

Wasseraufbereitung neu gedacht – Lehranstalt für Fischerei des Bezirks Oberfranken kooperiert mit Hochschule Hof

Harbach, H.⁽¹⁾, Speierl, T.⁽²⁾, Wolfram A.⁽¹⁾, Raithel, D.⁽³⁾

1: Institut für nachhaltige Wassersysteme der Hochschule für angewandte Wissenschaften, Alfons-Goppel-Platz 1, 95028 Hof

2: Fachberatung für Fischerei des Bezirks Oberfranken, Cottenbacher Straße 23, 95445 Bayreuth

3: HydroTec Gesellschaft für Ökologische Verfahrenstechnik mbH, Roland-Dorschner-Straße 5, 95100 Selb

Wissenschaftler der Hochschule Hof und Ingenieure der Firma HydroTec aus Selb möchten die Aufbereitung von so genanntem Klarwasser optimieren – zum Beispiel in der Süßwasser-Aquakultur. Für ihr Projekt UVPHON wurden jetzt mit einem eigens entwickelten Prototyp, einem neuartigen UV-C-Reaktor, mehrere Versuche in der Lehranstalt für Fischerei des Bezirks Oberfranken in Aufseß durchgeführt und Wasserproben entnommen. Ziel ist die Entwicklung eines innovativen Systems zur Wasseraufbereitung.

Die Schnittstelle zur Praxis – Lehranstalt für Fischerei in Aufseß

„Unsere Lehranstalt für Fischerei ist eine angesehene Bildungs- und Forschungseinrichtung rund um die Themen Fischerei, Teichwirtschaft und Gewässer. Ich freue mich, dass wir bei diesem Projekt die Wissenschaftler unterstützen können“, so Bezirkstagspräsident Henry Schramm und betont: „Gerade mit Blick auf den Klimawandel und die immer weiter zunehmende Trockenheit, ist es wichtig, mit der Ressource Wasser schonend umzugehen, dabei ist die Wasseraufbereitung eine wichtige Säule.“

Die Lehranstalt für Fischerei des Bezirks Oberfranken hat mehrere zentrale Aufgaben und Pflichten. Zunächst bietet sie eine umfassende Ausbildung für angehende Fischwirte in der Fachrichtung „Aquakultur und Binnenfischerei“ mit Schwerpunkt Forellenteichwirtschaft.

Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die fachliche Beratung für Praktiker und Betriebe in der Branche. Dies geschieht durch Lehrgänge und Schulungen in verschiedenen Techniken der Fischerei und Aquakultur; u.a. in Kooperation mit der Teichgenossenschaft Oberfranken oder dem Fischgesundheitsdienst Bayern. Sie unterstützt durch Informationen über nachhaltige Praktiken, Lehrgänge und Wissen zu gesetzlichen Vorgaben und fördert somit eine fachlich fundierte teichwirtschaftliche Produktion und damit einhergehend eine

verantwortungsvolle Bewirtschaftung der Wasserressourcen. Zugleich wird durch ein umfassendes jährliches Kursprogramm sowohl den Praktikern als auch der interessierten Öffentlichkeit vielfältige Aspekte der Fischverarbeitung und -zubereitung nahegebracht. Insbesondere werden spezielle Kurse für den Bereich Gastronomie angeboten. Zusätzlich bestehen zahlreiche Kooperationen mit Universitäten und Hochschulen, um das Wissen zur Fischhaltung und Fischzucht zu fördern und zu erweitern.

Darüber hinaus leistet die Lehranstalt gezielte Öffentlichkeitsarbeit, um damit das Bewusstsein für die Bedeutung der Fischerei und Aquakultur zu schärfen. Sie organisiert Veranstaltungen, Seminare und Workshops, die sowohl für die Öffentlichkeit als auch für Fachleute von Interesse sind. Durch diese vielfältigen Aufgaben trägt die Lehranstalt für Fischerei in Aufseß zur Weiterbildung und Unterstützung der Branche bei und fördert die nachhaltige Entwicklung der Fischerei und Aquakultur.

Innovationstreiber Mittelstand

Die Vernetzung zwischen öffentlichen Einrichtungen und Privatwirtschaft ist ein Schlüssel zur Bewältigung zunehmend komplexer Anforderungen in der Wasseraufbereitung. Der deutsche Mittelstand gilt dabei als Motor für Innovation und Fortschritt. Die Firma *HydroTec Gesellschaft für ökologische Verfahrenstechnik mbH* aus Selb bietet maßgeschneiderte Lösungen zur Wasserreinigung an und legt auch einen Fokus auf die Entwicklung neuer, innovativer Verfahren. Als mittelständisches Unternehmen setzt HydroTec bewusst auf Innovation, um flexibel auf neue Herausforderungen und steigende Anforderungen im Umwelt- und Ressourcenschutz zu reagieren. Grundlage ist stets eine ganzheitliche Betrachtung des Wassers – von der Quelle bis zur Wiederverwendung – mit dem Ziel, nachhaltige und zukunftssichere Lösungen zu schaffen.

