

**Josef G. Knoll-Europäischer Wissenschaftspreis 2008**

**Josef G. Knoll-European-Science Award Winner 2008**

**Michael Frei “Studies on Productivity and Environmental Effects of the Integration of Semi-Intensive Fish Culture in Rice Field Ecosystems”, University of Hohenheim, 2007**

#### Zusammenfassung

In vielen Entwicklungsländern stehen einem hohen Bevölkerungswachstum abnehmende Ressourcen für die landwirtschaftliche Produktion gegenüber. Bangladesch ist von dieser Entwicklung besonders betroffen, da die Erschließung von Flächen für die industrielle Entwicklung und drohende Flächenverluste durch den globalen Klimawandel die landwirtschaftliche Nutzfläche in der Zukunft immer mehr begrenzen werden. Um die Versorgung, besonders der armen Bevölkerung, zu sichern, ist daher eine intensive Nutzung der knappen Fläche unabdingbar. Integrierte Reis-Fisch Kultur kann durch komplementäre Ressourcennutzung erheblich zur Steigerung der landwirtschaftlichen Produktivität in Reis produzierenden Ländern beitragen. Traditionell stellten Fische immer eine Komponente des Reisökosystems dar, und Fischfang in Reisfeldern wird aus zahlreichen asiatischen Ländern berichtet. Durch die Einführung moderner landwirtschaftlicher Praktiken während der 1960er und 70er Jahre, insbesondere durch die Anwendung chemischer Pflanzenschutzmittels, wurde der Fischbesatz in Reisfeldern zurückgedrängt. Damit Reis-Fisch Systeme nun in der Zukunft zur Ernährungssicherung beitragen können müssen nachhaltige Systeme entwickelt werden, die modernen Reisanbau mit effizientem Fischmanagement kombinieren.

#### Forschungsfrage

Über die Vorzüge integrierter Reis-Fisch Kultur wurde in der Vergangenheit häufig berichtet, ohne dass ausreichend wissenschaftliche Grundlagen dafür vorhanden waren. So wurden Reis-Fisch-Kulturen in Verbindung gebracht mit steigenden Reiserträgen, biologischer Schädlingsbekämpfung und sogar sinkendem Ausstoß des Treibhausgases Methan, für das Reisanbau eine der wichtigsten anthropogenen Quellen darstellt. Ohne wissenschaftliches Fundament sind solche Thesen jedoch ungeeignet, umsetzbare integrierte Produktionssysteme zu entwickeln und Bauern von deren Übernahme überzeugen. Daher sollte in diesem Projekt in experimentelle Studien den Fragen nachgegangen werden:

- wie Fische den Nährstoffkreislauf (insb. Stickstoff) in Reisfeldern beeinflussen und mit welchen Managementpraktiken Nährstoffeffizienz und Erträge maximiert werden können
- wie Fische des Ausstoß an klimarelevanten Treibhausgasen aus Reisfeldern beeinflussen
- welchen Beitrag Fische zur ökologischen Schädlingsbekämpfung im Reisanbau leisten können

## Zielsetzung

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, Produktivitäts- und Umwelteffekte der integrierten Reis-Fisch-Produktion in experimenteller Form zu untersuchen und daraus Managementempfehlungen für integrierte Reis-Fisch Kulturen, insbesondere im bangladeschischen Kontext, abzuleiten. Durch Ausnutzung von Synergieeffekten der Nährstoffnutzung sollte ein möglichst effizientes integriertes System entwickelt werden. Neben der Ertragsoptimierung wurden Umwelteffekte der Reis-Fisch-Kultur im Vergleich zur Reis Monokultur umfassend bewertet. Ein vor dem Hintergrund des globalen Klimawandels besonders aktueller Aspekt war hierbei der Zusammenhang zwischen Fischaktivität und Ausstoß des klimarelevanten Gases Methan. Darüber hinaus sollte das Potenzial von Fischen für den integrierten Pflanzenschutz durch Erfassungen der Arthropodenpopulation, sowie der benthischen Fauna und der Unkrautbiomasse bewertet werden. Aufgrund der komplexen und vielfältigen Fragestellung wurde das Projekt als interdisziplinäres Vorhaben unter Einbeziehung von Wissenschaftlern aus der Aquakultur, den Boden und Pflanzenwissenschaften, wie auch den Umweltwissenschaften, angelegt.

## Methodisches Vorgehen

Den Fragestellungen der Arbeit wurden in zwei Projektphasen nachgegangen. Zunächst wurden in zwei Gewächshausversuchen an der Uni Hohenheim grundlegende Mechanismen des Nährstoffflusses und der der Methanproduktion in Reis-Fisch-Kulturen geklärt. Dazu wurden neun 4 m<sup>2</sup> große Versuchsbecken konstruiert, mit Erde aufgefüllt und mit Bewässerungsvorrichtungen versehen. Zwei Fischarten von weltweiter Bedeutung in der Aquakultur - Tilapia (*Oreochromis niloticus* (L.)) und Karpfen (*Cyprinus carpio* L.) - wurden in Einzel- und Mischkultur und mit verschiedenen Inputs getestet. Synergien der Nährstoffnutzung zwischen Reis und Fisch wurden durch Erstellen von Nährstoffbilanzen untersucht und Spurengasemissionen (Methan und Lachgas), sowie Redoxprozesse in Wasser und Boden regelmäßig gemessen.

