle	0,15
hoch	80 % AS	600 m ²	5,7 Jahre	Fixkosten	6.375,-
				variable Kosten	1.335,-
				Gesamtkosten	7.710,-
Gesamtproduktion ca. 77 Tonnen/Jahr				Kosten/kg Forelle	0,10

Bei intensiver Produktion ist eine Vorreinigung des Durchlaufwassers zu empfehlen, da sonst die PKA zu stark mit partikulärer Fracht belastet wird und dadurch die Kosten für den Betrieb und die Erneuerung des Kiesfilters sehr hoch sind. Eine Vorreinigung des Wassers

vor der PKA kann mittels Absetzbecken, einer PKA nach dem Aquakultursystem oder einem Mikrosieb erfolgen.

Bei ausreichendem Platzangebot bietet sich für die Vorreinigung eine PKA nach dem Aquakultursystem an. Die zu erwartende Reinigungsleistung an Abfiltrierbaren Stoffen liegt bei ca. 50 %. Sind nicht genutzte Teiche wie in der Fischzucht Juraquell vorhanden, so sind die Kosten sehr gering. Bei Neubau sind ähnliche Kosten wie für den Bau eines Teiches anzusetzen.

Bei geringem Platzangebot und einer Fischproduktion in selbstreinigenden Fließkanal-Anlagen ist der Einsatz eines Mikrosiebes zu empfehlen. Hier kann eine Reinigungsleistung von 80 % für AS erzielt werden. Die Gesamtkosten für die Behandlung des Wassers mit Mikrosieben liegen bei ca. 4.720 € pro Jahr zuzüglich der Kosten für die Nachbehandlung des Mikrosieb-Spülwassers in Höhe von ca. 3.400 € (Tab. 4). Bei einer Produktionsintensität von 77 Tonnen je 100 L/s belaufen sich die Gesamtkosten bei Einsatz eines Mikrosiebes zur Vorreinigung des Wassers, Behandlung des Durchlaufwassers in einer PKA und Nachbehandlung des Mikrosiebspülwassers, wie in Kapitel 2.3 beschrieben, auf ca. **15.830 €** pro Jahr (4.720 € + 3.400 € + 7.710 €). Dies entspricht ca. **0,20 €/kg** Forelle. Bei diesem hohen Reinigungsaufwand ist jedoch eine Steigerung der Produktionsintensität möglich, ohne zusätzliche Reinigungskosten und negative Auswirkungen auf die Reinigungseffektivität zu bekommen. Jahresproduktionsmengen von 100 bis 150 Tonnen pro 100 L/s sind durchaus realistisch, wodurch die Reinigungskosten auf ca. 0,10 – 0,16 €/kg Forellen gesenkt werden können.

3.3 Kosten für die Behandlung des Mikrosiebspülwassers

Die Menge an Mikrosiebspülwasser macht im Regelfall 1 – 2 % des Durchlaufwassers aus. Deshalb können die Reinigungseinheiten in diesem Fall relativ klein und damit kostengünstig ausfallen.

Tab. 4: Jährliche Gesamtkosten [in €/Jahr] zur Behandlung von Mikrosieb-Spülwasser

Kategorie	Absetzbecken	Pflanzen- kläranlage	Zusammen
Jährliche Festkosten	800,- (560 – 1.030)	1.190,-	1.990,- (1.750 – 2.220)
Jährliche variable Kosten	1.380,- (920 – 1.830)	50,-	1.430,- (970 – 1.880)
Gesamtkosten pro Jahr	2.180,-	1.240,-	3.420,-

Ab einer Produktionsintensität von ca. 700 kg Futtereinsatz je L/s und Jahr (Sindilariu 2007), in selbstreinigenden Fischzuchtanlagen ist der Einsatz von Mikrosieben als Reinigungseinheit für das Ablaufwasser zu empfehlen. Bei einem angenommenen Futterquotienten von 0,9 entspricht dies in einem Beispielsbetrieb mit 100 L/s Zulaufwasser einer Jahresproduktion von 77 Tonnen. Damit errechnen sich für die Ablaufwasserreinigung mit Mikrosieben Kosten in Höhe von 0,06 €/kg Forellen und für die Nachbehandlung des Mikrosiebspülwassers 0,04 €/kg Forellen.

4 Zusammenfassung / Schlussfolgerung

In Abhängigkeit von der Produktionsintensität und der Art der Haltungseinrichtungen werden unterschiedliche Reinigungsverfahren zur Behandlung des Ablaufwassers aus Forellenteichanlagen empfohlen. Je nach Ausführung ist mit unterschiedlichen Kosten zu rechnen. In Abbildung 26 sind die ermittelten Kosten für die Ablaufwasserbehandlung bei verschiedenen Produktionsweisen zusammenfassend dargestellt.