Das konventionelle Portfolio umfasst Filtration, Kalkschutz (klassisch und chemiefrei), Membrantechnologien wie Ultrafiltration und Umkehrosmose sowie Desinfektionsverfahren auf Basis von Chlordioxid und UV-Licht. Eine besondere Stärke sind kundenspezifische Projekte – beispielhaft wurde vor Kurzem die Produktionswasseraufbereitung eines namenhaften Süßwarenherstellers mittels Ionenaustauschs realisiert oder die Behandlung von Abschlämmwässern aus Rückkühlwerken mit Membrantechnik und UV-Desinfektion.

Im Forschungs-Verbundprojekt UVPHON – gefördert vom BMFTR (ehemals BMBF) – entwickelte es mit der Hochschule Hof eine innovative Verfahrenskombination zur Filtration, zum Schadstoffabbau und zur Desinfektion. In diesem Verfahren wird die Qualität des Wassers in (rezirkulierenden) Aquakulturen verbessert. Das Verfahren besteht aus den folgenden drei Teilen: Zuerst werden Trübstoffe durch einen Filter aus Schafwolle entfernt. Schafwolle ist sowohl biobasiert als auch bioabbaubar, sodass es einen Vorteil gegenüber konventionellen Kunststofffiltern bieten kann. Danach werden organische Substanzen und Spurenstoffe (z.B. Medikamente) aus dem Wasser mithilfe von sogenannter photokatalytischer Oxidation durch die Kombination von UV-A-Licht mit Titandioxid entfernt. Anschließend wird das Wasser durch einen UV-C-Reaktor desinfiziert, welcher im Gegensatz zu konventionellen Reaktoren keine Quecksilberdampfampe verwendet, sondern UV-C-LEDs. Der Kernvorteil dieser Technologie ist, dass die UV-C-LEDs schneller angesteuert werden können und auch dimmbar sind, was die Energieeffizienz des Verfahrens (vor allem bei schwankender Wasserqualität) deutlich erhöhen kann.

Die Hochschule Hof

Die Green Tech Philosophie der Hochschule Hof strebt eine Balance zwischen Umweltrelevanz, Sozialverträglichkeit und Wirtschaftlichkeit an. Sie fördert

ein Leben, Lernen und Forschen, das auf eine klimaneutrale, umweltfreundliche, sozial gerechte und wirtschaftlich zukunftsorientierte Umgebung abzielt. Dabei arbeiten die Institute und Forschungsgruppen eng mit der Industrie und besonders dem Mittelstand und anderen Einrichtungen zusammen. Es besteht seit Jahren Austausch zwischen der Fachberatung für Fischerei des Bezirks Oberfranken und Forschungsgruppenleiter Dr. Harvey Harbach für „Ressourceneffiziente Lebensmittelproduktion in integrierter Aquakultur“ am Institut für nachhaltige Wassersysteme (kurz: inwa) der Hochschule Hof. Das inwa konzentriert sich auf anwendungsorientierte Forschung und Innovationsentwicklung für Partner in der Wirtschaft und im kommunalen Sektor. Zu den Fachschwerpunkten gehören unter anderem Photonik und Lebensmittelproduktion.

Die derzeit laufenden Forschungsprojekte von Dr. Harbach beschäftigen sich mit den Bereichen der nachhaltigen Ressourcennutzung und der Entwicklung innovativer Lösungen für aktuelle Umweltprobleme bei der Lebensmittelproduktion. Um die Produktion von sicheren und wertvollen Lebensmitteln zu sichern, wird an Innovationen in den Bereichen der Kultursysteme, der Wasseraufbereitung, der Hygienisierung von Wasser, sowie der Reststoffnutzung und der Energieeinsparung durch die synergetische Kopplung von Produktionssystemen gearbeitet.

Ein wichtiger Aspekt der Arbeit ist der Wissenstransfer von Forschungsergebnissen in die Praxis. Hierbei bereiten wir die aktuellen Forschungsergebnisse so auf, dass sie für Anwender direkt nutzbar sind. Zusätzlich entwickeln sie spezielle Methoden, um den Wissenstransfer praxisgerechter zu gestalten. Dies ist besonders wichtig für kleine und mittlere Unternehmen sowie Kommunen, die mit immer komplexeren Herausforderungen konfrontiert sind. So wird effektiv bei der Bewältigung zahlreicher Aufgaben unterstützt.

Im aktuellen Projekt UVPHON arbeitet Projektleiter Prof. Dr. Tobias Schnabel, Experte im Bereich Wasserhygienisierung, zusammen mit Dr. Harvey Harbach, der Expertise im Bereich innovativer Aquakultur einbringt und einem weiteren Institut der Hochschule, dem Institut für Materialwissenschaften (kurz: ifm) mit Alexandra Luft zusammen. Gemeinsam mit der Firma HydroTec aus Selb und der Lehranstalt für Fischerei Aufseß kann so im Projekt UVPHON an einer komplexen Herausforderung geforscht werden.