Neben grundlagenorientierten Studien unter kontrollierten Bedingungen diente diese Gewächshausphase auch der Entwicklung von Messmethoden für die darauf folgende Feldversuchsphase. Insbesondere eine Methode zur Messung von Spurengasemissionen durch Einsatz von geschlossenen Gasmesshauben und Analytik mittels Gaschromatographie, sowie Methoden zur Messung von physikochemischen Boden- und Wasserparametern (ibs. Redoxpotential) wurden speziell für den Einsatz in Reis-Fisch-Kulturen modifiziert.

In Feldversuchen an der Bangladesh Agricultural University in Mymensingh (Bangladesch) wurde das in den Gewächshausversuchen entwickelte Reis-Fisch System an die lokal üblichen Anbaupraktiken angepasst, um die die Ergebnisse der Gewächshausphase unter realen Feldbedingungen zu verifizieren und weiter zu entwickeln. Zwei umfassende Feldversuche wurden aus den Versuchsfeldern der Universität auf 12 jeweils 160 m<sup>2</sup> großen P lots in einer vollständig randomisierten Blockanlage durchgeführt. Zwar wurden die gleichen Fischarten benutzt wie bei den Gewächshausversuchen, doch wurden Reisanbaupraktiken, etwa Pflanzdichte und Düngung, an die in Bangladesch üblichen Praktiken angepasst und lokale Hohertragsorten verwendet. Während der Feldversuche wurden als zusätzlicher Aspekt Untersuchungen zur Arthropodenpopulation durchgeführt. Um den Effekt von Fischen auf Schadinsekten und Nützlinge abschätzen zu können wurden regelmäßig Arthropodenproben erhoben und in Zusammenarbeit mit dem „Department of Entomology“ der Bangladesch Agricultural University analysiert.

## Ergebnisse

Im Gewächshausversuch stellte sich die Kombination von *C. carpio* und *O. niloticus* bei doppelter Erhaltungsfütterung im Bezug auf den Fischertrag als vorteilhaft heraus gegenüber einer Einzelkultur. *O. niloticus* nutzte Supplementfutter effizienter und erwies sich in der Mischkultur als überlegen bei der interspezifischen Futterkonkurrenz mit *C. carpio*. Kontroverse Ergebnisse ergaben sich zunächst hinsichtlich des Effektes von Fischen auf Reiswachstum und Ertrag. Aus der ermittelten Stickstoff- und Phosphorbilanz wurde die Schlussfolgerung abgeleitet, dass sich höhere Nährstoffretention durch die Fische in niedrigerer Nährstoffverfügbarkeit für Reis widerspiegelt. Diese Ergebnisse wurden in den Feldversuchen weitestgehend bestätigt. Im ersten Feldversuch wurden *C. carpio* und *O. niloticus* in Mischkultur und in Einzelkultur getestet, wobei die Mischkultur wie im Gewächshausversuch durch die höchste Fischproduktivität gekennzeichnet war. Aus diesem Grund wurde die Mischkultur im zweiten Feldversuch mit unterschiedlichen Inputs getestet, und zwar mit Harnstoffdüngung entsprechend der Düngeempfehlung des Bangladesh Rice Research Institut (BRRI) und zwei unterschiedlichen Fütterungsintensitäten. Die höhere Fütterungsstufe ergab einen für Bangladesch außergewöhnlich hohen Fischertrag von 935 kg ha<sup>-1</sup>. Für diesen Versuch wurde eine detaillierte Stickstoffbilanz erstellt. Dabei wurde festgestellt, dass Fische die Stickstoffaufnahme von Reis in der harnstoffgedüngten Reis-Fisch-Variante in Vergleich zur äquivalent gedüngten Reisonokultur um etwa 10 bis 20 Prozent erhöhten. Verbesserte Stickstoffaufnahme spiegelte sich vor allem in höheren absoluten Stickstoffgehalten in den Reiserntefraktionen, insbesondere im Stroh, wieder. Dieser Effekt wurde erklärt mit geringeren Stickstoffverlusten aufgrund verminderter Ammoniakvolatilisierung, geringere Nährstoffkonkurrenz durch Unkräuter und beschleunigtem Umsatz organisch gebundenen Stickstoffs- Im Vergleich der Stickstoffbilanzen zweier Fütterungsintensitäten war zu beobachten, dass die höhere Fütterungsstufe nicht nur die Fischerträge erhöhte, sondern auch die Stickstoffaufnahme durch die Reispflanzen. Da Reis offensichtlich überschüssige Futternährstoffe aufnimmt, kann somit von synergetischer Nährstoffnutzung bei Supplementfütterung ausgegangen werden. Ein wichtiger ökologischer Nachteil der intensiven Aquakultur, nämlich nährstoffangereicherte Abwässer, entfällt damit in der integrierten Reis-Fisch Kultur.