Einfache Lösungen zur **Behandlung des Reinigungswassers**, z. B. Umgestaltung des letzten Teiches einer Anlage zu Absetzbecken oder Schlamm-polder, sind sehr kostengünstig und häufig ausreichend effektiv. In diesem Projekt wurden Absetzbecken aus Beton zur Behandlung des Teich- bzw. Kanalreinigungswassers mit Kiesfilter vor dem Ablauf für Betriebe mit mittlerer bis höherer Produktionsintensität überprüft. Die Reinigungsleistung war sehr gut. Die Mehrkosten beliefen sich auf 3.500 – 5.300 €/pro Jahr bzw. ca. 3 – 7 Cent/kg Forelle.

Mit steigender Intensität wird die **Behandlung des gesamten Durchlaufwassers** erforderlich. Die Reinigung des Ablaufwassers in Absetzbecken ist vor allem bei kurzer Verweildauer nicht sehr effektiv und kann nicht empfohlen werden. Der Einsatz einer Pflanzenkläranlage hingegen zeigt deutlich höhere Reinigungsleistungen bei partikelgebundenen und auch bei gelösten Nährstoffen. Die Kosten hierfür betragen ca. 5.800 €/pro Jahr bzw. bei einer Fischproduktion von 33 Tonnen/Jahr 18 Cent/kg Forelle.

Bei höherer Produktionsintensität ist eine Vorreinigung des Durchlaufwassers vor der Behandlung in einer Pflanzenkläranlage, z. B. mittels Absetzbecken, Pflanzenkläranlagen nach dem Aquakultursystem oder Mikrosiebe zu empfehlen, um die Lebensdauer des Kiesfilters zu verlängern und die Effektivität zu erhalten. Die Kombination aus Pflanzenkläranlage nach dem Aquakultursystem und Bodensystem-Pflanzenkläranlage erzielten hohe Reinigungsleistungen für partikulär gebundene und gelöste Nährstoffe und verursachten einen Mehraufwand von 11.500 €/pro Jahr bzw. bei einer Produktion von 77 Tonnen/Jahr ca. 15 Cent/kg Forelle.

Mit steigender Intensität, ab einem Futtereinsatz von ca. 700 kg je L/s und Jahr, ist der Einsatz von Mikrosieben vor allem in selbstreinigenden Fischproduktionsanlagen sinnvoll. Die Kosten für die Behandlung des Ablaufwassers mit einem Mikrosieb, das vor allem die partikelgebundenen Nährstoffe aus dem Ablaufwasser entfernt, liegen bei 4.700 €/pro Jahr bzw. ca. 6 Cent/kg Forelle zuzüglich 3.400 €/pro Jahr bzw. 4 Cent/kg für die Nachbehandlung des Mikrosiebspülwassers, insgesamt ca. 8.100 €/pro Jahr bzw. ca. 10 Cent/kg Forelle bei einer Jahresproduktion von 77 Tonnen.

Bei hoch intensiver Fischproduktion um 1.000 – 1.500 kg je L/s und Jahr in selbstreinigenden Haltungssystemen ist der Einsatz eines Mikrosiebes und die anschließende Behandlung des Spülwassers mittels Dortmundbrunnen und Pflanzenkläranlage effektiv. Es können sehr hohe Reinigungsleistungen für die partikulär gebundenen und gelösten Nährstoffe erwartet werden. Die Kosten für diese Reinigungskombination liegen bei 15.800 €/pro Jahr bzw. ca. 10 – 16 Cent/kg Forelle bei Jahresproduktionsmengen von 150 bzw. 100 Tonnen.

Produktionsintensität →					
	Absetzbecken zur Behandlung von Reinigungswasser	PKA zur Behand- lung von Durch- laufwasser	PKA mit Vorreinigung zur Behandlung von Durchlaufwasser		
Haltung in Teichen	5.330,-	5.835,-	11.540,-		
				Mikrosieb	
Haltung in Fließkanälen	3.480,-	5.835,-	8.120,-	15.830,-	

Abb. 26: Jährliche Kosten [€/Jahr] der Behandlung von Ablaufwasser aus Forellenteichanlagen in Abhängigkeit von der Produktionsintensität und der Art der Haltungseinrichtung

5 Betriebsdaten / Kontakt

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Institut für Fischerei (IFI), Weilheimer Str. 8, 82319 Starnberg

Forellenteichanlage, Mikrosieb, Absetzbecken aus Beton, Bodensystem-Pflanzenkläranlage

Ansprechpartner: Dr. Reinhard Reiter, Tel. 08151/2692-125

Forellenzucht Aumühle, Aumühle 7, 82544 Egling

Forellenteich- und Teilkreislaufanlage, Schlamm-Druckleitung, Beton-Absetzbecken mit Kies- und Tongranulatfilter