Die Herausforderung für die Aquakultur

Gute Wasserhygiene ist im Bereich der Teichwirtschaft und Aquakultur eine Grundvoraussetzung und wird bei rückläufigem Wasserangebot bzw. einer Mehrfachnutzung des Wassers immer wichtiger. Die komplexen Anforderungen und wechselnde Rohwasserqualität gestaltet die Aufbereitung herausfordernd. Dabei ist die lichtgebundene Entkeimung heute nicht nur mehr eine Frage der Produktqualität und Verfahrensführung, sondern auch der Rechtskonformität: In der EU ist Quecksilber in Lampen grundsätzlich verboten; bisherige Ausnahmen werden schrittweise beendet. Für UV-Speziallampen laufen diese Ausnahmen zu Beginn 2027 aus – danach dürfen entsprechende Quecksilberdampflampen nicht mehr in Verkehr gebracht werden (1). In Deutschland ist dies über die Elektro- und Elektronikgeräte-Stoff-Verordnung (ElektroStoffV) verbindlich geregelt; Betriebe, die Anlagen erneuern, sollten das bei der Investitionsplanung berücksichtigen.

Für die Praxis der Teich- und Fischwirtschaft bietet die Kombination aus mechanischer Vorfiltration mit Naturmaterialien, UV-C-LED-Desinfektion und Photokatalyse handfeste Vorteile: Das Filtervlies reduziert Trübstoffe und verbessert so die UV-Durchlässigkeit; UV-C-LED-Module arbeiten ohne Quecksilber, erreichen sofort ihre Nennleistung, lassen sich takten und sparen Energie im intermittierenden Betrieb. Dies bedeutet, dass der Prozess nicht kontinuierlich, sondern in wiederkehrenden Phasen aktiv ist. Die nachgeschaltete Photokatalyse kann problematische Spurenstoffe weiter oxidieren. Studien zeigen, dass das Schmerzmittel Diclofenac die Kiemenstruktur beeinträchtigen und endokrine Prozesse beeinflussen kann, was die Leistungsfähigkeit der Fische mindert (2). Ebenso sind synthetische Estrogene wie 17 α -Ethinylestradiol (EE2) als Ursache für Verweiblichung oder Intersex-Merkmale in Wildfischpopulationen beschrieben – mit Verschiebungen der Geschlechterverhältnisse und Risiken für die Reproduktion (3). Eine weitergehende Oxidation kann solche Substanzen reduzieren und somit indirekt Besatzstabilität und Wachstum unterstützen.

Betrieblich zählen zu den Vorteilen: geringerer Gefahrstoffumgang (kein Quecksilber), schneller Start-Stopp-Betrieb, potenziell niedrigere Stromkosten bei bedarfsorientierter Fahrweise, weniger Chemikalien im Vergleich zu chlorbasierten Entkeimungsverfahren und kompaktere Bauformen. Nachteile bzw. Punkte zum Beachten: UV-C-LED-Systeme können in der Anschaffung teurer sein; die optische Vorreinigung bleibt entscheidend (Trübung mindert die Dosis), Photokatalyse benötigt ausreichend Bestrahlungszeit und saubere Oberflächen; regelmäßige Leistungsüberprüfung (z. B. Transmissionstest) sowie klare Regelungen zu Ersatzteilverfügbarkeit und Garantie sind empfehlenswert. Für die Dokumentation gegenüber Behörden ist hilfreich: Nachweis der Keimreduktion (z. B. Gesamtkeimzahl) und – wo relevant – begleitende Analytik für organische Spurenstoffe. Wer jetzt umstellt, reduziert nicht nur regulatorische Risiken, sondern stärkt langfristig Tiergesundheit, Produktqualität und Betriebssicherheit.

Herausforderungen im Bereich der Wasserversorgung in der Lehranstalt für Fischerei

Um darzulegen, warum für dieses neue Verfahren zur Wasseraufbereitung die Lehranstalt für Fischerei ein geeigneter Teststandort war, wird die dortige Wasserversorgung des Betriebs und die Auswirkungen von Beeinträchtigungen der Wasserversorgung auf den Fischbestand kurz dargestellt.