Die ökologischen Untersuchungen deuteten auf positive wie auch negative Umwelteffekte der integrierten Reis-Fisch-Kultur. Während des Gewächshausversuchs wurde ein Anstieg des Methanausstoßes in den Reis-Fisch-Behandlungen verzeichnet. Die mittlere Emission belief sich auf 13.6 mg m<sup>2</sup> h<sup>-1</sup> und 12.1 mg m<sup>2</sup> h<sup>-1</sup> in den beiden Reis-Fisch-Behandlungen und auf 10.7 mg m<sup>2</sup> h<sup>-1</sup> in der Reisonokultur. Dieser Anstieg des Emissionsniveaus konnte durch zwei Mechanismen erklärt werden: Erstens führte die Bestockung mit Fischen zu einem Abfall der Sauerstoffsättigung in der Wassersäule, was die Verfügbarkeit von Sauerstoff in der oberen Sedimentschicht verringerte. Dieser Abfall rührte vermutlich daher, dass Fische durch das Abweiden der aquatischen Flora und die Eintrübung der Wassersäule die aquatische Photosynthese und damit die Sauerstofffreisetzung limitierten. Darüber hinaus veratmeten Fische Sauerstoff für ihren Energiemetabolismus. Durch niedrigere Sauerstoffsättigung in der Wassersäule wurde durch Diffusionseffekte auch das Redoxpotential des Bodens negativ beeinflusst, was die Methanogenese begünstigte. Eine weitere Erklärung für den Anstieg von Methanemissionen wurde aus der erhöhten Konzentration von in der Wassersäule gelöstem Methan abgeleitet. Offensichtlich setzten Fische, insbesondere Karpfen, durch Gründeln im Sediment Methan aus dem Boden frei, das entweder durch Bläschen ausgasete oder durch die Wassersäule diffundierte. Sowohl die Tendenz, dass Fische den Methanausstoß erhöhen, als auch die Wirkungsmechanismen konnten in den Feldversuchen bestätigt werden. Jedoch wurde hier in einem Nebenversuch festgestellt, dass beim Einsatz von Süßwassershrimps

(*Macrobrachium rosenbergii*) offensichtlich kein Abfall der Sauerstoffsättigung und infolge dessen auch kein Anstieg der Methanemissionen zu erwarten sind. Dieses Phänomen wird derzeit in der Verlängerungsphase des Projektes von einer Doktorandin verifiziert und im Detail untersucht.

Bezüglich der Kontrolle von Schadinsekten konnte nur geringes Potenzial der verwendeten Fischarten festgestellt werden, da die meisten in der Versuchsregion vorkommenden Reisschädlinge keine aquatische Phase ihrem Lebenszyklus durchlaufen. Lediglich Arten der Ordnung Diptera, deren Larven im Sediment oder in der Wassersäule leben, wurden durch Fische signifikant dezimiert. Diese gelten zwar nicht als Schädlinge im Reisanbau, haben aber große Bedeutung bei der Übertragung von Krankheiten. Etwa gehören auch die Überträger der Malaria oder des Dengue-Fiebers zur Ordnung Diptera, so dass von einem positiven 'epidemiologischen' Nebeneffekt der Reis-Fisch-Kultur ausgegangen werden kann. Signifikante Effekte wurden darüber hinaus hinsichtlich der benthischen Fauna, insbesondere Mollusken, Oligochaeta und Chironomidenlarven, festgestellt. Ein deutlicher Effekt war hinsichtlich des Unkrautbefalls zu beobachten. Hier wurde in den Fischbehandlungen eine Reduktion um bis zu 90 Prozent registriert.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die Produktion von *O. niloticus* und *C. carpio* in Reisfeldern in beträchtlichem Maße zur Versorgung von Entwicklungsländern mit qualitativ hochwertigem Protein aus der Fischproduktion beitragen kann. Dabei werden Ressourcen, insbesondere Land, Wasser und Nährstoffe, nachhaltig und komplementär genutzt. Ein ökologischer Nachteil ergibt sich lediglich aus dem erhöhten Methanausstoß im Vergleich zur Reisonokultur, doch kann dieser Effekt durch den Einsatz der richtigen Spezies, insbesondere Süßwasserschrimps, möglicherweise eingedämmt werden. Setzt man voraus, dass der Versorgung unterversorgter Bevölkerungsschichten in Bangladesch mit Nahrungsmitteln höhere Priorität einzuräumen ist als der Senkung von Treibhausgasemissionen, stellt Reis-Fisch Kultur in jedem Fall ein nachhaltiges Produktionssystem dar.

Michael Frei: Studies on Productivity and Environmental Effects of the Integration of Semi-Intensive Fish Culture in Rice Field Ecosystems, Shaker Verlag Aachen, 2007, ISBN: 978-3-8322-6044-6