Ansprechpartner: FWM Hans-Jürgen Bormann, Tel. 08178/4344

Fischzucht Ruf, Wildbad 4, 86925 Leeder, Fischzucht Singold, 86862 Großkitzighofen

Fließkanalanlage, Beton-Absetzbecken mit Kiesfilter

Ansprechpartner: FWM Werner Ruf, Tel. 08243/3766

Forellenzucht Juraquell, Talleiten 23, 91809 Wellheim

Forellenteich- und Fließkanalanlage, Beton-Absetzbecken, Pflanzenkläranlage nach dem Aquakultursystem, Bodensystem-Pflanzenkläranlage

Ansprechpartner: FWM Oliver Schramm, Tel. 08427/292

Fischzucht Hofer, Vils 6, 84149 Velden, Fischzuchtbetriebe Alzgern und Mitterhausen

Fließkanal-Teilkreislaufanlagen, Mikrosiebe, Dortmundbrunnen, Bodensystem-Pflanzenkläranlagen

Ansprechpartner: FWM Andreas Hofer, Tel. 08742/444

6 Weiterführende Literatur zum Thema

BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT (2001): Empfehlungen für Bau und Betrieb von Fischteichen. Materialien Nr. 99, 42 S.

BAYERISCHE STAATSMINISTERIEN FÜR LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN SOWIE UMWELT, GESUNDHEIT UND VERBRAUCHERSCHUTZ (2004): Forellenfütterung – bedarfsgerecht und gewässerschonend. Teichwirtschaft 1. RB-Nr. 08/04/36. München. 8 S.

BAYERISCHE STAATSMINISTERIEN FÜR LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN SOWIE UMWELT, GESUNDHEIT UND VERBRAUCHERSCHUTZ (2004): Forellenteiche – Behandlung des Reinigungswassers. Teichwirtschaft 3. RB-Nr. 08/04/38. München. 6 S.

BRINKER, A., BERG, R., RÖSCH, R. (2006): Minimierung der Ablaufwasserbelastung aus Forellenzuchten. Berichte zur Fischereiforschung Baden-Württemberg, Heft 10, 55 S.

RÖSCH, R., HAMERS, R., BRINKER, A. (2003): Ablaufwasser aus Forellenzuchtanlagen. Berichte zur Fischereiforschung Baden-Württemberg, Heft 8, 36 S.

SCHULZ, C., RENNERT, B. (2000): Nutzung ökotechnologischer Verfahren zur Reinigung fischwirtschaftlichen Ablaufwassers. Fischer & Teichwirt 51: 177-179.

SINDILARIU, P.-D. (2005): Möglichkeiten zur Reduzierung der Ablaufwasserbelastung aus der Forellenproduktion. Fischer & Teichwirt 56: 168-174.

SINDILARIU, P.-D. (2007): Reduction in effluent nutrient loads from flow-through facilities for trout production: a review. Aquaculture Research 38: 1005-1036.

SINDILARIU, P.-D., REITER, R. (2005): Erste Praxiserfahrungen zum Einsatz von Pflanzenkläranlagen zur Reinigung von Ablaufwasser aus der Forellenteichwirtschaft. Fischer & Teichwirt 56: 383-386.

SINDILARIU, P.-D., REITER, R. (2007): Behandlung von Teichreinigungswasser aus der Forellenproduktion. Fischer & Teichwirt 58: 263-268.

SINDILARIU, P.-D., SCHULZ, C., REITER, R. (2007): Treatment of flow-through trout aquaculture effluents in a constructed wetland. Aquaculture 270: 92-104.

SINDILARIU, P.-D., WOLTER, C., REITER, R. (2008): Constructed wetlands as a treatment method for effluents from intensive trout farms. Aquaculture (im Druck).

WEDEKIND, H. (1996): Ermittlung der Leistungsparameter verschiedener Methoden und Techniken zur Reduzierung der Umweltbelastung durch offene Aquakulturanlagen. Merkblatt für Verwaltung und Praxis, Institut für Binnenfischerei Potsdam-Sacrow, 5: 1-4.

WEDEKIND, H., GÖTHLING, U. (2000): Behandlung des Ablaufwassers aus durchflossenen Aquakulturanlagen mit Siebtrommelfiltern. Fischer & Teichwirt 51: 180-183.

WEDEKIND, H., KNÖSCHE, R. (1998): Efficiency and economic performance of microstrainers for waste water treatment in rainbow trout production. EIFAC-Symposium on Water for Sustainable Inland Fisheries and Aquaculture. 23.-26. Juni 1998 in Praia do Carvoeiro/Portugal. FAO Fisheries Report 580, Suppl.

WEDEKIND, H., RÖSCH, R. (1997): Ablaufwasser aus Anlagen der Teichwirtschaft und Fischzucht. Aquakultur und Fischereiiinformation Baden-Württemberg 2: 8-10.