Herausforderungen im Bereich der Wasserversorgung in der Lehranstalt für Fischerei

Die Versorgung der Forellenteichanlage erfolgt mittlerweile ausschließlich über zwei Quellteiche und einen Quellkanal. Die Quellversorgung befindet sich in Schatten- bzw. Halbschattenlage. Die Wasserversorgung der Anlage erfolgt im Durchlauf mit getrennten Wasserläufen für das Bruthaus und die Produktions-teiche. Das Ablaufwasser aus dem Bruthaus wird nach dem Durchlauf gesammelt und als ergänzender Teilstrom in die Teiche geleitet. Sowohl der Abfluss der Aufseß als auch die Quellschüttungen sind rückläufig: Zur Gründung der Lehranstalt für Fischerei in den 1980er Jahren lag die Schüttung noch bei 80 l/sec. Mittlerweile liegt die durchschnittliche Schüttung zwischen 20 bis 30 l/sec, in trockenen Sommer- und Herbstmonaten bei unter 15 l/sec (4). Den rückläufigen Trend bei der Wasserverfügbarkeit dokumentiert Abbildung 1 zur klimatischen Wasserbilanz (KWB) an der Wetterstation Aufseß (AGM089) über den Zeitraum von 2000 bis 2025. Die klimatische Wasserbilanz stellt die Differenz zwischen dem Niederschlag und der potenziellen

teme können in der Anschaffung teurer sein; die optische Vorreinigung bleibt entscheidend (Trübung mindert die Dosis), Photokatalyse benötigt ausreichend Bestrahlungszeit und saubere Oberflächen; regelmäßige Leistungsüberprüfung (z. B. Transmissionstest) sowie klare Regelungen zu Ersatzteilverfügbarkeit und Garantie sind empfehlenswert. Für die Dokumentation gegenüber Behörden ist hilfreich: Nachweis der Keimreduktion (z. B. Gesamtkeimzahl) und – wo relevant – begleitende Analytik für organische Spurenstoffe. Wer jetzt umstellt, reduziert nicht nur regulatorische Risiken, sondern stärkt langfristig Tiergesundheit, Produktqualität und Betriebssicherheit.

Die Versorgung der Forellenteichanlage erfolgt mittlerweile ausschließlich über zwei Quellteiche und einen Quellkanal. Die Quellversorgung befindet sich in Schatten- bzw. Halbschattenlage. Die Wasserversorgung der Anlage erfolgt im Durchlauf mit getrennten Wasserläufen für das Bruthaus und die Produktions-teiche. Das Ablaufwasser aus dem Bruthaus wird nach dem Durchlauf gesammelt und als ergänzender Teilstrom in die Teiche geleitet. Sowohl der Abfluss der Aufseß als auch die Quellschüttungen sind rückläufig: Zur Gründung der Lehranstalt für Fischerei in den 1980er Jahren lag die Schüttung noch bei 80 l/sec. Mittlerweile liegt die durchschnittliche Schüttung zwischen 20 bis 30 l/sec, in trockenen Sommer- und Herbstmonaten bei unter 15 l/sec (4). Den rückläufigen Trend bei der Wasserverfügbarkeit dokumentiert Abbildung 1 zur klimatischen Wasserbilanz (KWB) an der Wetterstation Aufseß (AGM089) über den Zeitraum von 2000 bis 2025. Die klimatische Wasserbilanz stellt die Differenz zwischen dem Niederschlag und der potenziellen

Verdunstung (Evapotranspiration) über einem bestimmten Gebiet und Zeitraum dar. Sie gibt Auskunft über das natürliche Wasserangebot einer Region. Eine positive KWB bedeutet, dass mehr Niederschlag fällt als verdunstet (humider Zustand), was auf eine gute Wasserverfügbarkeit hinweist, während eine negative KWB auf einen Mangel hindeutet und Trockenheit signalisiert. (Abb. 1)

Generell ist die Wasserbilanz in Bayern zwischen 1991 und 2020 gesunken (5) und dies führt auch zu rückläufigen Grundwasserständen und Quellschüttungen. Auffällig ist die Häufung niederschlagsarmer Jahre in Bayern seit dem Jahr 2000 in Verbindung mit höheren Temperaturen und der damit verbundenen verstärkten Verdunstung (6). Für Aufseß liegen die mittleren Niederschläge im Sommerhalbjahr (April bis September) bei > 400 bis 450 mm und im Winter (Oktober bis März) bei >450 bis 500 mm (7). Spätwinter bis Frühsommer sind die niederschlagsreichsten Zeiten. Trotz eines noch relativ konstanten Niederschlagsregimes hat sich die Verteilung und der Umfang der Einzelniederschläge deutlich verändert. Dies stellt exemplarisch der KLIWA-Monitoringbericht 2021 dar, der die Klimaveränderung und ihren Folgen für die Wasserwirtschaft und Wasserhaushaltsänderungen in Süddeutschland untersucht (8). Es zeigt sich, dass der mittlere Abfluss im Sommerhalbjahr tendenziell abnimmt, während Hochwasserereignisse und Starkregen im Winterhalbjahr zunehmen. Das bestätigt auch der Trend der jährlich höchsten Tagesniederschlagssumme (= maximaler eintägiger Niederschlag), die als Maßzahl für Starkregen verwendet wird. Laut KLIWA-Monitoringbericht 2021 nahm dieser zwischen 1931 und 2015 im Winter vor allem in Nordbayern hoch signifikant zu: Die höchsten Zunahmen waren dabei im Bereich des oberen Maingebietes (+27%) sowie im östlich angrenzenden Saale- und Naabtalgebiet zu verzeichnen (+33%).

Starkregenereignisse kommen schnell in den Quellschüttungen des Betriebs an: Dies liegt am Bodenaufbau im Aufseßtal, der fast ausschließlich aus Braunerde-Rendzina und Terra fusca-Rendzina besteht und auf sehr stark steinig, kiesig und grusigen Bodendecken des Carbonatgesteins aufliegt (9). Aufgrund dieser stark durchlässigen Bodenschichten neigen die Quellschüttungen bei Starkregen zu einer schnellen und starken Eintrübung. Dies beeinträchtigt, je nach Intensität und Dauer, die Wasserqualität und somit auch die Versorgung der Forellenteichanlage, insbesondere bei Bruthausbetrieb.

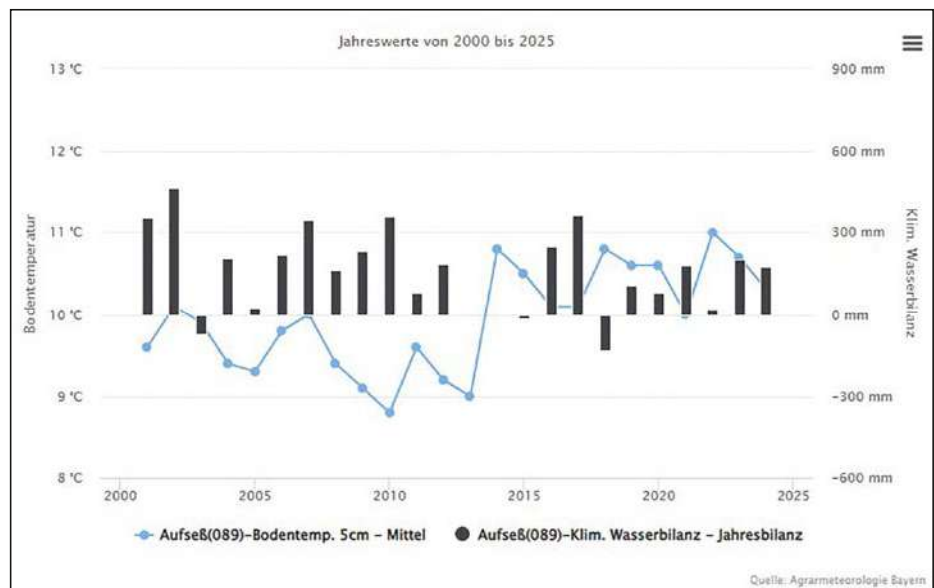


Abbildung 1: Die Entwicklung der klimatischen Wasserbilanz und der Bodentemperatur an der Wetterstation Aufseß (AGM089). Mit dem Hitzejahr 2013 kam es zu einem deutlichen Anstieg der Bodentemperatur und damit auch der Verdunstung über den Wasserflächen. Die klimatische Wasserbilanz und somit die Wasserverfügbarkeit für die Teichanlage sind seitdem im Vergleich zur Periode der Jahre 2000 – 2012 rückläufig. Quelle: Agrarmeteorologie Bayern (Landesamt für Landwirtschaft Bayern)

Umweltbedingte Auswirkungen von Trübungen auf Fische

Der Eintrag von Trübstoffen, kann den Fischbestand in mehrfacher Hinsicht beeinträchtigen (Abbildung 2).

Die Trübstoffe führen zu einer mechanischen Reizung und Belastung des Kiemengewebes. Es kommt zur sogenannten Kiemenschwellung, die u. a. eine typische umweltbedingte Krankheitserscheinung ist (10) und zu Atemnot, Stress oder sogar zum Ersticken führen kann. Durch den mikrobiellen Abbau von organischen Materialien (Humusstoffe, Mulm, abgestorbene Pflanzenreste) kann es weiterhin zu einem Anstieg

des CO₂-Gehalts im Wasser kommen. Dies erschwert zusätzlich die Sauerstoffaufnahme über die Kiemen und bringt das Risiko einer CO₂-Vergiftung mit sich. Ein hoher CO₂-Spiegel im Blut lässt den pH-Wert absinken, was wiederum große Auswirkungen auf viele Körperfunktionen des Fisches hat. Abgespreizte Kiemendeckel, der sog. „dicke Kopf“, unkoordiniertes Schwimmen oder ein Schnappen an der Wasseroberfläche sind bei Einträgen von Trübstoffen typische Auffälligkeiten bei den Fischen. Im Anfangsstadium sind Kochsalzbäder eine geeignete Therapie, besonders bei Jung- und Brutfischen (10). Am hilfreichsten ist es, die auslösenden



Abbildung 2: Sediment- und Trübstofffrachten nach einem Starkregenereignis in einem Zubringer zum Roten Main. (Foto: Dr. Th. Speierl)



Abbildung 3: Bachforelle mit Kiemennekrose.
(Foto: Fischgesundheitsdienst Bayern – Joh. Bachmann)

Umweltfaktoren auszuschalten, was jedoch bei Einträgen über das Durchlaufwasser bzw. in Durchlaufanlagen nicht möglich ist. So kann sich in der Folge die Kiemenschwellung auch zu einer Kiemennekrose (Abbildung 3) entwickeln.

Zusätzlich werden durch die Symptomatik auch günstige Bedingungen für latent vorhandene Parasiten und Keime geschaffen, die sich in der Folge auf den Kiemen ansiedeln können und so den Fisch weiter schwächen (11). Beispielfähig zu nennen ist hier die bakterielle Kiemenschwellung (BGD durch *Flexibacter columnaris*), die durch das Einschwemmen von Humusteilchen bei Starkregen angestoßen werden kann

und vorrangig Salmonidenbrütlinge betrifft (10). Auch für einen sekundären Befall mit *Ichthyobodo necator* (*Costia necatrix*), *Trichodina* und *Trichodinella* (12) sind insbesondere die Jungfische anfällig (10). Die genannten Erreger können vor allem bei vorgeschädigten und gestressten Fischen zu Massenvermehrung und schweren Schäden führen.

Durch die geschilderten Auswirkungen von Trübungsereignissen im Durchlaufwasser kam es auch in der Lehranstalt für Fischerei in Aufseß in der Vergangenheit immer wieder zu teilweisen sehr starken Verlusten, insbesondere im Bruthaus. Demnach bestand in der Lehranstalt für Fischerei ein großes betrieb-

liches Interesse, im Forschungsvorhaben zu kooperieren, um die direkten Effekte auf die Wasserhygiene zu erfassen.

Praxistauglichkeit der neuen Technologie im Test vor Ort in Aufseß

Um die Sicherheit und Leistungsfähigkeit des beschriebenen Verfahrens in der Praxis noch weiter sicherzustellen, wurde am 04.06.2025 ein praktischer Versuchstag mit dem UV-C-System vor Ort in Aufseß durchgeführt. Dabei wurde zuerst ein Teilstrom des Quellwassers (ca. 1 L/min), welches der Zustrom für die Lehranstalt für Fischerei in Aufseß ist, mithilfe eines Prototyps desinfiziert. Gerade dieses Wasser ist saisonal bedingt – wie oben ausführlich erläutert – ein Problem für die Teichwirte, da die Karst-Quellen teilweise stark mit Schwebstoffen verunreinigt sind. Diese Schwebstoffe sind einerseits eine Gefahr für die Kiemen der Jungtiere und andererseits bringen sie eine hohe Keimlast mit in den Teich und können Parasiten und Krankheitserreger fördern. Weiterhin wurde ein Teilstrom (ca. 1 L/min) des Wassers, welches aus dem Bruthaus der Jungfische wieder in die Teiche geleitet wird, auf Keime untersucht und mit unterschiedlicher Desinfektionsleistung hygienisiert. Die Ergebnisse beider Feldtests sind in Abbildung 4 zu sehen. Es wurde sowohl die Gesamtkeimzahl als auch selektiv *Escherichia Coli* (*E. Coli*) untersucht.

Die Keimlast war am Probenahmetag nicht besorgniserregend hoch und die vorhandenen Keime wurden zuverlässig nahezu vollständig aus dem Wasser entfernt. Gleichzeitig ändern sich die

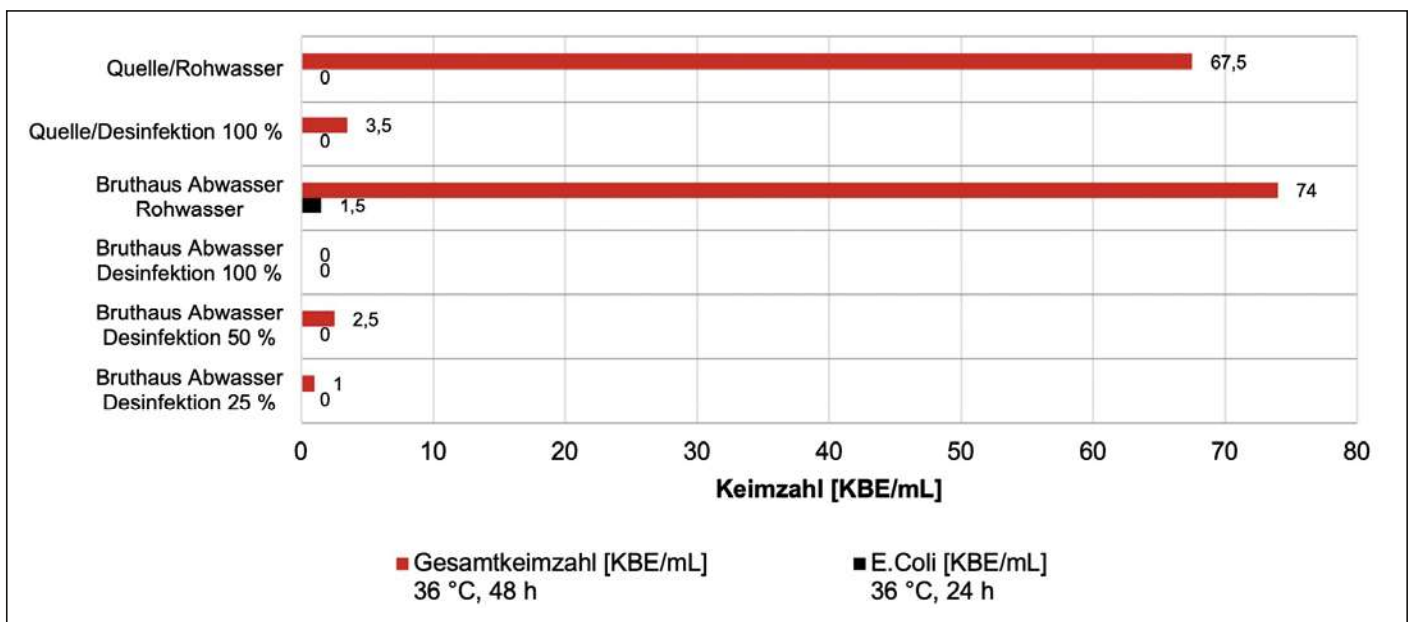


Abbildung 4: Aerobe Gesamtkeimzahl und selektive Messung von Escherichia Coli in den betrachteten Rohwässern und in den desinfizierten Proben

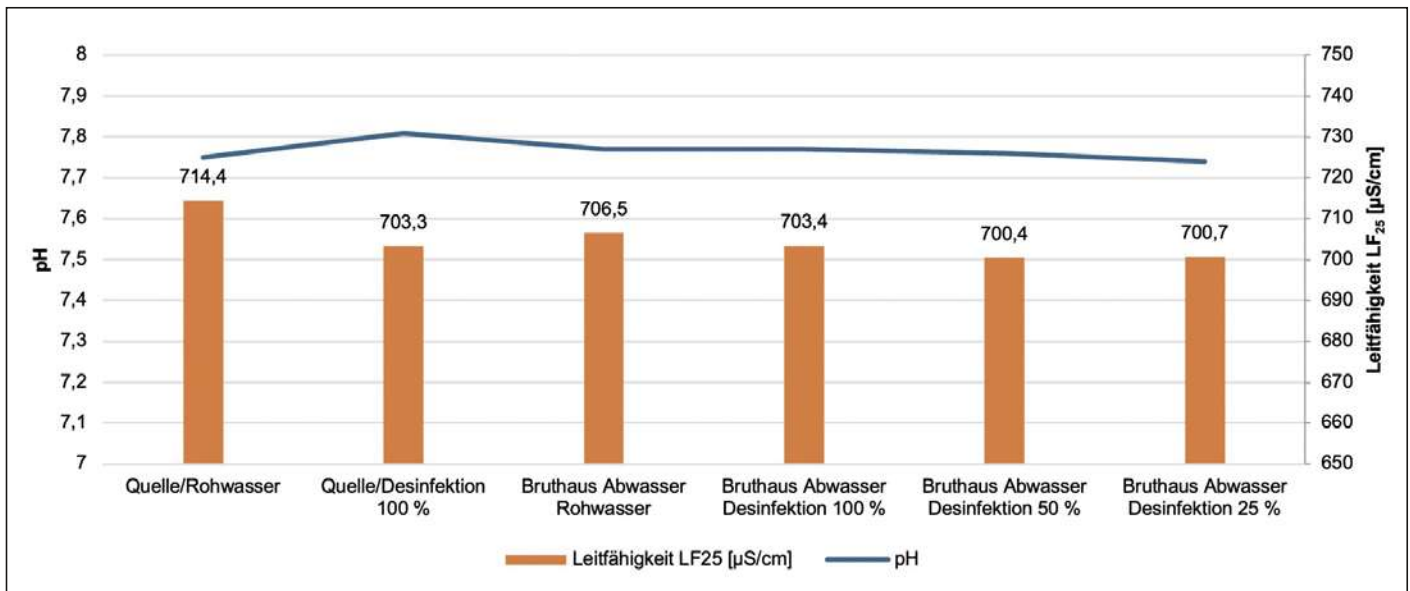


Abbildung 5: Veränderung von pH-Wert und Leitfähigkeit in den betrachteten Rohwässern und in den desinfizierten Proben

physikalischen und chemischen Eigenschaften des Wassers kaum, wodurch kein zusätzlicher Stress auf die Population im Teich aufkommt. Beispielfähig sind hier in Abbildung 5 pH-Wert und Leitfähigkeit gezeigt. Ebenso konnte für das Abwasser des Bruthauses gezeigt werden, dass auch eine deutlich niedrigere UV-C-Leistung eine zufriedenstellende Desinfektion bewerkstelligen kann, was zu deutlichen Energieeinsparungen führt. Durch den Nachweis der Leistungsfähigkeit in der Praxis kann das System besser auf den realen Maßstab skaliert werden.

Die Praxistauglichkeit wurde bereits in einem Langzeitversuch des gleichen Systems an der Kläranlage in Hof getestet. Dabei wurde der Ablauf der Kläranlage desinfiziert, um zu prüfen, ob das Wasser nach der Hygienisierung weiter für die Bewässerung von landwirtschaftlich genutzten Feldern verwendet werden kann. In diesem Langzeitversuch konnte die langfristige Leistungsfähigkeit in einem deutlich stärker Keim-belasteten und trüberen Wasser bereits gezeigt werden.

Ausblick

Die Verfahrenskombination UVPHON kann als leistungsfähiger Teil die Wasserwiederverwendung hygienisch absichern, indem gleichermaßen Trübstoffe, Spurenstoffe und Keime entfernt bzw. inaktiviert werden. Insbesondere im Bereich der Aquakultur kann so die Wassernutzung intensiviert und die Fischgesundheit und das Tierwohl erhöht werden, wobei gleichzeitig Energie im Gegensatz zu konventionellen Systemen eingespart werden kann. Gleichzei-

tig werden die Betriebssicherheit und Produktqualität erhöht.

Das BMFTR-geförderte Projekt hatte eine Laufzeit von April 2023 bis Juni 2025, in dem die hier beschriebene Verfahrenskombination als Prototyp entwickelt wurde. Nun wird das Verfahren weiter optimiert, um es bis zur Marktreife im realen Maßstab zu entwickeln. Gerade für die Lösung von praktischen Problemen für Aquakultur und Teichwirtschaft war die Zusammenarbeit und der Austausch zwischen HydroTec, Hochschule Hof und der Lehranstalt für Fischerei in Aufseß von entscheidender Bedeutung für die erfolgreiche Fertigstellung des Produkts. Die erhaltenen Erkenntnisse sind von fundamentaler Bedeutung für den weiteren Optimierungsprozess, welcher ideal auf die praktischen Bedürfnisse von späteren Anwendern ausgerichtet sein soll.

Quellen:

- (1) Europäische Kommission: Richtlinie 2011/65/EU (RoHS) und Änderungsrichtlinien; Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV), ElektroStoffV. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX%3A32011L0065>
- (2) ElektroStoffV (Deutschland): https://www.gesetze-im-internet.de/elektrostoffv_2013/
- (3) Schwaiger, J. et al. (2004): Toxic effects of the non-steroidal anti-inflammatory drug diclofenac. *Aquatic Toxicology*, 68(2), 141–150. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2004.03.014>
- (4) Jobling, S. et al. (1998): Widespread sexual disruption in wild fish. *Environmental Science & Technology*, 32(17), 2498–2506. DOI:<https://doi.org/10.1021/es9710870>
- (5) Wasserwirtschaftsamt Hof: Messprotokolle zur Wasserqualität der Lehranstalt für Fischerei in Aufseß, 2022/2023

- (6) CDC-Klimadatenzentrum – Deutscher Wetterdienst – offene Daten des CDC: https://opendata.dwd.de/climate_environment/CDC/grids_germany/multi_annual/water_balance/
- (7) Deutscher Wetterdienst – Wetter und Klimaleistungen - Zeitreihen und Trends: www.dwd.de/DE/leistungen/zeitreihen/zeitreihen.htm
- (8) Bayerisches Landesamt für Umwelt – Klimakarten: <https://www.lfu.bayern.de/wasser/klimakarten/index.htm>
- (9) KLIWA (2021): Monitoringbericht Klimawandel in Süddeutschland, Veränderungen von meteorologischen und hydrologischen Kenngrößen – Klimamonitoring im Rahmen der Kooperation KLIWA. 78 Seiten, veröffentlicht auf der Internetseite <http://www.kliwa.de>
- (10) Bayerisches Landesamt für Umwelt – Standortauskunft Bodenkundliche Basisdaten: https://www.lfu.bayern.de/boden/bodenkundliche_landesaufnahme/standortauskunft/index.htm
- (11) Werner H. Baur, W. H. et al. (2021): Nutzfische und Krebse - Lebensraum, Erkrankungen und Therapie. 3., vollständig überarbeitete Auflage, Enke Verlag, Stuttgart, 256 Seiten.
- (12) Dettmann, L. (2002): CO₂-Mangel in der Forellenproduktion: Ursachen, Auswirkungen und Möglichkeiten der Therapie - praktische Auswirkungen und Einflussmöglichkeiten. Vortrag bei der VIII. Tagung der Deutschen Sektion der European Association of Fish Pathologists zum Thema Fischkrankheiten, 19-21. September 2000 in Potsdam.
- (13) Schreckenbach, K. (1994): Kiemenerkrankungen und Ernährung bei Karpfen. *Fischer und Teichwirt*, 45 (1), S. 3-7.

